

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ФГУП "ТИНРО-центр")

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Научная конференция, посвященная
70-летию С.М. Коновалова

25–27 марта 2008 г.



Владивосток
2008

УДК 639.2.053.3

Современное состояние водных биоресурсов : материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. — 976 с.

ISBN 5-89131-078-3

Сборник докладов научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов», посвященной 70-летию С.М. Коновалова, доктора биологических наук, профессора, директора ТИНРО в 1973–1983 гг., содержит материалы по пяти секциям: «Биология и ресурсы морских и пресноводных организмов», «Тихоокеанские лососи в пресноводных, эстуарно-прибрежных и морских экосистемах», «Условия обитания водных организмов», «Искусственное разведение гидробионтов», «Биохимические и биотехнологические аспекты переработки гидробионтов».

ISBN 5-89131-078-3

© Тихоокеанский научно-исследовательский
рыбохозяйственный центр (ТИНРО-центр),
2008

СТАНИСЛАВ МАКСИМОВИЧ КОНОВАЛОВ — САМЫЙ МОЛОДОЙ ДИРЕКТОР ТИНРО

В.Н. Акулин

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, e-mail: tinro@tinro.ru

Станислав Максимович был назначен на должность директора ТИНРО в 1973 г., став 13-м руководителем института с начала его образования. Судя по кратким биографическим данным предшественников Станислава Максимовича, опубликованным в юбилейной книге «ТИНРО-75», на руководство институтом приходили самые разные люди – известные ученые, администраторы, представители других ведомств (не рыбаки). В большинстве они не долго занимали директорскую должность. К исключению может быть отнесен десятилетний срок И.В. Кизеветтера, прошедшего в ТИНРО весь путь – от рядового сотрудника до директора. Станислав Максимович выделялся в ряду предшественников прежде всего своей молодостью – в тридцатичетырехлетнем возрасте до него никто не заступал на такую ответственную должность. Интересно и другое. Вероятно, никто до него так активно не противился этому высокому назначению, хотя, может быть, в душе не все были этому рады. В те времена руководителей назначали и снимали без лишних демократических процедур. И хотя в начале 1970-х гг. в стране уже не было сталинского порядка, добровольно отказаться от высокого назначения еще не было возможностей.

Сегодня покажется странным, что заставляло молодого амбициозного ученого, к тому же имевшего некоторый опыт административной работы, так не желать возглавить крупный научный институт, каким уже был в то время ТИНРО. Это трудно понять, не представляя, как отличались академические институты, в частности ИБМ, где Станислав Максимович был заместителем директора, от ТИНРО. А отличия были разительными.

Организация Дальневосточного научного центра (ДВНЦ) с рядом новых институтов была эпохальным событием для Дальнего Востока. Владивосток превратился в столицу дальневосточной науки, сразу же приблизившись к Москве, Ленинграду, Новосибирску. Внимание руководства края к развивающейся академической науке было беспрецедентным. Началось обширное строительство зданий институтов с задачей сделать Академгородок по типу Новосибирска. Ученым шли навстречу практически по всем вопросам и, самое главное, в получении жилья. Молодые люди с кандидатскими степенями получали квартиры почти сразу после поступления на работу. Естественно, во Владивосток потянулись люди науки из центральных, и не только, городов. В основном совсем молодые или постарше, легкие на подъем, недовольные своей научной карьерой на западе. Создавалась соответствующая атмосфера. Работали легко и жили весело. Обстановка в центре отличалась редким демократизмом. Все это было и в ИБМ, и даже в большей степени. Институт пользовался большой поддержкой Президиума АН СССР. Куратором ИБМ, активно участвовавшим в его организации, был известный ученый, академик Е.М. Крепс. Начав свою карьеру в молодом возрасте в Приморье, Е.М. Крепс сохранил любовь к Владивостоку на всю жизнь. Его помощью активно пользовались в годы становления ИБМ.

Организовав лабораторию популяционной биологии лососей, С.М. Коновалов приступил к созданию научно-исследовательской базы для проведения исследований лососей на Камчатке. В лаборатории собрались молодые энергичные люди, готовые к любой работе в камчатских условиях. Станцию построили удивительно быстро, практически без отрыва от научных работ. Для оперативности все работы оформили как капитальный ремонт, а не капитальное строительство. В то время это было грубейшим нарушением, грозившим руководству института административными карами. С.М. Коновалов, будучи заместителем директора, принял все грехи на себя и отделался выговором. Очень легко. Его простили, как прощают победителей и как по этой причине прощали в будущем. По поводу этой стройки шутили: «Капитальный ремонт сооружений в необитаемых районах Камчатки».

База была создана, коллектив сформирован – есть все для планирования широких исследований на многие годы. Административная работа в академическом институте не очень

обременяла, позволяла находиться в экспедициях на Камчатке столько времени, сколько требуется. Вот тут-то и нагрянуло предложение перейти в ТИНРО. За этим предложением стояла совершенно иная деятельность – административная работа под жестким контролем вышестоящих организаций и невозможность отлучиться куда-либо без разрешения министерства, тем более, в экспедицию. Конечно, Станислав Максимович был против, легкомысленно заявив, что никто не заставит его поменять место и, конечно, он ошибся. Пройдя длинную череду бесед в хозяйственных и партийных органах, он, в конце концов, был вызван на собеседование к министру рыбного хозяйства А.А. Ишкову. Аргумент об отсутствии опыта работы в рыбной промышленности А.А. Ишков не принял, как человек, в свое время возглавивший отрасль, имея довольно скромное образование. Человек с ученой степенью, по его мнению, просто обязан был справиться с руководством одного института. Так С.М. Коновалов стал директором ТИНРО.

В Краевом комитете партии было выдано заверение о всесторонней помощи, а главное, о возможности выезжать в экспедиции на Камчатку. Вооруженный такими заверениями и напутствиями поднять научный уровень рыбохозяйственных исследований, Станислав Максимович с жаром взялся за новую работу.

Что же собой представляла в тот период рыбохозяйственная наука, уровень которой С.М. Коновалову предстояло поднять?

Наука была весьма многочисленной и, несмотря на жесткие лимиты, продолжала множить свои ряды. Как всегда, большая часть сотрудников была занята на сырьевой тематике, для чего наука щедро обеспечивалась научно-исследовательским флотом, который рос опережающими темпами. Сырьевых ресурсов дальневосточным рыбакам хватало с избытком. Столько сырья не требовалось даже для такой мощной организации, как Дальрыба, где трудилось двести тысяч человек. Более того, в обилии сырья для рыбаков таилась опасность получить большой план. Прогнозные цифры состояния сырьевой базы автоматически попадали в Госплан СССР — главный планирующий орган страны — и возвращались к рыбакам в виде жестких планов. Планы эти следовало выполнять или, как было принято, перевыполнять. Невыполнение планов не предусматривалось. Во всяком случае, для руководителей рыбохозяйственных организаций оно было несовместимым с занимаемой должностью. Промышленники были заинтересованы в занижении прогнозных цифр, но государство требовало от науки расширения промысловых районов, поиска новых, а значит — обратного. Ученые находились в условиях решения противоположных задач, определяемых обеими сторонами, от которых они полностью зависели. Несмотря на то что ТИНРО административно подчинялся только Министерству рыбного хозяйства, зависимость от промышленности, в частности Дальрыбы, была полной. Директора ТИНРО и его заместителей назначали только после согласования с руководством Дальрыбы. Поскольку министерство находилось далеко в Москве, а рыбаки всегда были рядом, их интересы приходилось учитывать в первую очередь. С такой целью оценивали сырьевую базу с учетом технических и иных возможностей ее освоения. Для этого проводили специальные работы, и в структуре института были организованы соответствующие научные подразделения.

Свои сложности были и у специалистов других научных направлений, в частности технологического, где расширение ассортимента продукции было главной государственной задачей. Этот ассортимент непрерывно расширялся за счет научных разработок. Однако пристроить к делу новые разработки большей частью не удавалось по объективным причинам. Вся переработка шла в море, где варьировать ассортиментом, перестраивать технологические процессы в высшей степени сложно, поэтому разработки ученых-технологов были серьезной помехой рыбакам в выполнении главной государственной задачи – увеличении объемов пищевой продукции. Другими словами, продекларированная задача – расширить ассортимент продукции и реальная задача – увеличить ее объемы были фактически взаимоисключающими.

Оценивая реальную роль рыбохозяйственной науки в условиях плановой экономики, приходишь к грустному размышлению, что большой нужды в результатах научных исследо-

ваний промышленность не испытывала. Это ясно представляли себе руководители самого высокого уровня, начиная от министра, формируя снисходительное отношение к своим ученым, распространявшееся по всей управленческой цепочке до непосредственных производителей. Науку было принято оценивать критически, а списание различных производственных грехов на недоработки ученых – обычным делом. Собственно, в этом и была одна из важных практических функций рыбохозяйственной науки.

В то же время гигантский государственный монстр, каким было министерство рыбного хозяйства и где труд ученых тонул в море реальных достижений рыбаков, среди которых действительно было много героев, давал ученым возможность заниматься серьезными исследованиями, хотя и не имевшими прямого практического значения. Отечественную рыбохозяйственную науку высоко ценили за рубежом, несравнимо выше, чем в своей стране. И это тоже представляли себе руководители отрасли. Повышение уровня рыбохозяйственных исследований было постоянной задачей, как перевыполнение планов рыбаками. В институтах открывались новые научные направления вполне академического плана – биохимические, генетические, биофизические. Были сформированы серьезные научные заделы, которые не потеряли своего значения и по прошествии многих лет.

Вот такой пестрой, неоднозначной, решающей противоречивые задачи наукой и должен был руководить С.М. Коновалов. И не просто руководить, а резко повысить ее уровень.

В ТИНРО Станислав Максимович был встречен без лишних восторгов, хотя институт в те годы был сравнительно молодым и возрастная близость с директором создавала предпосылки для роста взаимопонимания в коллективе. Контрастирующая непохожесть нового директора на его предшественников, людей монументальных, внушающих почтение окружающим, вызывала любопытство – интересно, что получится у выходца из академии в такой серьезной организации, как ТИНРО.

С.М. Коновалов сразу взялся за проблемы, наиболее ему близкие, — организацию современных научных направлений. Была создана крупная лаборатория генетики, на руководство которой был приглашен известный ученый с Запада. Лаборатория аквакультуры была преобразована в большой отдел. В ТИНРО стали переходить сотрудники академических институтов и вузов. Началась подготовка к созданию на базе ТИНРО крупного научного центра из нескольких институтов по типу ДВНЦ АН СССР. Сотрудников стали активно привлекать к обсуждению проблем будущего ТИНРО. Планы были действительно масштабные – настолько, что вызывали серьезные сомнения в возможности их реализации. Сама система рыбохозяйственной науки, постоянно контактирующей с промышленниками в большей степени, чем со своими коллегами, не особенно благоприятствовала фантазиям, что вскоре и было подтверждено приездом представительной комиссии из министерства. Впоследствии таких комиссий было великое множество, и все они хотели помочь институту и его руководству в правильной организации работ, и все оставляли акты о проверке, где трудно было отыскать что-нибудь положительное в деятельности института. Но проверка в 1975 г. была особенно суровой, а в акте было написано, что «директор не знает рыбной промышленности». Такая запись прямо указывала на несоответствие занимаемой должности. Возможно, это была воспитательная мера, чтобы человек однозначно понял ответственность занимаемого положения и что «здесь, это не там».

Несмотря на суровость этой проверки и последующую череду разбирательств на всех уровнях, Коновалова все-таки простили, а с ним и все руководство ТИНРО и ТУРНИФ. Более того, впоследствии Станиславу Максимовичу простили резкие выступления на разных активах и коллегиях, крайне неприятные для руководства. Крупные рыбацкие руководители пытались следовать его примеру и выступить в том же ключе. Безуспешно. Вероятно, это было связано с искренней убежденностью Станислава Максимовича в идеях, которые он пытался донести до других, а убедительно сыграть это довольно сложно.

Мотивов для обращений к высокому руководству, в том числе и в резкой форме, было предостаточно. Дальневосточная рыбохозяйственная наука была явно обделена его вниманием, численно неизмеримо уступая институтам европейской части страны. Центр промысла

все больше смещался на Дальний Восток, а основные научные силы, обслуживающие промысел, по-прежнему были сконцентрированы на Западе. Перераспределить научные силы в масштабах отрасли никто не решался, да это и было за гранью возможного. Партийное руководство западных регионов не позволяло затрагивать численность институтов, находящихся на подведомственных территориях. А это были могущественные люди, власть которых была едва ли не выше, чем у отраслевого министра.

Прохладное отношение московских чиновников к самому удаленному институту еще можно было понять, но ТИНРО не очень жаловали и у себя дома – во Владивостоке. И местному руководству директор должен был постоянно доказывать, что ТИНРО что-то собой представляет и что в течение пятидесяти лет здесь не только писали диссертации (как считалось, мало кому нужные), но и постоянно расширяли рыбакам поле деятельности в самом прямом смысле.

Идея создания на базе ТИНРО научного центра совпала во времени с планами организации морского музея. Существующий в ТИНРО музей давно перестал соответствовать возможностям института. Научные суда работали повсеместно, и материалы для музейных экспонатов лились рекой. Предполагалось большую часть здания по Ленинской, 20, которое освобождалось после переезда института в новый корпус, отвести под музей природы, который стал бы лицом города у моря. Как было принято в то время, организация музея широко обсуждалась в институте, к нему готовились. На работу в ТИНРО был принят художник-маринист для оформления музея. Но, как и научному центру, музею в задуманном виде не суждено было появиться. На нашу беду во Владивостоке в ту пору еще не было музея В.И. Ленина. Руководство края считало это упущением и определило под музей освобождающееся здание ТИНРО. Борьба за здание длилась около года, отнимая время на подготовку коллективных и индивидуальных писем, походы по инстанциям, обращения в общественные организации за помощью. Директор был задействован в этих процессах непрерывно, но тем не менее проигрыш был поставлен ему в вину.

Потеря старого здания была для ТИНРО действительно большой утратой. Институт, несмотря ни на что, постоянно рос. Открывали новые научные направления под финансирование Государственного комитета по науке и технике. За время строительства нового здания ТИНРО удвоил свою численность, правда, строительство было неспешным. Менялась структура, вернее соотношение между отдельными научными направлениями.

Численность научных направлений в ТИНРО в 1973 и 1983 гг.

Научное направление	1973 г.		1983 г.	
	Численность	Доля в общей численности, %	Численность	Доля в общей численности, %
Весь институт	660		1099	
Сырьевое	227	34,0	341	31,0
Технологическое	84	12,7	145	13,0
Аквакультура	25	4,0	100	9,0
Промрыболовство	49	7,4	50	4,5
Математическое	12	1,8	50	4,5
Прикладная экология и токсикология	20	3,0	20	1,8
Экономическое	31	4,7	60	5,4

Как видно из данных таблицы, вчетверо выросло направление аквакультуры, где существовавшая в ТИНРО до прихода Коновалова лаборатория аквакультуры была преобразована в отдел из 7 лабораторий, специализированных по разным биологическим и техническим направлениям. На о. Попова отстроили научно-исследовательскую базу марикультуры, позволяющую вести разноплановые исследования. Министерством рыбного хозяйства была выделена большая численность на это подразделение, что в конечном итоге превратило базу на о. Попова в крупнейшую в отрасли.

Активно развивались экономические и математические подразделения, численность которых быстро выросла.

Сырьевое направление, оставаясь основным, численно увеличилось и существенно изменилось структурно. В 1973 г. в него входило 10 лабораторий, а через 10 лет – 23.

Станислав Максимович был увлекающимся человеком. Десятилетие его директорства связано с решением разных проблем, сменяющих одна другую, где директор был инициатором, принимал непосредственное участие в разработке и «пробивал» реализацию в руководящих инстанциях.

Работу по организации научного рыбохозяйственного центра, в которую был вовлечен весь институт, сменила крилевая проблема. Пожалуй, ни одна рыбохозяйственная проблема не была такой масштабной и поднятой на самый высокий государственный уровень. Работы велись под контролем ЦК партии. И хотя решение проблем в значительной степени зависело от технологов, более далеких от директора профессионально, чем сотрудники биологических направлений, директор лично принимал участие во всех рабочих совещаниях на различных уровнях. Работы по созданию новых образцов продукции велись с максимальной активностью в обстановке конкуренции с другими институтами, а полученные образцы незамедлительно представлялись С.М. Коноваловым в Госплане и ЦК партии. Да и темпы работы задавал директор.

В конце семидесятых годов появилась возможность получать из Японии по компенсации рыбообразное оборудование, в основном лососевые заводы. Это направление было особенно близко Станиславу Максимовичу, поэтому неудивительно, что организацией строительства первого в Приморье лососевого завода он занимался лично. Завод планировался как научно-производственный, адресован был ТИНРО, поэтому институт и являлся заказчиком стройки. Станислав Максимович сам выбрал реку для размещения завода, Рязановку, где в то время лосось практически отсутствовал. Выбор пустой реки многие, в том числе и ответственные люди, расценивали как ошибку Коновалова, ожидая возможного скандала, связанного с тратой валютных средств в особо крупном размере. Как обычно, Станислав Максимович был убежден в правоте дела, за которое взялся. Ошибки не произошло, наука оказалась на высоте. Завод ввели в строй уже после отъезда С.М. Коновалова из Владивостока, он успешно заработал, и лососевое стадо было сформировано. Сегодня остается только сожалеть, что после завершения строительства завод не стал тинровским, как планировалось. Не стал тинровским и японский центр марикультуры – Сайбай-центр, который также пробивал для ТИНРО С.М. Коновалов. В сегодняшних условиях иметь такой экспериментальный завод – предел мечтаний науки. Но получить такие деньги от государства уже крайне трудно.

Так сложились обстоятельства, что наиболее масштабные проекты, которые разрабатывал ТИНРО по инициативе и под непосредственным руководством С.М. Коновалова, при нем оказались нереализованными, а некоторые не реализованы и сегодня, хотя актуальность их в сегодняшних условиях очевидна. Рыбохозяйственный центр, музей природы, Сайбай-центр. Как человек энергичный и нетерпеливый, Станислав Максимович стремился быстро реализовать проект, возможно, несколько раньше, чем для этого складывалась благоприятная ситуация. Обычно в таких случаях говорят – опережал время. Да и не стоит забывать, что этот период в нашей стране получил определение как «застой» — время, мало подходящее для нестандартных, смелых решений.

Станислав Максимович оставил директорский пост в конце 1983 г. ради перехода в другую систему – академическую. Существует мнение, что решающую роль в этом сыграли руководящие органы, как и при его назначении, т.е. говоря привычным языком, его сняли. Это не соответствует действительности. Несмотря на определенные неудобства, которые С.М. Коновалов создавал для руководства, его ценили и неоднократно рассматривали вопросы о возможном повышении внутри министерства. К тому же за годы директорства он стал мудрее и вырос как администратор, что и доказал впоследствии, руководя другими институтами, не похожими на ТИНРО. Однако он решил уйти из системы рыбного хозяйства, и такое решение принял сам, а не кто-то из больших начальников за него. Это не могло вызвать

одобрения у руководства отрасли. При должностном перемещении людей руководящего звена личное желание, конечно, учитывалось, но в меньшей мере, чем мнение вышестоящих организаций. Уход С.М. Коновалову не простили. По прошествии многих лет, уже в новом государстве, он был не прочь вернуться в рыбохозяйственную науку, но поддержки у нового руководства отрасли не нашел. Человек он был заметный, а значит, и запоминающийся, и его уход из системы рыбного хозяйства помнили.

Прошло 24 года, как С.М. Коновалов оставил ТИНРО. За это время институт продолжал развиваться и в конце концов превратился в центр, хотя и не такой масштабный, как он планировал. Рационализм, присущий рыночной экономике, ввел свои коррективы – и численность науки, и число единиц научно-исследовательского флота сократились. Задача, которую ставили перед С.М. Коноваловым и реализации которой он посвятил десять лет жизни – повышение уровня рыбохозяйственных исследований, – решается вполне успешно. В научном плане ТИНРО прогрессирует, что особенно заметно по квалификационным показателям.

Станислава Максимовича в ТИНРО помнят. Это неудивительно, поскольку большая часть сотрудников еще работала под его руководством, в том числе и непосредственным. Помнят как руководителя, самоотверженно, с риском для собственного благополучия отстаивавшего интересы ТИНРО. Помнят как яркого, непосредственного человека, за десять лет так и не приобретшего привычки внушать окружающим трепетное почтение, подобно его предшественникам.

Профессор С.М. Коновалов ушел из жизни восемь лет назад, а научно-исследовательское судно «Профессор Коновалов» все никак не сойдет со стапелей, чтобы занять свое законное место во флоте ТИНРО-центра. Пауза неоправданно затянулась. В глобальных государственных планах по строительству современного рыбопромыслового флота должно найтись место для решения этой более скромной, не первоочередной задачи.

СЕКЦИЯ «Биология и ресурсы морских и пресноводных организмов»

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛА МИНТАЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Г.В. Авдеев, Е.Е. Овсянников, С.Л. Овсянникова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, svovsyannikova@tinro.ru

Северная часть Охотского моря для отечественных рыбаков является первым по значимости районом промысла минтая в дальневосточных морях. В середине 1980-х гг., в период высокой численности минтая, нерестовый запас в этом районе оценивался в 8-9 млн т. После некоторого снижения в конце 1980-х гг. нерестовый запас снова вырос до 8,9 млн т. в 1995 г. за счет урожайных поколений 1988 и 1989 гг. рождения. Однако к началу текущего десятилетия биомасса и численность общего и нерестового запасов охотоморского минтая сократилась до минимального уровня за весь период проведения учетных съемок (Авдеев и др., 2001; Фадеев, Веспестад, 2001). С 1995 по 2000 г. нерестовый запас сократился в 5 раз (рис. 1). Снижение сопровождалось изменениями в возрастной структуре популяции: в результате выбывания из запаса урожайных поколений 1988 и 1989 гг. и вступления в него низкоурожайных генераций 1990–1993 гг. значительно сократилась численность старшевозрастных рыб, а в уловах стала доминировать молодежь. Сокращение ресурсов минтая во второй половине 1990-х гг. отразилось на результативности российского промысла – общий вылов и уловы на усилии значительно уменьшились. В сравнении с серединой 1990-х гг., когда вылов всеми странами в северной части моря достигал 2 млн т, в 2002 г. он составил всего 360 тыс. т (Зверькова, 2003; Смирнов, Авдеев, 2003).

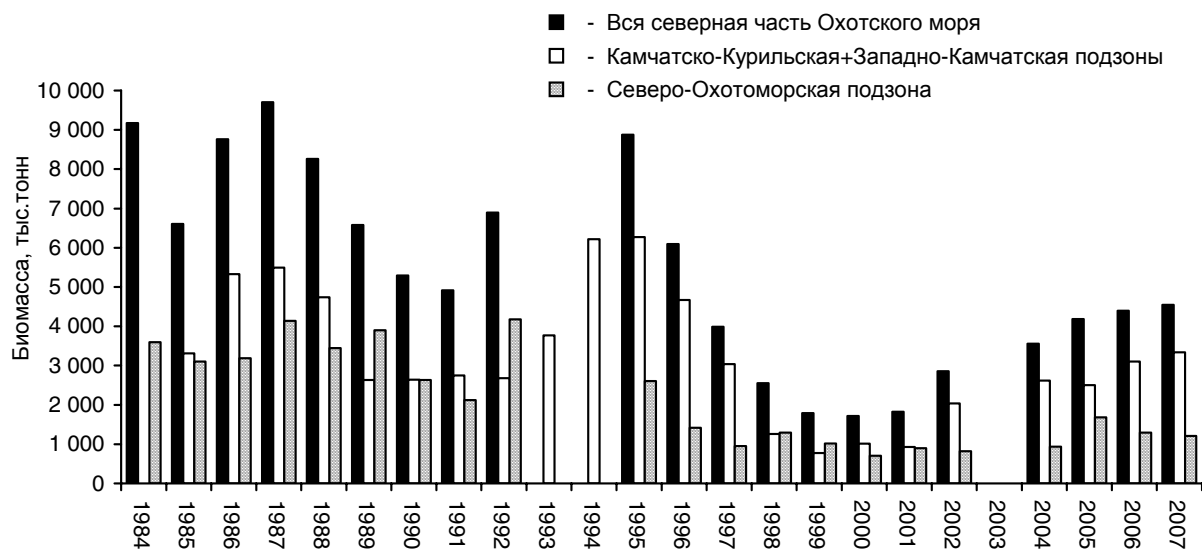


Рис. 1. Динамика нерестового запаса минтая в северной части Охотского моря в 1984-2007 гг.

Одной из причин сокращения запасов явилось изменение общециркуляционных процессов в атмосфере над Дальневосточным регионом, которые повлияли на гидрологическую ситуацию в Охотском море (Шатилина и др., 2002; Глебова, Хен, 2002;). До 1998 г., в период теплых лет, трансформированные тихоокеанские воды широким потоком вторгались на шельф северной части моря, где создавали аномально теплые условия. Так, 1997 г. оказался наиболее теплым за последние десятки лет (Шунтов, 2001). В этот период появилось 2 уро-

жайных поколения - в 1995 и 1997 гг. Последнее в одногодном возрасте было широко распространено не только в восточной, но и западной части моря вплоть до 143° в.д. Начиная с 1998 г. более значимым стал процесс выноса холодных шельфовых вод, препятствующих адвекции тихоокеанских вод в открытую северо-западную часть моря (Хен и др., 2002). Выхолаживание шельфовых вод в западной и северо-западной частях моря, рост ледовитости привели к ухудшению условий воспроизводства и появлению ряда неурожайных поколений. Неблагоприятные для выживания условия суровых зим 1999-2000 гг. возможно стали одной из причин низкой выживаемости той части поколения 1997 г., которая была связана своим происхождением с западными районами моря. При этом произошло смещение нерестовой активности минтая в восточную часть моря, где, несмотря на холодные зимы, сохранялись благоприятные условия для нереста (Смирнов, Авдеев, 2003). В результате у западной Камчатки в 2000 и 2002 гг. появились среднеурожайные поколения.

Другой немаловажной причиной снижения запасов явился неконтролируемый и нерациональный промысел в 1990-е гг. (Варкентин, Золотов, 2000; Авдеев и др., 2001; Смирнов, Балькин, 2001). Во многом по этой причине численность урожайного поколения 1995 г. к 3-годовалому возрасту сократилась почти в 40 раз. Поэтому надежды на восстановление запасов, связанные с появлением этой генерации, не оправдались (Авдеев и др., 2001; Смирнов, Авдеев, 2003). В то же время во многом за счет этого поколения численность и биомасса производителей в период с 1999 по 2001 стабилизировались на низком уровне – 1718-1852 тыс. т, и только начиная с 2002 г. в результате массового созревания урожайного поколения 1997 г. нерестовый запас в северной части моря вырос в 1,5 раза по сравнению с предыдущим годом. В последующие годы благодаря последовательному вхождению в него относительно урожайных у западной Камчатки поколений 2000 и 2002 гг., рост продолжился, но при этом практически весь он пришелся на восточные районы моря (рис. 1). В 2006-2007 гг. нерестовый запас в северной части Охотского моря стабилизировался на относительно высоком уровне 4,4-4,5 млн т.

В 2002 г. увеличился приток тихоокеанских вод с Западно-Камчатским течением, что вызвало уменьшение ледовитости и повышение температуры воды в деятельном слое практически на всем шельфе западной Камчатки (Отчет о рейсе ..., 2005). В 2003-2004 гг. процесс потепления распространился на западные районы моря, в результате улучшения условий воспроизводства здесь появились высокочисленные поколения 2004 и 2005 гг. рождения. Поколение 2004 г. было также высокочисленным и в зал. Шелихова. В то же время у западной Камчатки, несмотря на рост нерестового запаса, урожайных поколений после 2002 г. не появилось.

О текущем состоянии запасов в основных центрах воспроизводства североохотоморского минтая можно судить по оценкам, полученным при выполнении ихтиопланктонных съемок на НИС «Профессор Кагановский» в 2006 и 2007 гг. (см. таблицу). Численность минтая в целом по морю (без северо-восточного Сахалина) в оба года составила соответственно 62,0 и 63,2 млрд. экз., а биомасса – 7044 и 9760 тыс. т. При сохранении общей численности запаса примерно на одном уровне биомасса за год выросла на 2716 тыс. т. Причем 95,4 % годового прироста (2591 тыс. т) пришлось на неполовозрелую часть запаса притом, что ее численность за год практически не изменилась. Как в 2006, так и в 2007 г., она составляла 55 млрд. экз. и, следовательно, рост биомассы связан с годовыми приростами массы тела.

По отдельным районам ситуация выглядит следующим образом. У западной Камчатки общая биомасса за год выросла на 1632 тыс. т, из них на нерестовый запас пришлось 525 тыс. т, что связано с вступлением в него впервые созревающих особей 2001 и 2002 гг. рождения. Неполовозрелая часть запаса выросла за год на 8,2 млрд. экз. и 1089 тыс. т. Рост связан с продолжающимся перераспределением поколений 2004 и 2005 гг. рождения из зал. Шелихова и притауйского района на восточные склоны впадины ТИНРО, расположенные в пределах Западно-Камчатской подзоны. В североохотоморском районе за год нерестовый запас сократился на 108 тыс. т., что связано с низкой в этом районе, по сравнению с западной Камчаткой, численностью вступающих в запас поколений 2001 и 2002 гг. На фоне относительно не-

большого снижения численности неполовозрелых рыб биомасса их за год выросла на 1807 тыс. т за счет годовых приростов массы тела. В зал. Шелихова снижение биомассы производителей за год составило 292 тыс. т, что, как и в северо-западной части моря, связано с относительно низкой численностью в этом районе поколений, вступающих в настоящее время в нерестовый запас. В то же время необходимо отметить, что, несмотря на разнонаправленность динамики биомассы по отдельным районам воспроизводства, в 2007 г. продолжился процесс постепенного роста нерестового запаса в целом в северной части Охотского моря, хотя хорошо заметно, что в последние годы этот рост преимущественно достигался за счет увеличения биомассы производителей в восточной части моря (рис. 1).

Численность (N - млрд. экз.) и биомасса (B - тыс. т) минтая в северной части Охотского моря в 2006 и 2007 гг.

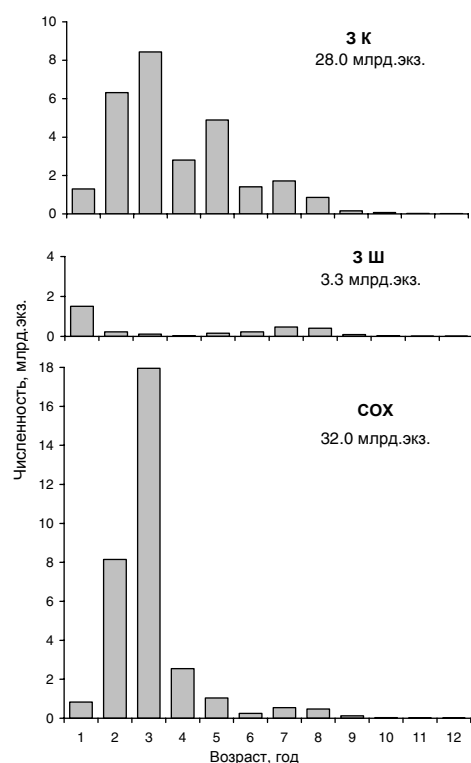
Год	Показатель	ЗК		ЗШ		СОХ		Все море	
		N	B	N	B	N	B	N	B
2006	Неполовозрелые	15 017	1 735	4 362	52	35 181	1 120	54 560	2 907
	Половозрелые	3 806	2 018	1 899	1 087	1 753	1 032	7 458	4 137
	Непол.+полов.	18 823	3 753	6 261	1 139	36 934	2 152	62 018	7 044
2007	Неполовозрелые	23 201	2 842	1 908	48	30 479	2 608	55 588	5 498
	Половозрелые	4 809	2 543	1 344	795	1 504	924	7 657	4 262
	Непол.+полов.	28 010	5 385	3 252	843	31 983	3 532	63 245	9 760

Примечания: ЗК – западная Камчатка, ЗШ – зал. Шелихова, СОХ – североохотоморский район.

Совершенно очевидно, что на ближайшую и отдаленную перспективы состояние запасов охотоморского минтая, как и любого другого промыслового объекта, невозможно представить без знания реальной размерно-возрастной структуры популяции, особенно той его части, которая в будущем будет пополнять промысловый запас. На рис. 2 представлен возрастной состав минтая в основных центрах воспроизводства в 2007 г.

Рис. 2. Возрастной состав минтая в северной части Охотского моря в 2007 г.

У западной Камчатки в настоящее время по численности выделяются поколения 2002, 2004 и 2005 гг. – соответственно 5-ти, 3-х и 2-годовики. Поколение 2002 г. изначально было урожайным в западнокамчатских водах и, следовательно, в 2008 г. продолжится его созревание и вступление в нерестовый запас в данном районе. Среди молоди по численности выделяются поколения 2004 и 2005 гг., соответственно 3- и 2-годовики. У западной Камчатки в возрасте 1 года их численность была небольшой. Однако к 2007 г. их численность в этом районе значительно возросла за счет иммиграции минтая этих поколений из зал. Шелихова и Северо-Охотоморской подзоны, где эти поколения в возрасте 1 года были оценены очень высоко, на восточные склоны впадины ТИН-РО. Поколение 2006 г. было оценено в 4,6 млрд. экз., однако следует отметить, что донные эхозаписи годовиков регулярно отмечались на присваловых участках шельфа и свале глубин у западной Камчатки к северу от 52°00' с.ш. Их, как правило, не удавалось обловить, поэтому



считаем, что оценки этого поколения занижены. Среди половозрелых рыб в 2007 г. преобладали 1999-2002 гг. рождения (5-8-годовики). В 2008 г. эти поколения будут также доминировать в нерестовом запасе. Наличие в составе рекрутов относительно урожайного поколения 2002 г. позволяет надеяться, что в ближайшие два года совместно с поколением 2003 г. они будут поддерживать нерестовый запас на стабильном уровне.

В североохотоморском районе в возрастном составе по численности также преобладали поколения минтая 2004 и 2005 гг., однако, в отличие от западнокамчатских вод, оба поколения в этом районе были высокочисленными, что дает надежду на рост нерестового запаса в перспективе. Очень низкая численность «ближнего пополнения», т.е. рыб в возрасте 4-х и 5 лет, не дает основания на увеличение нерестового запаса в этом районе в 2008 г.

В зал. Шелихова в весенний период обычно обитают производители и годовики от предыдущего нереста. Численность поколений, составляющих в настоящее время «ближнее пополнение», изначально в возрасте 1 года в этом районе была низкой, поэтому роста нерестового запаса в 2008 г., как и в североохотоморском районе, здесь не предвидится. Поколение 2004 г. в этом районе было урожайным, а 2005 г., по-видимому, среднеурожайным, поэтому в перспективе рост нерестового запаса здесь возможен только с 2009 г.

Таким образом, в настоящее время после минимума, отмеченного в конце 1990-х - начале 2000-х гг., биомасса минтая в северной части Охотского моря выросла и стабилизировалась на относительно высоком уровне. Наличие в структуре популяции как среднеурожайных поколений, которые в настоящее время составляют основу промыслового и нерестового запаса и в ближайшие 1-2 года еще будут его пополнять, а также урожайных поколений, которые будут пополнять запасы, начиная с 2009 г., дает основание прогнозировать рост запасов североохотоморского минтая в ближайшие годы.

ЛИТЕРАТУРА

Авдеев Г.В., Смирнов А.В., Фронек С.Л. Основные черты динамики численности минтая в северной части Охотского моря в 90-е гг. // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 207-221.

Варкентин А.И., Золотов А.О. Недоучет вылова минтая как один из факторов снижения численности // Пробл. Охраны и рац. Исполыз. Биоресурсов Камчатки: Тез. докл. 2-й обл. науч.-практ. конф. – Петропавловск-Камчатский, 2000. – С. 120-121.

Глебова С.Ю., Хен Г.В. Особенности синоптической обстановки над Охотским морем в 1997 и 2000 гг. // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 71–78.

Зверькова Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – 248 с.

Отчет о рейсе НИС «Профессор Кагановский» в Охотском море по оценке биологических ресурсов в марте-июне 2005 г. / ТИНРО-центр. № 25403. - Владивосток, 2005. – Ч. 1.

Смирнов А.В., Балыкин П.А. Долгосрочные перспективы освоения запасов минтая Охотского моря // Рациональное использование ресурсов Мирового океана: Тез. докл. Междунар. конф. – М.: ВНИРО, 2001. – С. 15-16.

Смирнов А.В., Авдеев Г.В. Динамика размерно-возрастной структуры и формирование промыслового запаса охотоморского минтая в конце 90-х – начале 2000-х гг. // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 135. – С. 94-112.

Фадеев Н.С., Веспестад В.Дж. Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 75-91.

Шатилина Т.А., Никитин А.А., Муктепавел Л.С. Особенности атмосферной циркуляции при аномальных океанологических условиях в Японском, Охотском морях и прилегающей части Тихого океана // Изв. ТИНРО. - 2002. - Т. 130. - С. 79-94.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.

Хен Г.В., Ванин Н.С., Фигуркин А.Л. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. // Изв. ТИНРО. - 2002. - Т. 130. - С. 24-43.

ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ НЕРЕСТА МИНТАЯ У ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В 2007 г.

Г.В. Авдеев, С.Л. Овсянникова, Е.Е. Овсянников, А.Л. Фигуркин
ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, svovsyannikova@tinro.ru

В марте 2007 г. на НИС «Профессор Кагановский» были продолжены ежегодные работы по изучению биологии и запасов минтая у южных Курильских островов (ЮКР), которые охватили океанические и охотоморские воды. Последние в этот период обычно недоступны для исследований из-за сложной ледовой ситуации. В 2000-е гг. такая же полная съемка была проведена только в 2006 г. Использовалась стандартная методика сбора и обработки данных при проведении ихтиопланктонных съемок, которая подробно изложена в публикациях (Фадеев, 1999; Авдеев и др., 2005; Смирнов и др., 2006). Параллельно проводился сбор данных по гидрологии, позволивших оценить условия нереста.

Распределению икры в 2007 г. были присущи как общие черты, характерные для мартовских съемок, проведенных в ЮКР ранее (Смирнов, 1987; Зверькова, 2003; Фадеев, Самко, 2006; Овсянникова и др., в печати), так и свои особенности. С охотоморской стороны икра распределялась вдоль о-вов Кунашир и Итуруп, прерываясь в районе прол. Екатерины, с океанской – единым скоплением в районе Южно-Курильского пролива, Малой Курильской гряды и к югу от прол. Екатерины (рис. 1). В уловах планктонной сети доминировала икра на I стадии развития. Наибольшие ее концентрации наблюдались в зал. Простор, а более слабые – в Кунаширском и Южно-Курильском проливах. Скопления икры на II стадии отмечались в зал. Простор и Кунаширском проливе, а с океанской стороны – в Южно-Курильском проливе. Икра на III стадии развития облавливалась только с охотоморской и океанской стороны о. Кунашир. С океанской стороны о. Итуруп, в отличие от прошлых лет, икра минтая практически отсутствовала. Половозрелые особи в этом районе были немногочисленны, а нерестящихся производителей не было совсем (рис. 1), что в совокупности с отсутствием икры указывает на то, что до съемки и на момент ее проведения в океанских водах о. Итуруп нереста минтая не было. По данным 2006 г. был сделан аналогичный вывод. Хотя в этот год икра и распределялась вдоль тихоокеанского побережья о. Итуруп, нерестящегося минтая в уловах не было, а антициклоническая циркуляция вод вокруг о. Итуруп способствовала выносу икры из зал. Простор в океанские воды (Овсянникова и др., в печати). В 2007 г. одной из особенностей поля течений в ЮКР было сдвиг части Ойясио на охотоморскую сторону южных Курил, в результате чего поток юго-западного направления, помимо океанской стороны, прослеживался и с охотоморской стороны северной части о. Итуруп (рис. 2). Другой особенностью было ослабление выноса охотоморских вод через прол. Фриза. В прибрежной части прол. Фриза до изобат 150-200 м наблюдался заток вод со стороны океана в Охотское море, а поток из Охотского моря отмечался в глубоководной части пролива в толще 0-780 м. Это препятствовало выносу икры из зал. Простор, что и предопределило ее отсутствие в уловах с океанской стороны о. Итуруп. Наши данные об отсутствии нереста минтая в этом районе в 2006 и 2007 гг. не подтверждают мнение Н.С. Фадеева и Е.В. Самко (2006) о наличии здесь самостоятельного нерестилища. В остальном же распределение икры (дислокация скоплений, разрыв в распределении в районе прол. Екатерины, наличие поздних стадий развития только в Кунаширском и Южно-Курильском проливах) в марте 2007 г. было характерным для ЮКР в эти сроки.

Основное поступление холодных и распресненных вод в марте 2007 г. из Охотского моря в океан происходило через прол. Екатерины. Оно было сформировано двумя потоками: северо-восточным переносом вдоль Кунаширского пр-ва в пределах антициклонической циркуляции и юго-западным потоком, являющимся фрагментом юго-восточной периферии обширной антициклонической макроциркуляции Курильской котловины (рис. 2). В результате взаимодействия этих потоков в 2007 г. в прол. Екатерины наблюдалось усиление выноса охотоморских вод по сравнению с 2006 г. Большая часть этих вод следовала, подчиняясь

рельефу, на юго-восток, и обогнув о. Шикотан, разворачивалась на юго-запад. На всем мелководье Южно-Курильского пролива также доминировал юго-западный перенос, сформированный выносом из пр-ва Екатерины. Сток этих вод осуществлялся через проливы Малой Курильской гряды. Схема преобладающих течений в марте 2007 г. хорошо согласуется с распределением икры и указывает на вынос икры из Кунаширского пролива в Южно-Курильский и далее в океанские воды Малой Курильской Гряды. Возможность такого выноса уже была показана на материалах ихтиопланктонных съемок, проведенных в ЮКР ранее (Фадеев, Самко, 2006; Овсянникова и др., в печати). Усиление выноса охотоморских вод через прол. Екатерины в 2007 г. привело к тому, что вынос икры в океан в этот год также был более существенным. В связи с этим в Южно-Курильском проливе не происходило накопление икры поздних стадий развития, поэтому необычно высокой и близкой к таковой в зал. Простор оказалась доля икры на I стадии развития в Кунаширском и Южно-Курильском проливах (см. таблицу), что не согласуется с такой высокой долей отнерестившихся самок. В марте 2007 г., как и в другие годы, при наличии скопления икры записи минтая в Южно-Курильском проливе отсутствовали, что подтверждает выносной характер учтенной здесь икры. Производители концентрировались северо-восточнее от этого скопления икры - на свале глубин у прол. Екатерины (рис. 1). Половозрелый минтай здесь был представлен в большей степени отнерестившимися в Кунаширском проливе особями и в меньшей – преднерестовыми, нерестящийся же минтай здесь не встречался. Схожее соотношение отнерестившихся и преднерестовых рыб наблюдалось и в Кунаширском проливе. Доля отнерестившихся самок в пределах обоих районов составила 91,9 %, т.е. нерест здесь завершался. Таким образом, состав икры, значительная доля которой была вынесена за пределы акватории съемки, не отражает реально ход нереста, соответственно и судить о сроках нереста на нерестилище в Кунаширском проливе не представляется возможным.

Параметры, характеризующие нерест минтая в южно-Курильском районе в марте 2007 г.

Район	КП, ЮКП, МКГ		зал. Простор	
	2006	2007	2006	2007
Сроки съемки	26.03-4.04	11-23.03	19-25.03	16-20.03
Ср.взвешенный улов икры, шт.	8,7	10,9	32,8	31,9
Учтенная численность икры $\times 10^{13}$ шт.	0,058	0,050	0,040	0,038
Количество икры по стадиям развития, % :				
I	61,9	87,5	95,8	91,1
II	34,9	10,4	4,2	8,9
III	3,2	2,1		
IV				
Процент отнерестившихся самок	72,2	91,9	16,0	29,4

Примечания. КП – Кунаширский пролив, ЮКП – Южно-Курильский пролив, МКГ – Малая Курильская гряда.

В зал. Простор массовый нерест только начинался. В юго-западной части залива отмечались максимальные скопления производителей, здесь же располагался центр антициклонической циркуляции (рис. 1–2). Доля отнерестившихся самок на момент проведения съемки составляла 29,4 %. Следует отметить, что по этому показателю данные 2007 г. превосходят таковые 2006 (16,0 %), а с учетом разницы в сроках проведения съемок (см. таблицу), указывают на более ранние сроки наступления массового нереста минтая в 2007 г. Это видно и по составу икры.

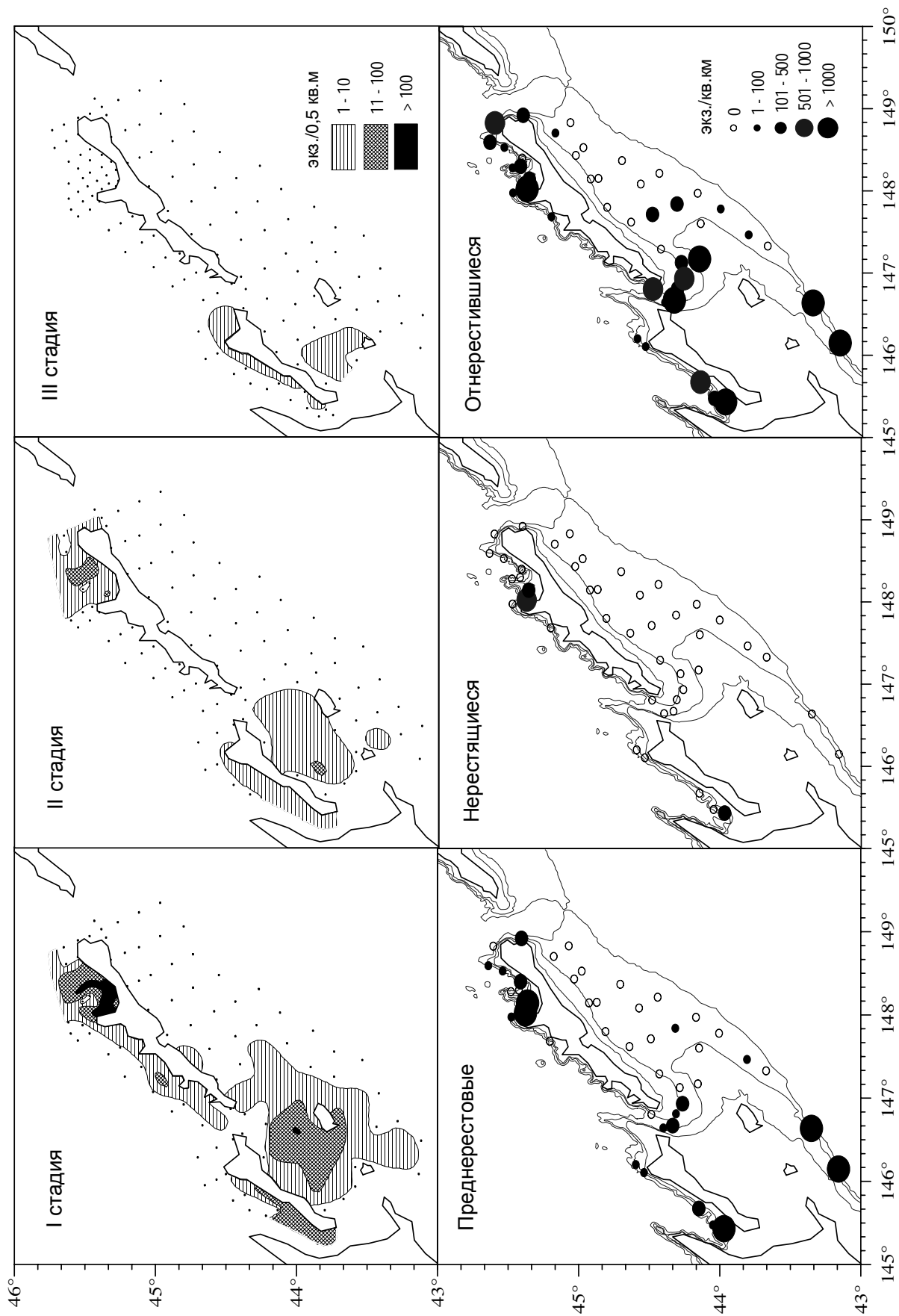


Рис. 1. Распределение икры и половозрелых самок минтая в южнокурильском районе 10–27 марта 2007 г.

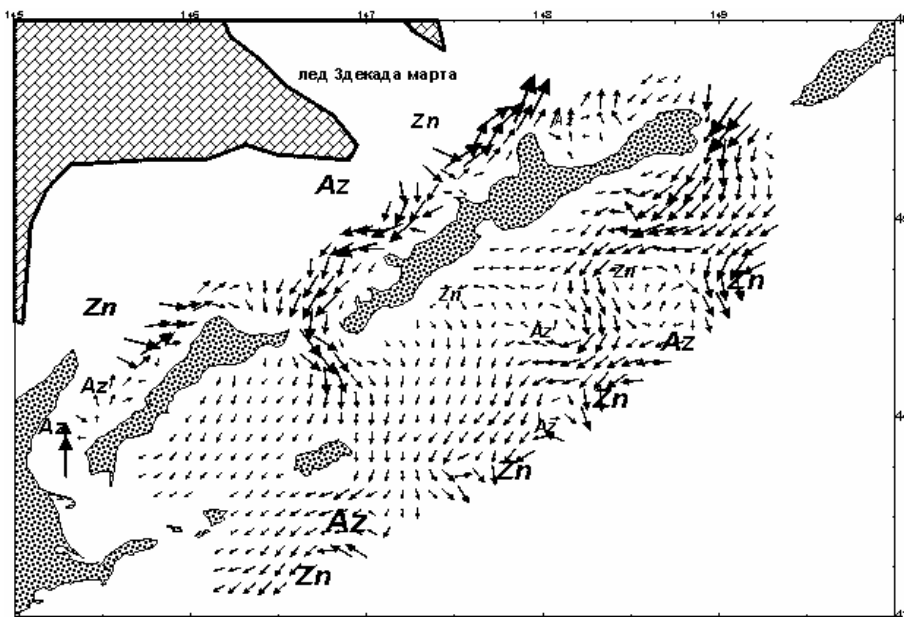


Рис. 2. Карта динамической топографии в ЮКР в период 10–27 марта 2007 г. Стрелками показано направление геострофических течений

Действительно, в зал. Простор доля икры на II стадии развития была выше, чем в 2006 г. Причиной смещения нереста в 2007 г. на более ранние сроки, вероятно, послужило изменение гидрологических условий в районе нереста.

Сдвиг части потока Ойясио на охотоморскую сторону о. Итуруп обусловил формирование более мягких температурных условий в зал. Простор. В 2006 г. прибрежные воды с охотоморской стороны о. Итуруп были выхожены до отрицательных температур по всей толще до изобат 150-250 м, лишь мористее и глубже начинали проследиваться положительные температуры (Отчет о рейсе ..., 2005). В 2007 г. на шельфе зал. Простор отрицательные температуры совсем отсутствовали, теплее были воды поверхностного слоя 0-100 м. Придонная температура на изобатах 0-1000 м в 2007 г. также была однозначно выше, чем в 2006 г. В том числе воды с температурой выше 2° проникали к берегу до изобат 200-400 м, а в 2006 г. отмечались на значительно больших глубинах.

Размерно-возрастной состав, численность и биомасса производителей на охотоморских нерестилищах значительно различались (рис. 3). Так оценки, полученные при проведении ихтиопланктонной съемки в Кунаширском проливе, составили всего 2,428 млн экз. и 1,72 тыс. т. В размерно-возрастном составе половозрелых рыб доминировали 5-6-годовики (66,4 %) длиной 45-52 см. Старшевозрастная часть запаса была представлена преимущественно самками, на долю которых приходилось 72,3 % от численности половозрелых рыб. Такое соотношение полов и размерные составы самцов и самок указывают на отсутствие пополнения в нерестовом запасе и связано с более высокой смертностью самцов в старшевозрастных классах. Следует заметить, что оценки запаса и размерно-возрастная структура минтая не отражают реальной ситуации на этом нерестилище, а дают лишь представление об этих параметрах на момент проведения съемки. Это связано с тем, что ихтиопланктонные съемки в Кунаширском проливе (а вернее в его российской части) не охватывают все нерестилище и места подхода производителей на нерест и в обратном направлении, и соответственно не дают адекватного представления о величине нерестового запаса. Поскольку на момент проведения съемки нерест находился на завершающей стадии, несомненно, значительная часть отнерестившихся рыб мигрировала за пределы акватории съемки, а полученные результаты, скорее всего, сильно занижены.

В зал. Простор массовый нерест только начинался, и большая часть производителей была сконцентрирована в этом районе. Поэтому, несмотря на то, что нерестилище в Кунаширском проливе считается более мощным (Зверькова, 2003; Фадеев, 2006; Yoshida, 1989), величина нерестового запаса в зал. Простор была в несколько раз выше и составила 7,934 млн экз. и 6,08 тыс.т. Здесь, в отличие от Кунаширского пролива, кроме старшевозрастной части запаса, представленной в основном 5-8-годовиками, отчетливо была выражена группа младшевозрастных производителей (рис. 3). Около трети нерестового запаса по численности приходилось на 4-годовиков среднеурожайного поколения 2003 г. рождения. Это впервые созревающие рыбы, преимущественно самцы, за счет которых доля половозрелых самок в

зал. Простор значительно уступала таковой самцов. Подавляющая часть этого поколения была еще неполовозрелой и была учтена в основном районе обитания молоди – тихоокеанских водах о. Итуруп. Так численность 4-годовиков в ЮКР составила 120,9 млн экз., из них 84,8 было учтено с океанской, а 34,4 млн экз. – с охотоморской стороны о. Итуруп. Доля половозрелых 4-годовиков в зал. Простор была невелика – всего 7,2 %, однако в ближайшие два года эта генерация будет массово пополнять нерестовый запас, соотношение полов – выравниваться, а промысловый и нерестовый запас вырастут.

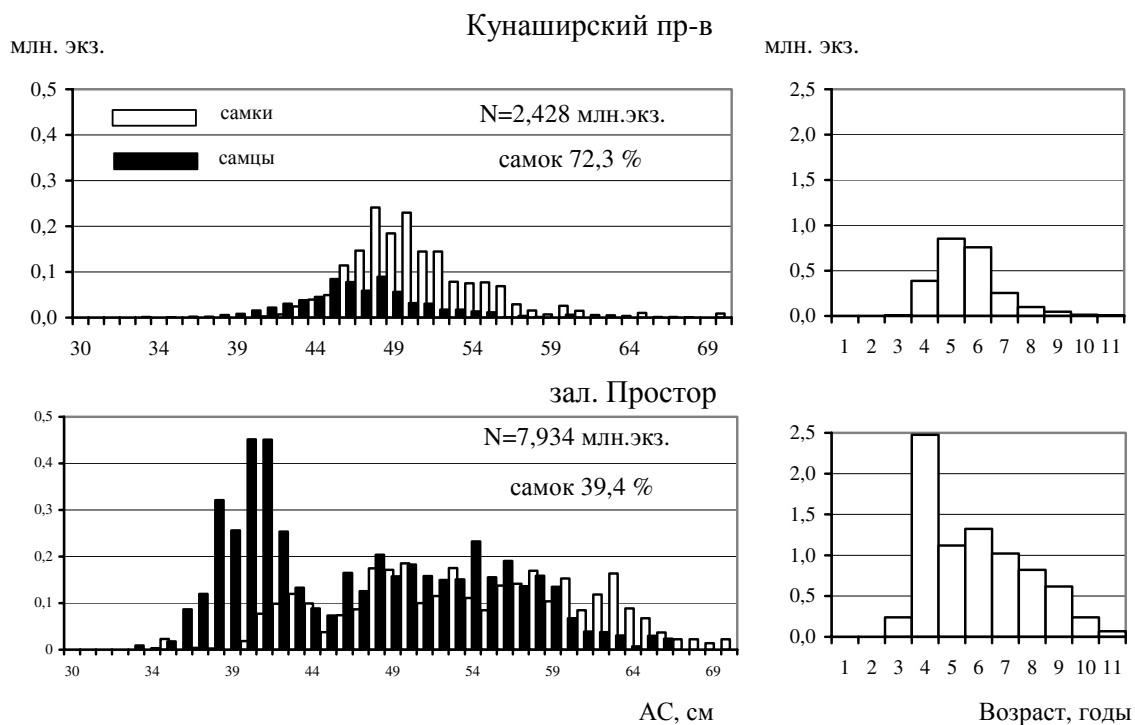


Рис. 3. Размерно-возрастной состав половозрелого минтая в южно-Курильском районе в марте 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА

Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. Результаты оценки запасов минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съемке в 2004 г. // Вопр. рыб-ва. – 2005. – Т. 6, № 2 (22). – С. 298–325.

Зверькова Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – 247 с.

Овсянникова С.Л., Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Жигалов И.А. Особенности нереста, распределение и оценка запасов минтая в водах южных Курильских островов в 2006 г. // Изв. ТИНРО, в печати.

Отчет о рейсе НИС «Профессор Кагановский» в Охотское море по оценке биологических ресурсов в марте-июне 2006 г. / Рейсовый отчет / ТИНРО-центр. № 25403. – Владивосток, 2005. – 752 с.

Смирнов А.В. Распределение икры южно-курильского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. - Владивосток: ТИНРО, 1987. - С. 88-99.

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами // Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Труды ВНИРО. – 2006 г. – Т. 146. – С. 257–296.

Фадеев Н.С. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биол. моря. – 1999. - Т. 29, № 3. - С. 246-249.

Фадеев Н.С., Самко Е.В. Распределение икры минтая в водах южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. – 2006. - Т. 147. – С. 71-83.

Фадеев Н.С. Промысел, популяционный состав и биология минтая в Сахалино-Курильско-Хоккайдских водах // Изв. ТИНРО. – 2006. - Т. 147. – С. 3-35.

Yoshida H. Walleye pollock fishery and fisheries management in the Nemuro Strait, Sea of Okhotsk, Hokkaido // Prog. Intern. Symp. Biol. Managem. Walleye Pollock, Alaska, 1989. – P. 59-77.

ПЛОДОВИТОСТЬ *SCLEROCRANGON SALEBROSA* И *SCLEROCRANGON BOREAS* В ВОДАХ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО И СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ

С.В. Авдеев, Е.Н. Дробязин
ТИНРО-центр, г. Владивосток, style.85@mail.ru

Промысловые беспозвоночные, в особенности креветки и крабы, стоят в ряду наиболее востребованных объектов у отечественных рыбодобывающих организаций. Это объясняется не только высокой пищевой ценностью и деликатесными качествами продукции, но и высокой ценой и неограниченным спросом на российском и зарубежных рынках.

Для организации рационального режима эксплуатации необходимы надежные знания биологии промысловых видов. Исследование индивидуальной плодовитости является необходимым звеном в определении продукционных характеристик популяций.

Цель данной работы состоит в выявлении некоторых особенностей репродуктивной биологии (индивидуальная плодовитость, размер икринок) двух видов рода *Sclerocrangon* – шипастого шримса-медвежонка *S. salebrosa* и северного шримса-медвежонка *S. boreas*.

Материал был собран в зал. Петра Великого (*S. salebrosa*) и в водах северного Приморья. Всего изучено 186 экз. шипастого шримса-медвежонка и 50 особей северного шримса-медвежонка.

Для определения плодовитости брали кусочек гонады массой около 1 г, подсчитывали количество икринок в ней, а затем пересчитывали число штук на всю гонаду. Диаметр икринок определяли при помощи бинокля МБС-10 при четырехкратном увеличении. У каждой особи измерялось по 30 икринок.

Известно, что у скульптурированных шримсов рода *Sclerocrangon* икринки имеют овальную форму (Макаров, 1966; Михайлов и др., 2003). При определении размеров икринок мы измеряли наибольший диаметр.

Для *S. boreas* нами получены следующие результаты. Минимальное число икринок (87 штук) было отмечено у особи, длина которой была равна 124 мм., а масса – 38,9 грамм. Максимальная плодовитость 803 икринки была зарегистрирована у самки с размерами 134 мм и весом 55 г. Среднее арифметическое значение числа икринок у животных на стадии “икра без глазка” составило – 443 штуки, а среднее значение на стадии “икра с глазком” было равно – 402.

Известно, что для многих таксономических групп, в том числе и ракообразных (Родин, 1986; Мокрецова, Дробязин, 2000), характерна зависимость между размерами особи и ее индивидуальной плодовитостью. На рис. 1 представлен график, по оси абсцисс которого отложены масса особи, а по ординате – индивидуальная плодовитость. Как следует из данного рисунка, имеется очевидная линейная зависимость между этими двумя параметрами (индивидуальная плодовитость – масса особи). Данная связь может быть аппроксимирована следующей линейной функцией: $N = -37,56 + 12,24 * M$ (где N – число икринок, M – масса особи). Коэффициент корреляции не очень велик, составляет 0,7016, но достоверно отличается от нуля. Это означает, что и линейная зависимость значима. На рис. 2 представлена связь между длиной и индивидуальной плодовитостью особи. Она может быть представлена следующей зависимостью: $N = -1060,44 + 12,2032 * L$ (где L – длина особи). Коэффициент корреляции для данной связи составил 0,68. Он значимо отличается от 0 и, следовательно, зависимость между длиной особи и числом икринок является достоверной. Изучив плодовитость *S. salebrosa*, установили, что минимальная индивидуальная плодовитость составила 308 икринок. Она была отмечена у самки с размерами 137 мм. Максимальная индивидуальная плодовитость составила 2248 (была отмечена у самки с размерами 144 мм). Средняя индивидуальная плодовитость шипастого шримса-медвежонка для самок на стадии “икра без глазка” составила 1068 шт., на стадии «икра с глазком» – 1200 шт. Данные значения достоверно различаются (t-критерий Стьюдента равен 2,11, число степеней свободы 184, уровень значимости 3,61 %).

На рис. 3 представлена зависимость между массой особи и числом икринок для самок шипастого шримса-медвежонка. Как следует из этого рисунка, данную связь можно прибли-

зить следующей линейной функцией: $N = -266,5464 + 27,9703 \cdot M$. Отметим, что коэффициент корреляции между массой особи и индивидуальной плодовитостью равен: $r = 0,5935$, при этом он достоверно отличается от нуля (уровень значимости составляет 0,0000).

Рис. 1. Связь между массой особи и числом икринок у самок *Sclerocrangon boreas*

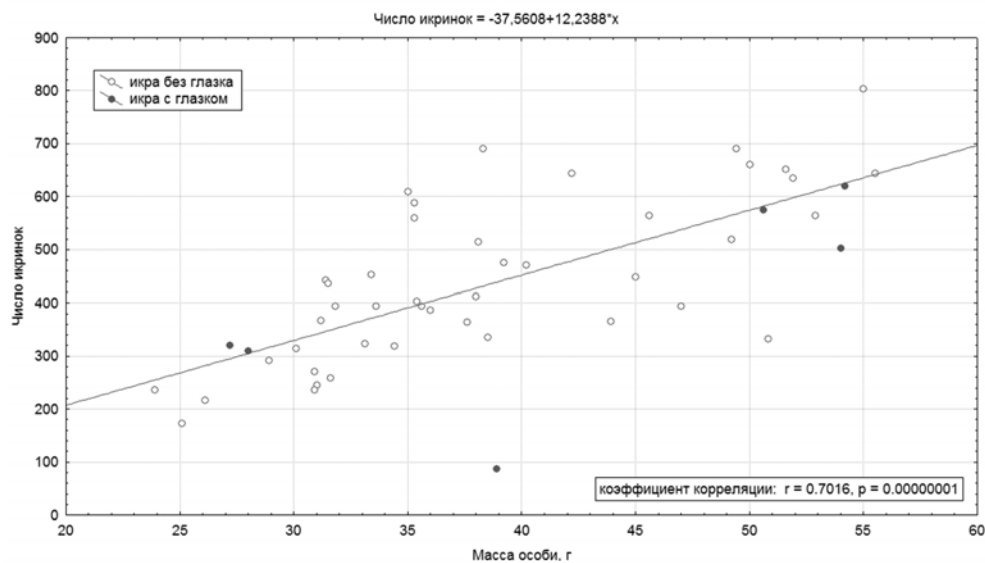


Рис. 2. Связь между длиной особи и числом икринок у самок *Sclerocrangon boreas*

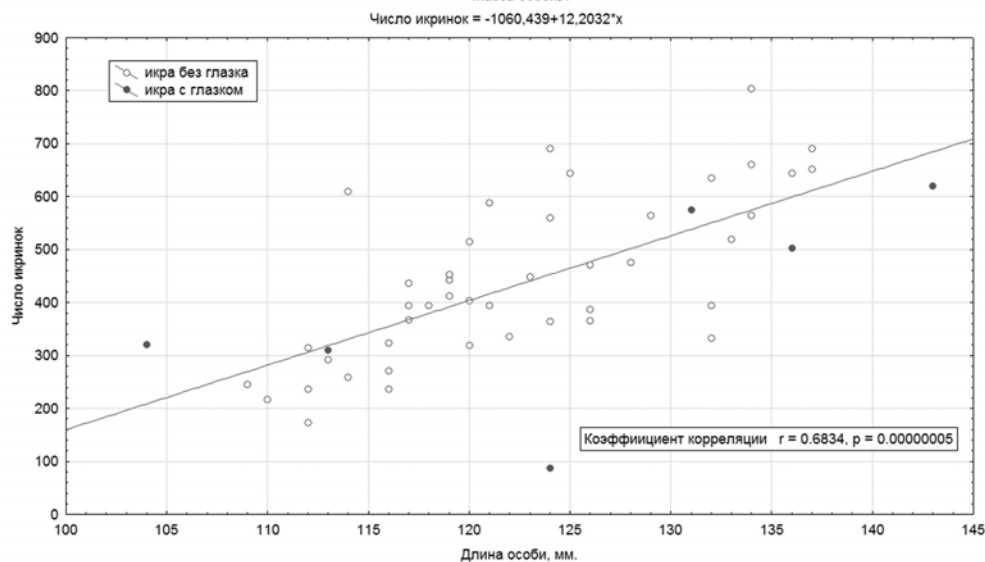
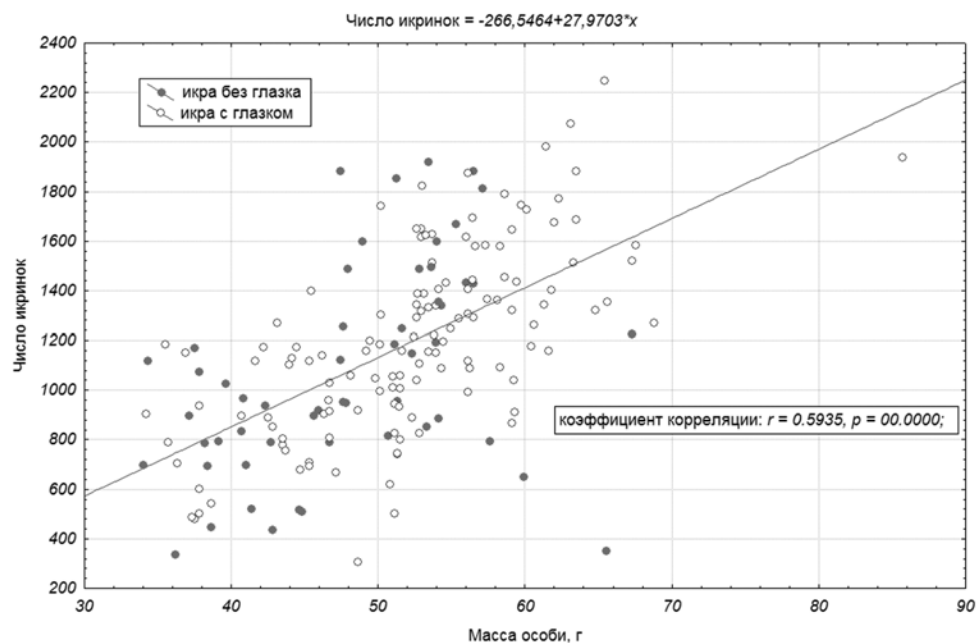


Рис. 3. Связь между числом икринок и массой особи у самок *Sclerocrangon salebrosa*



На рис. 4 представлена связь между длиной особи и индивидуальной плодовитостью. Данная взаимосвязь аппроксимирована линейной функцией: $N = -3329,5342 + 32,4964 \cdot L$. Коэффициент корреляции между длиной особи и числом икринок составил: $r = 0,5878$, уровень значимости: $p = 0,0000$. Таким образом, эта величина значимо отличается от 0.

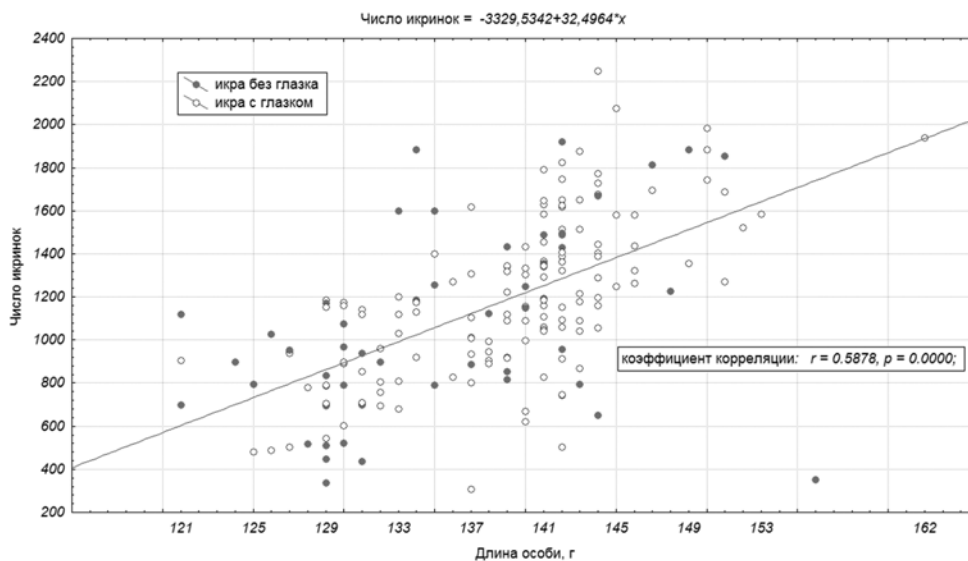


Рис. 4. Связь между числом икринок и длиной особи у самок *Sclerocrangon salebrosa*

Статистические показатели размера икринок *S. boreas* представлены в табл. 1. Статистические характеристики размера икринок шипастого шримса-медвежонка представлены в табл. 2.

Таблица 1

Статистические параметры размера икринок *S. boreas*

Показатель	№	Ср. зн.	Довер. инт.		Медиана	Мода	Част. моды	Мин	Макс	Станд. откл.	Ошиб. сред.
			-95 %	+95 %							
Ик. без гл.	1319	2,571	2,564	2,577	2,6	2,5	329	2	2,95	0,116	0,003
Ик. с гл.	180	2,66	2,642	2,678	2,7	2,7	42	2,2	2,95	0,123	0,009

Таблица 2

Статистические параметры размера икринок *S. salebrosa*

Показатель	№	Ср. зн.	Довер. инт.		Медиана	Мода	Част. моды	Мин	Макс	Станд. откл.	Ошиб. сред.
			-95 %	+95 %							
Ик. без гл.	1620	1,744	1,739	1,751	1,7	1,7	1163	0,85	2,21	0,114	0,003
Ик. с гл.	3960	1,752	1,747	1,756	1,7	1,7	2648	0,68	2,55	0,125	0,001

Как следует из данных табл. 1, 2, размер икринок у северного шримса-медвежонка заметно и достоверно больше, чем у шипастого шримса-медвежонка (t -значение критерия Стьюдента равно 235,36, число степеней свободы равно 7077, уровень значимости 0,0). Видимому, причина этих различий кроется в особенностях биологии.

Известно (Макаров, 1966), что эти виды характеризуются следующим: северный шримс-медвежонок не имеет пелагической личинки. Из икринок выходят вполне сформировавшиеся молодые особи, которые некоторое время находятся на плеоподах самки. Напротив, шипастый шримс-медвежонок характеризуется наличием пелагической личинки (Макаров, 1966). Не исключено, что различия в индивидуальной плодовитости этих двух видов определяется именно этими особенностями. Сравнение данных, полученных по плодовитости *Sclerocrangon boreas* и *Sclerocrangon salebrosa*, показывает, что индивидуальная плодовитость у шипастого шримса-медвежонка заметно больше, чем у северного шримса-медвежонка, кроме этого индивидуальная плодовитость у шипастого шримса-медвежонка возрастает сильнее с ростом массы особи.

Сведений по плодовитости этих видов в биологической литературе крайне мало. Нам известно только две публикации подобного рода (Михайлов и др., 2003; Дробязин и др., 2006). По данным Михайлова с соавторами (2003), плодовитость шипастого шримса-медвежонка из северной части Охотского моря колебалась в пределах от 553 до 1620 штук, в среднем составляя 1090 штук. Подчеркнем, что всего данными авторами было исследовано 30 особей шипастого шримса-медвежонка. По данным более ранних исследований, в зал. Петра Великого (Дробязин и др., 2006) средняя индивидуальная плодовитость составила 1420 икринок, изменяясь от 598 до 2475 штук. Всего этими авторами было изучено 143 самки. Учитывая достоверную положительную связь индивидуальной плодовитости с размерами особей, данные, полученные в ходе наших исследований, вполне согласуются с результатами, опубликованными в литературе (Михайлов и др., 2003; Дробязин и др., 2006).

ЛИТЕРАТУРА

Дробязин Е.Н., Мокрецова Н.Д., Шевченко Г.Г. Размерная структура, сезонная и межгодовая динамика биологических показателей самок шримса-медвежонка *Sclerocrangon salebrosa* залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. рыбол. – 2006. – № 3 (27). – С. 491.

Макаров Р.Р. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. – М.: Наука, 1966. – 162 с.

Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. Промысловые беспозвоночные шельфа и материкового склона северной части Охотского моря. – Магадан: Магадан НИРО, 2003. – 129 с.

Мокрецова Н.Д., Дробязин Е.Н. Распределение и некоторые черты биологии шримса-медвежонка залива Петра Великого Японского моря // Изв. ТИНРО. - 2000. - Т. 127. - С. 326-333.

Родин В.Е. Эмбриональное и личиночное развитие гигантской тропической креветки, *Macrobrachium rosenbergii* при выращивании в культуре: Тез. докл. IV Всесоюз. конф. по промысл. беспозвоноч. (Севастополь, апр. 1986 г.). – М., 1986. – Ч. 1. – С. 119-120.

МАТЕРИАЛЫ ПО КОРМОВОЙ БАЗЕ ИХТИОЦЕНА РЕКИ КЕДРОВОЙ (ЮЖНОЕ ПРИМОРЬЕ)

М.В. Астахов

БПИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, mvastakhov@mail.ru

Водотоки полугорного и предгорного типа формируют основу гидрографической сети Дальнего Востока и имеют значение как места воспроизводства тихоокеанских лососей.

Предгорная р. Кедровая относится к категории малых лососевых. Протекает по территории заповедника «Кедровая Падь» и впадает в Амурский залив (Японское море) двумя рукавами. Протяженность реки 18 км, суммарная длина ее притоков 46 км (Ресурсы ..., 1964).

Наиболее обширный список компонентов ихтиофауны бассейна представлен в работе А.Ю. Семенченко (2006). Состав ихтиоцена зависит от сезона и условий года. Здесь можно встретить свыше десяти видов рыб, в том числе симу, мальму, кунджу, азиатскую и малоротую корюшек, амурского гольяна, дальневосточную красноперку, сибирского гольца, подкаменщика Черского, китайскую и трехиглую колюшек. Согласно указанию Н.Г. Васильева с соавторами (1965), «когда-то» в реке был «многочисленным» ленок, но «в 1951–1952 гг. по неизвестным причинам эта рыба исчезла». По мнению местных жителей, сюда может заходить кета, нерестящаяся в соседних р. Барабашевка и «лимнокрене», протока которого впадает в море недалеко от устья Кедровой. Однако достоверные сведения о таких заходах отсутствуют. Возможно, это мнение обусловлено путаницей в определении местоположения протоки и рукавов реки.

Режим охраны лимитирует проведение мероприятий по изучению питания на территории заповедника, поэтому данные о содержимом пищеварительных трактов рыб приводятся по материалам других авторов (табл. 1).

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод о значительной широте видовых спектров питания большинства рыб Кедровой. Некоторых, в том числе и симу, можно включить в категорию всеядных зоофагов. По мнению С.П. Воловика (1964) и А.И. Смирнова (1975) эврифагия выражена у симы в большей степени, нежели у других лососей. Из карпообразных реки наиболее всеядна красноперка.

Потребление того или иного типа корма определяется его доступностью, поэтому основой питания рыб в водотоках горных областей являются сносимые течением наземные и водные организмы (Леванидов, 1959; Канидьеv, Жуйкова, 1971; Шустов, 1977; Богатов, 1994; Живоглядов, 2004; и многие другие).

Показатели количественного развития бентоса на каменистом грунте дают представление об обилии бентоса, но слабо сопряжены с представлением о кормности реки, поскольку добыча пищи с такого субстрата вызывает у рыб затруднения, малоэффективна, энергетически не выгодна. Вероятность ошибок усугубляется и тем, что распределение организмов на грунте зависит от сочетания локальных микроусловий, а потому – не однородно как в качественном, так и в количественном отношении. Это отражается на репрезентативности бентосных проб. Животные, попавшие в поток, напротив, распределяются сравнительно равномерно – в одной и той же пробе можно встретить представителей разных биотопов, что позволяет давать более объективную характеристику кормовой базы. Иначе говоря, о кормности реки надо судить, привлекая материалы изучения дрефты (сноса беспозвоночных вниз по течению). Рассмотрим результаты наших исследований в р. Кедровой осенью 2006 г. (табл. 2).

Из данных табл. 2 видно, что доступность кормовых организмов (определяемая их обилием в дрефте) связана с сезонными изменениями внешних условий. В ряду сентябрь – октябрь – ноябрь происходит понижение температуры, стабилизируется гидрологический режим реки, за счет вылета амфибиотических насекомых и ослабления активности наземных беспозвоночных уменьшается фонд организмов дрефты.

При введении в обсуждение условного понятия «относительная кормовая доступность» (отношение биомассы организмов на грунте к биомассе организмов в дрефте), можно проследить динамику ее снижения. Так, в сентябре условное соотношение организмов на грунте и биомассы организмов в дрефте составило 1: 3,5; в октябре 1: 0,67; а в ноябре 1: 0,18.

Содержимое пищеварительных трактов рыб

Вид	Содержимое пищеварительных трактов	Источник данных
Сима <i>Oncorhynchus masou</i>	Amphipoda, Aranei, Cladocera, Collembola, Copepoda, Hydracarina, Insecta, Oligochaeta; Pisces, икра (в том числе каннибализм); растительные остатки, семена	Кузнецова, 1954; Крыхтин, 1962; Воловик, 1964; Кохменко, 1964; Смирнов, 1975; Семенченко, 1977; Богатов, 1994; Новиков и др., 2002; Крупянко, Скирин, 2003; Живоглядов, 2004
Мальма <i>Salvelinus malma curilus</i>	Amphipoda, Aranei, Insecta, Mollusca, Pisces, икра (в том числе каннибализм); растительные остатки	Кохменко, 1964; Воловик, 1964; Семенченко, 1977; Парпура, Семенченко, 1989; Богатов, 1994; Новиков и др., 2002; Живоглядов, 2004
Кунджа <i>Salvelinus leucomaenis</i>	Amphipoda, Aranei, Gastropoda, Insecta, Mysidacea; Pisces, икра (в том числе каннибализм); растительные остатки	Кохменко, 1964; Парпура, Семенченко, 1989; Новиков и др., 2002; Крупянко, Скирин, 2003; Живоглядов, 2004
Азиатская корюшка <i>Osmerus mordax dentex</i>	Amphipoda, Copepoda, Cladocera, Cumacea, Insecta, Isopoda, Mysidacea; Pisces, икра	Кохменко, 1964; Максименков, Токранов, 2000
Малоротая корюшка <i>Hypomesus olidus</i>	Amphipoda, Copepoda, Cladocera, Cumacea, Hydracarina, Insecta, Isopoda, Mysidacea, Oligochaeta; Pisces; детрит	Максименков, Токранов, 1993; Максименков, Токранов, 2000; Роготнев и др., 2005
Амурский голянь <i>Phoxinus lagowskii</i>	Amphipoda, Insecta; Pisces, икра; Chlorophyta, Bacillariophyta; детрит	Леванидов, 1959; Семенченко, 1977; Парпура, Семенченко, 1989; Богатов, 1994; Новиков и др., 2002; Крупянко, Скирин, 2003
Дальневосточная красноперка <i>Tribolodon brandtii</i>	Amphipoda, Aranei, Bivalvia, Gastropoda, Insecta, Polychaeta; Ciclostomata, Pisces, икра (в том числе каннибализм); Chlorophyta, водные Magnoliophyta; детрит	Кохменко, 1964; Новиков и др., 2002; Лабай и др., 2003; Роготнев и др., 2005
Сибирский голец <i>Barbatula toni</i>	Amphipoda, Hirudinea, Insecta	Семенченко, 1977; Парпура, Семенченко, 1989; Новиков и др., 2002
Подкаменщик Черского <i>Cottus czerskii</i>	Pisces	Новиков и др., 2002; Крупянко, Скирин, 2003
Китайская колюшка <i>Pungitius sinensis</i>	Amphipoda, Cladocera, Copepoda, Insecta, Mysidacea; Pisces, икра; Chlorophyta, Bacillariophyta	Леванидов, 1959; Новиков и др., 2002
Трехиглая колюшка <i>Gasterosteus aculeatus</i>	Amphipoda, Aranei, Cladocera, Copepoda, Cumacea, Gastropoda, Insecta, Isopoda, Mysidacea, Oligochaeta, Ostracoda, Polychaeta; Pisces, икра; Algae; детрит.	Парпура, Семенченко, 1989; Максименков, Токранов, 2000; Новиков и др., 2002; Роготнев и др., 2005

Закономерный рост показателей дрейфа Isotomidae, возможно, обусловлен спецификой фенологии отряда Collembola (в ноябре категория «наземные» была представлена исключительно почвенными ногохвостками).

Общепринято, что основу рациона составляют формы, массовые или обычные в данный период года. Пищевые «предпочтения» во многом определяются морфо-функциональными и экофизиологическими особенностями самих рыб. При одинаковом ассортименте потребляемых кормов соотношение отдельных компонентов рациона должно быть специфичным для каждого вида. Следует принимать во внимание и различия в суточной ритмике питания, которая часто отражает периодичность возникновения благоприятных для конкретного вида рыб пищевых ситуаций (например, усиление интенсивности дрейфа «излюбленного» кормового объекта).

Остроту пищевой конкуренции сглаживают видовые (а среди особей одного вида – возрастные) особенности распределения рыб в континууме реки. Стаи голянов чаще кормятся на открытых участках с замедленным течением, а местообитания китайской колюшки (тоже потребляющей водоросли перифитона) приурочены к слабопроточным стациям, захламленным древесными остатками. Наиболее реофильным видом, проникающим в верховья водотоков бассейна, является мальма (Семенченко, 2006; собственные наблюдения), преимущественно в устьевой зоне встречается трехглая колюшка. (Следует отметить, что кормовой ассортимент приустьевой зоны дополняют мизиды, изоподы и полихеты). Крупная молодь сими придерживается быстрин, а мальки сими нагуливаются на мелководье. В случае совместного обитания наблюдается разобщение кормовых ниш по горизонтам потока. Например, сима предпочитает питаться у поверхности, в то время как мальма держится обычно у самого дна (Воловик, 1964; Живоглядов, 2004; собственные наблюдения). Таким образом, в рационе сими в большей степени могут быть представлены наземные беспозвоночные, падающие в воду с прибрежной растительности.

Таблица 2

Обилие кормовых организмов в р. Кедровой осенью 2006 г.

Группа	Сентябрь		Октябрь		Ноябрь	
	На дне, мг/м ²	В дрефте, мг/м ² /сут	На дне, мг/м ²	В дрефте, мг/м ² /сут	На дне, мг/м ²	В дрефте, мг/м ² /сут
Amphipoda	2840	4776	162	1840	8,8	123
Cladocera	0,3	1,1	-	-	-	-
Coleoptera	-	418	-	113	62,7	182
Isotomidae (Collembola)	-	9,7	-	31,8	-	87
Copepoda	-	-	-	-	-	11,6
Diptera	3887	3251	2898	1111	10147	992
Ephemeroptera	637	14296	247	1173	2408	1124
Hydracarina	40,7	591	21	118	31,4	161
Nematoda	-	0,5	-	-	30	5,4
Oligochaeta	38,2	341	427	59	1305	435
Ostracoda	0,9	6,4	-	-	-	-
Plecoptera	71,8	594	3438	264	822	160
Trichoptera	609	3437	2583	1428	4618	216
Наземные	-	984	-	446	-	11,5
Итого	8125	28706	9776	6584	19433	3509

Для лотических систем горных областей характерно слабое развитие планктона. По этой причине общепринятым стало мнение, о том, что планктонные формы здесь не играют фактической роли. Между тем, согласно табличным данным монографии В.Я. Леванидова (1969), частота встречаемости циклопов в желудках мальков кеты достигает 48–72 %. Личинки сими на этапе смешанного питания, помимо циклопов (Крыхтин, 1962), поедают дафний (Крыхтин, 1962; Смирнов, 1975). Не последнее место занимает планктон и в пищевом спектре колюшек (Леванидов, 1959). В р. Кедровая планктонные организмы получают развитие в придаточной системе.

С приходом на нерест производителей сими в реке формируются локальные источники кормового «изобилия» – перераспределение грунта при устройстве нерестовых бугров является причиной катастрофического дрефта бентосных организмов, активно потребляемых рыбным сообществом. Катастрофический дрефт такого рода обеспечивает рыбное население крупными «энергетически выгодными» кормовыми объектами (например, личинками гексатом (Diptera)), вовлекаемыми в дрефт обычно только во время паводков, когда сами рыбы малоактивны и переживают неблагоприятные для существования условия в укрытиях. Активность же производителей, перекапывающих грунт, напротив, привлекает массу жилых особей. По нашему мнению, имеет смысл (в свете представлений об обеспеченности кормом) дифференцировать понятия катастрофический дрефт «вообще» и катастрофический дрефт, обуславливаемый деятельностью нерестующих производителей. Помимо потребления донной фауны, принудительно вовлекаемой в дрефт, рыбы-резиденты получают возможность питаться икрой, потери которой значительны.

Трупы отнерестовавших производителей служат «важным источником питательных веществ» для представителей бентоса (Тесленко, 2006). В октябре 2007 г. автор настоящего сообщения наблюдал стайку голянов, сгруппировавшихся вокруг сненки сими. Однако выяснить – пи-

тались гольяны тканями трупа, или лишь собирали с него беспозвоночных – не удалось. По данным Л.В. Кохменко (1964) и О.Ф. Гриценко (1969) каркасы лососей может выедать мальма. Для кормовых организмов пищевым ресурсом аллохтонного происхождения являются также трупы лягушек, погибающих в Кедровой во время зимовки (собственные наблюдения).

К концу осени, с уменьшением фонда организмов дрефта, рыбы переходят на питание преимущественно бентосом. В период ледостава пищевая конкуренция, обостряющаяся при формировании зимовальных скоплений (и отсутствии корма аллохтонного происхождения), смягчается низким уровнем метаболизма. Весной и летом напряженность пищевых отношений внутри ихтиоцены в значительной мере определяется суточной ритмикой дрефта.

ЛИТЕРАТУРА

Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 218 с.

Васильев Н.Г., Панкратьев А.Г., Панов Е.Н. Заповедник «Кедровая Падь». – Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во, 1965. – 88 с.

Воловик С.П. Пищевые отношения молоди симы с молодью других лососевых в реках Сахалина // Изв. ТИНРО. – 1964. – Т. 55. – С. 83–96.

Гриценко О.Ф. Экологические взаимоотношения гольцов рода *Salvelinus* и лососей рода *Oncorhynchus* в реках Сахалина: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калининград, 1969. – 20 с.

Живоглядов А.А. Структура и механизмы функционирования сообществ рыб малых нерестовых рек острова Сахалин. – М.: ВНИРО, 2004. – 128 с.

Канидьев А.Н., Жуйкова Л.И. Обеспеченность пищей как показатель допустимой концентрации молоди осенней кеты в реке // Изв. ТИНРО. – 1971. – Т. 76. – С. 97–110.

Кохменко Л.В. Пищевые отношения молоди тихоокеанских лососей с жильными и некоторыми проходными рыбами в предгорных притоках Амура // Изв. – ТИНРО. – 1964. – Т. 55. – С. 97–111.

Крупянка Н.И., Скирин В.И. Эффективность воспроизводства кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) в Южном Приморье // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2003. – Вып. 2. – С. 511–522.

Крыхтин М.Л. Материалы о речном периоде жизни симы // Изв. ТИНРО. – 1962. – Т. 48. – С. 84–132.

Кузнецова А.Ф. Некоторые данные по биологии молоди симы // Изв. ТИНРО. – 1954 – Т. 41. – С. 337–341.

Лабай В.С., Ни Н.К., Роготнев М.Г. Некоторые аспекты питания мелкочешуйной красноперки *Tribolodon brandtii* (Dybowski) озера Тунайча (остров Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2003. – Вып. 2. – С. 444–453.

Леванидов В.Я. Питание и пищевые отношения рыб в предгорных притоках нижнего течения Амура // Вопр. ихтиол. – 1959. – Вып. 13. – С. 139–155.

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. – 1969. – Т. 67. – 243 с.

Максименков В.В., Токранов А.М. Питание малоротой корюшки *Hypomesus olidus* в эстуарии р. Большая (Западная Камчатка) // Вопр. ихтиол. – 1993. – Т. 33, вып. 3. – С. 388–394.

Максименков В.В., Токранов А.М. Пищевые взаимоотношения рыб в эстуарии реки Большая (Западная Камчатка) // Вопр. ихтиол. – 2000. – Т. 40, вып. 1. – С. 31–42.

Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. – 552 с.

Парпура И.З., Семенченко А.Ю. Фауна и биология рыб Северного Приморья // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – С. 120–137.

Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – Т. 18, вып. 2. – 84 с.

Роготнев М.Г., Лабай В.С., Заварзина Н.К. Сравнительная характеристика питания некоторых массовых прибрежных рыб озера Тунайча (Южный Сахалин) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2005. – Вып. 3. – С. 566–575.

Семенченко А.Ю. Зимовка рыб в водотоках заповедника «Кедровая Падь» // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая Падь». – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 159–171.

Семенченко А.Ю. Рыбное сообщество в реке Кедровая // Растительный и животный мир заповедника «Кедровая Падь». – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 243–255.

Смирнов А.И. Биология размножения и развития тихоокеанских лососей. – М.: МГУ, 1975. – 334 с.

Тесленко В.А. Веснянки (Plecoptera) в экосистемах рек Дальнего Востока России (фауна, биология, экология): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Владивосток, 2006. – 43 с.

Шустов Ю.А. Дрифт донных беспозвоночных в лососевых реках бассейна Онежского озера // Гидробиол. журн. – 1977. – Т. 13, № 3. – С. 32–37.

ПЕРВЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ПЛОДОВИТОСТИ МАССОВЫХ МЕЗОПЕЛАГИЧЕСКИХ РЫБ ОХОТСКОГО МОРЯ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Г.В. Белова

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, belova@tinro.ru

Биология размножения мезопелагических рыб, составляющих основу потенциальных рыбных ресурсов дальневосточных открытых российских вод, слабо изучена. В частности, отсутствуют сведения по плодовитости этих объектов, которые в дальнейшем могут послужить основой для расчета нерестовой биомассы рыб, а также для оценки условий их воспроизводства. Ранее плодовитость мезопелагических рыб из сем. *Mystophidae* была подсчитана для некоторых атлантических представителей (Алексеева, Алексеев, 1983; Овен, 1985) и диафа – тета *Diaphus theta* из вод Куроиси (Соколовская, 1975). У рыб из семейств *Melamphaidae*, *Microstomatidae* и *Platyroctidae* плодовитость не исследовалась. Цель настоящей работы определить плодовитость у массовых мезопелагических рыб Охотского моря и сопредельных вод Тихого океана.

Пробы рыб собраны в экспедициях ФГУП «ТИНРО-центр» в северо-западной части Тихого океана и в Охотском море в период с 2001 по 2005 гг. Всего исследовано 11 видов рыб (118 особей), принадлежащих к четырем семействам: сем. *Mystophidae* – диаф-тета *Diaphus theta* (31 шт.), цератоскопел Варминга *Ceratoscopelus warmingii* (13 шт.), нотоскопел *Notoscopelus resplendens* (13 шт.), калифорнийский симболорф *Symbolophorus californiensis* (12 шт.), западная тарлетонбения *Tarletonbeania crenularis taylori* (5 шт.); сем. *Melamphaidae* – траурный меламафай *Melamphaes lugubris* (10 шт.); сем. *Microstomatidae* – серебрянка дальневосточная *Leuroglossus schmidtii* (22 шт.), тихоокеанский батияг *Bathylagus pacificus* (5 шт.), охотский батияг *Bathylagus ochotensis* (4 шт.), батияг Миллера *Pseudobathylagus milleri* (1 шт.), сем. *Platyroctidae* – сагамихт блестящий *Sagamichthys abei* (8 шт.).

Для подсчета количества разноразмерных ооцитов использовались гонады на III, IV, IV–V и V стадиях зрелости. Количество ооцитов в одной порции учитывалось в гонадах на IV–V, V и VI–V стадиях зрелости. Подсчет ооцитов осуществлялся под биноклем МБС-10 при 16-кратном увеличении весовым методом (Анохина, 1969). У каждой самки из гонады брались три навески: с краев и из центральной части. Масса гонады измерялась с точностью до 0,01 г, а масса навески – 0,0001 г. Ооциты в навеске разделялись при помощи препаровальных игл. При вычислении относительного количества ооцитов в одной порции икры использовался вес рыбы без внутренностей.

У всех 11 видов рыб, относящихся к различным экологическим (пелагическим и батипелагическим), зоогеографическим (северобореальным, южнобореальным, южнобореально-субтропическим и субтропическим) группам определен непрерывный тип оогенеза. Он заключается в пополнении ооцитов из резервного фонда в расходный фонд, предназначенный для вымета в текущем нерестовом сезоне (что обеспечивает его продолжительность). Непрерывный тип оогенеза ранее уже был определен для ряда пелагических рыб (Овен, 1971, 1985; Андрианов, 1985; Лисовенко, Прутько, 1987), для демерсальных видов (Hourigan, Radtke, 1989), а также тропических рыб, ассоциированных с рифами (Емельянова, 1997, 1999) и обитающих на шельфе (Андрианов, Лисовенко, 1983; Macchi, 1998).

Для исследованных нами рыб характерен многопорционный нерест. Единовременно нерестящиеся виды среди них не обнаружены. Это согласуется с выявленной ранее закономерностью, что среди пелагофильных рыб часто встречаются порционно нерестящиеся виды (Андрианов, 1985; Овен, 1985; Лисовенко, Прутько, 1987; Melo, Armstrong, 1991; и др.). Многопорционность нереста создает предпосылки к большой лабильности репродуктивных способностей рыб, их адаптации к широкому диапазону колебаний условий среды (Овен, 1976), а также увеличивает суммарное количество икры, выметываемое одной самкой (Лисовенко, Прутько, 1987). Так, например, размер зрелого ооцита серебрянки *L. schmidtii* составляет 1,3 мм, масса – 0,003 г. Масса одной порции икры в среднем – $2,6 \pm 0,77$ г. Если бы у этого вида происходило единовременное созревание всех ооцитов трофоплазматического роста, а не порционное, то вес икры перед выметом составил бы $54,7 \pm 10$ г, при весе рыбы в среднем $17,2 \pm 2,9$ г. Таким образом, за продолжительный период нереста серебрянка выметывает икры более чем в 3 раза превышающую массу собственного тела.

Так как на ранних этапах развития пелагическая икра гибнет в огромных количествах под воздействием биотических и неблагоприятных абиотических факторов среды, для рыб с такой икрой характерна высокая плодовитость (Дехник, 1963; Никольский, 1974). Плодовитость (по количеству желтковых ооцитов) пелагических рыб с непрерывным типом оогенеза характеризуется широкими пределами от 1,7 тыс. до 400 тыс. икринок (Овен, 1971, 1985; Лисовенко, Прутько, 1987; Емельянова, 1997, 1999; Hourigan, Radtke, 1989 и др.). В настоящей работе мы исходим из того, что индивидуальную потенциальную плодовитость (ИПП) слагают как минимум все ооциты трофоплазматического роста (расходный фонд), а входящие в их состав желтковые ооциты формируют несколько порций икры для ближайшего вымета. У разных видов рыб на сходных стадиях зрелости в гонадах находится разное количество ооцитов расходного фонда, и размеры порций икры также отличаются. В таблице 1 представлены оригинальные данные по количеству ооцитов в гонадах разных видов рыб. Так, ИПП миктофид (сем. *Mystophidae*) составляет от 9,365 до 79,414 ооцитов, шалоротковых рыб (сем. *Microstomatidae*) находится в пределах 3,674–44,352 ооцитов, для мелаmfая (сем. *Melamphidae*) предел колебаний меньше – 34,574–52,974 ооцитов. Минимальное значение ИПП имеет представитель сем. *Platytroutidae* – *S. abei* – 955–2,535 ооцитов.

Для *D. theta* были проведены предварительные расчеты индивидуальной абсолютной плодовитости (ИАП). Частоту нереста определяли по количеству самок с гидратированной икрой (на IV–V, VI–V стадиях зрелости). Установлено, что в июле каждая самка нерестится раз в 6 дней, а в августе – раз в 15 дней, соответственно количество выметанных порций икры в июле составляет 5 порций, в августе – 2 порции. На эти месяцы приходится наиболее интенсивная часть второй половины нереста (Moku et al., 2003; Мальцева (Белова), 2004). Если исходить из того, что в первую половину нереста частота икрометания была сходной, за период с мая по август одной половозрелой самкой (со стандартной длиной тела 8,5–10,3 см) выметывается 14 порций икры. Размер одной порции икры во время пика нереста составляет $5,331 \pm 822$ шт., затем происходит ее уменьшение – $4,196 \pm 777$ шт. и последняя порция икры составляет 561 ± 404 шт. ооцитов. Соответственно суммарно за период май–август одной самкой будет выметано от 53,328 до 76,650 ооцитов. Как показано в таблице, одновременно в гонаде *D. theta* находится 24,708–74,304 ооцитов трофоплазматического роста, а это значит, что в ходе нереста развиваются и выметываются не только ооциты трофоплазматического роста, но и часть ооцитов протоплазматического роста. Для сравнения ИАП *Diaphus suborbitalis* составляет 15,2–126,8 тыс. икринок (Лисовенко, Прутько, 1987).

Максимальное количество желтковых ооцитов среди миктофид отмечено у символофора – $17,619 \pm 898$ ооцитов (см. таблицу). У субтропического вида космополита – *N. resplendens* – количество вителлогенных ооцитов совпадает с полученными ранее данными на атлантических представителях этого вида – 5,855–10,988 шт. (Алексеева, Алексеев, 1983). Атлантические миктофиды *Mystophum nitidulum* и *M. affine* имеют сопоставимые значения – 6,37 тыс. и 1,7 тыс. икринок, соответственно (Овен, 1985).

Самое большое количество ооцитов в одной порции икры отмечено у мелаmfая, символофора и тарлетонбении. Относительное количество ооцитов в одной порции икры у разных видов составляет от 1,5 до 1,891 шт./г (см. таблицу), что говорит о разных энергетических затратах на формирование икры. Максимальные энергетические затраты отмечены у *T. crenularis taylori* и *C. warmingii*, минимальные – у *L. schmidtii* и *S. abei*.

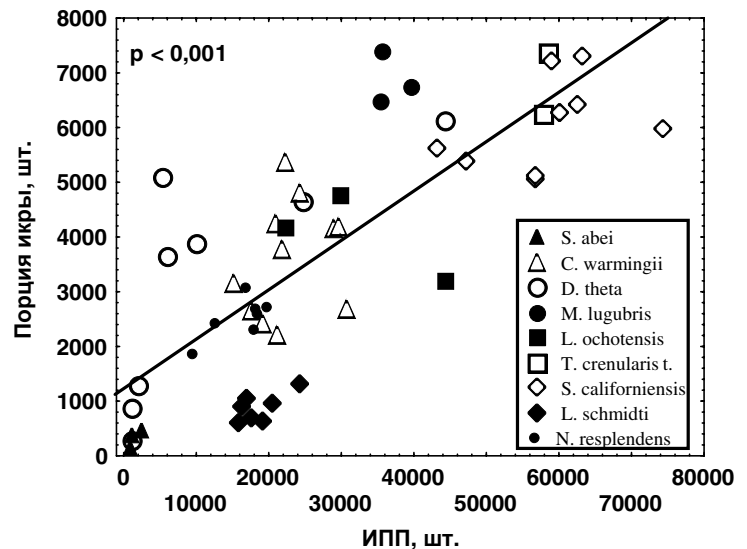
Если рассматривать связь ИПП рыб с размером порций их икры, то просматривается прямая зависимость этих параметров (см. рисунок). Чем больше количество ооцитов трофоплазматического роста в гонадах, тем крупнее формирующиеся порции икры. Наиболее высокие показатели имеют *S. californiensis*, *T. crenularis taylori*, *M. lugubris*, *D. theta*, средние – *L. ochotensis*, *C. warmingii*, *L. schmidtii*, *P. milleri*, *B. pacificus* и низкие – *S. abei*.

Таким образом, все исследованные виды рыб имеют непрерывный тип оогенеза и многопорционный нерест. Среди них можно выделить три группы: с высокой (*S. californiensis*, *T. crenularis taylori*, *M. lugubris*, *D. theta*), средней (*B. ochotensis*, *C. warmingii*, *L. schmidtii*, *N. resplendens*, *P. milleri*, *B. pacificus*) и низкой (*S. abei*) индивидуальной потенциальной плодовитостью. По предварительным расчетам абсолютная индивидуальная плодовитость *D. theta* составляет 53,328–76,650 ооцитов, в которую входят ооциты трофоплазматического и часть ооцитов протоплазматического роста. Остаются открытыми вопросы о частоте вымета порций и их количестве за нерестовый сезон у других видов рыб.

Количество ооцитов в гонадах рыб из семейств Mусторhidae, Melamphidae, Microstomatidae и Platyroctidae. Над чертой – пределы варьирования, под чертой – средние значения

Семейство	Вид	Количество особей, шт.	SL, см	Количество ооцитов трофоплазматического роста, шт.	Количество желтковых ооцитов, шт.	Количество ооцитов в одной порции икры, шт.	Относительное количество ооцитов в одной порции икры, шт./г
Myctophidae	<i>S. californiensis</i>	12	$11,1 - 12,2$ $11,5 \pm 0,1$	$43,260 - 79,414$ $60,407 \pm 2,899$	$13,829 - 24,510$ $17,619 \pm 898$	$5,061 - 7,290$ $6,030 \pm 277$	$386 - 552$ 452 ± 22
	<i>T. crenularis taylori</i>	5	$7,5 - 8,9$ $8,1 \pm 0,3$	$39,644 - 60,562$ $53,147 \pm 3,913$	$11,063 - 19,001$ $14,936 \pm 1,483$	$6,241 - 7,353$ $6,797 \pm 556$	$1,671 - 1,891$ $1,781 \pm 110$
	<i>D. theta</i>	31	$7,1 - 9,3$ $8 \pm 1,2$	$24,708 - 74,304$ $40,446 \pm 2,211$	$7,412 - 27,648$ $14,135 \pm 995$	$275 - 6,102$ $3,630 \pm 670$	$41 - 1,029$ 647 ± 118
	<i>C. warmingii</i>	13	$7 - 8,3$ $7,6 \pm 0,14$	$7,700 - 30,733$ $22,202 \pm 1,798$	$2,315 - 15,028$ $9,144 \pm 1,108$	$2,183 - 5,349$ $3,576 \pm 316$	$640 - 1,549$ $1,032 \pm 116$
	<i>N. resplendens</i>	7	$6,5 - 8$ $7,7 \pm 2$	$9,365 - 19,726$ $16,151 \pm 1,410$	$4,986 - 9,687$ $7,966 \pm 636$	$1,857 - 3,078$ $2,525 \pm 144$	$551 - 807$ 649 ± 33
Melamphidae	<i>M. lugubris</i>	10	$8,5 - 9,6$ $9,0 \pm 1,4$	$34,574 - 52,974$ $42,697 \pm 2,125$	$9,292 - 14,430$ $11,375 \pm 587$	$6,480 - 7,384$ $6,865 \pm 269$	$480 - 642$ 543 ± 50
Microstomatidae	<i>B. ochotensis</i>	4	$13,1 - 14,7$ $13,5 \pm 0,4$	$22,376 - 44,352$ $30,145 \pm 5,007$	$10,587 - 23,379$ $16,413 \pm 2,851$	$3,191 - 4,748$ $4,035 \pm 454$	$152 - 339$ 270 ± 59
	<i>L. schmidti</i>	22	$12,8 - 15,9$ $14,9 \pm 0,2$	$11,496 - 25,645$ $18,249 \pm 731$	$1,544 - 7,073$ $4,054 \pm 259$	$596 - 1,304$ 866 ± 97	$32,4 - 70,1$ $48,5 \pm 4,9$
	<i>P. milleri</i>	1	15	16,089	3,494	3,329	149
Platyroctidae	<i>B. pacificus</i>	5	$13 - 16,7$ $15 \pm 0,6$	$3,674 - 13,406$ $10,809 \pm 1,831$	$1,225 - 3,851$ $2,810 \pm 476$	$1,177 - 3,668$ $2,714 \pm 455$	$83 - 190$ $119 \pm 19,3$
	<i>S. abei</i>	8	$21,2 - 27,4$ $23,7 \pm 0,7$	$955 - 2,535$ $1,345 \pm 175$	$516 - 1,374$ 742 ± 95	$119 - 457$ 314 ± 101	$1,5 - 3,2$ $2,6 \pm 0,6$

Зависимость размера порции икры рыб от их индивидуальной потенциальной плодовитости (ИПП)



ЛИТЕРАТУРА

- Алексеева Е.И., Алексеев Ф.Е.** Некоторые аспекты репродуктивной биологии светящихся анчоусов *Myctophum punctatum* (Refinesque) и *Notoscopelus resplendens* (Richardson) (Myctophidae) из Восточной Атлантики // Вопр. ихтиол. – 1983. – Т. 23, № 5. – С. 779–785.
- Андреанов Д.П.** Некоторые сведения о размножении ставриды *Trachurus murphyi* Nichols (Carangidae) в шельфовых водах Перу // Вопр. ихтиол. – 1985. – Т. 25, № 1. – С. 96–104.
- Андреанов Д.П., Лисовенко Л.А.** Новые сведения о размножении перуанской мерлузы *Merluccius gayi peruanus* Ginsburg (Merluccidae) // Вопр. ихтиол. – 1983. – Т. 23, № 4. – С. 590–600.
- Анохина Л.Е.** Закономерности изменения плодовитости рыб. – М.: Наука, 1969. – 291 с.
- Дехник Т.В.** Некоторые закономерности колебаний численности и элиминации икринок и личинок *Engraulis encrasicolus ponticus* Alex. в условиях Черного моря // Тр. Севастопольской биологической станции. – 1963. – Т. 16. – С. 340–358.
- Емельянова Н.Г.** Особенности гаметогенеза некоторых прибрежных видов рыб Южно-Китайского моря // Вопр. ихтиол. – 1997. – Т. 37, № 3. – С. 393–399.
- Емельянова Н.Г.** Некоторые данные по гаметогенезу трех видов рода *Stolephorus* (Engraulidae) Южно-Китайского моря // Вопр. ихтиол. – 1999. – Т. 39, № 5. – С. 692–700.
- Лисовенко Л.А., Прутько В.Г.** Репродуктивная биология *Diaphus suborbitalis* Weber (Myctophidae) в экваториальной части Индийского океана. 2. Плодовитость и репродуктивные возможности // Вопр. ихтиол. – 1987. – Т. 27, № 1. – С. 89–100.
- Мальцева (Белова) Г.В.** Сроки нереста и порционная плодовитость *Diaphus theta* (Pisces) // Третья школа-конференция молодых ученых и студентов «Сохранение биоразнообразия и рациональное использование биологических ресурсов». – М.: Спорт и культура, 2004. – С. 53.
- Никольский Г.В.** Экология рыб. – М.: Высш. школа, 1974. – 367 с.
- Овен Л.С.** О размножении средиземноморско-атлантической ставриды *Trachurus trachurus trachurus* (Linne) в Средиземном море // Биол. моря. – 1971. – Т. 25. – С. 76–83.
- Овен Л.С.** Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. – Киев: Наук. дум., 1976. – 131 с.
- Овен Л.С.** Сравнительная характеристика репродуктивной биологии некоторых светящихся анчоусов (Myctophidae) тропической зоны Атлантического океана // Вопр. ихтиол. – 1985. – Т. 25, № 2. – С. 226–236.
- Соколовская Т.Г.** Распределение и некоторые черты биологии промысловых видов миктофид на материковом склоне восточного побережья Японии // Отчет о НИР / ТИПРО. – Арх. № 14675. – Владивосток, 1975.
- Hourigan T.F., Radtke R.L.** Reproduction of the Antarctic fish *Nototheniops nudifrons* // Mar. biology. – 1989. – Vol. 100. – P. 277–283.
- Macchi G.J.** Preliminary estimate of spawning frequency and batch fecundity of striped weakfish, *Cynoscion striatus*, in coastal waters off Buenos Aires province // Fish. Bull. – 1998. – Vol. 96, № 2. – P. 375–381.
- Melo Y.C., Armstrong M.J.** Batch spawning behaviour in lightfish *Maurolicus muelleri* // S. Afr. J. mar. Sci. – 1991. – Vol. 10. – P. 125–130.
- Moku M., Tsuda A., Kawaguchi K.** Spawning season and migration of the myctophid fish *Diaphus theta* in the western North Pacific // Ichthyol. Res. – 2003. – Vol. 50. – P. 52–58.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКАПЫВАЮЩИХСЯ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ ПРИМОРЬЯ

А.О. Бобовский

ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, Россия, bobovskyi@yandex.ru

Материалом для настоящей работы послужили данные по четырем видам закапывающихся двустворчатых моллюсков: мерценарии Стимпсона (*Mercenaria stimpsoni*), мактре китайской (*Mactra chinensis*), каллисте короткосифонной (*Callista brevisiphonata*) и серрипесу гренландскому (*Serripes groenlandicus*) из прибрежных вод зал. Петра Великого и северного Приморья, собранные сотрудниками ТИНРО-центра во время экспедиций с 1931 по 2005 г.

Исследования по двустворчатым моллюскам в 1931–1932 гг. в прибрежных водах Приморья проводили с помощью метода разрезов. Разрезы выполняли на расстоянии 1–5 км друг от друга и обследовали бухты до глубины 40 м, а в открытых участках моря – до 75 м. В некоторых случаях делали дополнительные разрезы, расстояние между которыми составляло 100–500 м. Количественный учет моллюсков проводился методом пробных площадок с помощью щупа и зубчатого дночерпателя Гордеева. Щупами исследовали грунт на глубинах до 4 м, а на более глубоководных участках песчаный, илисто-песчаный и илистый грунт облавливали с помощью зубчатого дночерпателя и зубчатой деревянной драги (Разин, 1934).

Современные исследования по моллюскам данных видов, как и научно-исследовательские работы, проведенные под руководством М.Г. Бирюлиной в 1970-х гг. в зал. Петра Великого, осуществляли водолажным способом в прибрежной зоне Приморья от уреза воды до 20 м. В 2000–2004 гг. материалы по моллюскам получали также при дражном промысле. Данные по распределению и численности моллюсков разных видов получены с помощью водолазного отбора проб с одного или нескольких квадратных метров на каждой станции. Определяли тип грунта, характер рельефа и растительности. Расстояние между разрезами составляло 300–500 м, на перпендикулярных к берегу разрезах проводили водолазные станции на разных глубинах.

Определение линейных параметров беспозвоночных проводили с помощью штангенциркуля с точностью до 1 мм. Массу особей определяли взвешиванием с точностью до 1 г. Определяли площадь и плотность скоплений особей в экз./м², оценивали общий и промысловый запасы вида, размерную и весовую структуры.

Статистическую обработку полученных данных проводили на компьютере с использованием программ Statistica, Excel, MapInfo. Видовое название моллюсков приведено в соответствии с классификацией предложенной О.А. Скарлато (Скарлато, 1981), географические обозначения районов исследований даны в современном изложении.

Ведущее место по частоте встречаемости за весь период исследований принадлежит *Mactra chinensis* (42,9 %), затем в убывающем порядке следует *Callista brevisiphonata* (38 %), *Mercenaria stimpsoni* (16,5 %), *Serripes groenlandicus* (2,4 %).

Mactra chinensis является наиболее изученным видом. Установлено, что данный вид в зал. Петра Великого не образует однородных поселений, а встречается вместе с другими закапывающимися моллюсками. В водах северного Приморья *Mactra chinensis* образует самостоятельные, практически моновидовые скопления и представлена наиболее крупными особями.

Согласно проведенным исследованиям стало известно, что вид распространяется от бухты Соколовской до мыса Золотой, что намного севернее, чем считалось ранее (Разин, 1934). В период с 1992 по 2004 г. общая биомасса вида в водах северного Приморья на площади 6662 га определена в объеме 4442 т. В зал. Петра Великого на площади 2406 га общая биомасса составляет около 720 т. Раковина моллюска достигает размеров 80 мм, а масса особи 71 г. Вид обитает в песчаном, илисто-песчаном грунтах на глубинах 1,5–16,0 м.

Callista brevisiphonata распространена практически повсеместно как в зал. Петра Великого, так и в прибрежных водах северного Приморья. В период с 1993 по 2004 г. общая био-

масса вида в исследованных районах определена в объеме 600 т. Общая площадь скоплений составляет 1524 га. Моллюск имеет крупные размеры и достигает длины 130 мм и массы особи 450 г. Вид обитает в гравийно-галечном и песчаном грунтах с примесью мелких и средних валунов на глубинах от 1 до 20 м. В связи с тем что ресурс моллюска в водах Приморья относительно небольшой и вид обитает на разных грунтах, его добыча как объекта специализированного лова нецелесообразна.

Mercenaria stimpsoni является массовым видом в прибрежных водах Приморья. По данным съемок в период с 2000 по 2005 гг. общая биомасса вида из разных районов определена порядка 15432 т. Общая площадь скоплений составляет 4165,9 га. Раковина моллюска достигает длины 100 мм, а масса особи – 268 г. Вид обитает в песчаном, илесто-песчаном, гравийном и галечном грунтах на глубинах 3-45 м у открытых побережий и в бухтах. Плотность поселения колебалась от 0,2 до 3,5 экз./м². Наиболее значительные поселения моллюска обнаружены в прибрежных водах северного Приморья между мысами Белкина и Егорова. Моллюски были представлены половозрелыми особями длиной 55-80 мм и массой 42-145 г. Промысловые скопления (более 5000 т) мерценарии в зал. Петра Великого обнаружены в южной части залива на участке от р. Туманная до ДВГМЗ. Так как вид обитает в мягких грунтах (песок, илистый песок) и имеет значительные запасы, он может рассматриваться как перспективный объект для добычи с помощью драг.

Serripes groenlandicus в зал. Петра Великого при ведении дражного промысла попадался на глубинах 40–80 м, а в водах северного Приморья и Татарском проливе по данным водолазной съемки скопления его приурочены к глубинам 10–21 м. Возможно вид обитает глубже, если применить помимо водолазного другой метод съемки. За 1996 и 1999 гг. общая биомасса вида в разных районах определена порядка 1200 т. Общая площадь скоплений составляет 241 га. Моллюск достигает крупных размеров 122 мм по длине раковины и массы особи 275 г. Учитывая, что в водах северного Приморья и Татарского пролива моллюски обитают на небольших глубинах, где образуют скопления в мягких грунтах (ил, илистый песок), добычу можно проводить драгой.

Таким образом, можно заключить что:

1. *Mactra chinensis* и *Mercenaria stimpsoni* живут в песчаном и илесто-песчаном грунтах и образуют на севере Приморья однородные скопления. *Callista brevisiphonata* и *Serripes groenlandicus* могут обитать на различных грунтах от заиленного песка до гальки и, как правило, встречаются совместно с другими видами.

2. Наибольшие площади и плотности поселения *Mercenaria stimpsoni* (4165,9 га и до 3,5 экз./м²) и *Mactra chinensis* (6662 га и до 16 экз./м²) располагаются в водах северного Приморья.

3. Из рассмотренных видов наиболее массовыми и перспективными для промысла видами являются *Mactra chinensis* и *Mercenaria stimpsoni*.

4. Добыча *Callista brevisiphonata* вследствие небольших запасов (600 т) и грунтов, в которых она обитает, нецелесообразна.

5. *Serripes groenlandicus* обитает в илистых, илесто-песчаных, галечных грунтах. Значительные плотности (4,3 экз./м²) вида находятся в прибрежных водах северного Приморья и Татарского пролива. Расширение районов и методов исследований позволит получить новые представления о распространении и диапазонах глубин, на которых вид может обитать.

ЛИТЕРАТУРА

Бирюлина М. Г. Запасы спизулы *Spisula sachalinensis* (Schrenck) и некоторых сопутствующих ей видов в зал. Петра Великого. — ТОИ ДВНЦ АН СССР. – 1975. – Т. 9. – С. 88-101.

Материалы по экологической паспортизации прибрежных вод Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 21495. – Владивосток, 1993. – 342 с.

Материалы по экологической паспортизации прибрежных вод Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 21713. – Владивосток: ТИНРО, 1994. – 360 с.

Экологическая паспортизация прибрежных вод Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 22550. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1995. – 250 с.

Экологическая паспортизация прибрежных вод Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 22220. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1996. – 325 с .

Экологическая паспортизация прибрежных вод Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 22550. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – 175 с.

Биологические ресурсы некоторых видов промысловых беспозвоночных в прибрежной зоне Приморья : отчет о НИР / ТИНРО. № 22891. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1998. – 397 с.

Материалы по изучению ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов подзоны «Приморье» : отчет о НИР / ТИНРО. № 23164. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. – 386 с.

Материалы по изучению ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов подзоны «Приморье» : отчет о НИР / ТИНРО. № 23615. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2000. – 451 с.

Материалы по изучению ресурсов беспозвоночных прибрежных вод и континентальных водоемов подзоны «Приморье» : отчет о НИР / ТИНРО. № 23986. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 435 с.

Характеристика поселений и оценка запасов традиционных и перспективных для промышленного освоения беспозвоночных в прибрежных водах Приморья : отчет о НИС / ТИНРО. г. № 24462. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – 356 с.

Оценка запасов и состав поселений промысловых и перспективных для промысла беспозвоночных прибрежных вод Приморского края : отчет о НИР / ТИНРО. № 24956. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – 398 с.

Ресурсы и структура поселений прибрежных беспозвоночных Приморского края : отчет о НИР / ТИНРО. № 25276. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. – 312 с.

Ресурсы и структура поселений прибрежных беспозвоночных Приморского края : отчет о НИР / ТИНРО. № 25358. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 220 с.

Разин А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья // Изв. ТИНРО. – Владивосток, 1934. – Т. 8. – 100 с.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. – Л.: Наука, 1981. – 477 с.

ОСОБЕННОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА КОРФО-КАРАГИНСКОЙ СЕЛЬДИ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

А.А. Бонк

Камчатский государственный технический университет (КамчатГТУ),
г. Петропавловск-Камчатский, Россия,

Камчатских научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия, bonk.a.a.@kamniro.ru

Начало XXI века для корфо-карагинской популяции сельди ознаменовалось очередным этапом снижения численности. Наметившийся в конце 90-х гг. прошлого века рост запасов данной популяции продлился недолго, и в первые годы текущего столетия популяция вновь пришла в депрессивное состояние, чему способствовал как нерациональный промысел, так и отсутствие достаточно многочисленных поколений (рис. 1).

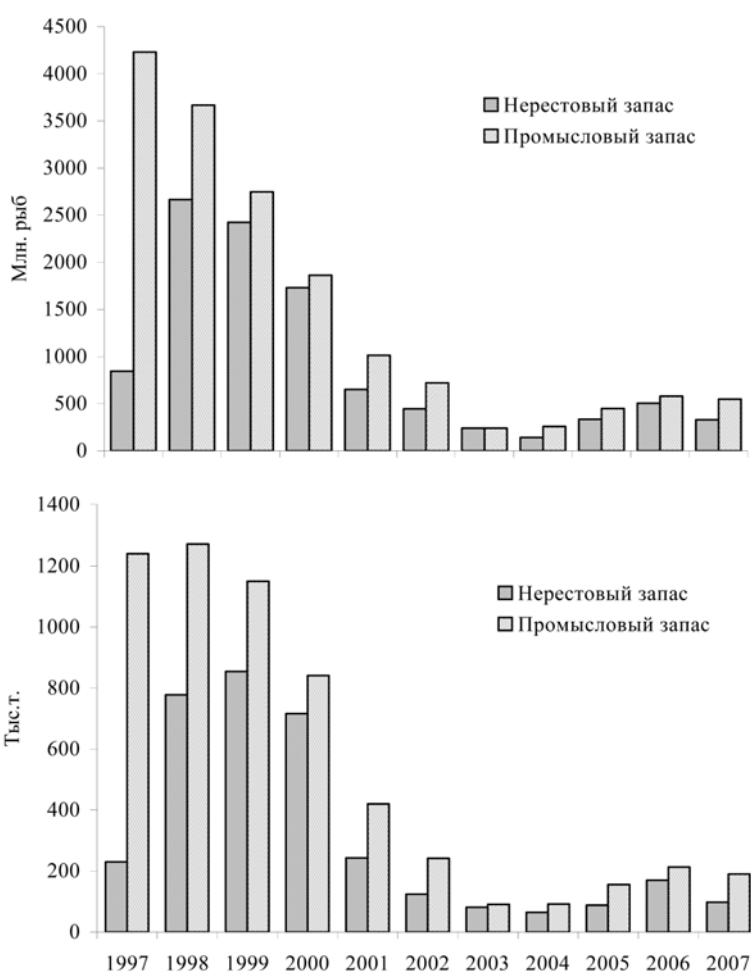
Рис. 1. Динамика нерестового и промыслового запаса корфо-карагинской сельди.

Считается, что решающим фактором, влияющим на урожайность поколений является переход личинок от эндо-к экзогенному питанию (Максименков, 1982а, б; Науменко, 2001). Численность поколения сельди формируется не только в момент перехода личинок к самостоятельному питанию, но и в период развития эмбрионов на нерестилищах под влиянием ряда абиотических и биотических факторов (Бонк, 2004, 2005).

Со второй половины 1970-х годов воспроизводство корфо-карагинской сельди в основном происходит в заливах Анапка, Уала и Корфа. Эпизодически нерест сельди нерестится в губе Ложных вестей (о. Карагинский) и бухте Тымлат (Науменко, 2001; Бонк, 2002, 2004; Бонк, 2003). При этом зал. Анапка является основным районом, где происходит размножение сельди, так за период с 1997 по 2007 гг. на его долю приходилось от 45,4 до 99,3 % площадей с обькренным субстратом (рис. 2).

В заливах Анапка и Уала нерестятся рыбы старших возрастных групп (более 8 лет) и те рыбы, которые на данный момент времени составляют основу нерестового запаса (от 5 до 7 лет). Впервые созревшие особи (3 и 4 года) в основном нерестятся по периферии нерестового ареала, занимая окраинные нерестилища в заливах Уала, Анапка или в зал. Корфа.

Во всех заливах для размножения сельди выбирает нерестилища преимущественно лагунного типа. Доля отложенной на них икры варьировала от 61,6 до 100,0 % (Бонк, 2004; Бонк, Dubinina, 2003). Однако развитие эмбрионов на нерестилищах такого типа происходит



в весьма сложных условиях. Во время отливов кладки икры на этих нерестилищах по несколько часов остаются вне воды, и может происходить резкое изменение солености. В этот период под влиянием солнечного радиационного прогрева и при минимальном уровне воды (около 0,2 м) поверхностная температура воды превышает оптимальные для нормального развития эмбрионов значения. В 2001 г. в зал. Анапка (у мыса Валахыл) было зафиксировано максимальное значение температуры поверхности воды 21 °С (рис. 3, 4).

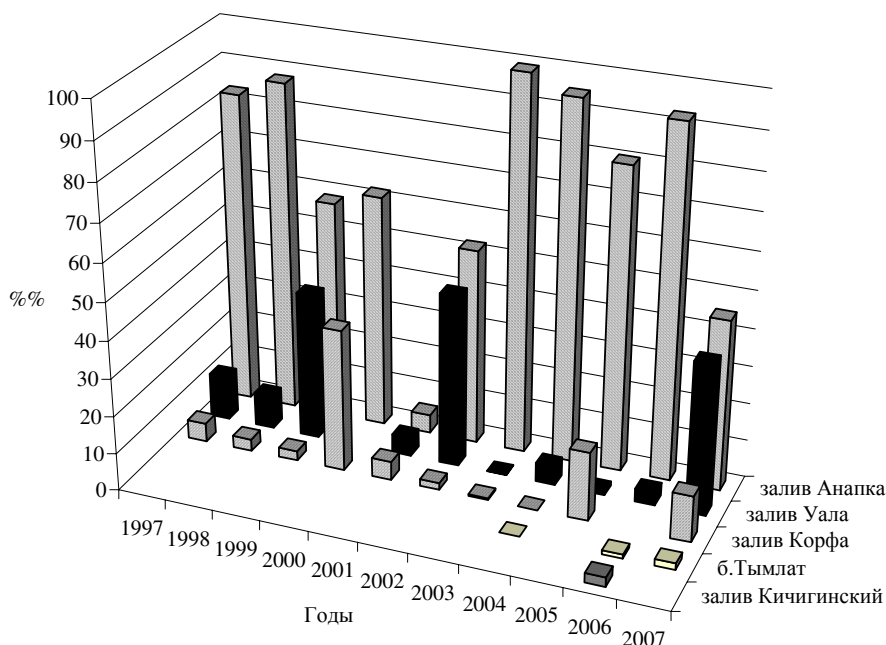


Рис. 2. Доля различных районов в воспроизводстве корфо-карагинской сельди в 1997-2007 гг.



Рис. 3. Изменение поверхностной температуры воды (1) и уровня (2) в зал. Корфа, май 2003 г.

На нерестилищах лагунного типа нестабильность отдельных параметров среды, приводят к нарушению физиологических процессов, увеличению риска бактериального или микозного поражения и, в конечном счете, к гибели эмбрионов (рис. 5, см. таблицу).

Кроме того, на этих нерестилищах, под влиянием многих факторов наблюдаются значительные сокращения количества икры (рис. 6), при этом основными являются выедание развивающихся эмбрионов сельди различными животными и волновая деятельность. Только от выедания убыль икры может достигать 86,8 % (Бонк, 2002, 2004, 2005).

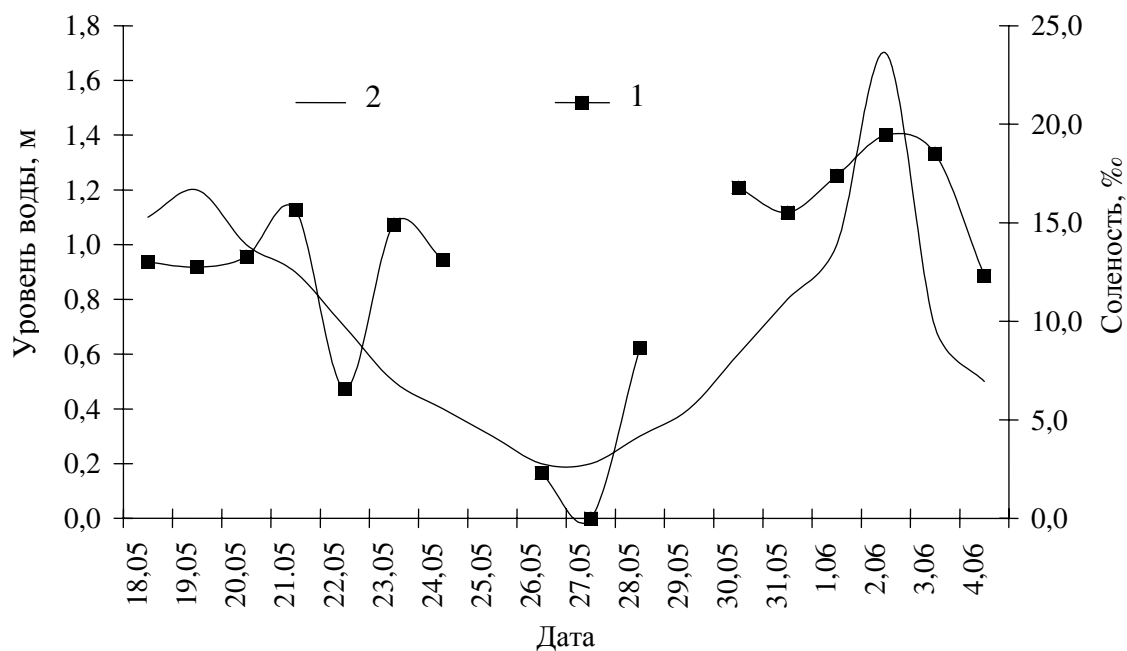
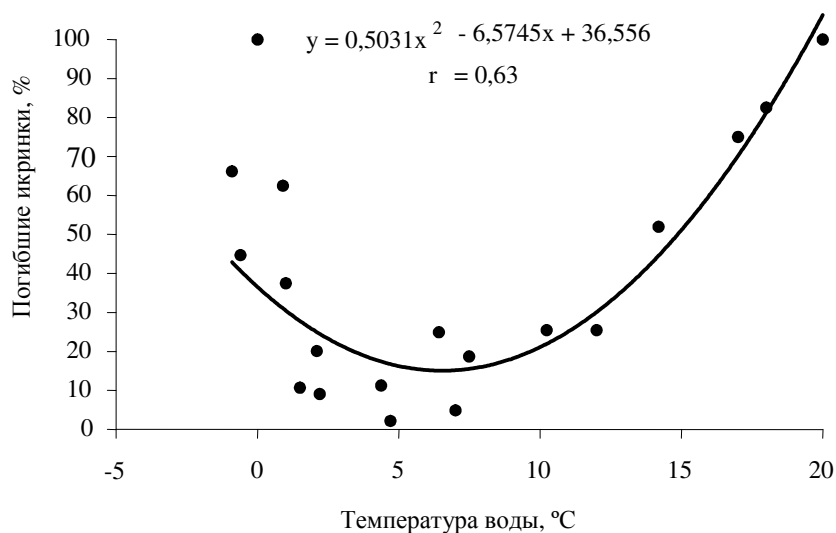


Рис. 4. Изменение солености (1) и уровня воды (2) в зал. Анапка (мыс Валахыл), 2001 г.

Рис. 5. Зависимость смертности икры корфо-карагинской сельди от температуры воды в процессе эмбриогенеза (осредненные данные за период 1957–2003 гг.)



Смертность икры корфо-карагинской сельди в период эмбриогенеза, %

Год	Район				
	Зал. Анапка			Зал. Уала	
	Мыс Валахыл (Лагунное нерест-ще)	Мыс Пейнытхын (Береговое откр. нерест-ще)	Кутловая часть р. Альховаям (Лагунное нерест-ще)	Р. Хайанапка (Лагунное нерест-ще)	Р. Анапка (Лагунное нерест-ще)
1998	11,6	1,5	—	—	7,0
1999	6,6	1,2	3,2	—	—
2000	19,1	3,7	—	—	—
2001	14,5	0,9	2,9	—	—
2002	2,7	—	1,0	15,8	0,2
2003	3,9	4,6	8,2	—	—
2004	16,2	2,4	6,7	35,8	—

Примечание. «—» — нет нереста.

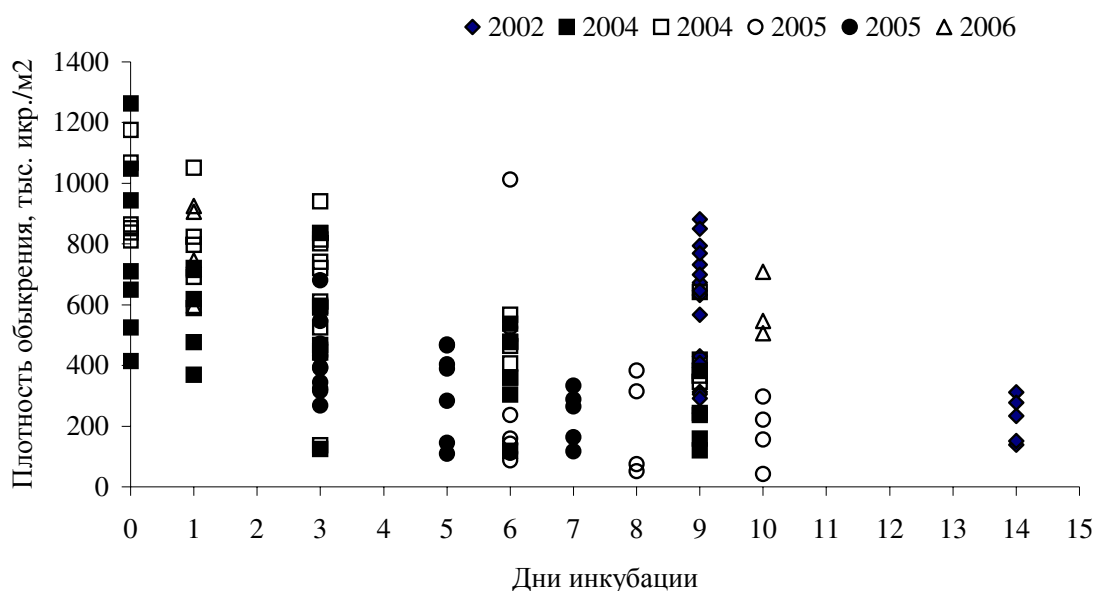


Рис. 6. Изменения количества развивающейся икры корфо-карагинской сельди на нерестилищах лагунного типа

Таким образом, формирование численности поколений корфо-карагинской сельди происходит под влиянием многих факторов, но наиболее значимыми являются температура воды, соленость и выедание.

ЛИТЕРАТУРА

- Бонк А.А.** Некоторые данные об убыли икры корфо-карагинской сельди в период инкубации // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана: Тез. Докл. 2-й Междунар. науч. конф. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. – С. 121–123.
- Бонк А.А.** Влияние некоторых биотических и абиотических факторов на выживание корфо-карагинской сельди в период раннего онтогенеза: Автореф. Дис....канд. биол. наук. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. – 24 с.
- Бонк А.А.** Элиминация икры корфо-карагинской сельди (*Clupea pallasii*) в процессе инкубации // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 143. – С. 21–34.
- Максименков В.В.** Обеспеченность личинок пищей – важный фактор мощности поколений у корфо-карагинской сельди // Теория формирования численности и рац. Исполыз. Стад промысловых рыб. Тез. докл. Всес. конф. – М., 1982а.
- Максименков В.В.** Обеспеченность пищей личинок сельдевых рыб и ее связь с численностью поколений // Зоол. Журн. – 1982б. – Т. 61, вып. 8. – С. 1180-1187.
- Науменко Н.И.** Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. – 330 с.
- Bonk A. A.** Consumption of Herring egg of predators in the western Bering Sea // PICES. – Seoul, 2003. – P. 129.
- Bonk A. A., Dubinina A. Yu.** Spawning grounds location influence upon the duration of embryonic development of herring egg of the Western Bering Sea // PICES. – Seoul, 2003.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ КАМЧАТСКОГО КРАБА (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*) НА ШЕЛЬФЕ ПРИМОРЬЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

О.Ю. Борилко, В.Н. Кобликов, А.Н. Деминов
ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, Россия, borilko@tinro.ru

Шельф Приморья, район северо-западной части Японского моря в пределах зал. Петра Великого и далее на северо-восток до Татарского пролива (47°20' с.ш.), до относительно недавнего времени являлся основным районом промысла камчатского краба в российской зоне Японского моря. Именно в южной части этого района, получившего сейчас название подзона Приморье, а конкретно – в зал. Петра Великого, практически одновременно с шельфом западной Камчатки еще в дореволюционный период сформировался отечественный опыт промысла и переработки камчатского краба (Кобликов, Мирошников, 2002).

На начальном этапе освоения ресурсов этого объекта его добыча только в зал. Петра Великого достигала 4,5 тыс. т, а максимальный исторический общий вылов составил 11,5 тыс. т (1943 г). Стабильность запасов камчатского краба неоднократно нарушалась из-за прямого воздействия промысла. Укажем, что промысел не всегда был регулируемым и применявшиеся орудия лова (ставные сети, снюрреводы и донные тралы) весьма отрицательно влияли на его популяцию. В период же Великой Отечественной войны помимо промысловых самцов добывались и маломерные самцы и даже самки. Наряду с естественными флюктуациями численности, но, главным образом, под воздействием промыслового пресса численность краба неоднократно сводилась к минимуму, что вынуждало вводить запрет на промысловый лов этого объекта.

Первый запрет на лов камчатского краба действовал с 1938 по 1941 г., второй – с 1955 по 1976 г. включительно. После 1986 г., когда численность промысловых самцов достигла 3,5 тыс. т (средняя масса 3750 г; 0,933 млн экз.), промышленный лов был возобновлен, но в конце 1990-х – начале 2000-х гг. промысловая численность краба вновь резко снизилась, общие запасы оказались подорванными и промысел стал не рентабельным. При этом укажем, что еще с самого начала промышленного освоения уже действовал запрет на вылов самок этого краба и его маломерных самцов, и была установлена промысловая мера, которая в настоящее время составляет 150 мм по ширине карапакса, а промысел разрешался только краболовными ловушками.

Тем не менее, заметное снижение промзапаса камчатского краба стало отмечаться уже после 1992 г., когда его промысловая численность составила величину около 13,2 млн экз. (35 тыс. т), а к 2000 г. вновь резко уменьшилась как общая, так и промысловая численность, сократились площади и плотность скоплений и уменьшились уловы на усилие. Все эти негативные явления были однозначно вызваны практически неконтролируемым и большей частью незаконным выловом камчатского краба, включая его самок, в конце прошлого и в начале нынешнего столетий. При этом львиная доля добытого краба вывозилась на рынки Японии и Южной Кореи, причем в живом виде.

В итоге на 2002 г. расчетная промысловая численность краба составила 262 тыс. экз. (834 т) и был введен запрет на его промышленный лов до восстановления запасов и реализация общего допустимого улова (ОДУ) проводилась только в рамках выполнения НИР и мониторинга состояния запасов этого вида.

Регулярные исследования камчатского краба, проводимые ТИНРО-центром в последний период, позволяют отслеживать динамику его промысловой численности (рис. 1). Так, численность промысловых самцов в 1996 г. составляла уже 1231 тыс. экз. (4,0 тыс. т), а рассчитанная на 2008 г. – всего 90,2 тыс. экз. или 249 т. Некоторое исключение составил 2006 г., когда рассчитанная на этот год численность составляла - 702 тыс. экз. (1813 т).

Результаты траловых (донные тралы ДТ-27,1, ДТ-23,2) и ловушечных (ловушки JS-0,7) (Низяев, Букин, 2001) съемок, проведенных по стандартной методике (Руководство..., 1979), обработанные с применением метода сплайн-аппроксимации (Столяренко, Иванов, 1988), реа-

лизованного в ГИС «КартМастер» ver.3.1 (Бизиков, Поляков, 2004), и пакет программ Microsoft Excel и Access с применением модулей расчетов на VBA для Excel, показывают, что из всего обследованного диапазона глубин 25-450 м камчатский краб в основном концентрируется в пределах 12-мильной зоны до изобаты 100 м. Так, в зал. Петра Великого в 2006 г. максимальные уловы на усилие промысловых самцов камчатского краба (М пр.) пришлось на глубины 60-80 м, со средним показателем 8 экз./100 лов., непромысловых самцов (М непр.) – 40-50 м и 70-80 м, самок (F) – 40-70 м (рис. 2). На шельфе Южного и Северного Приморья максимальные уловы на усилие промысловых самцов камчатского краба пришлось на глубины 30-40 м, непромысловых самцов – 40-70 м, самок – 30-70 м (рис. 3).

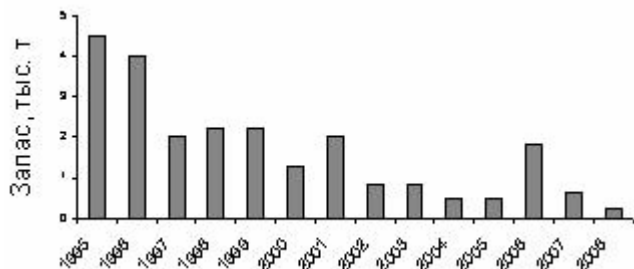


Рис. 1. Динамика промыслового запаса камчатского краба в южной части подзоны Приморье в 1995-2008 гг.

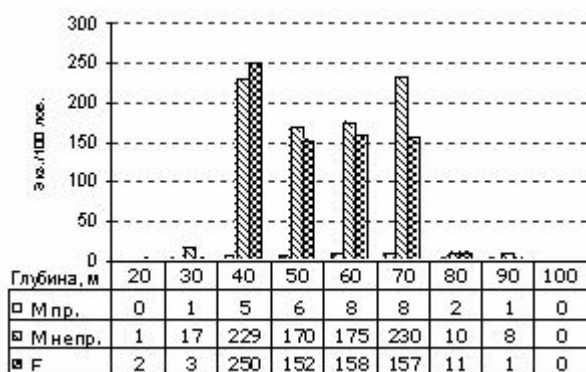


Рис. 2. Батиметрическое распределение уловов на усилие (экз./100 лов.) камчатского краба в зал. Петра Великого в 2006 г.

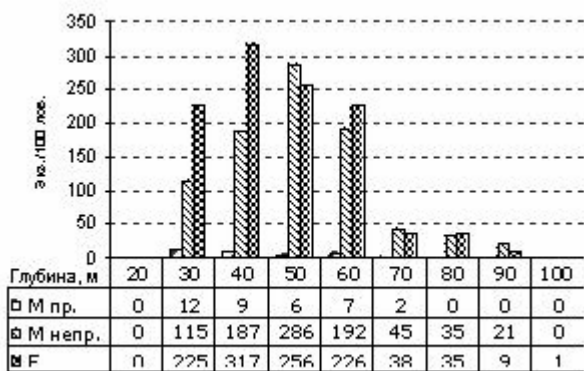


Рис. 3. Батиметрическое распределение уловов на усилие (экз./100 лов.) камчатского краба в Южном и Северном Приморье в 2006 г.

В целом по всему рассматриваемому району пространственное распределение промысловых самцов камчатского краба в текущий период представлено на рис.4. Наибольшая концентрация крабов (около 75 экз./км²) в целом по южной части подзоны отмечена в зал. Петра Великого на средней глубине порядка 66 м.

Как и в предыдущие годы, значительно чаще (относительно других районов южной части подзоны) в уловах камчатский краб отмечался в зал. Петра Великого, где и сосредоточены его основные запасы, в остальных районах отмечались лишь локальные участки обитания данного вида до 47°20 с.ш. Общая рассчитанная численность промысловых самцов на площади 11, 5 тыс. км² составила 90,2 тыс. экз., а в 2009 г. она может составить всего 9 тыс. экз.

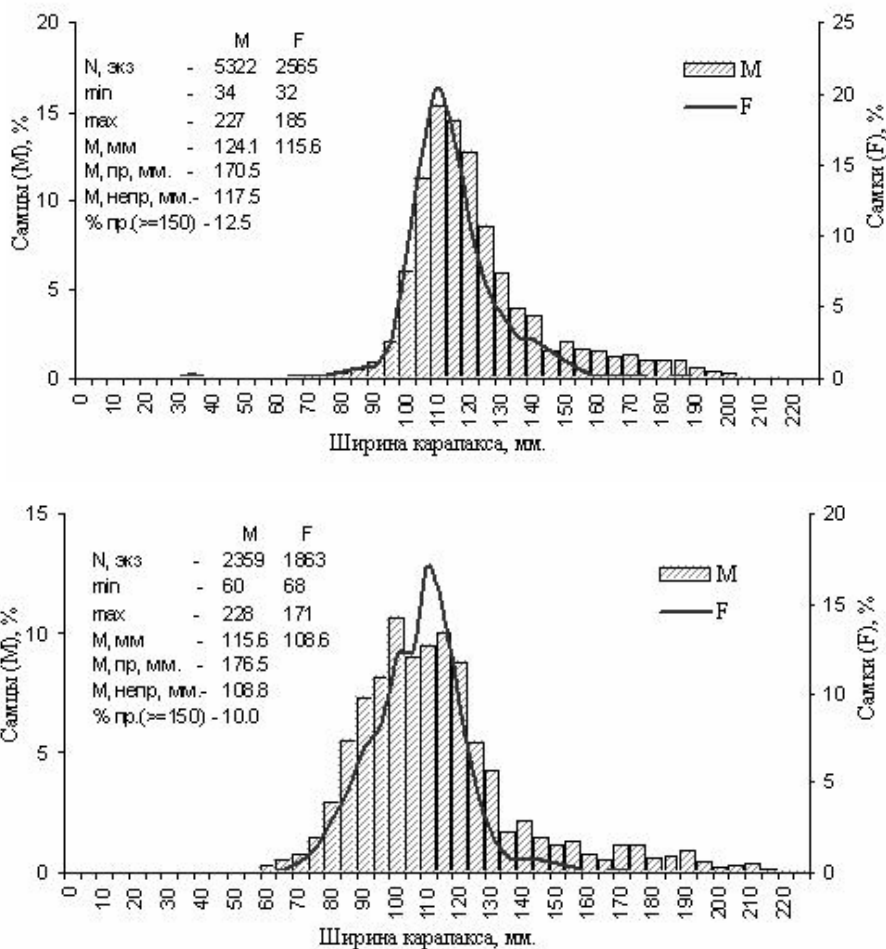
Во всех исследованных районах уловы камчатского краба в 2006 г. были представлены самцами и самками размером по ширине карапакса (ШК) – от 32 до 228 мм (рис. 4, 5). Среди самцов и самок в зал. Петра Великого доминировали особи размером 100–130 мм (с модальной группой – 110-115 мм). В районах Южного и Северного Приморья преобладали особи ШК 100-120 мм (с модальной группой – 100-105 мм). Средний размер самцов и самок в зал. Петра Великого был значительно больше, чем в Южном и Северном Приморье. Помимо это-

го доля промысловых самцов в уловах в заливе была на 2,5 % выше. Средний размер самцов, полученный в ходе ловушечных съемок в Южном и Северном Приморье в 2006 г., составил 116 мм, промысловых – 176 мм, что оказалось несколько выше аналогичных показателей, полученных в 2005 г.

Рис. 4. Размерный ряд камчатского краба в зал. Петра Великого в 2006 г.

Результаты исследований этого краба, проведенных с 2002 г., показали дальнейшее снижение его запаса по всем исследованным районам. Таким образом, при проведении мониторинговых работ в ближайшие годы можно с высокой долей уверенности прогнозировать продолжающееся ухудшение промысловой обстановки практически по всей южной части подзоны, включая зал. Петра Великого.

Рис. 5. Размерный ряд камчатского краба в Южном и Северном Приморье в 2006 г.



Столь низкая общая численность и биомасса промысловых особей камчатского краба и продолжающийся процесс падения этих показателей служат основанием для продолжения запрета на промышленную добычу данного вида в Приморском секторе подзоны Приморье. Наряду с этим необходимо отметить, что в текущее время не наблюдается никаких признаков стабилизации численности краба, не говоря уже о восстановлении его запасов. И этот процесс развивается, несмотря на все действия, направленные на пресечение браконьерства.

Естественно, что за столь короткий промежуток действия официального запрета и с учетом такого значительного подрыва запасов, трудно ожидать от запрета быстрого эффекта, тем более что браконьерский промысел все-таки продолжается, пусть сейчас и в меньших масштабах. По экспертной оценке положительный эффект от запрета в плане восстановления промыслового стада хотя бы до уровня первой половины 1990-х гг. может проявиться не ранее, чем через десятилетие. Тем не менее, наличие пока еще достаточно большого количества самок, неполовозрелых самцов и молоди при условии отсутствия реального промысла все-таки оставляет определенную надежду на естественное восстановление биопотенциала популяции этого объекта.

Помимо уничтожения маточного стада, что ведет к замедлению темпов естественного восстановления ресурсов, незаконный лов, как известно, наносит и немалый экономический ущерб государству.

Вероятно, одной из причин непрекращающегося браконьерства, по нашему мнению, являлась также возможность реализации на экспорт шельфовых видов крабов в живом виде. Этот вид «продукции» не требует дополнительных затрат на технологическую обработку

краба (разделка, варка, заморозка и т. п.). Для ее производства необходимо только поднять краба (пойманного даже не всегда своими ловушечными порядками) на борт судна, поместить в специальные, аэрируемые чаны с забортной водой в трюме и доставить на рынок сбыта. Учитывая близость японских портов, где производится приемка краба в живом виде, такой вид незаконной деятельности даже с учетом риска может быть достаточно прибыльным.

Вопрос о целесообразности прекращения поставки на экспорт камчатского краба в живом виде специалистами ТИНРО-центра впервые был поднят еще в 2000 г., но лишь в 2007 г. он нашел отражение в «Правилах рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» (Приказ Министерства..., 2007).

Данная мера, на наш взгляд, будет хоть и запоздалой, но наиболее эффективной преградой незаконному лову этого ценного объекта промысла.

Состояние популяции камчатского краба у побережья Приморья продолжает ухудшаться. Если в 1998, 2002 и 2004 гг. в ходе траловых съемок еще отмечались относительно крупные концентрации вида, особенно в Южном и Северном Приморье, то в 2005, 2006 гг. его уловы в этих районах подзоны Приморье были редки и малочисленны, либо вообще отсутствовали. Плотность скоплений и их количество, продолжает неуклонно снижаться. Основные запасы данного вида краба по-прежнему сосредоточены в зал. Петра Великого, в значительно меньшей степени в Северном Приморье и Южном Приморье. В основном в 2006 г. уловы камчатского краба были представлены непромысловыми самцами и самками, промысловые самцы наблюдались в незначительных количествах.

ЛИТЕРАТУРА

Бизиков В.А., Поляков А.В. Географическая информационная система «КартМастер» новые возможности и перспективы для рыбохозяйственных исследований. – М.: ВНИРО, 2004. – С. 4.

Кобликов В.Н., Мирошников В.В. Камчатский краб в южной части промзоны Приморья: история промысла и современное состояние запасов // Приморье – край рыбацкий: Мат-лы науч.-практич. конф. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – С. 180.

Низяев С.А., Букин С.Д. Методологические аспекты использования траловых и ловушечных данных для научных целей // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 644-658.

Руководство по изучению промысловых ракообразных Decapoda дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – С. 58.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные. – М.: ВНИРО, 1988 – С. 45-70.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России) от 1 марта 2007 г. № 151 "Об утверждении Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна". Опубликовано 11 мая 2007 г. Зарегистрирован в Минюсте РФ 27 апреля 2007 г. № 9362.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВИДОВАЯ СТРУКТУРА ИХТИОЦЕНОЗА И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЫБ Р. ЕНИСЕЙ

А.Н. Гадинов, П.М. Долгих

ФГНУ «Научно-исследовательский институт экологии рыбохозяйственных водоемов»,
г. Красноярск, Россия, gaan06@mail.ru

Введение

Внутренние водоемы Восточной Сибири являются поставщиками ценной рыбной продукции (сиговых, лососевых). Так, например, годовые уловы только сиговых в бассейне Енисея в настоящее время составляют до 70 % от общего вылова. В связи с высоким качеством рыбы, добываемой из водоемов Восточной Сибири, и значительным потребительским спросом населения, перед рыбохозяйственными организациями встает задача сохранения рыбных запасов. Безусловно, решить это с наибольшим успехом возможно лишь при условии изучения закономерностей природных и антропогенных явлений, определяющих рыбопродуктивность водоемов.

С вводом в эксплуатацию Красноярской ГЭС наблюдается резкое изменение гидрологического режима реки в нижнем бьефе Енисея. Уменьшилась водность реки, зимний сток увеличился за счет летнего, значительно снизились летние и увеличились зимние температуры воды (Одрова, 1977; Ершова, 1979; Космаков и др., 1980). Это привело к экологической перестройке всех сообществ гидробионтов. В связи с изменившимися условиями обитания, структура ихтиоценоза в нижнем бьефе стала значительно отличаться от естественной. Сформировались иные, не свойственные для речных участков Енисея популяции рыб. Кроме того, большое влияние на видовой состав и численность различных видов рыб и других гидробионтов приплотинного участка реки оказывает биосток Красноярского водохранилища.

Изучение р. Енисея с точки зрения мониторинга условий обитания рыб представляет интерес для изучения экологической пластичности видов, возникновения адаптаций, изменения их биологических характеристик, что в свою очередь дает возможность экологического прогнозирования развития ихтиоценоза при зарегулировании водоемов.

Целью настоящей работы являлось выяснение видового состава рыб и их относительной концентрации на участке реки от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангары протяженностью 375 км.

Материалы и методика

Видовой состав и пространственное распределение рыб прибрежных участков реки изучался методом контрольных обловов набором ставных жаберных сетей с ячейей 18-80 мм, длина каждой сети - 25 м, общая длина набора сетей – 300 м. Длительность экспозиции - 12 часов. Всего за период 2004-2007 гг. проведено 52 контрольных облова ставными сетями.

Видовой состав и пространственное распределение рыб русловых участков реки изучался с использованием набора плавных сетей с ячейей 22-70 мм длиной по 30 м. Протяженность облова плавными сетями колебалась от 300 м до 1,0-1,5 км. Всего за период 2004-2007 гг. проведено 130 контрольных обловов набором плавных сетей.

Контрольный лов рыбы в приплотинной зоне Красноярской ГЭС проводился в 500-х м от перемычки плотины вниз по течению.

Для изучения видового состава и пространственного распределения мелкоразмерных, промысловых видов рыб, а также молоди рыб промысловых видов отлов производился как в прибрежных, так и в пелагических зонах мальковыми орудиями лова (ихтиопланктонная сеть, сачок).

Расчет численности рыб для каждого участка проводился методом площадей (Методические указания..., 1990).

$$N(Q) = S \times N_i(Q_i) / C \times g,$$

где $N(Q)$ – средняя абсолютная численность и биомасса рыб на исследуемом участке, экз., кг; S – площадь, занимаемая исследуемым видом рыб, га; $N_i(Q_i)$ – средний улов на промысловое усилие, экз./га, кг/га; C – площадь облавливаемого участка, га; g – коэффициент уловистости орудия лова - для малькового невода определен экспериментально с использованием мечения рыб и равен $0,31 \pm 0,04$, для сетей принят равным 0,3.

Результаты и обсуждение

Енисей на рассматриваемом участке реки от плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангары представляет собой мощную реку, текущую на значительном протяжении «в трубе» среди горного ландшафта. Исследованный отрезок реки условно делится на четыре участка. Первый участок – от Красноярской ГЭС до г. Красноярска – протяженностью 41 км, второй участок – от г. Красноярска до с. Атаманово - протяженностью 86 км, третий участок - от с. Атаманово до с. Залив имеет протяжение 139 км, четвертый участок – от с. Залив до устья р. Ангары имеет протяжение 109 км (Лоцманская карта..., 1974).

За все время исследований (2004-2007 гг.), сезонное распределение рыб по акватории Енисея было неравномерно. Значительные концентрации рыбы образуют только в период нереста – май-июнь и в период ската из притоков в русло Енисея – сентябрь—октябрь. В целом на распределение рыб влияет комплекс факторов, включающий гидрологические особенности реки, температуру, кормовую базу, а так же удаленность от плотины Красноярское ГЭС.

В настоящее время на участке Енисея от плотины Красноярской ГЭС до устья Ангары постоянно обитает 28 видов рыб, их распределение зависит от характера водного режима.

В наших контрольных уловах ставными сетями (яч. 22-77 мм), а также мальковыми орудиями лова в 2004-2007 гг. на реперных участках по всей акватории присутствовало 19 видов рыб – стерлядь, таймень, ленок, хариус, пелядь, сиг, налим, щука, плотва, лещ, елец, карп, карась, язь, линь, пескарь, голянь, окунь, ерш. В целом по акватории Енисея по частоте встречаемости, а также по относительной численности и биомассе доминируют два вида рыб – елец и хариус. Относительная численность ельца на различных участках и биотопах реки колебалась от 4,8 до 61,1 % и составляла в среднем 34,5 % в русловой части р. Енисея и 43,7% на мелководных участках (табл. 1-2).

Таблица 1

Относительная численность (над чертой) и биомасса (под чертой) ценных и основных промысловых видов рыб в контрольных уловах русловой части р. Енисея (0-41 км, и 0-334 км, по лонии реки), %, 2004-2007 гг.

Вид	Красноярская ГЭС - г. Красноярск (0-41 км)	г. Красноярск - с. Атаманово (0-86 км)	с. Атаманово - с. Залив (87-225 км)	с. Залив - устье р. Ангары (226-334 км)
Хариус	$\frac{63,9}{72,6}$	$\frac{75,2}{88,8}$	$\frac{54,8}{66,3}$	$\frac{61,7}{74,0}$
Елец	$\frac{32,1}{20,6}$	$\frac{24,7}{11,0}$	$\frac{43,4}{25,6}$	$\frac{38,0}{25,6}$
Сиг	-	-	$\frac{0,2}{2,3}$	-
Ленок	-	-	-	$\frac{0,2}{0,2}$
Таймень	-	-	$\frac{0,2}{0,3}$	-
Пелядь	-	$\frac{0,1}{0,2}$	-	$\frac{0,1}{0,2}$
Плотва	$\frac{2,5}{5,8}$	-	$\frac{1,4}{5,5}$	-
Окунь	$\frac{1,5}{1,0}$	-	-	-

Колебания относительной численности хариуса составляют от 0 до 75,2 %, в среднем 63,9 % для русловой части реки и 0,5 % на тиховодных и прибрежных участках. Наибольшая относительная биомасса наблюдается также у ельца – 4,1-48,8 %, в среднем – 27 % и хариуса - 0-88,8 %, в среднем – 38 %. Доля остальных видов рыб в сумме по биомассе составляет по исследованному участку реки – 35 %.

Колебания относительной численности некоторых видов рыб на разных участках Енисея весьма существенны, хотя гидрологические и гидробиологические условия обитания сходны. На первом участке Енисея, примыкающего к плотине ихтиофауна нижнего бьефа, в уловах набором ставных сетей повторяет ихтиофауну Красноярского водохранилища. Относительная численность некоторых видов рыб в исследованной зоне реки, по данным контрольных обловов, составляет:

окуня – 49,5 %, плотвы – 24,7, леща – 14,9, ельца – 4,8, ерша – 2,2, пеляди – 2,2, хариуса – 1,2 % (табл. 3).

Таблица 2

Относительные численность (над чертой) и биомасса (под чертой) ценных и основных промысловых видов рыб в контрольных уловах на тиховодных участках р. Енисей (0-41 км, и 0-334 км, по лоции реки), %, 2004-2007 гг.

Вид	Красноярская ГЭС - г. Красноярск (0-41 км)	г. Красноярск - с. Атаманово (0-86 км)	с. Атаманово - с. Залив (87-225 км)	с. Залив - устье р. Ангары (226-334 км)
Елец	<u>4,8</u> 4,1	<u>55,2</u> 42,5	<u>57,5</u> 48,8	<u>51,2</u> 40,7
Плотва	<u>24,7</u> 30,4	<u>6,8</u> 8,2	<u>11,6</u> 10,0	<u>18,3</u> 18,1
Язь	-	<u>3,5</u> 5,1	<u>0,1</u> 0,1	-
Карась	-	-	<u>0,2</u> 1,2	<u>0,1</u> 0,3
Линь	-	-	-	<u>0,1</u> 0,2
Лещ	<u>14,9</u> 25,5	-	<u>0,1</u> 0,1	-
Пескарь	-	-	<u>0,2</u> 0,2	<u>0,3</u> 0,2
Щука	<u>0,4</u> 2,5	<u>5,7</u> 25,0	<u>3,6</u> 21,4	<u>3,5</u> 22,4
Окунь	<u>49,5</u> 28,8	<u>25,7</u> 15,3	<u>23,2</u> 13,3	<u>22,1</u> 13,0
Ерш	<u>2,2</u> 1,0	<u>2,3</u> 1,5	<u>2,7</u> 1,9	<u>3,5</u> 2,2
Налим	-	<u>0,1</u> 0,7	<u>0,1</u> 0,9	<u>0,5</u> 1,6
Хариус	<u>1,2</u> 3,4	<u>0,7</u> 1,7	<u>0,2</u> 0,3	-
Сиг	-	-	<u>0,3</u> 1,2	-
Пелядь	<u>2,2</u> 4,1	-	<u>0,2</u> 0,6	<u>0,1</u> 0,4
Стерлядь	-	-	-	<u>0,2</u> 0,6
Ленок	<u>0,1</u> 0,2	-	-	<u>0,1</u> 0,3

Таблица 3

Относительная численность рыб в контрольных уловах в верхнем и нижнем бьефах Красноярской ГЭС, 2004-2007 гг., %

Вид	Численность, %	
	Красноярское водохранилище, приплотинная зона	р. Енисей, Красноярская ГЭС - г. Красноярск (0-41 км)
Окунь	66,5	49,6
Плотва	18,7	24,7
Елец	8,8	4,8
Лещ	4,2	14,9
Щука	1,5	0,4
Пелядь	0,3	2,2
Хариус	-	1,2
Ерш	-	2,2

Доминирующим видом по численности, также как и в водохранилище, является окунь, что в значительной степени не характерно для речных участков Енисей, расположенных ниже по течению, где доминантами выступают хариус и елец. Плотва и лещ, как и для водохранилища, также

сохраняют свои позиции на приплотинном участке нижнего бьефа. Объясняется это скатом рыб через плотину ГЭС и образованием скоплений данных видов рыб в приплотинной зоне.

Пелядь, байкальский омуль, лещ, карп на исследуемом участке реки появились исключительно благодаря миграции из водохранилища. Имеется тенденция расселения их вниз по течению реки. Пелядь зафиксирована в контрольных ловах на расстоянии около 150 км от плотины. Мигрирующий из водохранилища лещ впервые был отмечен в Енисее сразу же после перекрытия реки плотиной Красноярской ГЭС в 1966 г. (Хохлова, 1967). В настоящее время он натурализовался в р. Енисее и его притоках, распространившись вниз по течению практически до полярного круга.

Численность окуня, плотвы, голяна, гольца, пескаря, подкаменщиков в настоящее время остается такой же, как и до зарегулирования Енисея. Резко уменьшилась численность тайменя, ленка, стерляди и осетра. Нельма и валец и до зарегулирования Енисея являлись редкими видами, в настоящее время вообще исчезли из списков встречающихся видов. Зато резко увеличилась численность хариуса (из-за увеличения кормовой базы и снижения температуры воды в результате зарегулирования), который в настоящее время является основным объектом любительского лова.

Такие виды, как карась, язь, линь, лещ являются относительно редкими видами, их местобитание приурочено к определенным биотопам, тиховодным участкам реки, встречаются в единичных количествах, в наших уловах доля их по численности редко превышала один процент для каждого вида.

Заключение

Среди абиотических факторов решающее влияние на состав и пространственное распределение обитающих в Енисее рыб имеют скорость течения, температура воды, удаленность от плотины Красноярской ГЭС. Среди биотических факторов - состояние кормовой базы рыб (состав, численность и биомасса кормовых компонентов, в первую очередь - зообентоса), а также хозяйственная деятельность человека, вносящая заметное изменение в численность некоторых видов рыб.

Колебания относительной численности некоторых видов рыб на разных участках Енисея сильно отличаются. Ихтиофауна приплотинного участка Енисея повторяет ихтиофауну Красноярского водохранилища, где доминирующими видами по численности и биомассе являются окунь, плотва и лещ, что не характерно для речных участков Енисея.

В связи с зарегулированием Енисея произошло изменение состава ихтиофауны. Значительно возросла численность хариуса, являющегося в настоящее время основным объектом любительского промысла. Валец и нельма исчезли из списка встречающихся видов, численность осетра, стерляди, тайменя, ленка резко сократилась, ихтиофауна Енисея за счет ската рыб из верхнего бьефа водохранилища пополнилась пелядью, байкальским омулем, карпом, лещом, из которых только лещ сумел успешно натурализоваться в реке.

ЛИТЕРАТУРА

Ершова Л.М. Изменение ледово-термического режима Енисея и Ангары под влиянием хозяйственной деятельности // Гидрологические исследования и мелиорация Сибири. Тр. СибНИИГиМ. – Красноярск, 1979. – С. 3-6.

Космаков И.В., Петров М.В., Андреева Т.Г. Некоторые особенности гидрологического режима Красноярского водохранилища в период нормальной эксплуатации // Биологические процессы и самоочищение Красноярского водохранилища. Межвузовский сборник. – Красноярск: Красноярский госуниверситет, 1980. – С. 3-26.

Лоцманская карта р. Енисей. 2. От плотины Красноярской ГЭС до устья р. Ангары. Министерство речного флота РСФСР. – М., 1974. – С. 6.

Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ, 1990. – 51 с.

Одрова Т.В. Изменение ледовотермического режима Енисея в результате гидротехнического строительства // Водные ресурсы. – 1977. – № 1. – С. 184-187.

Хохлова Л.В. Распределение рыб в нижнем бьефе Красноярской ГЭС на участке г. Дивногорск - Красноярск // Сибирский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства. Рукописные фонды НИИЭРВ. – Красноярск, 1967. – 33 с.

СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОБЕНТОСА СУБЛИТОРАЛИ БУХТЫ ТРОИЦЫ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА

Ю.А. Гальшева, Н.К. Христофорова
Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия
marineecology@mail.ru

Юго-западная часть зал. Петра Великого – район наиболее ранних поселений человека на побережье Приморского края (Бродянский, 2001), сейчас относительно слабо заселен и является перспективной зоной для развития рекреационной и транспортной деятельности, прибрежного промысла и марикультуры. Имея огромную экономическую, эстетическую и экологическую значимость и ценность, акватории этой части залива в настоящее время являются наиболее чистыми из омывающих южное побережье Приморского края. Бухта Троицы - небольшая, значительно отделенная от основной части зал. Посьета акватория площадью около 30 км². На ее побережье находятся поселки Зарубино и Андреевка, морской и нефтеналивной порт Зарубино, обширная рекреационная зона, Морская экспериментальная станция ТИБОХ ДВО РАН (МЭС). В летнее время ее акватория испытывает довольно сильный пресс отдыхающих и туристов. Перспективы развития рекреации и других сфер международной деятельности в юго-западной части Приморского края намечены уже давно. В связи с этим актуальным является оценка состояния среды и биоты акваторий этого района с целью получения научно-обоснованной информации о возможных перспективах и подходах к природопользованию.

Глубоко врезанная, достаточно сильно изолированная от открытых вод бухта Троицы имеет специфический подводный ландшафт и гидродинамический режим (Преображенский и др., 2000), обуславливающие ее уязвимость к загрязнению органическим веществом и токсичными соединениями. Несмотря на большое количество работ (начиная с конца 1970-х гг.) по исследованию морских донных сообществ и в целом макробентоса юго-западной части зал. Петра Великого, данных о макробентосе бухты Троицы нами не встречено. В.Л. Климовой (1980) опубликованы результаты изучения донной фауны зал. Посьета, однако бухта Троицы в полигон исследований не входила. В 1990-х гг. Б.В. Преображенским с соавторами (2000) проводилась подводная ландшафтная съемка бухты. Авторами отмечается сбалансированный трофологический режим бухты Троицы и в целом повышенная продуктивность большей части ее акватории. Имеются также работы по изучению поля анфельции в этом и прилегающих к нему районах (Чербаджи, Титлянов, 1998; Некрасов и др., 2000). Цель настоящего исследования – получить сведения о составе и количественном распределении макробентоса сублиторали бухты Троицы.

Материалы и методы

Отбор проб осуществляли в мае-июне и сентябре 2007 г. (2 съемки) с борта НИС «Профессор Насонов» моторной лодки типа «Прогресс» (аквалангистами в легководолазном снаряжении и дночерпателем Ван-Вина, 0,25 м². Диапазон глубин - 1,5-20 м.

Координатную привязку осуществляли при помощи спутниковой системы GPS. Всего выполнено 40 станций (рис. 1). На каждой станции отбирали по три количественных пробы макробентоса, а также грунт на определение гранулометрического состава. Первичную обработку проб проводили непосредственно в день отбора на МЭС. Пробы промывали через систему гидробиологических сит с наименьшей ячейей 0,5 мм, определяли прижизненную сырую массу (г/м²) растений и животных и плотность (экз/м²) животных в пробе. Точность взвешивания: ± 0,01 г. Всего отобрано и обработано 194 количественных пробы макробентоса. Разнообразные ракообразные, мшанки, немертины, олигохеты, форониды не идентифицированы и учтены на уровне крупных таксонов. Систематическую принадлежность видов приводили в соответствии с каталогом А.В. Адрианова, О.Г. Кусакина (1998). Данные пересчитывали на 1 м².

Автор выражает благодарность м.н.с. лаборатории продукционной биологии ИБМ ДВО РАН *М.И. Некрасовой* за определение многощетинковых червей, м.н.с. лаборатории хемо-

таксономии ТИБОХ ДВО РАН М.О. Сергеевой за определение макрофитов, академику А.В. Адрианову – за предложение выполнить работу, предоставленный водный транспорт и водолазную группу.

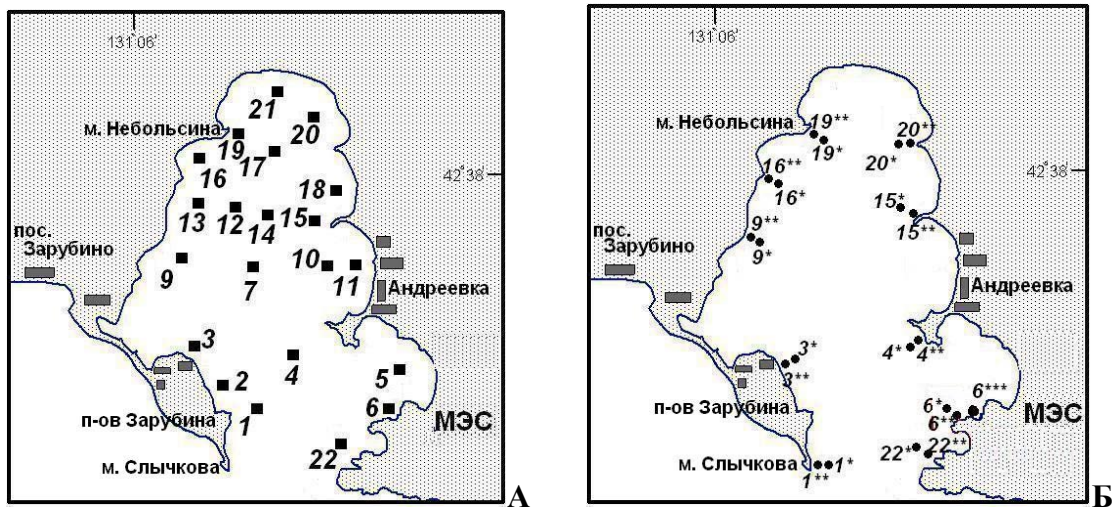


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб макробентоса сублиторали бухты Троицы (А – мягкие грунты, Б – твердые грунты)

Результаты и обсуждение

Общая оценка разнообразия макробентоса

В составе макробентоса сублиторали бухты Троицы зарегистрированы и идентифицированы 113 видов животных и 38 видов макрофитов (табл. 1).

Таблица 1

Таксономическое разнообразие макробентоса сублиторали бухты Троицы залива Посьета

Макробентос	Число таксонов				
	Классов	Отрядов/порядков	Семейств	Родов	Видов
Зообентос	17	40	72	95	113
Фитобентос	6	15	22	33	38
Всего	23	55	94	128	151

Наибольшее разнообразие характерно для многочетинковых червей (49 видов), красных водорослей (23 вида) и двустворчатых моллюсков (19 видов). Видовой состав макрозообентоса бухты (особенно Polychaeta и Bivalvia) довольно специфичен и определяется широким распространением в ней мягких грунтов с относительно высокой степенью заиления. Число видов беспозвоночных, отмеченное на твердых субстратах, гораздо ниже. Наиболее массовыми и широко распространенными видам макрозообентоса являются: на мягких грунтах – двустворчатый моллюск *Acila insignis*, полихеты *Scoloplos armiger*, *Melina elisabethae*; на твердых субстратах - морской еж *Strongylocentrotus nudus* и морская звезда *Asterina pectinifera*. В целом, доминирование полихет и моллюсков над другими таксономическими группами отражается в значении отношения $(M+C)/P$, где М – число видов моллюсков, С – ракообразных, Р – полихет, зарегистрированных в районе исследования. А.А. Удалов с соавторами (2006), рассматривая данный коэффициент как один из показателей разнообразия, оценили его значение для акваторий различных географических и климатических зон. По нашим данным, для макрозообентоса сублиторали бухты Троицы его величина составляет 0,9. Это несколько выше, чем для акваторий с доминированием мягких грунтов в северных широтах (район Шпицбергена и Северного моря), и более близко к показателям для заливов и бухт Южно-Китайского моря и побережья северо-восточной Австралии.

Макрофитобентос сублиторали бухты Троицы, можно сказать, беден. Отмечены, главным образом, виды-эпибионты. Произрастающих на донных субстратах макроводорослей (за исключением литорали и самой верхней, переходной в сублитораль зоны), почти не

встречено. На скалистых грунтах бухты растительность практически отсутствует. Наибольшее пространство занимает один вид – *Ahnfeltia tobuchiensis*, образующая в кутовой и центральной частях бухты обширное неприкрепленное поле (пласт) в придонном слое.

Макробентос мягких грунтов

В бухте Троицы наиболее распространены мягкие грунты. Они представлены, главным образом, мелкими и средними псаммитами. В центральной части бухты (20-метровая изобата и глубже) накапливаются алевриты и алевритовые псаммиты, в районе мыса Небольсина, п-ова Зарубина и МЭС ТИБОХ ДВО РАН имеются участки со смешанными грунтами, включающими вкрапления среднего гравия и битой ракуши. В составе макробентоса мягких грунтов сублиторали определено 146 видов. Основу видового богатства составляют многощетинковые черви. Наиболее часто в пробах встречались полихеты *S. armiger* и *M. elisabethae*, двустворчатый моллюск *A. insignis*, красная водоросль *A. tobuchiensis*. Число видов на станциях менялось от 9 до 31. Наибольшее разнообразие отмечено на станциях с заиленным грунтом, а также станциях с примесью в грунте битой ракуши и гравия – станции 1, 5, 10. Основная часть зарегистрированных видов макрофитов связана с полем анфельции, занимающей, главным образом, вершинную часть бухты (станции 6, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21). В зарослях анфельции постоянно встречается красная водоросль *Ptilota filicina* (являющаяся постоянной частью ее сообщества) и зеленая водоросль *Ulvaria splendens* (сезонная составляющая). Другие виды макрофитов имеют более низкую частоту встречаемости. Довольно обычны в составе макробентоса мягких грунтов офиура *Amphipholis kochii* и двустворчатый моллюск *Mya arenaria*.

На мягких грунтах биомасса варьировала от 1,0 до 2634,4 г/м², отличаясь наименьшими показателями характеризовались станции 1, 2, 5, 7, 4, 22 расположенных в южной части бухты. Для большинства станций характерна биомасса около 500 г/м², на 9 из 20 станций она была более 1000 г/м², причем на трех из них (10, 12, 19) – была более 2000 г/м². Биомассу на мягких грунтах преимущественно формируют Rhodophyta, Phaeophyta, Bivalvia, Asteroidea, Polychaeta, Echinoidea (рис. 2). При этом на большинстве станций (13 из 20) основу биомассы составляет анфельция. Ее вклад в общее значение превышает 70 %, на станциях же 16, 17, 19 на нее приходится даже 98-100 %. На каменистых вкраплениях грунта существенны вклад в биомассу (станции 9 и 10) вносит мидия Грея. На станциях 4, 13, 14, 15, 18, 20, 21 заметную роль в этом показателе (20-40 %) играют бурые водоросли – главным образом *Laminaria cichorioides* и, в меньшей степени, *Costaria costata* и *Desmarestia viridis*.

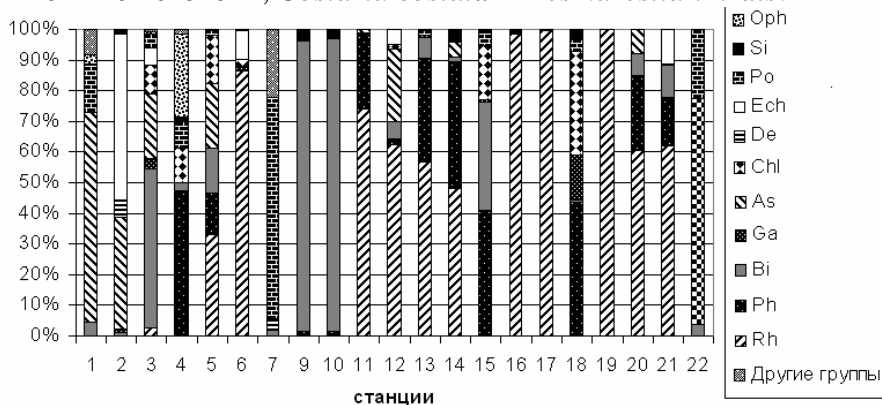


Рис. 2. Соотношение основных таксономических групп в общей биомассе макробентоса сублиторали мягких грунтов бухты Троицы

Доминирующие в макробентосе мягких грунтов бухты Троицы сердцевидный морской еж *Echinocardium cordatum*, двустворчатые моллюски *A. insignis* и *Glycymeris yessoensis*, офиура *Ophiura sarsi* (табл. 2), полихета *S. armiger* широко распространены в юго-западной части зал. Петра Великого и являются доминантами зал. Посьета (Климова, 1980) и акватории ДВГМЗ (Озолиньш, 2002).

Плотность поселения макробентоса на мягких грунтах варьировала от 9 до 376 экз./м². Менее 50 экз./м² зарегистрировано на станциях 4, 6, 7, 16, 18, 19, 20, более 250 экз./м² – на

станциях 9, 11, 12, 13. Основу плотности поселения на большинстве станций составляют полихеты – от 15 до 98 % (рис. 3). На отдельных из них значимый вклад в плотность поселения вносят двустворчатые моллюски и сипункулиды.

Таблица 2

Количественные показатели и распространенность в бухте Троицы доминирующих по биомассе видов

Станции	Глубина, м	Грунт	Вид	Группа	Средняя биомасса ± станд.откл., г/м ²
6, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 21	5-10 (реже 15)	Заиленный песок; заиленный песок с примесью гальки, ракуши	<i>Ahnfeltia tobuchiensis</i>	Rh	873,95 ±583,80
			<i>Ptilota filicina</i>	Rh	237,53 ±24,42
1, 3, 5	10-20	Песок, заиленный песок, ракушечник	<i>Asterina pectinifera</i>	As	26,36 ±9,12
3, 5, 12, 15	10	Заиленный песок	<i>Acila insignis</i>	Bi	19,13 ±11,98
2, 6, 21	5	К/з песок с вкраплениями гальки и битой ракуши	<i>Echinocardium cordatum</i>	Ech	96,31 ±52,08
20, 21	5	К/з песок	<i>Glycemeris yessoensis</i>	Bi	162,53 ±78,12
9, 10	10	Заиленный песок, вкрапления камней	<i>Crenomytilus grayanus</i>	Bi	1930,87 ±802,61
1, 4	20	Ил, заиленный песок	<i>Ophiura sarsi</i>	Oph	5,77 ±1,24

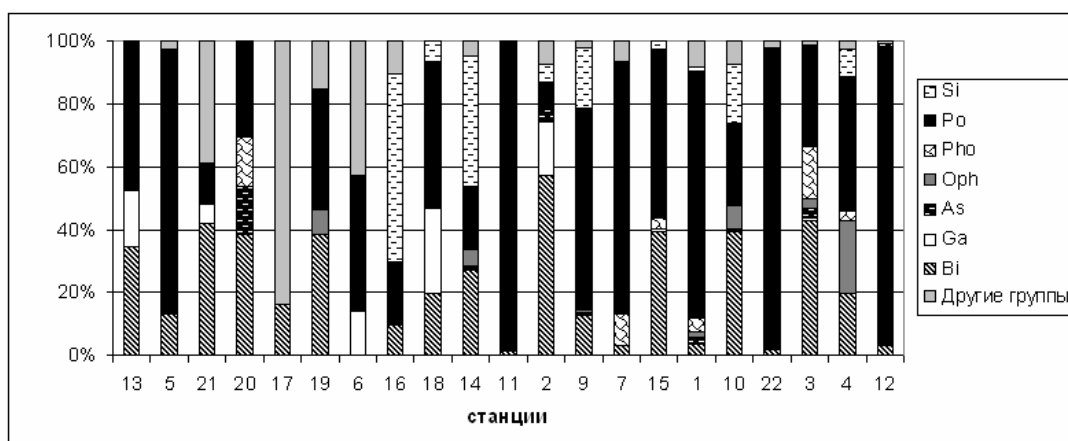


Рис. 3. Соотношение основных таксономических групп в общей плотности поселения макрозообентоса сублиторали мягких грунтов бухты Троицы

Макробентос твердых грунтов

Скалистые грунты бухты Троицы представлены валунно-глыбовым развалом, узкой полосой окаймляющим бухту (кроме вершинной ее части) от уреза воды до глубины 3-4 м. Выходы коренных пород локализованы только в районе входных мысов. Макробентос твердых субстратов отличается бедностью как по видовому составу, так и по количественным показателям.

Всего на твердых грунтах зарегистрировано 87 видов беспозвоночных и водорослей-макрофитов. Основу видового богатства также составляют многощетинковые черви, красные водоросли и двустворчатые моллюски. Однако списки этих групп менее многочисленны, чем на мягких грунтах.

Число видов на станциях с твердым грунтом варьировало от 3 до 31. Наибольшее разнообразие связано с поселениями мидии Грея. Собственно на скалистых выходах, глыбах или валунах бентос довольно разреженный. Практически 100 %-ной встречаемостью на твердых субстратах характеризуется морская еж *S.nudus*, не встреченный на рыхлых грунтах

вообще. Также практически повсеместное распространение имеет морская звезда *A. pectinifera*. К видам, отмеченным на 50-60 % станций, относятся двустворчатый моллюск *C. grayanus*, красная корковая водоросль *L. phymatodeum*, морской еж *S. intermedius*, полихета *N. alveolata*, сипункулида *Ph. japonicum*. Основу видового богатства на обследованных станциях составляли животные. Характерной особенностью бухты Троицы является практически полное отсутствие поясообразующей растительности на твердых грунтах сублиторали. Фитоценозов, как таковых, на этих субстратах вообще не отмечено. Экземпляры макрофитов единичны, имеют низкую биомассу, представлены в основном эпифитами-обрастателями мидий. Лишь на некоторых станциях встречались небольшие куртины ульвы. Возможно, бедность флоры макрофитов бухты обусловлена достаточно узким входом в нее и затруднением проникновения спор макрофитов из открытых районов зал. Посыета, где они довольно многочисленны.

В фауне сублиторали твердых грунтов бухты Троицы встречаются 5 видов асцидий: *Halocynthia aurantium*, *H. roretzi*, *Styela clava*, *Boltenia echinata*, *Cnemidocarpa heterotenactaculata*. Среди двустворчатых моллюсков, кроме мидии Грея, довольно широко распространены другие представители отряда Mutilida (*Modiolus modiolus*, *Septifer keenae*). С неполной уверенностью можно отметить присутствие в некоторых местах мидии блестящей *Mytilus coruscus*. Морских звезд на твердых грунтах в сублиторали отмечено всего 5 видов, кроме *A. pectinifera*, довольно обычны обыкновенная амурская и мягкая морские звезды, реже встречаются летастерия черная и хенриция. Характерная для твердых грунтов сублиторали других районов зал. Петра Великого и связанная с друзьями мидии афеластерия японская отмечена нами в бухте Троицы только на литорали.

Биомасса макробентоса твердых грунтов была в целом ниже, чем мягких, и даже в поселениях мидии Грея ее значения лишь немногим превышали 2000 г/м². Вклад макрофитов в общую биомассу на станциях не существен. Формируют данный показатель в основном морские ежи и двустворчатые моллюски. Наибольший вклад вносят *S. nudus* и *C. grayanus*. На станции 6*** (под пирсом у водолазной станции МЭС) более 90 % биомассы составляет гребешок приморский *M. yessoensis*, подрост которого регулярно высевается в данном районе. Также значительна в общей биомассе макробентоса доля морских звезд (преимущественно *A. pectinifera*). Только на двух станциях (3**, 9**) на глубине 1,5 м 15-30 % общей биомассы составляет зеленая водоросль *U. fenestrata*. Вклад других таксономических групп в биомассу макробентоса твердых грунтов незначителен (рис. 4).

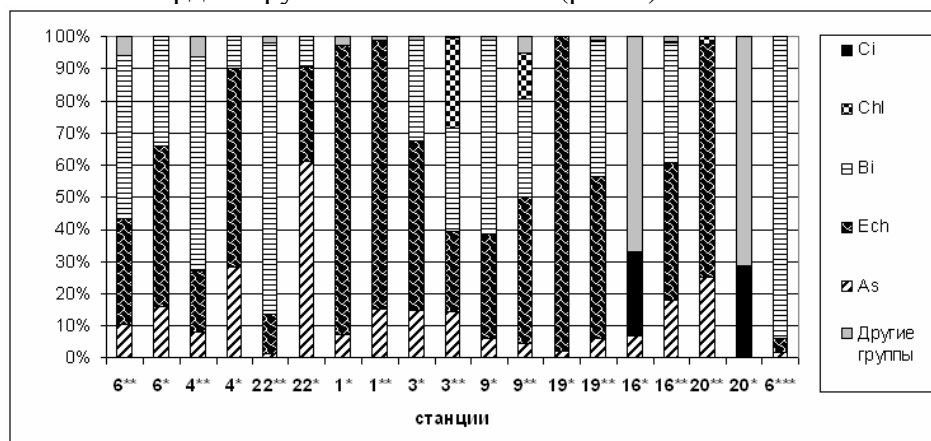


Рис. 4. Соотношение основных таксономических групп макробентоса твердых грунтов сублиторали бухты Троицы в общей биомассе

Плотность поселения макрозообентоса на твердых субстратах лежала в диапазоне 6-411 экз./м². Минимальные значения (около 50 экз./м²) установлены на станциях 1*, 1**, 4*, 6*, 19**, 20**; максимальные (более 350 экз./м²) – на станциях 3**, 9*, 22** (поселения мидии Грея). Наиболее часто отмечаемые показатели плотности поселения – 50-100 экз./м². Максимальный вклад вносят полихеты, морские ежи и звезды, двустворчатые моллюски

(рис. 5). Наибольшую плотность поселения имеет полихета неоксидоспира ячеистая *N. alveolata*, обильно поселяющаяся на мидиях («облепляющая» их) и самом субстрате.

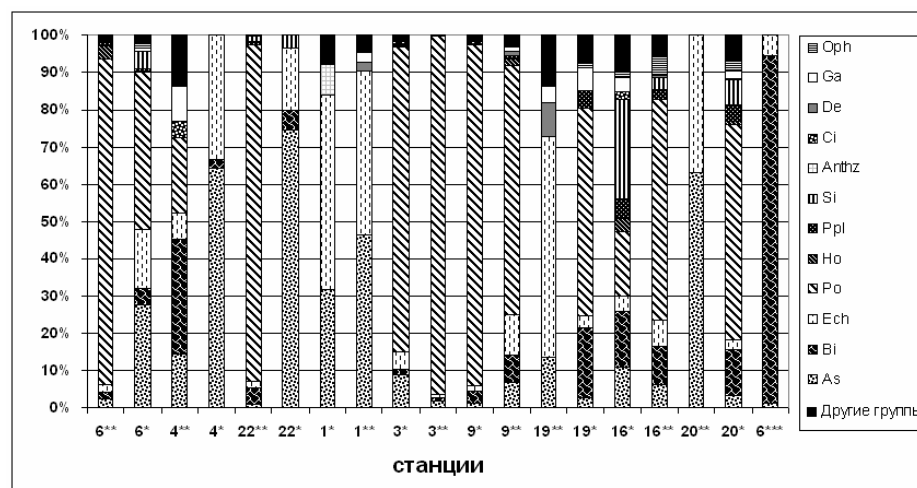


Рис. 5. Соотношение основных групп в общей плотности поселения макрозообентоса твердых грунтов сублиторали бухты Троица

В целом, количественные показатели макробентоса бухты Троицы (в особенности ее мягких грунтов) достаточно высоки. Максимальная биомасса и плотность поселения макробентоса в бухте несколько выше тех, что приводятся в работе В.Л. Климовой для зал. Посьета в целом. Доминирующие в бухте Троицы виды типичны для акваторий зал. Посьета (Климова, 1980) и прилегающего района Морского заповедника (Озолиньш, 2002; Дальневосточный..., 2004).

Особенностью донного населения сублиторали бухты Троицы является довольно большое разнообразие видов и их группировок на мягких грунтах. Придонное поле анфельции в вершинной и центральной частях бухты обуславливает высокие показатели биомассы этих районов. Твердые субстраты характеризуются довольно малым числом видов, однообразием распределения их доминантов, бедностью макрофлоры и отсутствием ее поясообразующих группировок.

ЛИТЕРАТУРА

- Адрианов А.В., Кусакин О.Г.** Таксономический каталог биоты залива Петра Великого Японского моря. – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 350 с.
- Бродянский Д.Л.** Морская охота и аквакультура на побережье Японского моря в неолите // Международная конференция «Человек в прибрежной зоне: опыт веков». Тез. докл. 18-21 сентября 2001 г. – Петропавловск-Камчатский: КГПУ, 2001. – С. 23-25.
- Дальневосточный морской биосферный заповедник.** Исследования. (Отв. Ред. А.Н. Тюрин). – Владивосток: Дальнаука, 2004. – Т. 1. – 848 с.
- Климова В.Л.** Донная фауна залива Посьета // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 20-30.
- Некрасов Д.А., Чербаджи И.И., Попова Л.И.** Продукционные показатели популяции анфельции тобучинской в бухте Баклан залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. – 2000. – Т. 26, № 4. – С. 259-264.
- Озолиньш А.В.** Сезонная динамика сообществ макробентоса мягких грунтов сублиторали залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. – 2002. – Т. 28, № 4. – С. 262-271.
- Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В.** Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 352 с.
- Удалов А.А., Бритаев Т.А., Тхань Н.Т.Х.** Особенности макробентоса мягких грунтов сублиторали залива Нячанг (Вьетнам, Южно-Китайское море) // Океанология. – 2006. – Т. 46, № 4. – С. 518-526.
- Чербаджи И.И., Титлянов Э.А.** Биология естественных монодоминантных сообществ красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* в морях Дальнего Востока России // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 2. – С. 71-81.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ ДАГЕСТАНСКОГО РАЙОНА КАСПИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ¹

А.Ш. Гасанова, К.М. Гусейнов

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия,
pibrdnrcan@iwt.ru

Качественная бедность фауны и флоры Каспийского моря в совокупности с богатством Каспия биогенными элементами предопределяют благоприятные условия для развития аутакклиматизантов. Отсутствие естественных хищников и паразитов способствовали интенсивному развитию и широкому распространению вселенца гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz), необычайно высокая прожорливость и плодовитость которого изменили биоценологическую цепь и создали угрозу существования аборигенным видам. В связи с этим представляются необходимыми исследования современного состояния водных биоценозов и оценка влияния гребневика на планктонные сообщества.

В основу работы положены результаты мониторинговых исследований планктонных сообществ дагестанского побережья Каспия (Кизлярский залив – устье р. Самур). Сбор материала проводился в летний период 2006 г.

Фитопланктонные пробы отбирались батометром Нансена, пробы зоопланктона с использованием сетки Джеди с входным отверстием 37 см. Для сбора гребневика использовали планктонную сетку такого же типа с ячейей 0,33 мм, с широким съемным стаканом. Гребневиков сортировали по размерным группам: 0-5 мм, 5-10 мм, 10-15 мм и т.д., в мерном цилиндре определяли их массу. Бентосные пробы отбирались с использованием дночерпателя Петерсена малая модель с площадью охвата 0,025 м.

Камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам. Для определения сырой массы гребневика пользовались уравнением $W = 2,36L^{2,35}$, где W - сырой вес в мг; L - длина тела в мм (Виноградов, 1983).

В исследуемый период наблюдалось массовое распространение мнемии по всей исследуемой акватории. Высокие показатели (более 80 % биомассы) отмечались в фотической зоне, а также на мелководьях северной части дагестанского побережья Каспия, причем 80 % особей в популяции встречались в стадии личиночного развития.

Средняя биомасса мнемии в исследуемый период составляла 215 г/м³ (табл. 1). В результате хищничества мнемии наблюдалось снижение качественных и количественных показателей зоопланктона (табл. 2, 3).

Таблица 1
Динамика численности (экз./м³) и биомассы (г/м²) гребневика в дагестанском районе Каспия летом 2002, 2006 гг.

№ п/п	Разрезы	Численность		Биомасса	
		2002 г.	2006 г.	2002 г.	2006 г.
1.	«Суюткино»	355	360	170,42	180,46
2.	«Чечень»	686	520	310,25	230,42
3.	«Терек»	560	460	358,07	310,25
4.	«Сулак»	996	896	550,73	623,02
5.	«Махачкала»	225	345	121,71	101,01
6.	«Манас»	180	210	95,85	85,83
7.	«Изберг»	114	106	82,25	90,85
8.	«Речка»	246	244	123,02	137,23
9.	«Дербент»	207	225	136,27	146,27
10	«Самур»	295	302	141,18	158,85
	Всего:	386	367	208,97	215,42

Средняя биомасса зоопланктона в 2006 г. составляла 30,8 мг/м³, тогда как этот показатель до вселения гребневика достигал 299,1 мг/м³ (табл. 2). Таким образом, биомасса основ-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 06-04-96634 «Исследование влияния биологического и химического загрязнения на биоценозы дагестанского района Каспия»).

ных групп зоопланктона в исследуемый период, по сравнению с 1990 г., снизилась более чем на 90 %. Наблюдалось сокращение качественного состава зоопланктона (табл. 3). Доминанты прошлых лет – *Euritemora grimmeri* G. O. Sars, *Calanipeda aquae dulcis* Kritsch – в планктоне вообще не обнаружены. Доминирующей формой зоопланктона в исследуемый период являлся аутакклиматизант веслоногий рачок акартия (80 % от общей биомассы всего зоопланктона). Почему из веслоногих ракообразных только акартия смогла противостоять мнимоопсису приобретает принципиальное значение, отмечают А.Ф. Сокольский, А.А. Полянинова и др. (2003). По мнению этих авторов, в ответе на этот вопрос заложен ключ к пониманию причин его разрушительного воздействия на планктонную часть экосистемы моря и пути выхода из этой ситуации. Мы целиком разделяем мнение этих исследователей.

Таблица 2

Динамика биомассы летнего зоопланктона в дагестанском районе Каспия, мг/м³

Разрезы	1990	2002	2006
«Суюткино»	-	-	15,09
«Чечень»	412,67	-	63,15
«Терек»	446,40	39,35	29,38
«Сулак»	307,69	26,42	20,64
«Махачкала»	290,82	34,87	29,88
«Манас»	-	30,67	30,56
«Изберг»	-	40,63	28,65
«Речка»	-	14,82	25,17
«Дербент»	260,27	14,12	22,12
«Самур»	177,53	72,09	43,32
Среднее	299,13	34,12	30,80

Примечание: “-” На этих разрезах сборы не проводились.

Таблица 3

Динамика биомассы основных групп летнего зоопланктона дагестанского района Каспия до и после вселения гребневика, мг/м³

Организмы	1990 г.	2002 г.	2006 г.
<i>L. grimaldii</i>	77,70	0,16	0,10
<i>E. grimmeri</i>	115,25	-	-
<i>C. a. dulcis</i>	5,89	-	-
<i>A. clausi</i>	90,95	24,02	29,02
Соперода ост.	2,75	0,12	0,15
Все соперода	292,18	24,30	29,27
Cladocera	2,44	-	-
Прочие	4,25	9,23	5,45

Известно, что основная часть обитателей дна в своем развитии связана с пелагическими биоценозами через планктонные личинки, которые могут потребляться гребневиком. Поэтому одним из показателей влияния гребневика (помимо факторов среды) на популяции донных беспозвоночных может служить количество осевшей молодежи. Эффективность размножения моллюсков, рассмотренная как отношение количества осевшей молодежи к количеству половозрелых особей, снизилась в 1,5–3,0 раза (табл. 4). Исходя из этого, в недалеком будущем можно ожидать снижения биомассы взрослых моллюсков – основных составителей общей биомассы донной фауны.

Учитывая, что основным объектом питания гребневика является зоопланктон, то его жизнедеятельность способствует увеличению биомассы и таксономического разнообразия фитопланктона, что нами и наблюдалось летом, и объясняет доминирование мелкоклеточного ценного в кормовом отношении фитопланктона.

В исследуемый период в планктоне обнаружен 71 вид микроводорослей. Наибольшее таксономическое разнообразие (42 %) установлено для диатомовых (см. рисунок). Интенсивное выедание зоопланктона и выделение легкоминерализуемого органического вещества обуславливало массовую вегетацию фитопланктона, особенно синезеленых водорослей. В планктоне доминировали мелкоклеточные диатомовая *Rhizosolenia fragilissima* и синезеленая *Oscillatoria sp.* Наблюдалась достаточно высокие показатели биомассы и численности фито-

планктона (табл. 5). Большое развитие в этот период получили синезеленые, доминировавшие численно – 60,8 % (доминант *Oscillatoria sp.*). Основной вклад в образовании биомассы (60,4 %) приходился на диатомовый комплекс. Доминант прошлых лет *Pseudosolenia calcaravis* (Бабаев, 1967, 1968, 1970) встречалась лишь в планктоне северной части исследуемой акватории в очень небольших количествах.

Таблица 4

Характеристика оседания молоди моллюсков до и после вселения гребневика

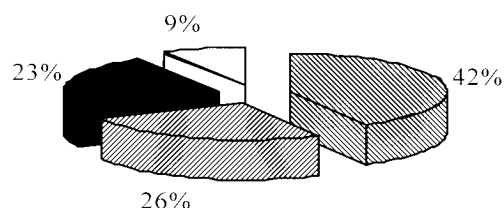
Виды	Количество половозрелых особей, экз./м ²			Количество молоди, экз./м ²			Эффективность размножения		
	1990 г.	2001 г.	2006 г.	1990 г.	2001 г.	2006 г.	1990 г.	2001 г.	2006 г.
<i>Abra ovata</i>	875	938	765	2750	945	856	3,14	1,0	1,1
<i>Cerastoderma lamarcki</i>	280	215	320	2434	1185	680	8,69	5,5	2,1
<i>Dreissena rostriformis</i>	970	1346	1150	3845	2954	2115	3,96	2,25	1,8
<i>Mytilaster lineatus</i>	560	674	685	1025	531	500	1,83	0,78	0,73
<i>Hypanis sp.</i>	134	175	130	174	450	226	2,57	1,29	1,74

Таблица 5

Численность (млн экз./м³) и биомасса (мг/м³) микроводорослей в акватории дагестанского побережья Каспия

Типы	Средняя численность	%	Средняя биомасса	%
Суанопхита	354,26	60,88	468,8	21,10
Вацилларифита	190,03	32,80	1343,2	60,44
Диналофита	34,36	5,92	406,6	18,26
Хлорофита	3,23	0,40	6,1	0,20
Всего	581,88	100	2220,7	100

Соотношение основных таксонов фитопланктонного сообщества дагестанского побережья Каспия



■ Bacillariophyta ■ Dinophyta ■ Cyanophyta □ Chlorophyta

Таким образом, проведенные нами мониторинговые исследования свидетельствуют о продолжающемся негативном влиянии мнемипсиса на пелагическую трофическую систему Каспия, водные биоценозы дагестанского побережья продолжают испытывать трофический пресс гребневика. Являясь планктонным хищником-полифагом, он изменил биоценотическую и трофическую структуру пелагического биоценоза, внедрившись в пищевую нишу, которую занимали рыбы-планктофаги.

ЛИТЕРАТУРА

- Бабаев Г.Б.** К изучению распределения фитопланктона западного побережья Среднего Каспия // Мат-лы науч.-теор. конф. молодых ученых. – Баку: АН АзССР, 1967. – С. 185 – 188.
- Бабаев Г.Б.** Состав и распределение фитопланктона западной части Среднего и Южного Каспия: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – 1968. – 32 с.
- Бабаев Г.Б.** Характеристика систематического состава фитопланктона западной части Среднего и Южного Каспия // Изв. АН АзССР, Сер. биол. – 1970. – Т. 1. – С. 70 – 72.
- Виноградов Л.Г.** Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. – М.: Наука, 1983. – 279с.

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В.Г. Дворецкий

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия
vdvoretzkiy@mmbi.info

Баренцево море представляет собой водоем, который характеризуется высокой биологической продукцией планктонных сообществ. Это в свою очередь определяет массовое развитее рыб и промысловых беспозвоночных. История исследований зоопланктона Баренцева моря насчитывает свыше 100 лет. Получены обширные данные о таксономическом составе, сезонной динамике продукционно-деструкционных процессов пелагических сообществ и биологии некоторых массовых видов (Фомин, 1995; Тимофеев, 1996, 1997, 2000). Вместе с тем очень мало работ, направленных на выявление особенностей биологического разнообразия группировок планктонных организмов, хотя данная проблема является одной из наиболее актуальных в современных гидробиологических исследованиях (Федоров, 1987). Количественную оценку биоразнообразия сообществ зоопланктона можно сравнить с выявлением уровня сложности этих надорганизменных систем. Такие данные необходимы, прежде всего, при организации мониторинговых исследований, слежения за качеством окружающей среды. Фундаментальное значение подобных изысканий состоит в том, что выявление сезонных и многолетних трендов параметров биоразнообразия морских сообществ позволит получить более адекватную модель их сукцессионных циклов. Целью работы было выявление пространственной изменчивости показателей биологического разнообразия зоопланктона в Баренцевом море в летний период.

В работе были использованы материалы обработки проб, отобранных в августе-сентябре 2006 г. в ходе рейса НИС «Дальние Зеленцы». Район исследований охватывал практически всю акваторию Баренцева моря. Различные участки моря отличаются климатическими условиями, гидрологическим режимом, системой течений и океанологическими характеристиками (диапазоном изменения температуры и солености воды, ледовыми условиями). В южной части было выполнено 10, в центральной – 6, в восточной – 11, в северо-восточной – 5 и в северной – 10 станций. Облавливали слой «дно – поверхность» (на мелководных акваториях) либо 100-0 м (в глубоководных районах). На каждой станции отбирали по 2 пробы при помощи стандартной сети Джеди (диаметр входного отверстия – 37 см, размер ячеей фильтрующего полотна – 168 мкм), скорость подъема сети – 0,5 м/с. Для фиксации материала использовали 40 %-ный раствор нейтрального формалина. Обработку проб осуществляли в лабораторных условиях на берегу по стандартным методикам (Руководство ..., 1980). Для оценки степени сходства районов по таксономическому составу использовали метод кластерного анализа, мера сходства рассчитывалась как евклидово расстояние.

Для анализа биоразнообразия отдельных акваторий строили графики «ранг/обилие видов». Для оценки структурированности сообществ по таксономическому составу использовали показатели биоразнообразия, основанные на различных сочетаниях числа выявленных видов (S) и общем количестве особей всех S видов (N) - индекс видового богатства Маргаллефа (I_{Mg}), Менхиника (I_{Mn}), индекс Шеннона (H'), индекс Симпсона (D). Для расчетов доли видов в сообществах использовали их суммарное обилие (География ..., 2002).

Количество таксонов зоопланктона в южной части Баренцева моря варьировало от 9 до 25, в целом в районе отмечено 35 видов. Численность изменялась от 95 до 2500 экз./м³, в среднем составляя 660 ± 11 экз./м³. В центральной зоне обилие колебалось в диапазоне 350-1700 экз./м³ (750 ± 9 экз./м³), здесь было зарегистрировано 38 форм планктонных животных, на отдельных станциях максимальное количество видов достигало 28, минимальное – 16. На востоке значения плотности популяций зоопланктеров варьировали в пределах 130-1700 экз./м³ (690 ± 8 экз./м³), в этой области количество видов изменялось от 13 до 26, в сумме зафиксировано 36 форм. Наименьшее число таксономических единиц отмечено в северо-

восточной и северной частях моря – 30 и 33, при этом количество видов колебалось на станциях от 12 до 23 и от 14 до 22, соответственно. Численность зоопланктона на северо-востоке изменялась от 1300 до 2000, на севере – от 1500 до 6400, в среднем составляя 1620 ± 27 и 3075 ± 50 экз./м³ соответственно.

Анализ кривых значимости видов (рис. 1) показал, что сообщество зоопланктона северо-восточной части Баренцева моря наименее разнообразно, в отличие от центральной зоны, где оно наибольшее.

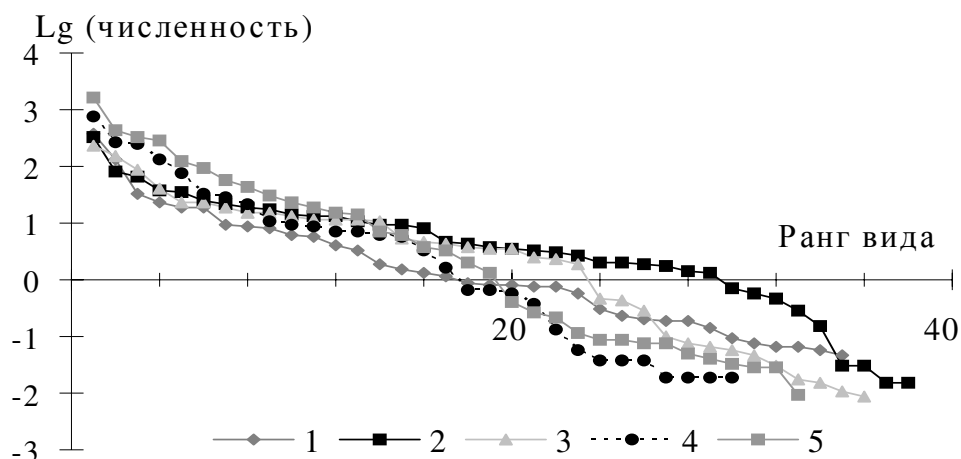


Рис. 1. Динамика разнообразия сообществ зоопланктона в летний период 2006 г. в южной (1), центральной (2), восточной (3), северо-восточной (4) и северной (5) частях Баренцева моря

Доминирующими видами в южной, центральной и восточной частях моря были *Calanus finmarchicus* и *Oithona similis* - более 53 % таксономического разнообразия, в северо-восточной и северной – *O. similis*, *C. glacialis* и *P. minutus* (80-90 %).

Индексы биологического разнообразия отличаются достаточно высоким разбросом значений (см. таблицу).

Показатели видового богатства различных участков Баренцева моря в летний период 2006 г.

Район	D mg	D mn	H'	D
Южная часть	5,24	1,36	1,54	0,37
Центральная часть	5,59	1,39	2,23	0,22
Восточная часть	5,36	1,37	2,21	0,18
Северо-восточная часть	3,92	0,74	1,71	0,27
Северная часть	3,98	0,60	1,66	0,31

Анализ всей совокупности полученных значений позволяет говорить о том, что наименьшая структурированность сообществ отмечается в северной и северо-восточной частях моря, промежуточная степень сложности – в южной и восточной, высокая – в центральной (рис. 2).

Основными причинами, обуславливающими видовое богатство пелагических экосистем, является комплекс абиотических и биотических факторов среды. В нашем случае наиболее разнообразные условия среды отмечаются как раз в центральной части Баренцева моря, это связано с тем, что там расположены фронтальные зоны между различными водными массами (Жизнь и условия ..., 1985).

Таким образом, разнообразие сообществ зоопланктона Баренцева моря можно оценить как относительно невысокое, по сравнению с другими морями, особенно тропическими. Полученный вывод объясняется доминированием в зоопланктоне одного-двух видов, от уровня развития которых зависит функционирование всей системы. В заключение необходимо отметить, что при организации мониторинговых исследований в качестве ключевых характеристик состояния зоопланктонных сообществ надо рассматривать их суммарную числен-

ность и биомассу, показатели биоразнообразия следует применять как дополнительные параметры, позволяющие более детально описывать степень организованности морских систем.

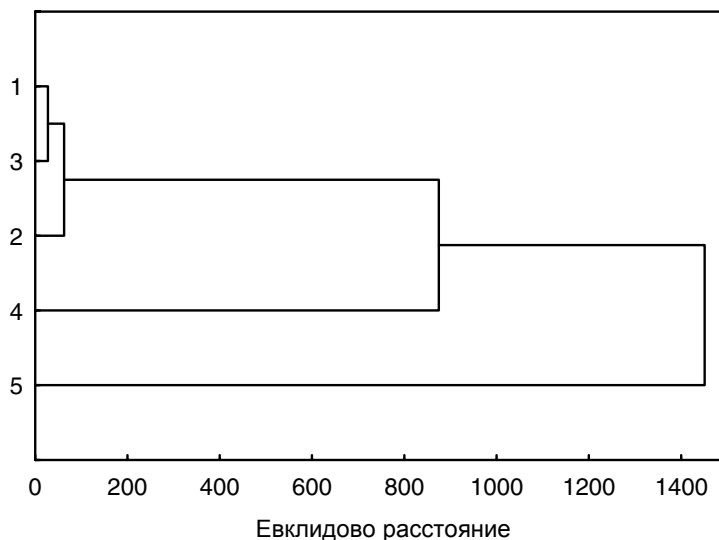


Рис. 2. Результаты кластерного анализа структуры зоопланктонных сообществ Баренцева моря. Обозначения как на рис. 1.

ЛИТЕРАТУРА

- География и мониторинг биоразнообразия.** - М.: НУМЦ, 2002. - 432 с.
- Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря** / под ред. Г.Г. Матишова. - Апатиты: КФ. АН СССР, 1985. - 218 с.
- Руководство по методам биологического анализа морских вод и донных отложений.** - Л.: Гидрометеиздат, 1980. - 191 с.
- Тимофеев С.Ф.** Экология онтогенеза эвфаузиевых ракообразных (Crustacea, Euphausiacea) северных морей. - СПб.: Наука, 1996. - 156 с.
- Тимофеев С.Ф.** Зоопланктон Баренцева моря / Планктон морей Западной Арктики. - Апатиты: КНЦ РАН, 1997. - С. 266-295.
- Тимофеев С.Ф.** Экология морского зоопланктона. - Мурманск: МГПИ, 2000. - 216 с.
- Федоров В.Д.** Актуальное и неактуальное в гидробиологии // Биол. науки. - 1987. - № 8. - С. 6-25.
- Фомин О.К.** Роль баренцевоморского калянуса в трофической сети пелагиали моря. - Апатиты: КНЦ РАН, 1995. - 119 с.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES CAMTSCHATICUS* В ПРИБРЕЖЬЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.Г. Дворецкий, С.А. Кузьмин
Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия,
science@mmbi.info

Введение

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus*, интродуцированный в Баренцево море в 60-х годах прошлого столетия, успешно акклиматизировался и образовал устойчивую самовоспроизводящуюся популяцию (Кузьмин, 2000). Большинство современных работ посвящено анализу структуры популяции краба, условий его обитания, распределения запасов, особенностям роста, линьки, размножения и питания (Кузьмин, Гудимова, 2002; Бойцов, 2003; Ржавский, Переладов, 2003; Павлова, Ржавский, 2006 и др.). В то же время некоторые аспекты биологии краба остаются недостаточно изученными. В данном исследовании проанализирован размерный состав краба в губах Баренцева моря, уровень травматизма конечностей, а также состав ассоциированных с *P. camtschaticus* беспозвоночных организмов.

Материалы и методы

Материал был отобран в ходе береговых экспедиций в губах Баренцева моря Дальнезеленецкой (июль-август 2002-2007 гг.) и Долгой (август 2005 и 2006 гг.), а также в ходе работ по исследованию биологии камчатского краба на экспериментальном полигоне ММБИ в губе Сайда (август - сентябрь 2004 г., конец мая – начало июня 2005 г.). Основная часть крабов была отловлена водолазным способом с глубин от 3 до 40 м. Также отлов животных осуществляли при помощи ставных ловушек. В губе Сайда крабы были отловлены с глубины около 70 м, в губе Долгой – 88-90 м. Полевой биологический анализ крабов выполняли в соответствии с методическим руководством ТИНРО (Руководство..., 1979), который включал определение пола краба, измерение ширины карапакса (ШК), определение стадии линьки и сохранности конечностей крабов. Симбионтов и обрастателей отбирали с поверхности экзоскелета и из жабр непосредственно после поимки крабов в лабораторных условиях. Материал фиксировали в 4 %-ном растворе формальдегида для последующего анализа.

Результаты

Всего за период исследований проанализировано 3178 особей камчатского краба: 1253 экз. – в губе Дальнезеленецкой, 1627 экз. – в губе Сайда, 292 экз. – в губе Долгой. В уловах преобладали неполовозрелые особи, к которым условно относили крабов с ШК < 100 мм. Основную часть уловов составили самки, их доля составила: в губе Дальнезеленецкой – 62,3 %, в губе Сайда – 52,7 %, в губе Долгой – 50,0 %. В губах Дальнезеленецкой и Сайда соотношение самцов и самок достоверно отличалось от теоретического 1 : 1. Самки преобладали также среди половозрелых крабов. Доля самцов промыслового размера (ШК > 150 мм), в губе Дальнезеленецкой – 2,3 %, в губе Сайда 3,7 %, в губе Долгой – 2,0 %.

Общий уровень травматизма конечностей составил 64,7 % в губе Дальнезеленецкой, 27,5 % в губе Сайда, 45,6 % в губе Долгой. При этом можно отметить, что в губе Дальнезеленецкой среди неполовозрелых самок преобладали особи, не имеющие повреждений конечностей (10,3 %), в то время как среди половозрелых самок преобладали как раз травмированные особи (19,3 %). В целом же по мере роста крабов обоих полов наблюдается повышение количества травмированных особей. В губе Дальнезеленецкой доля травмированных крабов с ШК < 100 мм составила 37,6 %, крабов с ШК > 100 мм – 60,4 %, в губе Сайда – 33,2 % и 39,9 %, в губе Долгой – 46,5 % и 45,6 %. Только в последнем случае травмированность особей рассматриваемых размеров достоверно не отличилась.

Чаще всего животные имели одну отсутствующую или регенерирующую конечность, а максимальное визуально определяемое количество когда-либо аутоамированных ног у одной особи камчатского краба не превышала пяти (у самцов) и четырех (у самок) в губе Дальнезеленецкой и пяти (у особей обоих полов) в губах Сайда и Долгой. От передних конечностей к задним количество аутоамированных ног возрастает. Эта тенденция была более вы-

ражена у самок из губы Дальнезеленецкой. При этом асимметрия количества повреждений отмечается только для передней пары конечностей: повреждения правой клешни встречались в два раза чаще, чем левой.

За период исследований с 2004 по 2007 гг. был детально проанализирован видовой состав ассоциированных с камчатским крабом организмов. Было выявлено 42 вида: 7 видов гидроидов, 10 видов полихет, 3 вида рыбьих пиявок, 4 вида двусторчатых моллюсков, 2 вида брюхоногих моллюсков, 4 вида амфипод, 3 вида усонюгих раков, 7 видов мшанок, по одному виду офиур и немертин. Наиболее часто на крабах встречались амфиподы *Ischyrocerus commensalis* Chevreux, 1900, которые отмечены на 30,1 % проанализированных хозяев, в среднем на одного краба приходилось $55,1 \pm 3,5$ особей. Близкородственный вид *Ischyrocerus anguipes* Krøyer, 1838, отмечен на 15,6 % крабов, среднее количество особей – $7,3 \pm 1,5$ экз. Для остальных видов заселенность крабов не превысила 4,2 %. Оба массовых вида амфипод являются симбионтами краба. Помимо них к симбионтам краба относятся полихеты *Harmothoe imbricata* (L., 1767) и *Harmothoe impar* (Johnston, 1839), рыбы пиявки *Crangonobdella fabricii* (Malm, 1863), *Johanssonia arctica* (Johansson, 1898), *Platibdella olriki* (Malm, 1863) и редкий гидроид *Coryne hincksii* Bonnevie, 1898.

Обсуждение

Как показали исследования, в прибрежной зоне Баренцева моря отмечается преобладание небольших неполовозрелых особей камчатского краба. Это связано с особенностями биологии молоди, которая обычно образует скопления на мелководье. Показательно, что в губе Долгой одной из преобладающих групп были сеголетки камчатского краба. В период с 2005 по 2006 гг. схожая картина наблюдалась и в губе Дальнезеленецкой, однако она сглаживается за счет более длительного периода исследований. Среди половозрелых крабов преобладали самки. Известно, что после размножения, которое проходит на мелководье, самки остаются на относительно небольших глубинах, а самцы мигрируют на большие глубины (Кузьмин, Гудимова, 2002). Этим и объясняется наблюдаемая картина размерного состава камчатского краба в исследованных районах. Подобная тенденция отмечена и на Дальнем Востоке, где ювенильные особи были отмечены на небольших глубинах (Клитин, 2003).

В ходе исследований был установлен высокий уровень травматизма конечностей камчатского краба. Доля травмированных особей в прибрежной зоне во всех районах составила более 25 %. Этот показатель превышает уровень травматизма (18,1 %), который наблюдали в ходе исследований популяции камчатского краба на больших глубинах. Наблюдаемая картина может быть обусловлена как структурой популяции краба на малых глубинах, где среди крупных особей преобладали самки, которые более подвержены травматизму, так и определенным влиянием нелегального промысла, в ходе которого может происходить травмирование также неполовозрелых крабов в результате манипуляций с уловом (в англоязычной литературе – “handling”). Действительно, наибольшая доля травмированных крабов в уловах отмечена в губе Дальнезеленецкой, где развит нелегальный лов камчатских крабов водолазами-любителями. В губе Сайда нелегальный промысел краба также хорошо развит (при помощи ловушек), что и обуславливает более высокую долю травмированности среди крупных крабов. В губе Долгой, несмотря на то, что уровень травматизма выше, чем в губе Сайда, не выявлено отличий в распределении поврежденных особей разных размеров. Это объясняется меньшей доступностью данной акватории для браконьеров. Скорее всего, на уровень травматизма здесь оказывают влияние другие причины, поскольку известно, что с ростом краба, происходит увеличение в популяции особей с повреждениями, что обусловлено возрастным снижением способности к линьке и, следовательно, к регенерации (Кузьмин, 2002).

Достаточно закономерно увеличение аутономии четвертой пары конечностей. Это явление было отмечено в более ранних исследованиях краба в Баренцевом море (Кузьмин, 2002, 2003), а также в Охотском море (Лысенко, Селин, 2001). Полученные нами зависимости менее выражены. Скорее всего, это обусловлено тем, что в естественных условиях более частые потери четвертой пары конечностей обусловлены тем, что хищники предпочитают атаковать крабов с задней стороны тела. В нашем случае, очевидно, на первый план выступает антропогенный фактор, когда потери ног обусловлены ловом камчатских крабов.

Асимметрия количественного распределения повреждений, когда правые клешнеобразные конечности травмируются чаще, чем левые, наблюдали и другие авторы в восточной части Берингова моря (Edwards, 1972), а также в Охотском море у побережья Камчатки (Лысенко, Селин, 2001). Для других видов литодид, в частности *Paralithodes platypus* отмечена сходная тенденция асимметричности в распределении особей с травмированными клешнями (Ivanov, 1994). В то же время более частые повреждения конечностей правой стороны тела являются, по мнению ряда авторов (Лысенко, Селин, 2001), специфической именно для крабов семейства Lithodidae, поскольку для других видов ракообразных, в частности *Carcinus maenas* и *Chionoecetes* spp., отмечена иная зависимость распределения травмированных ног относительно оси тела (McVean, 1976; Ivanov, 1994), которая может быть связана с внутривидовыми столкновениями между самцами в период размножения (Paul, Paul, 1996).

Исследования симбионтов камчатского краба в Баренцевом море ранее ограничивалось изучением эктопаразитов и рыбьих пиявок (Бакай, Кузьмин, 1997; Утевский и др., 2006). Видовой состав обрастателей и симбионтов был не изучен. Как показали исследования, наиболее распространенным симбионтом краба был вид *Ischyrocerus commensalis*. Данный рачок является хорошо известным комменсалом многих ракообразных. Его отмечали ранее на камчатских крабах в Варангер-фьорде у берегов Норвегии (Jansen et al., 1998), а также в нативном ареале (Клитин, 2003). Вид *I. commensalis* поселяется также на других декаподах, в частности, крабах *Hyas araneus* в водах Северной Норвегии (Vader, 1996), крабах-стригунах *Chionoecetes opilio* у о-ва Ньюфаундленд (Steele et al., 1986). Близкородственный вид амфипод *I. anguipes* ранее на камчатских крабах в качестве симбионта не был описан.

Отдельно следует сказать о нахождении на крабах вида *Coryne hincksii*. Впервые в Баренцевом море данный гидроид был описан в 1922 г., когда его находили на поверхности других гидроидов, а также на панцире крабов *Hyas* sp. (Sheuring, 1922). До недавнего времени *C. hincksii* в Баренцевом море не находили. В представленных исследованиях этот вид отмечен на двух крабах Находки, *C. hincksii* только на поверхности других организмов говорят об облигатном характере симбиотических связей с камчатским крабом.

Свободноживущие полихеты *Harmothoe imbricata* и *H. impar* до настоящего времени на камчатских крабах не отмечены. Червь *H. imbricata* описан в работе М. Петтибоне (Pettibone, 1963), отмечавшей факультативный характер симбиотических взаимодействий данного вида с раком-отшельником *Pagurus ochotensis*. Другие представители рода *Harmothoe* описаны в ассоциации с декаподами в морях северных широт (Reiss et al., 2003). Исходя из относительно высокой распространенности полихет *Harmothoe* spp. на крупных крабах, а также учитывая их подвижный образ жизни, который позволяет выбирать место поселения, можно считать, что представители данного рода являются факультативными симбионтами краба.

Рыбьи пиявки являются хорошо известными симбионтами ракообразных. Они используют покровы краба для откладки коконов. Особенности распределения пиявок *J. arctica* на камчатских крабах в Баренцевом море довольно хорошо изучены (Бакай, Кузьмин, 1997; Кузьмин, Гудимова, 2002; Бакай, 2003). Пиявки *Crangonobdella fabricii* также встречаются на камчатских крабах у берегов Сахалинской гряды (Клитин, 2003) и на равношипых крабах *Lithodes aequispinus* в том же районе (Живоглядова, 2006). Вид *Platybdella olriki* на камчатских крабах в Баренцевом море отмечен впервые. Данный вид ранее был отмечен на покровах крабов *Hyas araneus* и креветок *Sclerocrangon boreas* (Meyer, Khan, 1979)

ЛИТЕРАТУРА

- Бакай Ю.И. Паразитологические исследования камчатского краба в Баренцевом море // «Камчатский краб в Баренцевом море». – Мурманск: ПИНРО, 2003. – С. 203-218.
- Бакай Ю.И., Кузьмин С.А. Предварительные результаты паразитологических исследований камчатского краба в Баренцевом море // Тез. докл. науч.-практ. конф. «Нетрадиционные объекты морского промысла и перспективы их использования». – Мурманск: МИП-999, 1997. – С. 10-11.
- Бойцов В.Д. Распределение камчатского краба в Баренцевом море и условия среды // «Камчатский краб в Баренцевом море». – Мурманск: ПИНРО, 2003. – С. 59-64.

Живоглядова Л.А. Паразиты и эпибионты равношипного краба *Lithodes aequispinus*, Benedict Курильских островов // Тез. докл. IX Съезда Гидробиологического общества РАН. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2006. – С. 158.

Клитин А.К. Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) у берегов Сахалина и Курильских островов: биология, распределение и функциональная структура ареала. – М.: Нац. Рыб. Ресурсы, 2003. – 253 с.

Кузьмин С.А. Биология, распределение и динамика численности камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) в Баренцевом море: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 2000. – 24 с.

Кузьмин С.А. Аутоотомия конечностей и их регенерация у камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda: Anomura: Lithodidae) в Баренцевом море // Тез. докл. VI Всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным. – М.: ВНИРО, 2002. – С. 52-53.

Кузьмин С.А. Оценка уровня аутоотомических повреждений конечностей камчатского краба в Баренцевом море // Тез. межд. семинара «Роль климата и промысла в изменении структуры зообентоса шельфа (камчатский краб, исландский гребешок, северная креветка и др.). – Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2003. – С. 50-53.

Кузьмин С.А., Гудимова Е.Н. Вселение камчатского краба в Баренцево море. Особенности биологии, перспективы промысла. – Апатиты: Кольский науч. центр РАН, 2002. – 236 с.

Лысенко В.Н., Селин Н.И. Аутоотомия и регенерация конечностей у самцов камчатского краба *Paralithodes camtschatica* (Decapoda, Lithodidae) из Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128, Ч. 2. – С. 690-696.

Павлова Л.В., Ржавский А.В. Экспериментальное изучение питания молоди камчатского краба из Баренцева моря // Сб. материалов межд. конференции «Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами». – Мурманск, 2006. – С. 71-74.

Ржавский А.В., Переладов М.В. Питание камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на мелководье Варангер-фьорда (Баренцево море): изучение содержимого пищеварительного тракта и визуальные наблюдения // Тр. ВНИРО. – 2003. – Т. 142. – С. 120-131.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей // Сост.: В.Е. Родин, А.Г. Слизкин, В.И. Мясоедов, В.Н. Барсуков, В.В. Мирошников, К.А. Згуровский, О.А. Канарская, В.Я. Федосеев. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – 60 с.

Утевский С.Ю., Кузьмин С.А., Дворецкий А.Г. Пиявки (Hirudinida: Piscicolidae) комменсалы камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* // Сб. материалов межд. конференции «Современное состояние популяций крабов Баренцева моря и их взаимодействие с донными биоценозами». – Мурманск, 2006. – С. 104-106.

Edwards J.S. Limb loss and regeneration in two crabs: The king crab *Paralithodes camtschatica* and The Tanner crab *Chionoecetes bairdi* // Acta Zoologica. – 1972. – № 53. – P. 105-112.

Ivanov B.G. Limb injuries in crabs in the western Bering sea (Crustacea Decapoda: Brahyura Majidae, Anomura Lithodidae) // Arthropoda selecta. – 1994. – Vol. 3, № 3-4. – P. 33-56.

Jansen P.A., Mackenzie K., Hemmingsen W. Some parasites and commensals of red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the Barents Sea // Bull. Eur. Ass. Pathol. – 1998. – Vol. 18, № 2. – P. 46-49.

McVean A. The incidence of autotomy in *Carcinus maenas* (L.) // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1976. – Vol. 24. – P. 177-187.

Meyer M.C., Khan R.A. Taxonomy, biology, and occurrence of some marine leeches in Newfoundland waters // Proc. Helminthol. Soc. Wash. – 1979. – Vol. 46, № 2. – P. 254-264.

Paul J.M., Paul A.J. A note of Mortality and Injury Rates of Male *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae) Competing for Multiparous Mates / High Latitude Crabs: Biology, Management, and Economics. Alaska Sea Grant College Program Report No 96-026 University of Alaska. – Fairbanks, 1996. – P. 343-353.

Pettibone M.H. Marine polychaete worms of the New England region: I. Families Aphroditidae through Trochochaetidae // Bull. U.S. Natl. Mus. – 1963. – Vol. 227. – 356 p.

Reiss H., Knäuper S., Kröncke I. Invertebrate associations with gastropod shells inhabited by *Pagurus bernhardus* (Paguridae) – secondary hard substrate increasing biodiversity in North Sea soft-bottom communities // Sarsia. – 2003. – Vol. 88. – P. 404-415.

Sheuring L. Untersuchungsfahrt des Reichsforschungsdamfers «Poseidon» in das Barents Meer im Juni und Juli 1913. Die Hydroides // Wiss. Meeresunt. N.F. Kiel; Leipzig, 1922. – Bd. 13, № 2. – S. 159-183.

Steele D.H., Hooper R.G., Keats D. Two corophioid amphipods commensal on spider crabs in Newfoundland // J. Crust. Biol. – 1986. – № 6. – P. 119-124.

Vader W. Amphipoda as associates of other Crustacea // Book of Abstracts Second European Crustacean Conference, Liege (Belgium), September 2-6. – Liege, 1996. – P. 67.

БИОЛОГИЯ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ РЯПУШКИ КЕНОЗЕРСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

Г.А. Дворянкин, С.В. Кулида, В.В. Портнов

Северный филиал ФГУ «Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича», г. Архангельск, Россия

Кенозерский национальный парк, г. Архангельск, Россия

dga@sevpinro.ru

Кенозерский национальный парк (КНП) - это уникальный природный и историко-культурный комплекс, расположенный на юго-западе Архангельской области. С 2004 г. он входит во Всемирную сеть Биосферных Резерватов ЮНЕСКО. Одной из важных задач национального парка является сохранение традиционного рыболовства и обеспечение местного населения рыбной продукцией. В Кенозерском парке около трехсот озер общей площадью более 200 км², что составляет 14,4 % всей его территории. Ежегодно на внутренних водоемах КНП вылавливается от 76 до 104 тонн сига, ряпушки, щуки, леща и др. видов рыб. Главным промысловым объектом в парке является европейская ряпушка (*Coregonus albula* Linnaeus, 1758). Ее удельный вес составляет в среднем 30 % общего улова рыбы (табл. 1).

Таблица 1

Вылов рыбы в озерах КНП в 2003-2006 гг., т

Виды рыб	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	Среднее за год	
					т	%
Ряпушка	28,7	29	28,5	28,5	28,7	30,7
Плотва	16,3	16,6	13,7	14,1	15,2	16,3
Окунь	14,7	15,4	13,2	15,0	14,6	15,6
Налим	11,1	9,5	2,8	9,9	8,3	8,9
Щука	10,7	12,5	5,6	11,3	10,0	10,7
Лещ	7,2	10,4	5,7	5,8	7,3	7,8
Сиг	6,9	6,2	3,4	3,8	5,1	5,5
Прочие	2,9	4,7	3,1	6,2	4,2	4,5
Всего	98,5	104,3	76,0	94,6	93,4	100

Больше всего ряпушки добывается в озере Лекшмозеро. Здесь обитает самая большая в Архангельской области озерная популяция этого вида. На Лекшмозере вылавливают более 70 % всей ряпушки региона. Это второй по величине водоем КНП. Площадь его водного зеркала равна 54,4 км², средняя глубина составляет 7-8 м, максимальная глубина - 28 м. Местная популяция представлена мелкой озерной формой. В уловах доминируют особи длиной (AD) от 12 до 14 см, в возрасте 2-3 года (табл. 2, 3).

Таблица 2

Размерная характеристика ряпушки Лекшмозера из промысловых уловов

Год	Кол-во рыб (шт.) по размерным классам (длина AD, см)												Среднее		К-во иссл. рыб
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	AD, см	вес, г		
2005	4	238	289	142	82	19	5	2	1	1	-	12,2	20,3	783	
2006	2	25	328	228	40	4	3	7	4	3	-	13,1	22,7	644	
2007	-	38	465	519	65	3	3	-	-	-	-	13,2	23,2	1093	

Ряпушка Лекшмозера живет до 5 лет и созревает на втором году жизни. В этом же возрасте она вступает в промысел. Абсолютная плодовитость местной ряпушки относительно небольшая и колеблется в среднем от 2200 икринок у двухлеток до 3700 у рыб в возрасте 3+. Коэффициент зрелости от возраста практически не зависит и составляет в среднем 22 % (табл. 4).

До последнего времени мнения о запасах ряпушки в Лекшмозере сильно разнились. Были предложения по значительному ограничению ее промысла. Так, в 90-х годах официально вылавливалось 7 т этой рыбы. Однако в ходе наших исследований установлено, что запасы ряпушки позволяют значительно увеличить объемы добычи. Получению достоверных данных о ее численности в водоеме невольно помогла экологическая катастрофа, случившаяся в 1996 г. В результате

совпадения ряда неблагоприятных факторов на Лекшмозере произошел замор рыбы – по экспертным оценкам погибло примерно 70 т ряпушки (не менее 90 % популяции). На следующий год ее улов составил несколько десятков кг. Но уже через два года промысел был восстановлен в полном объеме. Простой расчет показал, что общий запас ряпушки в водоеме составляет 75-80 т. Для определения общего допустимого улова был использован коэффициент естественной смертности рыбы (М). При этом мы взяли М, равный 40 % (минимальный для рыб с небольшой продолжительностью жизни). Для короткоциклового вида рыб коэффициент промысловой смертности F, как правило, превышает М (Тюрин, 1963). Но с учетом предосторожного подхода к управлению рыбными запасами (Бабаян, 2000), мы посчитали целесообразным использовать в расчетах F, также равный 40 %. Таким образом, установлено, что на Лекшмозере можно вылавливать до 30 т ряпушки ежегодно без ущерба для популяции. В настоящее время уловы ряпушки на озере составляют 20-25 т, что полностью обеспечивает местных жителей высококачественной белковой пищей.

Таблица 3

Размерно-возрастная характеристика ряпушки Лекшмозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст, г.	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Количество исследованных рыб	
			экз.	%
1+	12,5	19	57	32,8
2+	13,4	25	99	56,5
3+	14,8	33	16	9,6
4+	17,2	53	2	1,1
Всего	-	-	174	100

Таблица 4

Репродуктивная характеристика ряпушки Лекшмозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст, г.	Абсолютная плодовитость		Коэффициент зрелости		Исслед. рыб, экз.
	среднее	колебания	среднее	колебания	
1+	2199	1740-2610	22,6	19,0-26,4	7
2+	2977	2153-3784	21,5	17,8-25,9	7
3+	3675	3115-4700	21,6	19,4-23,5	3

Вторая по численности популяция ряпушки КНП обитает в крупнейшем водоеме парка – Кенозере. Площадь зеркала озера составляет 68,6 км², наибольшая длина – 23 км, ширина – 10 км. Это самый глубокий водоем Архангельской области – наибольшая глубина достигает 90 м. Кенозерская ряпушка также представлена мелкой формой. В уловах 2007 г. нами обнаружены представители трех возрастных групп 1+ - 3+. Средние размеры особей, вступающих в промысел, колеблются по длине (AD) от 12 до 13 см и по массе от 19 до 33 г. (табл. 5). Сравнение размерно-возрастных характеристик двух популяций ряпушки показывает, что при практически идентичном весе лекшмозерская ряпушка имеет более прогонистое тело.

Таблица 5

Размерно-возрастная характеристика ряпушки Кенозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст, г.	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Количество исследованных рыб	
			экз.	%
1+	12,1	19	17	30,9
2+	12,9	26	37	67,3
3+	13,0	33	1	1,8
Всего	-	-	55	100

Созревает кенозерская ряпушка на втором году жизни. Ее абсолютная плодовитость несколько больше, чем у лекшмозерской и колеблется от 3149 икринок у двухлеток до 4644 у четырехлеток. Коэффициент зрелости составляет в среднем 22 % (табл. 6).

Таблица 6

Репродуктивная характеристика ряпушки Кенозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст, г.	Абсолютная плодовитость		Коэффициент зрелости		Исслед. рыб, экз.
	среднее	колебания	среднее	колебания	
1+	3149	1904-4613	22,3	15,6-27,4	7
2+	3927	2860-5288	22,5	16,9-28,5	10
3+	4644	-	21,8	-	1

Особенностью Кенозерского национального парка является географическая изолированность рыбных сообществ – по территории КНП проходит водораздел между бассейнами Балтийского и Белого морей. Кенозеро и Лекшмозеро принадлежат бассейну последнего. По другую сторону водораздела лежат небольшие озера (Наглимозеро, Масельгское, Вендозеро) в которых обитает ряпушка, радикально отличающаяся от беломорских популяций по темпам роста.

Наглимозеро находится в 4 км к северо-западу от Лекшмозера. Площадь его водной поверхности 5,7 км². Максимальная глубина равна 22 м. Местная популяция ряпушки представлена в уловах особями в возрасте от 2+ до 5+ лет. Темпы ее роста значительно превосходят лекшмозерскую ряпушку. Средняя длина (AD) ряпушки из уловов колеблется от 20 см у трехлеток до 26 см у рыб в возрасте 5+, масса – от 100 до 300 г соответственно (табл. 7).

Абсолютная плодовитость наглимозерской ряпушки также намного выше – от 13 до 18 тыс. икринок. При этом коэффициент зрелости у одновозрастных рыб разных популяций практически одинаков (табл. 8).

Озера Масельгское и Вендозеро расположены в 3-8 км к северу от Лекшмозера и образуют одну водную систему. Это небольшие водоемы с площадью водной поверхности 3,4 и 1,0 км² соответственно. Местная ряпушка также немногочисленна и характеризуется высоким темпом роста. При этом размеры вендозерской ряпушки близки к максимальным для представителей этого вида. Пойманная нами самка в возрасте 7+ имела длину (AD) почти 31 см и массу 491 г (табл. 9). Ряпушка таких размеров на территории Архангельской области нами описана впервые. Коэффициент зрелости самки составил 31 %, а абсолютная плодовитость – 54 тыс.720 икринок, что в 15-17 раз больше, чем у лекшмозерской ряпушки.

Таблица 7

Размерно-возрастная характеристика ряпушки Наглимозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Кол-во исследованных рыб	
			экз.	%
2+	20,3	107	5	11,4
3+	21,9	141	10	22,7
4+	23,2	171	27	61,4
5+	26,3	286	2	4,5
Всего			44	100

Таблица 8

Репродуктивная характеристика ряпушки Наглимозера (ноябрь 2007 г.)

Возраст, г.	Абсолютная плодовитость		Коэффициент зрелости		Исслед. рыб, экз.
	среднее	колебания	среднее	колебания	
3+	13680	-	21,6	-	1
4+	14592	11680-20553	20,6	17,7-23,4	6
5+	18385	14440-22330	16,4	13,4-19,3	2

Таблица 9

Размерно-возрастная характеристика ряпушки Вендозеро (ноябрь 2007 г.)

Возраст	Средняя длина (AD), см	Средняя масса, г	Кол-во исследованных рыб	
			экз.	%
4+	21,3	124	2	40
5+	24,8	193	1	20
6+	28,7	320	1	20
7+	30,7	491	1	20
Всего			5	100

Результаты наших исследований показывают, что ряпушка занимает важнейшее место в рыбном сообществе Кенозерского национального парка. Она составляет основу промысла и является для местных жителей главным поставщиком природного белка и важным источником дохода. Ряпушка КНП представляет интерес не только как объект лова. Ее изучение имеет бесспорное научное значение для понимания проблем видообразования, экологической пластичности гидробионтов, межпопуляционных взаимоотношений. Выявленные нами процессы эвтрофикации озер КНП делают местную ряпушку также и эффективным биоиндикатором состояния водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). – М.: ВНИРО, 2000. – 191 с.

Тюрин П.В. Биологические обоснования регулирования рыболовства на внутренних водоемах. – М.: Пищепромиздат, 1963. – 118 с.

О ПЛОДОВИТОСТИ ЯПОНСКОГО КРАБА-СТРИГУНА (*CHIONOECETES JAPONICUS*) В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

А.Н.Деминов¹, О.Ю.Борилко¹, А.А.Архипов²

¹ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, Россия, borilko@tinro.ru

²БИФ ТИНРО, г. Владивосток, Россия

Плодовитость гидробионтов относится к основным репродуктивным показателям, по которым можно судить об их воспроизводительной способности. От числа жизнеспособной молоди, вышедшей из яиц, во многом зависит будущее популяции в целом, ее процветание или гибель (Хмелева, 1988). Помимо этого, знание величины плодовитости – важное звено при оценке численности родительского стада, его репродуктивной способности и определения показателя естественной смертности гидробионтов на ранних стадиях развития (Gunderson, Dygert, 1988).

Материалом для настоящей работы послужили пробы наружной оплодотворенной икры от 113 самок японского краба-стригуна (*Chionoecetes japonicus*, Rathbun, 1932). Вылов краба проводили в северо-западной части Японского моря ловушками JC-0,7 (Низяев, Букин, 2001) с глубин 1750-2060 м в весенний период 2007 г. в районе со средними координатами 45°10'-46°05' с.ш. У самок краба брали икру, очищали ее от плеопод и фиксировали в 4 %-ном растворе формалина. В лабораторных условиях просчитывали и отбирали 500 икринок, определяли их навеску и пересчитывали на всю массу икры отдельной самки. С помощью микроскопа (стереоскопический МБС-10) измеряли размеры икринок с точностью до 0,01 мм. Поскольку форма икринки обычно представляет эллипсоид, который с развитием эмбриона может менять свои пропорции, то измеряли наименьший и наибольший диаметры яйца.

Индивидуальную абсолютную (ИАП) и индивидуальную относительную плодовитость (ИОП) рассчитывали по общепринятой методике (Спановская, Григораш, 1976; Руководство ..., 1979). Для определения индивидуальной абсолютной плодовитости нами была просчитана икра у 72 самок. Для сравнения плодовитости разных особей, различающихся по размерам и массе, использовали показатель ИОП, под которым понимали число зрелых икринок, выметываемых одной самкой популяции за один нерестовый сезон, в пересчете на 1 г массы особи без внутренностей (Анохина, 1967).

Для оценки жизненной стратегии этого краба оценивали Кг – коэффициент и репродуктивное усилие по методу, используемому согласно Н.Н. Хмелевой (1988). Кг-коэффициент рассчитывали как отношение абсолютной плодовитости к массе икринки (в мг), репродуктивное усилие (РУ) – как отношение массы кладки яиц к массе самки после удаления икры.

Размер 50 %-ной половозрелости самок определяли по изменению доли икроносных особей с увеличением линейных размеров. Полученные эмпирические данные аппроксимировались логистической кривой, коэффициенты которой находили по уравнению Ферхюльста (Лакин, 1980):

$$y = 100 / (1 + 10^{(a + bx)}),$$

где y – доля морфологически зрелых самок, %; x – ширина карапакса, мм; a и b – коэффициенты.

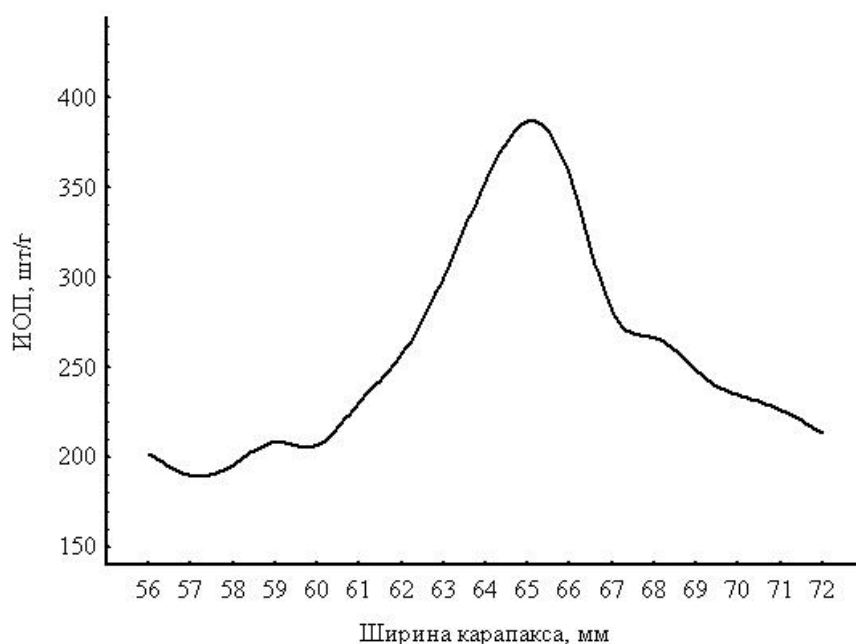
Было установлено, что ИАП японского краба-стригуна колебалась в довольно широких пределах – от 9,4 до 83,4 тыс. икринок (см. таблицу). Размерный ряд икроносных самок варьировал в пределах 56-72 мм по ширине карапакса при средней – 63,9 мм, ширина абдомена – от 33 до 64 мм при средней – 38,8 мм, масса тела – от 50 до 180 г при средней – 80,8 г.

Индивидуальная относительная плодовитость изменялась от 92 до 1117 шт./г массы тела особи. Чаще всего встречались самки с плодовитостью в интервале 91-490 шт./г. Средняя ИОП японского краба-стригуна составила 305,4 шт./г, что практически не отличается от данных Е.Р. Первеевой (2002) (284,2 шт./г), которая проводила аналогичные исследования из сборов этого краба-стригуна у берегов западного Сахалина. Значения ИОП увеличивались по мере роста ширины карапакса, а по достижении размера самки более 65 мм уменьшались

(рис. 1). Таким образом, было установлено, что самки с шириной карапакса от 60 до 69 мм имеют наибольшую относительную плодовитость.

Рис. 1. Зависимость ИОП от ширины карапакса

Анализируемый нами материал представляет собой мелкие икринки, наименьший диаметр составлял 0,42-0,50 мм, наибольший – 0,49-0,60 мм. При этом укажем, что индивидуальная масса выметанных икринок различалась довольно значительно и составляла 0,034-0,124 мг соответственно. Коэффициент корреляции диаметра икринок с их массой был равен 0,78.



Общеизвестно, что потенциальные возможности репродуктивных процессов не могут быть в полной мере оценены по какому-то одному параметру. Они складываются из комплекса показателей как на организменном, так и на популяционном уровне. По характеру стратегии репродуктивный потенциал направлен на поддержание численности популяции, ее устойчивости и сохранения вида и может быть оценен с помощью использования таких показателей, как Кг-коэффициент, величина репродуктивного усилия, размер наступления половозрелости и др. В этой связи для оценки репродуктивных возможностей можно использовать теорию К-г стратегии – количества потомков с приспособленностью одного потомка. К-стратегия отражает усиление приспособленности и выражается в увеличении массы яйца и, соответственно, массы тела молоди; г-стратегия характеризуется увеличением числа потомков. Величина репродуктивного усилия определяется, как вклад организма в каждый данный акт размножения (Пианка, 1981). Размеры наступления половозрелости у самок используются при расчетах величин пополнения. Эта величина используется также для оценки численности зрелых самок в популяции, что необходимо при оценке эффективной репродуктивной биомассы в моделях запас-пополнение (Лысенко, 2005).

Величина К-г коэффициента для японского краба-стригуна была нами определена в 584,3 икринок/мг. Что касается репродуктивного усилия, которое составило 2,3 %, то оно характеризуется значительно меньшей величиной по сравнению с той, которая была определена для этого же стригуна у Западного Сахалина (Первеева, 2002), и что, скорее всего, обусловлено меньшими массой и размерами икринок, имеющих в нашем распоряжении. Тем не менее, мы полагаем, что репродуктивные показатели (высокая плодовитость, малые размеры и масса оплодотворенных яиц) – характерные для японского краба-стригуна признаки г-стратегии.

В качестве сравнения укажем, что, согласно С.А. Низяеву (1992), самок близкородственного вида краба-стригуна ангулятус (*Ch. angulatus*), пойманных в районах западной части Охотского моря в нормальных условиях половина из них достигает половозрелости при ширине карапакса свыше 60,3 мм. В то же время в экстремальных — при ширине менее 47,5 мм (океанская сторона северных Курильских островов).

Самки японского краба-стригуна, по данным В.Г. Мясникова и А.А. Архипова (2004), встречаются на глубине как на 600-700, так и 400-1500 м, а по данным ловушечной съемки 2007 г., были обнаружены на глубине 1750-2060 м. Исходя из того, что самки японского краба-стригуна в среднем имеют большие размеры, то размер 50 %-ной половозрелости у этого

вида в северо-западной части Японского моря будет выше. Это обстоятельство хорошо иллюстрируют данные по размеру 50 %-ной половозрелости, который для указанного района составляет 62,0 мм (рис. 2). Полученная кривая описывается следующим уравнением: $y = 100 / (1 + 10^{(1,9282 + (-0,3104)x)})$.

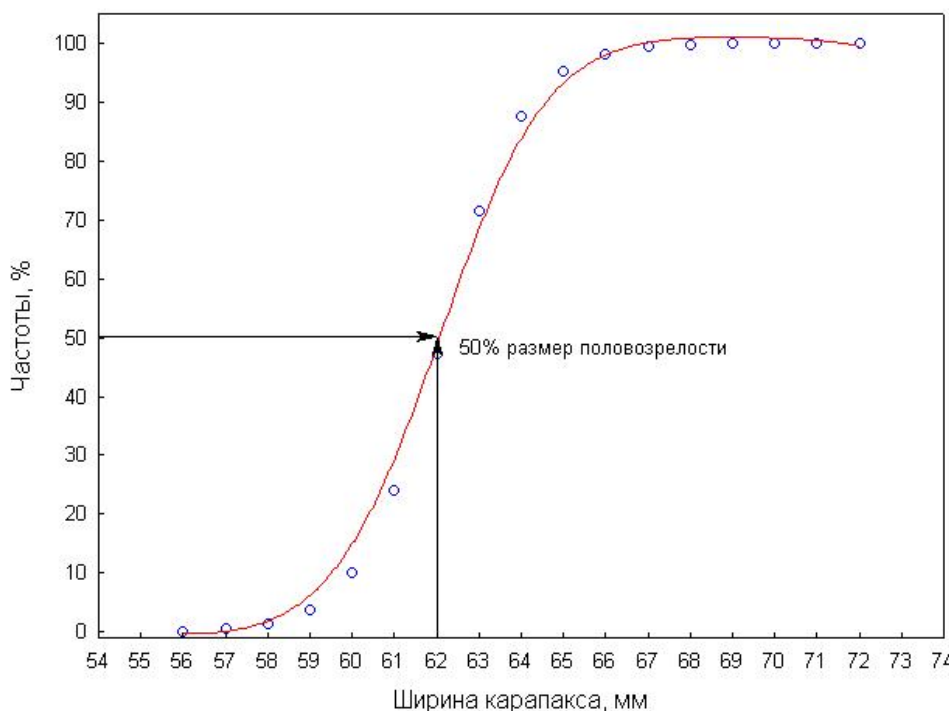


Рис. 2. Изменение доли половозрелых самок с увеличением размера у японского краба-стригуна

Несмотря на то что диапазон глубин для самок японского краба-стригуна колеблется довольно в широком спектре от 400 до 2060 м, размер 50 %-ной половозрелости этого же краба практически не отличается от размеров самок близкородственного вида краба-стригуна ангу-

лятус (западная часть Охотского моря). По всей видимости, повышение размера половозрелости самками японского краба-стригуна сказывается в благоприятных условиях их воспроизводства даже на таких глубинах.

ЛИТЕРАТУРА

- Анохина Л.Е.** Закономерности изменения плодовитости рыб на примере весенне- и осенне-рестующей салаки / Анохина Л.Е. – М.: Наука, 1967. – С. 136.
- Лакин Г. Ф.** Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – С. 213-214.
- Лысенко В.Н.** О размере и возрасте наступления половозрелости у самок камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на западнокамчатском шельфе // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 143. – С. 128-129.
- Мясников В.Г., Архипов А.А.** Глубоководный красный краб-стригун японикус Японского моря // Рыб. хоз-во. – Вып. 5. – 2004. – С. 45-49.
- Низяев С.А.** Распределение и численность глубоководных крабов Охотского моря // Промыслово-биологические исследования морских беспозвоночных. – М.: ВНИРО, 1992. – С. 26-37.
- Низяев С.А., Букин С.Д.** Методологические аспекты использования траловых и ловушечных данных для научных целей // Изв. ТИНРО. – 2001. – Т. 128. – С. 644-658.
- Первеева Е.Р.** К плодовитости глубоководных крабов-стригунов (*Brachiura*, *Majidae*) в водах Сахалина и северных Курильских островов // Мат-лы III науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчат-НИРО, 2002. – С. 295.
- Пианка Э.** Эволюционная экология: Пер. с англ. / Перевод Гилярова А.М., Матвеева В.Ф.; под ред. и с предисл. М.С. Гилярова. – М., 1981. – С. 142-143.
- Руководство по изучению десятиногих ракообразных дальневосточных морей.** – Владивосток: ТИНРО, 1979. – С. 59.
- Спановская В.Д., Григораш В.А.** К методике определения плодовитости одновременно и порционно икротечущих рыб // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс: Мокслас, 1976. – Ч. 2. – С. 54-62.
- Хмелева Н. Н.** Закономерности размножения ракообразных. – Минск: Наука и техника, 1988. – С. 169-171.
- Gunderson D.R., Dygert P.H.** Reproductive effort as a predictor of natural mortality rate // J. Cons. int. Explor. Mer. 44. – 1988. – P. 200-209.

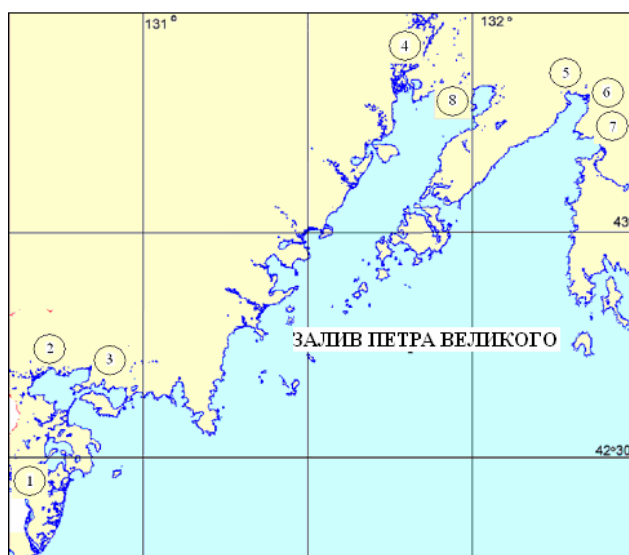
ТРОФИЧЕСКИЙ СТАТУС И ПИЩЕВЫЕ ОТНОШЕНИЯ МОЛОДИ РЫБ И КРЕВЕТОК В ЭСТУАРИЯХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Н.Т. Долганова, Н.В. Колпаков
ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, dolganova@tinro.ru

Сведений о питании рыб в эстуариях и лагунных озерах зал. Петра Великого очень мало (Каредин, 1966; Казанский и др., 1968; Синельников, 1974); отсутствуют данные не только о суточных рационах, объемах выедания, конкурентных отношениях, но для многих видов неизвестны даже пищевые спектры. Без этой информации невозможна оценка состояния эстуарных сообществ рыб, а также выявление закономерностей их функционирования. В настоящей работе предпринята попытка восполнить этот пробел.

Материалом для исследований послужили сборы по питанию рыб в эстуариях рек зал. Петра Великого в июне-октябре 2006 и 2007 гг. (рис. 1). Облов рыб производился мальковым неводом (длина 15 м, высота 2,5 м, ячея 5 мм). Для изучения суточной ритмики питания в эстуарии р. Раздольной выполнено 3 суточных станции с дискретностью 2 часа (в августе, сентябре и октябре). Обработку проб проводили в лабораторных условиях по стандартным методикам (Руководство..., 1986). Для характеристики обилия пищи в желудке использовали индекс наполнения (ИНЖ, ‰) (отношение массы пищи к массе рыбы $\times 10000$). Всего обработано 3483 желудка 34 видов рыб и 3 видов креветок (см. таблицу).

Рис. 1. Карта-схема района сбора проб: 1 - оз. Хасан, 2 - р. Тесная, 3 - р. Гладкая, 4 - р. Раздольная, 5 - р. Артемовка, 6 - р. Шкотовка, 7 - р. Суходол, 8 - п-ов Де-Фриз



При попарном сравнении степень сходства состава пищи определяли при помощи индекса Шорыгина (Шорыгин, 1952) суммированием меньших процентов сравниваемых спектров питания. Следуя Россу (Ross, 1986), сходство спектров питания считали значимым при $СП \geq 40\%$. Дендрограмма построена методом UPGMA, метрика - Евклидово расстояние. Приемлемая степень дробности кластеров определена при помощи критерия «значимого сходства» (верхняя 95

% доверительная граница среднего (по всей совокупности станций) сходства между пробами) (Бурковский и др., 2002). Суточные пищевые рационы (СПР) определены на основе данных по суточной ритмике питания (Чучукало, 2006).

Состав пищи, пищевые гильдии. Большинство рыб, обитающих в эстуарной зоне зал. Петра Великого, не отличаются высокой степенью пищевой избирательности и поедают наиболее многочисленных и доступных животных. В ходе кластерного анализа на значимом уровне сходства по составу пищевых спектров выделено 3 группы видов (рис. 2, 3). В 1 группу вошли горчаки (амурский *Rhodeus sericeus*, желтоперый *Acanthorhodeus* sp. и ханкайский *A. chankaensis*), пиленгас *Liza haematocheila* и 2 вида креветок (палемон крупнопалый *Palaemon macrodactylus* и песчаный шримс *Crangon cf. septemspinosa*).

В их пище преобладал детрит (более 70 % по массе), т.е. это детритофаги – консументы I порядка. Во 2 группу вошли уклей *Culter alburnus* и амурский сом *Silurus asotus*, потреблявшие преимущественно рыбный корм (более 94 % по массе). Это хищники - консументы III-IV порядка. Третий, довольно «рыхлый», кластер сформировали рыбы со смешанным питанием планктоном, нектоном, нектобентосом, бентосом, водорослями и травами, а также детритом (консументы II-III порядка). Внутри этого кластера на основе преобладания в пищевом спектре того или иного объекта выделяется 6 подгрупп (А-Е).

Объем обработанного материала по питанию рыб и беспозвоночных

Вид	Число желудков (проб)	Пустых желудков, %	Размерная группа (TL), мм	Ср. масса рыб, г	ИНЖ, ‰	Вид	Число желудков (проб)	Пустых желудков, %	Размерная группа (TL), мм	Ср. масса рыб, г	ИНЖ, ‰
<i>Konosirus punctatus</i>	153(20)	11,8	26-97	3,51	58,2	<i>Salangichthys microdon</i>	116(11)	85,3	34-95	0,715	32,1
<i>Abbottina rivularis</i>	108(23)	9,3	28-115	5,56	108,4	<i>Eleginus gracilis</i>	10(7)	0	100-168	13,65	87,3
<i>Acanthorhodeus sp.</i>	216(34)	2,3	44-116	6,18	162,5	<i>Gasterosteus sp.</i>	110(16)	10	18-75	2,67	41,4
<i>A. chankaensis</i>	184(28)	4,3	28-103	5,2	166,4	<i>Pungitius sinensis</i>	153(29)	17,6	16-59	0,89	90,5
<i>Carassius gibelio</i>	17(10)	0	36-155	24,7	225,3	<i>Liza haematocheila</i>	124(30)	7,3	46-123	17,42	181,1
<i>Culter alburnus</i>	13(8)	23,1	76-226	47,26	28,7	<i>Pholis nebulosa</i>	19(4)	0	94-138	8,28	122,3
<i>Gobio macrocephalus</i>	307(65)	50,5	30-116	8,15	61,3	<i>Perccottus glenii</i>	37(10)	24,3	46-150	8,72	24,9
<i>Hemiculter leucisculus</i>	21(12)	4,8	30-156	15,46	115,5	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	152(42)	8,6	40-170	15,1	56,4
<i>Leuciscus w. tumensis</i>	13(11)	15,4	44-235	58,3	49,5	<i>A. lactipes</i>	106(19)	4,7	26-96	2,67	94,9
<i>Phoxinus oxyrhynchus</i>	56(14)	19,6	40-129	5,74	82,5	<i>Tridentiger bifasciatus</i>	51(19)	5,9	34-58	1,83	179,2
<i>P. oxycephalus</i>	42(1)	33,3	35-100	2,9	46,4	<i>T. brevispinis</i>	21(21)	23,8	33-92	3,19	69,7
<i>P. mantschuricus</i>	26(1)	0	45-85	3	231	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	74(33)	24,3	29-72	2,18	80,9
<i>Pseudorasbora parva</i>	34(10)	5,9	31-90	4,39	104,6	<i>G. taranetzi</i>	96(26)	25	12-65	1,65	65,7
<i>Rhodeus sericeus</i>	65(21)	0	26-96	9,38	158,7	<i>Liopsetta pinnifasciata</i>	19(9)	0	37-73	2,11	148,0
<i>Sarcocheilichthys czerskii</i>	33(18)	12,1	33-100	4,65	31,2	<i>Platichthys stellatus</i>	2(2)	0	100-120	32,55	334,8
<i>Tribolodon spp.</i>	301(45)	17,9	25-170	7,13	107,0	<i>Crangon cf. septemspinosa</i>	30(8)	43,3	16-48	0,67	81,3
<i>Cobitis lutheri</i>	22(6)	22,7	53-83	2,38	60,9	<i>Palaemon macrrodactylus</i>	157(16)	41,4	15-56	0,76	57,4
<i>Silurus asotus</i>	2(2)	0	50-202	42,5	126,0	<i>P. paucidens</i>	135(19)	39,3	18-70	0,506	35,2
<i>Hypomesus nipponensis</i>	458(46)	41,3	27-133	4,25	51,0	Итого	3483(696)				

А. Рыбы, основой пищи которых служили планктонные и придонные ракообразные. К их числу относятся китайская колюшка *Pungitius sinensis*, япономорская трехглая колюшка *Gasterosteus sp.*, речная корюшка *Hypomesus nipponensis*. В эту же группировку включили сформировавшихся на дендрограмме отдельные “кластеры” лапшу-рыбу *Salangichthys microdon*, пища которой состояла из личинок декапод, и молодь звездчатой камбалы *Platichthys stellatus*, питавшуюся декаподами. **Б.** Рыбы, основой пищи которых служили рыба и черви, раки, насекомые, составляя в сумме 60-99 %. Это золотистый *Acanthogobius flavimanus* и дальневосточный *Gymnogobius urotaenia* бычки, туменский язь *Leuciscus waleckii tumensis*, корейская востробрюшка *Hemiculter leucisculus* и ротан-головешка *Perccottus glenii*. **В.** Самая многочисленная группировка, представители которой потребляли в основном червей и придонных ракообразных (в сумме 74-100 % рациона): молочный колючий бычок *Acanthogobius lactipes*, речная абботтина *Abbottina rivularis*, бычок Таранца *Gymnogobius taranetzi*, большеголовый пескарь *Gobio macrocephalus*, пескарь Черского *Sarcocheilichthys czerskii*, китайский *Phoxinus oxycephalus* и приморский *P. oxyrhynchus* голяны, навага *Eleginus gracilis*, полосатая камбала *Liopsetta pinnifasciata* и молодь красноперок *Tribolodon spp.* (рис. 2, 3).

Г. Животные, в пище которых значительна была доля придонных ракообразных (19,2-74,7 %), растений (20,2-48,8 %) и червей (5,1-37,5 %). К их числу относились креветка *Palaemon paucidens*, чешуеголовый маслюк *Pholis nebulosa*, двухполосый *Tridentiger bifasciatus* и короткоперый *T. brevispinis* трехзубые бычки и приморский голян *Phoxinus oxyrhynchus*. **Д.** Рыбы, основой пищи которых служили черви и детрит, составляющие в сумме 92,4-96,0 % рациона. Это пятнистый коносир *Konosirus punctatus* и серебряный карась *Carassius gibelio*. **Е.** В эту «сборную» группу включены существенно различающиеся по пищевому спектру рыбы, характеризующиеся 1-2 доминирующими группами кормовых объектов. Так, озерный голян *Phoxinus mantschuricus* питался преимущественно насекомыми (72,6 % по

массе), щиповка Лютера *Cobitis lutheri* - моллюсками и червями (56,4 и 37,4 % соответственно), амурский чебачок *Pseudorasbora parva* – червями (53,2) и моллюсками (22,2 %) соответственно (рис. 2, 3).

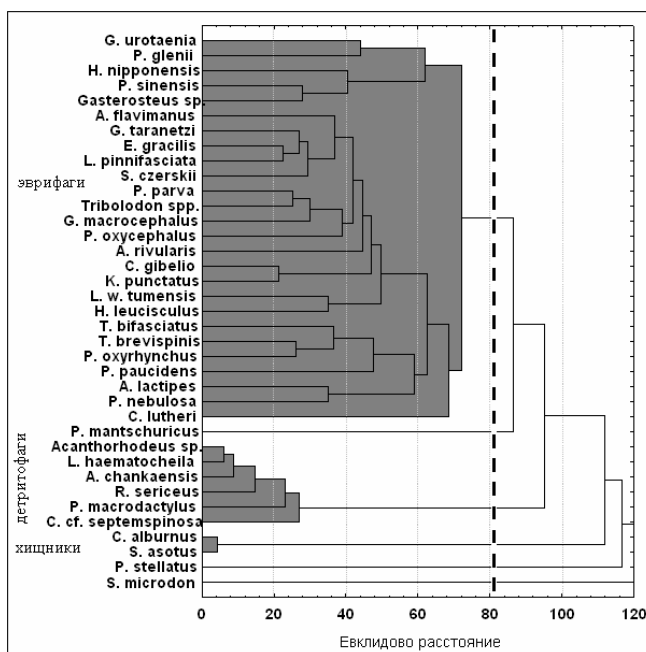
Рис. 2. Дендрограмма сходства пищевых спектров исследованных рыб и беспозвоночных. Пунктир – уровень значимого сходства

Таким образом, большинство наиболее обычных рыб в эстуариях зал. Петра Великого являются консументами второго-третьего порядка со смешанным типом питания. В целом, в июне-октябре в пище рыб и беспозвоночных преобладали детрит и черви (39,7 и 27,6 % соответственно). Другие группы кормовых объектов существенно уступали им по своей значимости в пищевом рационе. Среди ракообразных в питании доминировали гаммариды. На основе проведенных исследований можно полагать, что в эстуариях зал. Петра Великого, как и в типичном случае (Шубников, 1977), основной является детритная пищевая цепь, причем в значительной степени основанная на аллохтонной органике (сносимой со всего бассейна реки).

Трофические отношения. При попарном сравнении спектров питания исследованных видов показало, что значимое сходство (СП ≥ 40 %) наблюдалось только в 10 % случаев. Теоретически между этими видами возможна конкуренция за пищу. Однако пищевые объекты определялись до довольно высоких таксономических групп, при переходе же к видовому определению жертв, скорее всего, значимое сходство будет наблюдаться в минимальном числе случаев (Долганова и др., 2006; Колпаков, 2006). Кроме того, высокое сходство пищевых спектров еще не является надежным доказательством напряженности пищевых отношений. Если кормовых ресурсов достаточно для обеспечения всех потребителей², то конкуренция за пищу не достигает уровня, когда жестко лимитируется численность. По-видимому, пищевые ниши в сообществе организованы таким образом, что достигается максимальное ослабление конкуренции за пищевые ресурсы.

Суточная ритмика питания, СПР. Для большинства исследованных видов в р. Раздольной было характерно два пика активного питания в светлое время суток (пятнистый коносир, речная абботтина, серебряный карась, корейская востробрюшка, молодь красноперок, японская речная корюшка, трехиглая и девятииглая колюшки, двухполосый трехзубый, дальневосточный и молочный колючий бычки, бычок Таранца). У части видов наблюдался только один пик пищевой активности (горчаки, большеголовый пескарь, пескарь Черского, приморский голянь, золотистый бычок). У пиленгаса прослеживалось три пика пищевой активности: в 7-8, 12-14 и 20-22 ч. Суточная ритмика питания ротана нечеткая. По-видимому, потребляя рыбный корм, ротан может увеличивать интервалы между приемами пищи до 1-2 дней.

Определены СПР 21 вида рыб. Значения СПР варьировали от 1,6 до 8,0 % (рис. 4). Минимальные оценки СПР (1,6-2,3 %) получены для трехиглой колюшки, ротана и пятнистого коносира. Для многих видов рыб величина СПР с возрастом уменьшается. В нашем случае СПР рыб, представленных в уловах преимущественно молодь (пиленгас, красноперки, дальневосточный и двухполосый трехзубый бычки и серебряный карась) (табл. 1), был достаточно высоким (6,2-8,0 %), характерным для рыб младших возрастных групп. Исключение составлял только коносир (2,3 %). В дальневосточных морях СПР молоди прибрежных видов рыб варьирует в сходных пределах - от 2 до 16 % (обычно – 5-6 %) (Чучукало, 2006).



² В нашем случае это, в первую очередь, детрит, недостаток которого весьма маловероятен.

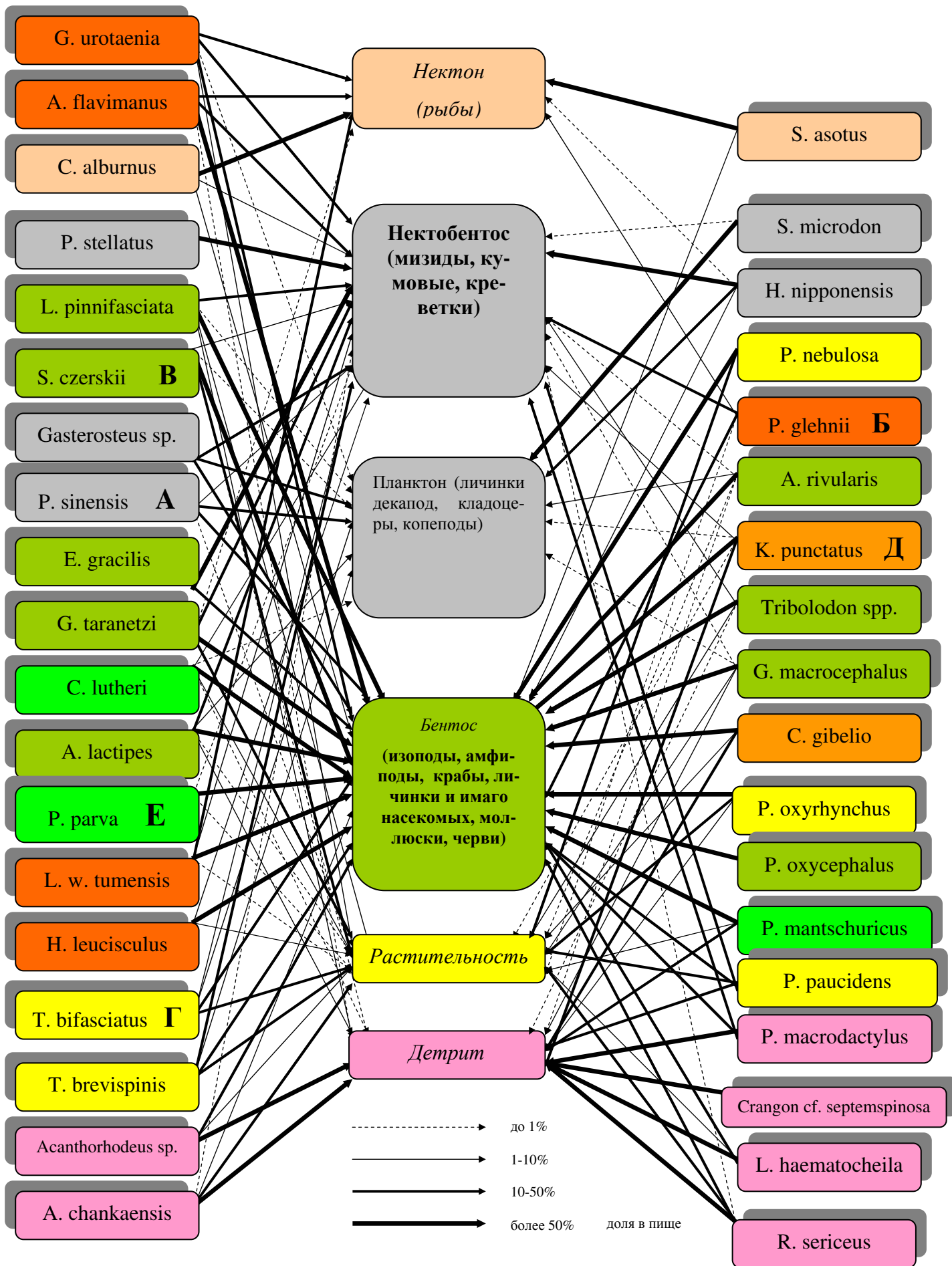
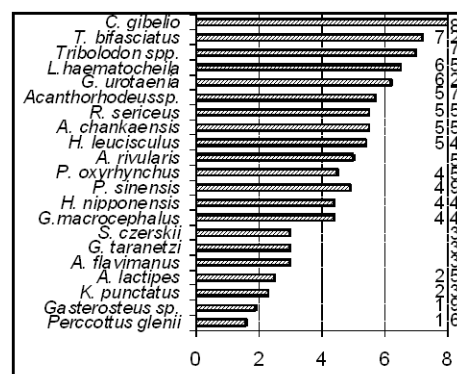


Рис. 3. Схема трофических связей рыб и креветок в эстуариях рек зал. Петра Великого

Рис. 4. Суточные пищевые рационы некоторых рыб в эстуариях зал. Петра Великого летом-осенью 2006 г.



Таким образом, в результате проведенных исследований впервые выявлены пищевые спектры 34 видов рыб и 3 видов креветок в эстуариях зал. Петра Великого. По типу питания выделены три гильдии видов. В гильдию детритофагов вошли 3 вида горчаков, пиленгас и 2 вида креветок. В гильдию хищников - уклей и сом. Остальные виды формируют гильдию эврифагов, с учетом доминирования кормовых объектов разделенную на 6 подгрупп. В целом, летом-осенью исследованные рыбы и беспозвоночные больше всего потребляли детрит и червей, т.е. пищевые потребности потребителей реализовывались преимущественно через детритную пищевую цепь. Сходство состава пищи между видами было значимым только в 10 % случаев. По-видимому, пищевые ниши в сообществе организованы таким образом, что достигается максимальное ослабление конкуренции за пищевые ресурсы. Большинство рыб характеризовалось двумя пиками активного питания в течение суток. СПР 21 вида рыб изменялся в пределах 1,6-8,0 %, для большинства рыб СПР составил 3,0-5,7 % массы тела.

ЛИТЕРАТУРА

- Бурковский И.В., Столяров А.П., Колобов М.Ю.** Пространственная организация и функционирование морской (эстуарной) прибрежной экосистемы // Усп. современ. биол. - 2002. - Т. 122, № 4. - С. 316-325.
- Долганова Н.Т., Колпаков Н.В., Чучукало В.И.** Питание некоторых наиболее обычных видов рыб прибрежных вод северного Приморья // Изв. ТИНРО. - 2006. - Т. 144. - С.140-179.
- Казанский Б.Н., Королева В.П., Жиленко Т.П.** Некоторые черты биологии угая (дальневосточной красноперки *Leuciscus brandti dibowski* и пиленгаса – *Liza (Mugil) so-iuy (Basilewsky)* // Ученые записки ДВГУ. - 1968. - Т. 15, вып. 2. - С. 3-46.
- Каредин Е.П.** Питание массовых видов рыб оз. Хасан // Вопр. ихтиол. - 1966. - Т. 6, вып. 3(40). - С. 540-548.
- Колпаков Н.В.** Трофическая структура циркумлитерального сообщества рыб северного Приморья. Дифференциация экологических ниш // Изв. ТИНРО. - 2006. - Т. 144. - С. 3-27.
- Руководство по изучению питания рыб. - Владивосток: ТИНРО, 1986. - 31 с.
- Синельников А.М.** О распространении и питании рыб семейства Gobiidae в реке Раздольной // Изв. ТИНРО. - 1974. - Т. 92. - С. 58-64.
- Чучукало В.И.** Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях. - Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. - 484 с.
- Шорыгин А.А.** Питание и пищевые отношения рыб Каспийского моря. - М.: Пищепромиздат, 1952. - 200 с.
- Шубников Д.А.** Прибрежно-эстуарное сообщество рыб северной части Индийского океана и экологические связи его компонентов // Вопр. ихтиол. - 1977. - Т. 17, вып. 5(106). - С. 824-842.
- Ross S.T.** Resource partitioning in fish assemblage: a review of field study // Copeia. - 1986. - Vol. 1989. - P. 352-388.

РАЗМЕРНАЯ СТРУКТУРА И ЧИСЛЕННОСТЬ ШРИМСА-МЕДВЕЖОНКА (*SCLEROCRANGON SALEBROSA*) ПО ДАННЫМ ДВУХ УЧЕТНЫХ ОРУДИЙ ЛОВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

Е.Н. Дробязин

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, tinro@tinro.ru

Зал. Петра Великого является наиболее южным районом обитания промысловой креветки *S. salebrosa* (шримс-медвежонка) (Кобякова, 1937; Виноградов, 1950). Здесь расположено устойчивое поселение данного вида, которое является независимой популяцией.

Мониторинговые работы по учету численности и распределения шримса-медвежонка в зал. Петра Великого традиционно проводятся донным тралом длиной 23 мм и ячеей в кутце 30 мм, с борта судов типа МРС. Однако селективность ячеи трала к размеру особей дает несколько искаженное представление по численности младших размерно-возрастных групп. Проведение в 2003 г. бентосной съемки драгой (трал Сигсби) с ячеей 10 мм позволило сравнить данные двух орудий лова.

Общая численность особей в зал. Петра Великого по результатам дражной съемки лета 2003 г. составила порядка 145 млн экз. (см. таблицу) без применения коэффициента уловистости. Вместе с тем по данным двух траловых съемок, проведенных в относительно близкие сроки (летне-осенний период 2002 и 2003 гг.) численность шримса составляла всего лишь 20 млн и 38 млн экз. (см. таблицу).

Расчетная численность шримса-медвежонка в заливе Петра Великого по результатам двух траловых и одной дражной съемок в 2002 и 2003 г.

Размерная группа, мм	Численность расчетная, экз. (при $K = 1$).			Соотношение численности особей: драга 2003/трал 2003
	июль – сент. 2002 г., трал	август – сент. 2003 г., трал	июнь – июль 2003 г., драга	
< 55	1194956	2256515	26093060	11,6
55 - 75	3052184	4623204	45978288	9,9
75 - 95	2620988	9045449	36913035	4,1
95 - 125	9993930	13984227	28289732	2,0
125 >=	3612875	8156131	8134838	1,0
Всего:	20474934	38065526	145408952	3,8

Средняя масса особи в дражных уловах составила 9,8 г, а по результатам траловых съемок – 19,7 г и 22,5 г. Таким образом, на единицу биомассы дражных уловов приходится примерно вдвое большая численность особей, чем в траловых уловах. Основной особенностью уловов драги является высокая доля молоди длиной 30-55 мм, которая составила 24,4 % численности особей. В траловых уловах доля данной группы была 5,4% (рис. 1). В целом уловистость драги обратно пропорциональна размеру особей по сравнению с уловистостью трала (см. таблицу).

Размерный состав популяции шримса-медвежонка в зал. Петра Великого различается в разных районах обитания. Для исследования данного аспекта структуры популяции были взяты данные дражной съемки, поскольку в ней гораздо полнее, чем при учете тралом, улавливается молодь (рис.1). Было проведено исследование пространственного распределения с разделением всего массива информации на размерные группы, которые выделены так, чтобы получить максимальное соответствие возрастным. Анализ межгодового смещения мод многочисленного поколения в размерной структуре позволил нам ранее получить данные о приблизительном соответствии длины особей и их возраста.

Всего было выделено 5 размерных классов. Первые три класса в диапазонах ДТ < 55мм, 55-75мм и 75-95мм, подходят для особей 0+, 1+ и 2+ возраста обоих полов соответственно, поскольку в этих пределах рост мало различается в зависимости от пола (рис. 2-5). Следующий класс 95-125 мм (рис. 6) обобщает особей 3+ и более старшего возраста и не со-

ответствует возрастному из-за существенных различий в росте самцов и самок, которые в него входят. К сожалению, имевшейся по дражной съемке информации было недостаточно для тотального разделения размерной структуры по полу. Последний класс, состоящий из особей 125 мм и более, отделяет от остального состава популяции в основном половозрелых самок с возрастом от 4+ - 5+ лет (рис. 7). Доля самцов в данном классе невелика и составляет 3,6 % от численности (по данным траловой съемки 2003 г). Полученное таким образом пространственное распределение пяти размерных групп, первые три из которых являются размерно-возрастными, представлено на рис. 3-7.

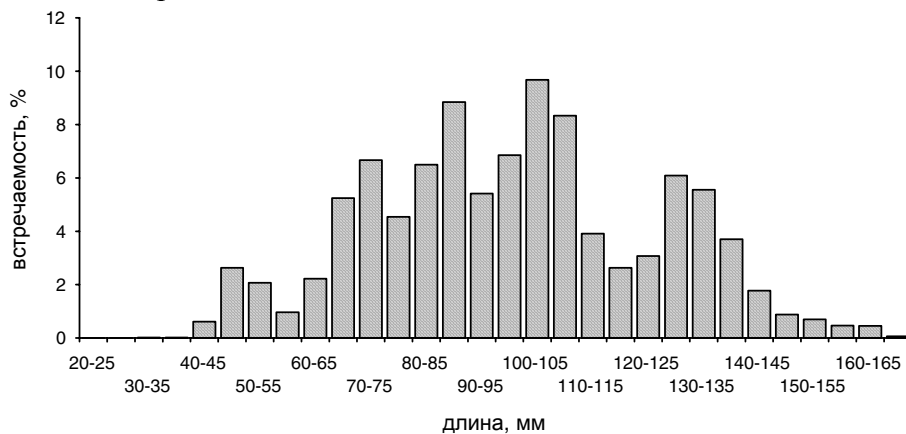


Рис. 1. Размерная структура популяции шримса-медвежонка по данным траловой (вверху) и дражной (внизу) съемки лета 2003 г.

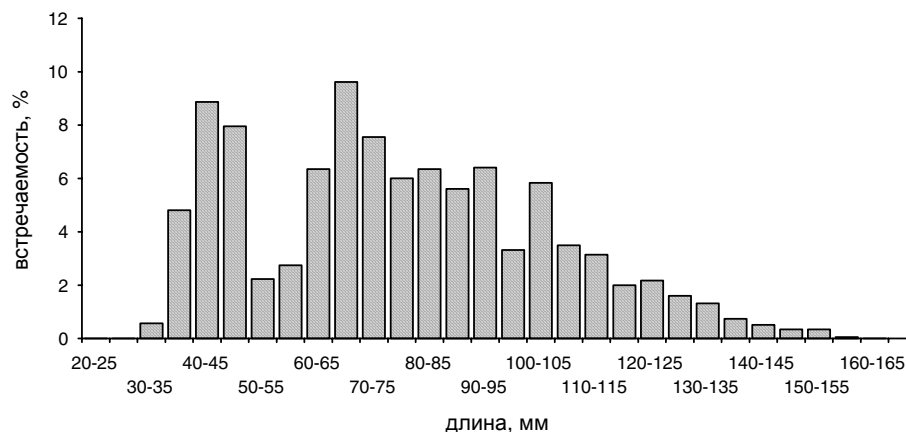
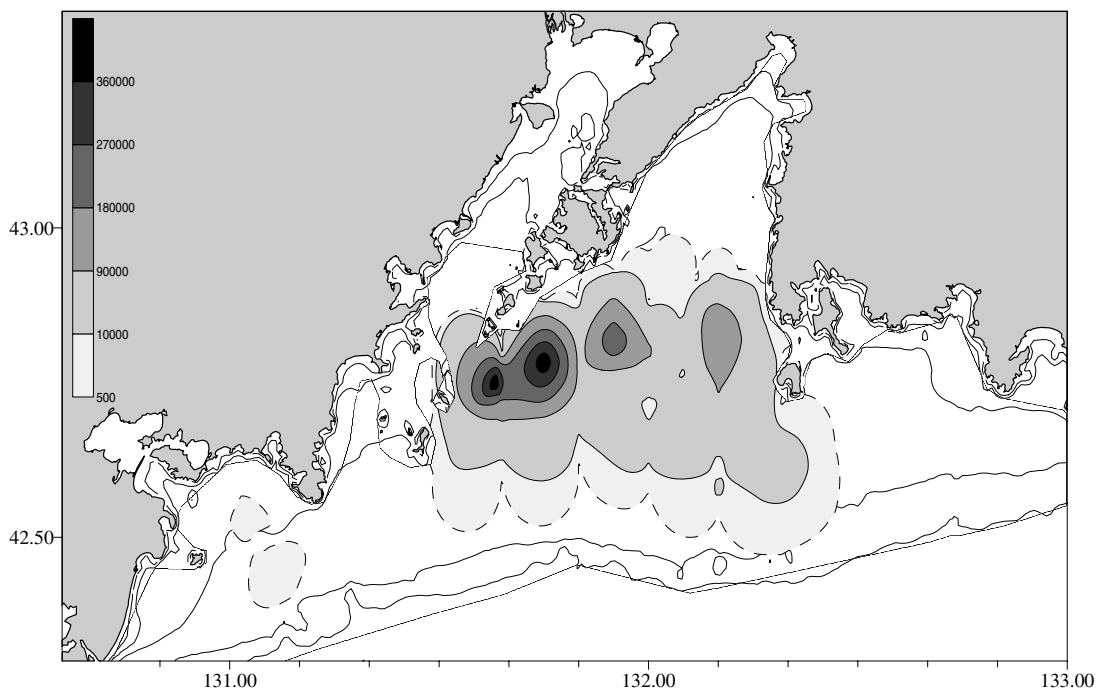


Рис. 2. Распределение плотности всех особей (экз./км²) по результатам дражной съемки летом 2003 г.



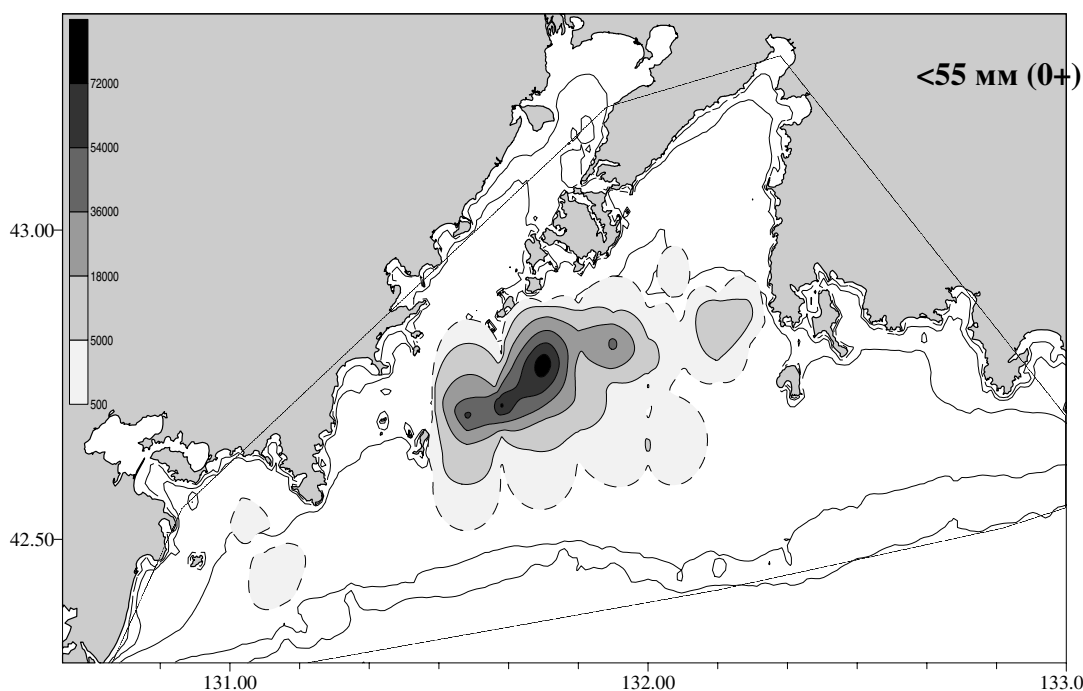


Рис. 3. Распределение плотности (экз./км²) особей с ДТ < 55 мм по данным дражной съемки лета 2003 г.

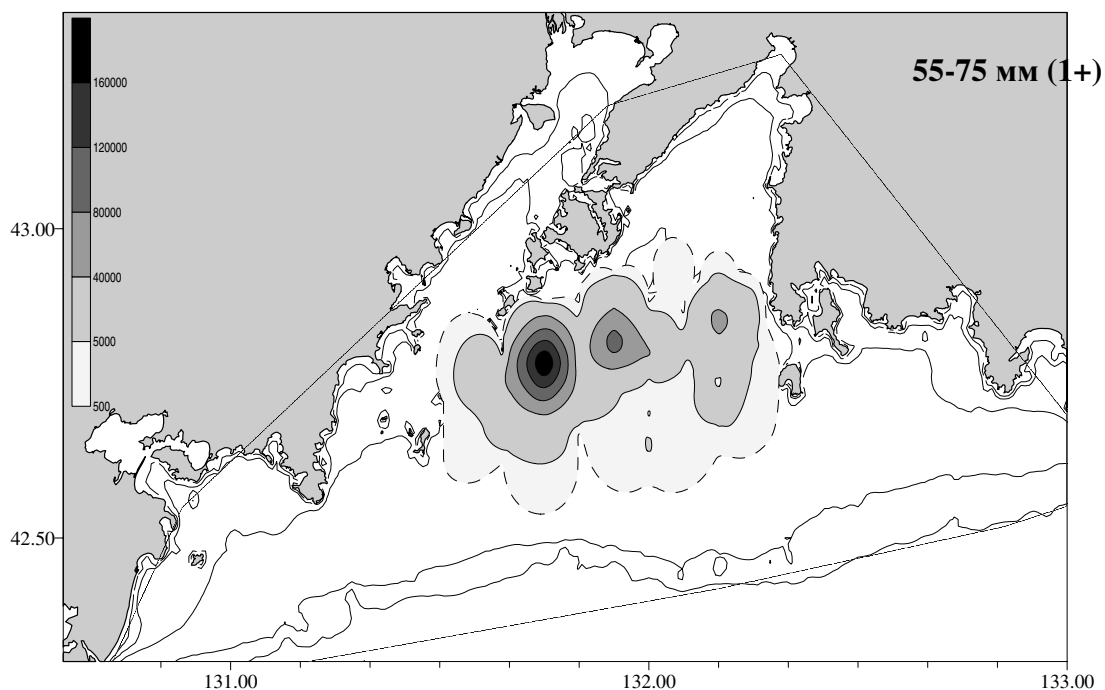


Рис. 4. Распределение плотности (экз./км²) особей с ДТ 55-75 мм по данным дражной съемки лета 2003 г.

На карте общего распределения (рис. 2.) хорошо прослеживаются три крупных скопления, названные по взаимному расположению как «Восточное», «Среднее» и «Западное».

Анализ пространственного распределения каждого из выделенных размерных классов дал следующие результаты. Распределение молоди с ДТ менее 55 мм (возраст 0+) характеризуется наличием одного мощного скопления в западной части ареала. Форма его несколько вытянута вдоль островов Рейнеке, Рикорда и Стенина.

Наибольшая плотность сеголетков достигает здесь 89000 экз./км². В небольшом количестве сеголетки отмечены и в среднем скоплении. В остальных районах их численность минимальна.

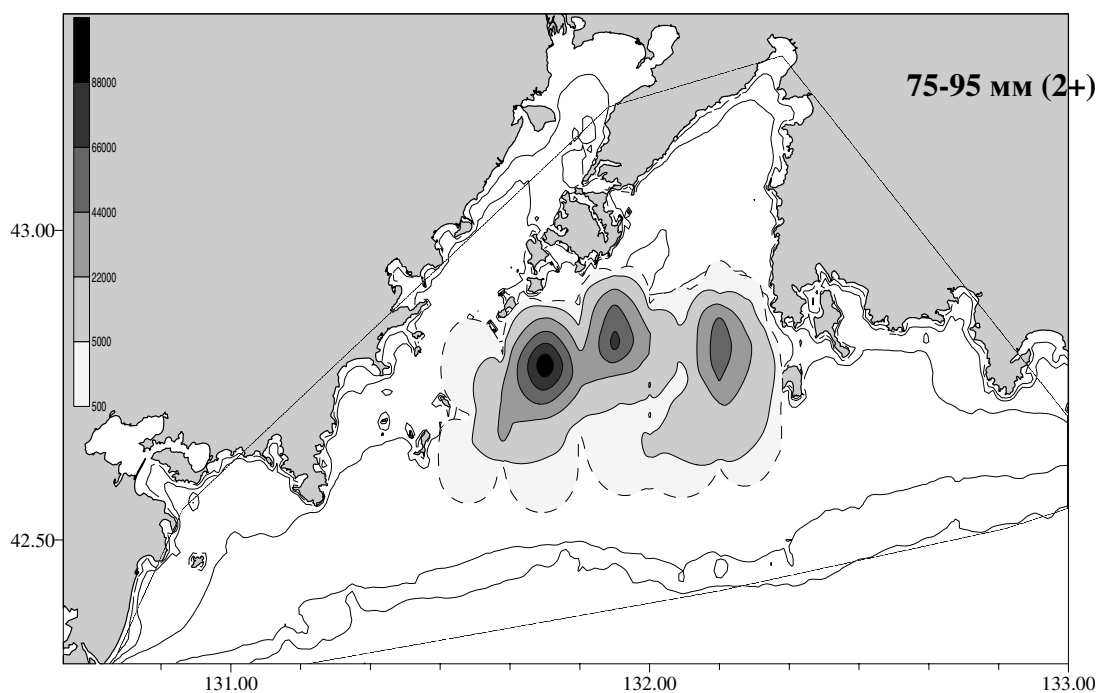


Рис. 5. Распределение плотности (экз./км²) особей с ДТ 75-95 мм по данным дражной съемки лета 2003 г.

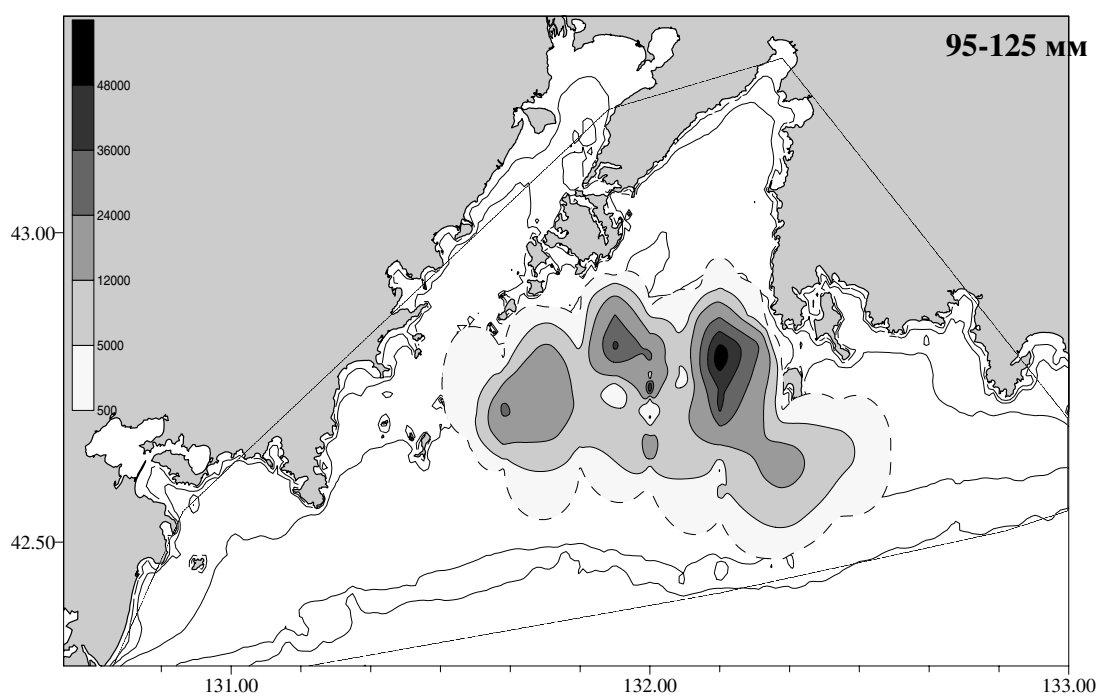


Рис. 6. Распределение плотности (экз./км²) особей с ДТ 95-125 мм по данным дражной съемки лета 2003 г.

Более крупная молодежь, с ДТ 55-75 (1+), также тяготеет в своем распределении к западному скоплению, однако в большей степени встречается в двух других районах. Данная тенденция прослеживается и для особей следующего размерного класса 75-95 мм (2+), таким образом, заметно, что по мере увеличения размеров молодежи ее встречаемость более равномерно распределяется между тремя скоплениями. Встречаемость особей с ДТ 95-125 мм заметно выше в восточном скоплении, чем в западном. Еще более заметна данная картина в распределении особей длиной более 125 мм.

Таким образом, можно выделить восточное скопление как район преобладания половозрелых особей и в меньшей степени ювенильных особей старших возрастных групп. Западное скопление является районом преобладания молодежи, в достаточно высоких концентра-

циях встречаются особи с ДТ менее 55 мм, 55-75 мм, 75-95 мм (то есть преимущественно 0+; 1+; 2+ летнего возраста). В среднем скоплении преобладает в основном молодь второго и третьего размерно-возрастных классов, в то время как самой младшей молоди и половозрелых особей было относительно мало.

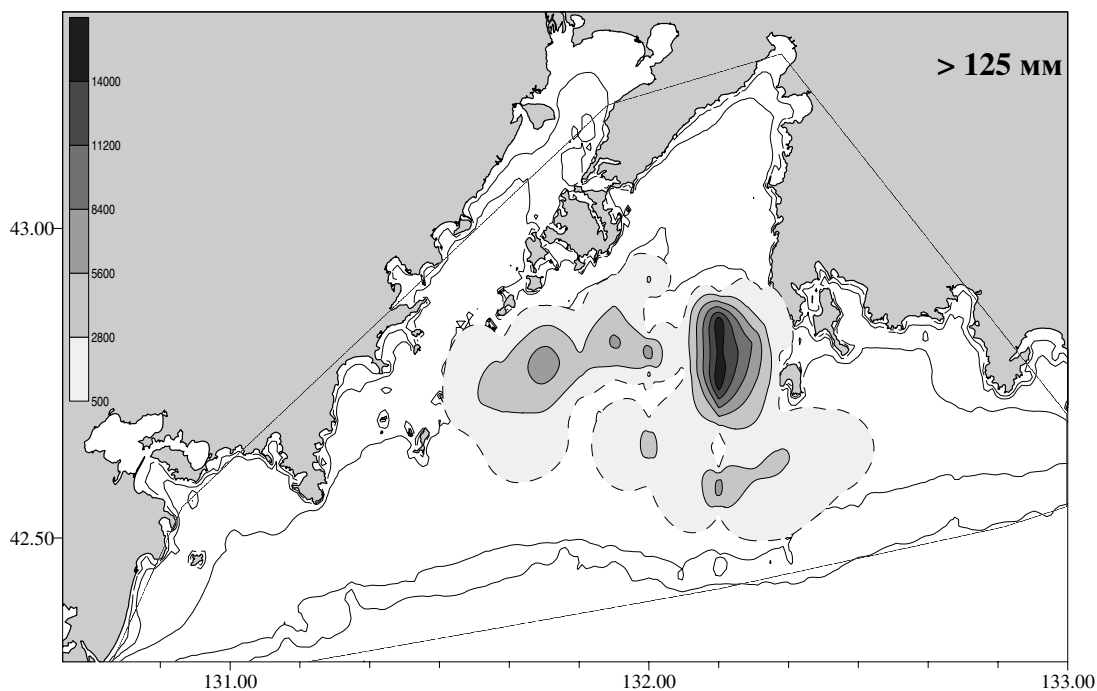


Рис. 7. Распределение плотности (экз./км²) особей с ДТ > 125 мм по данным дражной съемки лета 2003 г.

ЛИТЕРАТУРА

Кобякова З.И. Десятиногие раки Охотского и Японского морей // Учен. записки Ленингр. Гос. Универс. Серия биология. – 1937. – Т. 3, вып. 5. – С. 97-132

Виноградов Л.Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 33. – С. 180-353.

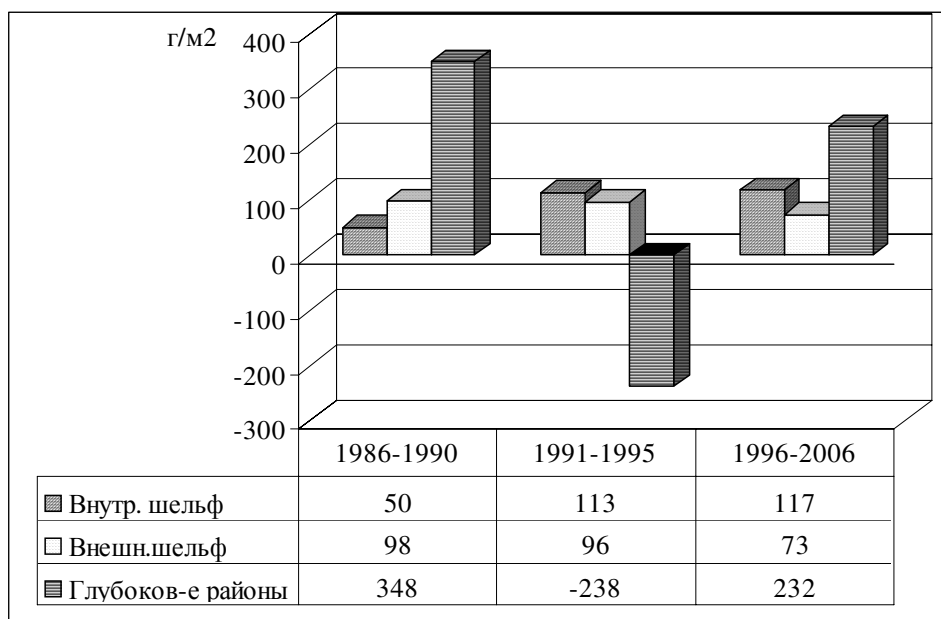
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

Е.П. Дулепова¹, В.И. Дулепов²

¹ ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

² Институт проблем морских технологий ДВО РАН, Владивосток

В результате комплексных исследований биоты макроэкосистем дальневосточных морей в 1980-1990-е гг. были выявлены основные количественные характеристики планктонных и бентосных сообществ на большей части акватории Охотского и Берингова морей. Полученные количественные материалы позволили рассчитать и сравнить продукционные характеристики планктонных и бентосных сообществ для 1980-1990-х гг. Результаты этих исследований были опубликованы в большом количестве работ, в том числе в обобщающих сводках (Шунтов, 2001; Дулепова, 2002). Однако в 2000-е гг. обозначился новый этап в экосистемных исследованиях, выразившийся в повторном проведении бентосных съемок на фоне продолжавшегося ежегодного мониторинга пелагических сообществ указанных двух морей. Все это позволило провести расчеты современного уровня продуцирования органики донными и пелагическими сообществами и сравнить продукционные характеристики бентоса и планктона в 1980-е, 1990-е и 2000-е гг., т.е. в периоды, которые характеризуются наибольшими структурными изменениями в экосистемах в дальневосточных морях (Шунтов и др., 2003). Помимо этого продукционные показатели зоопланктона рассчитаны для трех ландшафтных зон — внутреннего шельфа без неритических вод; внешнего шельфа и материкового склона; глубоководных районов с океаническими водами. Количественные показатели зоопланктона подвержены заметной межгодовой и многолетней изменчивости, связанной с целым комплексом факторов, что, безусловно, отражается на трофической структуре этого компонента. Проведенный для Берингова моря анализ по соотношению хищного и нехищного зоопланктона в сообществах разных ландшафтных зон показал, что между хищным и нехищным зоопланктоном существует положительная корреляционная связь ($R=0,5-0,6$). Причем наибольшие значения коэффициента корреляции отмечены для шельфовых районов, а более низкие для глубоководных районов. Вполне очевидно, что в глубоководных районах смешиваются воды разного происхождения, зоопланктонные сообщества которых находятся на разных стадиях сукцессии именно это отражается на трофической структуре. Все проанализированные материалы для Берингова моря за период 1986-2006 гг. позволили формализовать соотношение хищного и нехищного зоопланктона в сообществах. Полученное выражение имеет следующий вид: $V_3(\text{мг/м}^3)=222,3+(0,339\pm 0,19)V_2$, где V_2 - биомасса нехищного зоопланктона, V_3 - биомасса хищного зоопланктона (Dulepova, Dulepov, 2007). Согласно указанным выше временным периодам была определена продукция планктонных хищников и их жертв. В первый период (1986-1990 гг.) наиболее высокая продукция фито-, эврифагов была в глубоководных районах. В 1991-1995 гг. продукция нехищного планктона снижается, а продукция хищного зоопланктона в этот же период увеличивается. Затем в 1996-2006 гг. продукция фито- эврифагов в глубоководных районах возрастает. Вообще сообщества глубоководных районов с этих позиций выглядят менее стабильными по сравнению с сообществами внутреннего и внешнего шельфа. Подтверждением тому является анализ эффективности переноса вещества и энергии в этих сообществах. В зоопланктоне внутреннего шельфа этот показатель варьирует в пределах 0,18-0,27; на внешнем шельфе 0,27-0,38; а в глубоководных районах 0,23-0,74. Следовательно, наиболее сильно эффективность органического переноса вещества между хищным и нехищным компонентами зоопланктона изменялась в глубоководных районах. Это связано с большей (по сравнению с внешним и внутренним шельфом) продукцией в глубоководной пелагиали западной части Берингова моря. Все изменения в продукции компонентов, безусловно, отразились на продукции сообществ, доступной рыбам, так называемой «реальной» продукции (см. рисунок).



Продукция зоопланктона, доступная рыбам, в различных ландшафтных зонах Берингова моря

Наиболее примечательным в динамике данного показателя по ландшафтным зонам является не только снижение продукции сообщества в глубоководных районах в период 1991-1995 гг., но и постепенное увеличение этого показателя в районах внутреннего шельфа в 1991-2006 гг. Возможно, это объясняется увеличением продукции нехищного зоопланктона (мелких копепод), связанное, скорее всего, с изменениями в первой половине XX века термического режима в западной части Берингова моря (Басюк, 2005).

Наиболее существенные различия между процессами продуцирования органического вещества зоопланктоном в Беринговом и Охотском морях отмечены для глубоководных сообществ. В этой зоне эффективность перехода вещества от нехищного компонента к планктонным хищникам составляет в Беринговом море 15 %, а в Охотском - 19 %, в зоопланктоне шельфовых сообществ таких различий не наблюдаются. Следовательно, сообщества зоопланктона в глубоководных районах Берингова моря функционируют более эффективно, чем аналогичные сообщества в Охотском море.

После большого перерыва (с начала 1980-х гг.) в 2001-2005 гг. были возобновлены бентосные макросъемки в Беринговом море (Корфо-Карагинский и Анадырский заливы, Олюторско-Наваринский шельф). Во всех обследованных районах (Надточий и др., 2007; 2008) биомасса макрозообентоса увеличилась, при этом самые заметные изменения произошли в нехищном бентосе на Олюторско-Наваринском шельфе. Они выразились в увеличении как биомассы и продукции уровня. Здесь Р/В-коэффициент нехищного бентоса увеличился с 1,14 до 1,2, а продукция возросла в 1,8 раза. Рост показателей, характеризующих функционирование этого компонента донного сообщества, связан с целым рядом причин, главной из которых является синхронное увеличение биомассы морских ежей, офиур, гастропод, губок и усоногих, т.е. животных, различающихся как скоростью роста, так и способом питания.

Сопоставление биомассы и продукции третьего трофического уровня за 1980-е и 2000-е гг. позволяет заключить, что эти показатели за период исследований также возросли. В 1980-е гг. наименьшая биомасса этих животных была на Олюторско-Наваринском шельфе, а в 2005 г. - в Корфо-Карагинском заливе. Основу биомассы этого уровня в бентосе в Беринговом море также, как и в Охотском, составляют актинии и полихеты; их суммарная доля может достигать 96 %. Продукция бентосных хищников оценивается в пределах 23-40 г/м², что в относительном выражении составляет от 6,2 до 7,7 % от продукции нехищного зообентоса.

Сравнение функционирования сообществ макрозообентоса Охотского и Берингова морей позволило заключить, что все продукционные показатели бентоса в Охотском море выше, чем в Беринговом, но эффективность переноса вещества выше в последнем водоеме (0,68).

Результаты ранжирования по уровню продуцирования донных сообществ указанных выше морей позволил заключить, что в настоящее время наиболее высокая продукция характерна для зал. Шелихова (671 г/м²), далее следуют Олюторско-Наваринский шельф (511 г/м²) и шельф восточного Сахалина (474 г/м²).

Проведенные исследования позволили заключить, что как планктонные, так и бентосные сообщества Охотского и Берингова морей находятся в нормальном функциональном состоянии. Их продукционный потенциал не снизился до такого уровня, который может вызвать жесткое регулирование численности потребителей. Учитывая, что с начала 1990-х гг. в связи с экосистемными перестройками количество nekтона уменьшилось в 2-4 раза, а продукция зоопланктона сохраняется приблизительно на среднемноголетнем уровне, можно предполагать, что даже при росте численности отдельных урожайных поколений усиления конкуренции сейчас не должно быть (Шунтов и др., 2007).

ЛИТЕРАТУРА

Басюк Е.О., Хен Г.В. Результаты гидрологических исследований Берингова моря по международной программе BASIS в 2002–2004 гг. // *Вопр. пром. океанол.* – 2005. – Вып. 2. – С. 67–84.

Дулепова Е.П. Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – 273 с.

Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. Некоторые результаты бонитировки бентоса в российских водах дальневосточных морей: состав и количественное распределение (Охотское море) // *Изв. ТИНРО.* – 2007. – Т. – С.

Надточий В.А., Будникова Л.Л., Безруков Р.Г. Некоторые результаты бонитировки бентоса в российских водах дальневосточных морей: состав, и количественное распределение (Берингово море) // *Изв. ТИНРО.* – 2008. (в печати).

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.

Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Дулепова Е.Н., Волков А.Ф., Темных О.С., Волвенко И.В., Мельников И.В., Надточий В.А. Результаты мониторинга и экосистемного изучения биологических ресурсов дальневосточных морей России (1982–2002 гг.) // *Изв. ТИНРО.* – 2003. – Т. 132. – С. 3–26.

Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Темных О.С., Волков А.Ф., Найденко С.В., Чучукало В.И., Волвенко И.В. Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в дальневосточной экономической зоне дальневосточных морей России // *Динамика экосистем и современные проблемы сохранения биоресурсного потенциала морей России.* – Владивосток: Дальнаука, 2007. (в печати).

Dulepova E., Dulepov V. Long-term fluctuation of zooplankton communities bioproductivity in the western Bering Sea // *PICES Abstracts.* Victoria, Canada. October 26 – November 5, 2007. – P. 155.

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПОКОЛЕНИЙ ЗАПАДНОКАМЧАТСКИХ КАМБАЛ

Ю.П. Дьяков

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Россия, diakov@kamniro.ru

К многочисленным видам западно-камчатских камбал можно отнести: желтоперую *Limanda aspera* (Pallas), четырехбугорчатую *Pleuronectes quadrituberculatus* (Pallas), сахалинскую *Limanda sakhalinensis* (Hubbs), хоботную *Myxopsetta proboscidea* (Gilbert), палтусовидную *Hippoglossoides elassodon* (Jordan et Gilbert), составляющих основу камбального промысла на шельфе западной Камчатки. Суммарный их вылов в последние 20 лет изменялся от 11 до 62 тыс. т и не был предельно возможным. По данным В.П. Шунтова (1985), годовой улов камбал на западнокамчатском шельфе в 1956-1961 гг. составлял 75-130 тыс. т.

Нашей задачей является характеристика динамики сообщества камбал и составляющих его популяций во времени, а также оценка изменений численности поколений в связи с различными внутривидовыми и внешними факторами, влияющими на их формирование.

Судя по характеру изменения биомассы камбал, можно выделить три периода с различным уровнем запаса. К ним относятся период низкой (1963-1978 гг.), средней (1979-1994 гг.) и высокой биомассы (1995-2006 гг.). Средняя, учтенная при траловых съемках биомасса камбал, составляла в первый период 110,7 тыс. т, во второй – 273,3 тыс. т и в третий – 556,6 тыс. т. Относительный к запасу вылов (коэффициент эксплуатации, в %) в течение первого периода высок и очень нестабилен, в течение второго периода - снижается и стабилизируется и в течение третьего - самый низкий и наиболее стабильный (рис. 1).

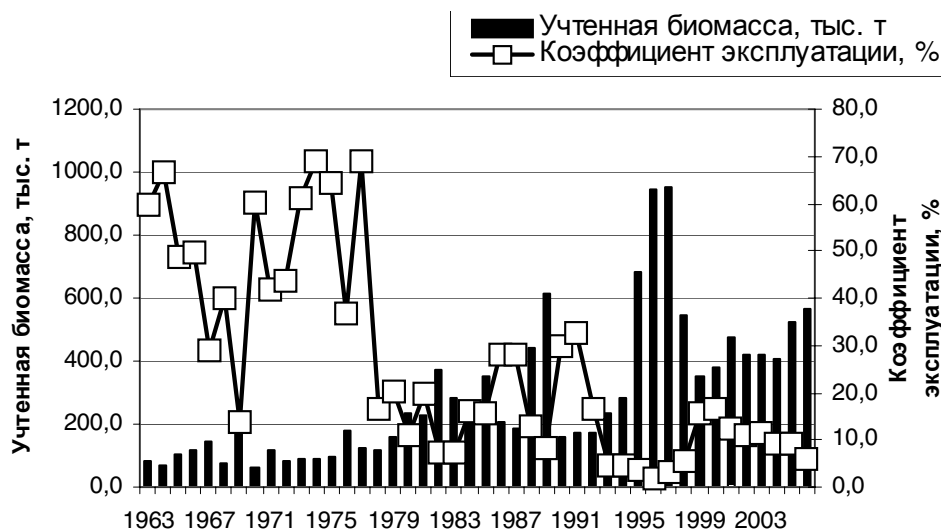


Рис.1. Суммарная учтенная биомасса и коэффициент эксплуатации западно-камчатских камбал

В этой связи можно рассматривать и динамику численности популяций в исследуемый период. Интенсивный промысел в 60-х – первой половине 70-х гг. прошлого века мог существенно удерживать численность камбал в водах западной Камчатки на низком уровне. После введения экономических зон во второй половине 70-х гг. создались условия для роста их ресурсов, который продолжался, несмотря на увеличение интенсивности промысловой эксплуатации популяций в середине 1980-х – второй половине 1990-х гг., что является, по всей видимости, следствием значительного снижения относительного к запасу вылова. Коэффициент эксплуатации в период среднего уровня запасов не превышал 33 %, а в период высокого уровня - 17 % (рис. 1).

Таким образом, общим направлением изменения численности рыб у всех видов сообщества камбал является ее повышение в 1980-1990-х гг.

Изменения численности популяций камбал, произошедшие в период наших наблюдений (1963–2006 гг.), а именно, характерный для всех исследуемых видов рост численности, вызванный изменением условий обитания, в том числе и давления промысла, дает возможность исследовать популяционный рост с помощью количественных методов. Обычно выделяют два типа роста популяций: *J*-образный и *S*-образный (Одум, 1975). Эти типы могут модифицироваться в зависимости от особенностей организмов и условий их обитания. Первый тип роста может быть описан экспоненциальным уравнением: $dN/dt=rN$, с определенным пределом для N , а второй – логистическим уравнением: $dN/dt=rN(K-N)/K$. В данном случае N – численность организмов, t – время, r – мгновенная (или специфическая) скорость роста популяции, K – предел роста, или емкость среды (Одум, 1975; Бигон и др., 1989).

Основные тенденции изменения скорости роста популяций разных камбал в течение периода наших наблюдений могут быть описаны следующими уравнениями:

-у желтоперой: $dN/dt=0,1127N(1160,4-N)/1160,4$, для периода 1969-2006 гг.;

-у четырехбугорчатой: $dN/dt=0,1529N$, для периодов 1977-1997 гг. и 2005-2006 гг.;

$dN/dt= -0,3621N$, для периода 1998-2004 гг.;

-у сахалинской: $dN/dt=0,1413N(2593,6-N)/2593,6$, для периода 1964-2006 гг.;

-у хоботной: $dN/dt=0,1359N(359,2-N)/359,2$, для периода 1971-2006 гг.;

-у палтусовидной: $dN/dt=0,1423N$, для периода 1981-2002 гг.;

$dN/dt= -0,1493N$, для периода 2003-2006 гг.

Результаты анализа показали, что у желтоперой камбалы скорость роста численности популяции увеличивается до начала 1990-х гг., у хоботной – до конца 1990-х гг., а у сахалинской – до начала 2000-х гг. После этого скорость нарастания численности снижается, хотя до конца периода исследований остается положительной, т.е. в целом популяции продолжают увеличиваться, но сокращая темп.

У четырехбугорчатой камбалы наблюдается популяционный рост с ускорением до середины 1990-х гг., а у палтусовидной – до начала 2000-х. После указанных дат у каждого из двух последних видов начинается падение численности популяций – скорость их роста становится отрицательной. Следует иметь в виду, что приведенные характеристики изменчивости скорости популяционного роста являются наиболее общими и относятся ко всему периоду наблюдений в целом. В более коротких промежутках времени динамика этого показателя может быть совсем другой.

Для межвидовых сравнений скорости популяционного роста необходимо использовать ее удельную величину dN/Ndt , т.е. значение мгновенной скорости роста численности на одну особь (Одум, 1975). Соответствующие преобразования показывают (рис. 2), что популяция желтоперой камбалы в наибольшей степени, чем остальных видов, приближается к пределу своей численности в существующих условиях. Удельная скорость ее роста быстрее, чем у других камбал приближается к нулю. Короткоцикловые хоботная и сахалинская камбалы также показывают стремление к исчерпанию емкости среды. Судя по данным кривых, численность их популяции также значительно снижает скорость своего роста. Для популяций четырехбугорчатой и палтусовидной камбал характерна в среднем постоянная скорость роста в период наблюдений, что может говорить о том, что верхний предел их численности значительно выше существующей в настоящее время.

Методология анализа динамики численности популяций различных видов предполагает оценку периодичности ее изменений. Мы попытались сделать такую оценку, исследуя соответствующим образом многолетнюю изменчивость суммарной биомассы пяти видов камбал и численности нерестовой части их популяций. В данном случае применили периодограммный анализ по методу Шустера (Руднев, Палий, 1964), в результате которого у каждого вида обнаружены определенные периоды колебаний исследуемого показателя. Проведенный анализ показал, что наиболее часто встречается 4-х, 7-ми, 9-ти и 12-ти летняя цикличность изменений рассмотренных характеристик. Периоды колебаний величины популяций в 7 и 9 лет у некоторых видов и у всего их комплекса выражены в наибольшей степени.

Допуская, что обнаруженная нами цикличность колебаний свойственна популяциям камбал в сложившихся условиях и что эти условия не изменятся кардинальным образом в

течение ближайших 10–15 лет, построили прогностические модели изменений суммарной биомассы и численности нерестовой части каждой популяции до 2020 г., с учетом такой периодичности (рис. 3). Они включают в себя комплекс периодических функций, соответствующих числу обнаруженных циклов, и некоторую непериодическую функцию, определяющую общий тренд изменения популяции. Например, модель динамики суммарной учтенной биомассы пяти видов камбал имеет вид:

$$N=58,23\sin(90t+14,7707)+116,76\sin(51,43t-39,4773)+122,7541\sin(40t-29,6179)+ \\ +119,16\sin(30t-38,1429)+954,0/(1+10^{1,0035-0,0272t})+117,0;$$

где N – численность (млн рыб) в год наблюдений; t – порядковый номер года наблюдений: 1, 2, 3... i , начиная с 1978 г.

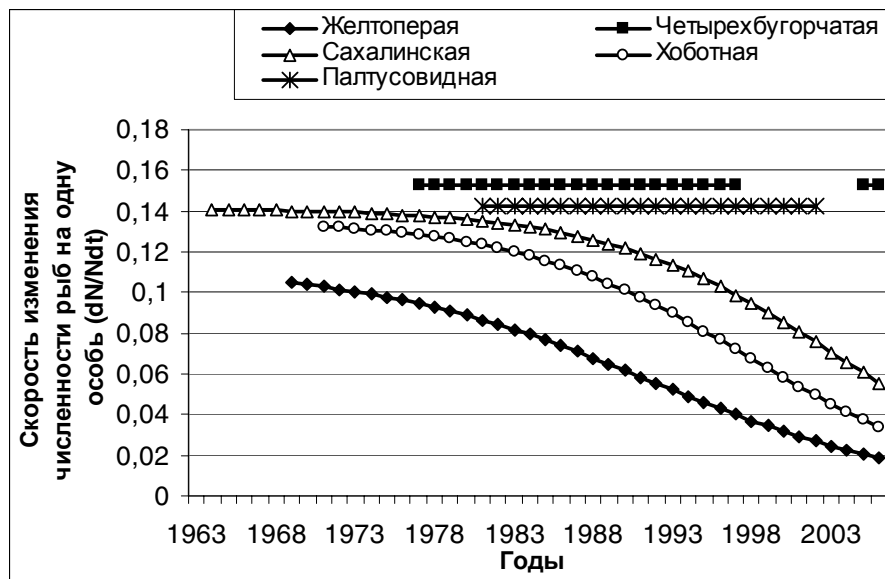


Рис. 2. Скорость изменения числа рыб в зависимости от времени на одну особь у западно-камчатских камбал (dN/Ndt)

Судя по модели, с 2007–2008 гг. начнется снижение суммарной биомассы и численности нерестовой части популяций, которое будет продолжаться по 2011–2012 гг. Затем ожидается их подъем до середины 2010-х годов с последующим сокращением запасов.

Для изучения динамики численности поколений, в связи с внутренними и внешними по отношению к популяции факторами, мы выполнили регрессионный анализ, на основе которого построили ряд аналитических моделей. За показатель численности поколения приняли абсолютную численность рыб, достигших половой зрелости в поколении, т.е. нерестового пополнения, которое генерация произведет в течение жизни.

В качестве факторов, влияющих на формирование численности поколений, мы выбрали, в обязательном порядке численность родительского стада, а также те внутри- и внепопуляционные показатели, причинно-следственный характер воздействия которых поддается сравнительно простой интерпретации.

Источниками информации для исследований послужили материалы статей и монографий (Токранов, 1986, 1991; Рудомиллов и др., 1987; Токранов, Винников, 1991; Борец, 1997; Дулепова, 1997; Шунтов, 2001; Волков, Ефимкин, 2002; Антонов и др., 2004; Золотов и др., 2004), рейсовые и хозяйственные отчеты ТИНРО-центра и КамчатНИРО, а также архивные данные КамчатНИРО.

Многофакторные аналитические модели зависимости численности поколений от популяционных и внешних факторов имеют общий вид:

$$y=\sum[f(x_i); f(x_i, z_i)]/n;$$

либо:

$$y=\sum[f(x_i)R_i^2; f(x_i, z_i)R_i^2]/\sum R_i^2;$$

где y – модельное значение абсолютной численности поколения; $f(x_i)$; и $f(x_i, z_i)$ – значения однофакторных и двухфакторных уравнений зависимости численности поколений камбал от популяционных и внешних характеристик x_i и z_i ; n – число уравнений, составляющих модель; R^2 – коэффициент аппроксимации каждого уравнения.

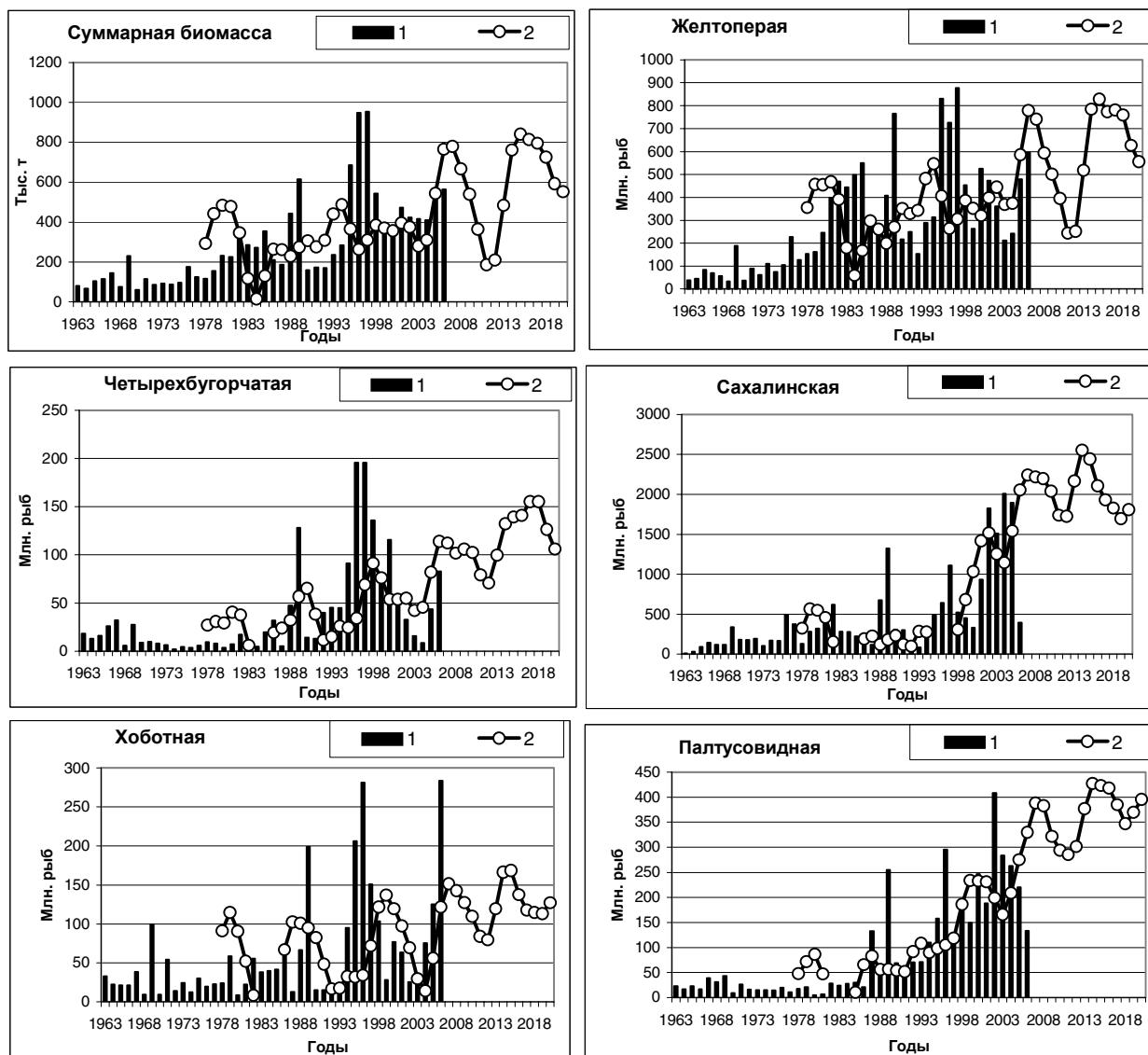


Рис. 3. Многолетняя динамика суммарной биомассы западно-камчатских камбал и численности нерестовой части их популяций. 1 – эмпирические данные, 2 – значения, рассчитанные по модели. Период с 2007 по 2020 гг. – прогноз

Количество частных однофакторных и двухфакторных уравнений, составляющих модель, изменялось от 6 до 12. Всего построено 5 моделей, включающих в себя 49 уравнений.

Сила влияния различных факторов неодинакова. Среди абиотических составляющих можно выделить циклоническую активность в период размножения камбал, которая играет существенную роль в создании условий выживания в раннем онтогенезе, в первую очередь, желтоперой камбалы. Для формирования численности поколений четырехбугорчатой, хоботной и палтусовидной камбал важное значение имеет температура воды в нерестовый и посленерестовый пелагический период жизни. Среди биотических факторов, по всей видимости, имеют место конкурентные отношения между высокочисленными камбалами: желтоперой и сахалинской, а также их взаимоотношения с остальными видами. В динамике поколений исследуемых видов довольно отчетливо проявляется влияние кормовой базы и хищников.

Эмпирические и модельные значения численности доживших до половой зрелости рыб в поколениях показаны, соответственно, на рис. 4. Можно отметить следующие особенности. На протяжении длительного периода времени, с начала 1960-х до конца 1980-х гг. реперные и модельные величины не показывают значительных расхождений. Довольно сильные возмущения модели с выбросами имеют место при оценке численности некоторых поколений 90-х годов рождений, особенно появившихся в середине последнего периода. Однако доля таких значительных отклонений в общем массиве сравниваемых данных невелика – 10 из 178 случаев, что составляет 5,6 %.

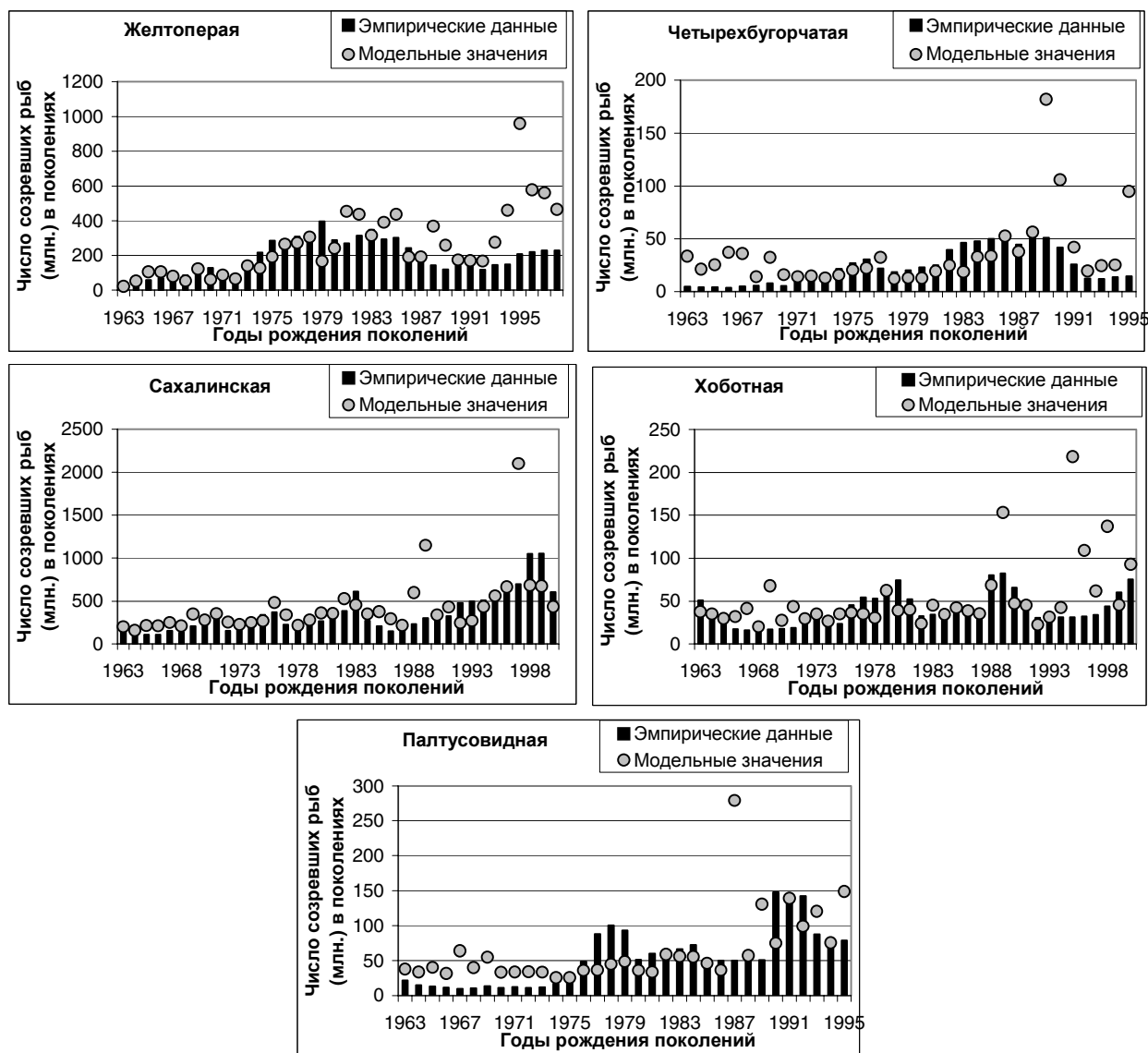


Рис. 4. Эмпирические и модельные значения численности созревших рыб в поколениях западно-камчатских камбал

Рассчитали среднее значение коэффициента аппроксимации R^2 уравнений, использованных для построения каждой из моделей. Эти значения равны: для желтоперой камбалы – 0,4502; для четырехбугорчатой камбалы – 0,4322; для сахалинской камбалы – 0,3541; для хоботной камбалы – 0,3981; для палтусовидной камбалы – 0,2836. Из полученных результатов следует, что уравнения, положенные в основу моделей динамики численности поколений желтоперой и четырехбугорчатой камбал, в большем приближении описывают этот процесс, чем у других видов. Это особенно важно с практической точки зрения, т.к. желтоперая камбала является ведущим видом камбального промысла у западной Камчатки, а четырехбугорчатая относится к числу наиболее ценных промысловых видов этой группы.

Таким образом, созданные многофакторные модели динамики численности поколений западно-камчатских камбал, в целом отражают ход данного процесса и, с известными допущениями, могут быть использованы для его прогнозирования.

ЛИТЕРАТУРА

Антонов Н. П., Дьяков Ю. П., Балыкин П. А. и др. Состояние биологических ресурсов восточной части Охотского моря и некоторые проблемы их динамики // Материалы региональной научно-практической конференции: «Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения». – Петропавловск-Камчатский: КГТУ, 2004. – С. 114–127.

Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 668 с.

Борец Л. А. Донные ихтиоцены Российского шельфа дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – 217 с.

Волков А.Ф., Ефимкин А.Я. Современное состояние планктонного сообщества эпипелагиали Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130, ч. 1. – С. 355–407.

Дулупова Е.П. Некоторые тенденции в межгодовой динамике планктонного сообщества западнокамчатских вод // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 299–306.

Золотов О. Г., Балыкин П. А., Винников А. В., Дьяков Ю. П., Новикова О. В., Трофимов И. К. Рыбные ресурсы восточной части Охотского моря: Ретроспективный обзор, современное состояние // Мат-лы регион. науч.-практич. конф.: «Экономические, социальные, правовые и экологические проблемы Охотского моря и пути их решения». – Петропавловск-Камчатский: КГТУ, 2004. – С. 227–239.

Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.

Руднев К.М., Палий Н.Ф. Океанографические методы в рыбопромысловых исследованиях. – Калининград: АтлантНИРО, 1964. – 110 с.

Рудомиллов О. И., Дьяков Ю. П., Винников А. В. О периодичности колебаний уловов трески в водах Камчатки // Тез. докл. науч.-практич. конф.: «Биологические ресурсы камчатского шельфа, их рациональное использование и охрана». – Петропавловск-Камчатский, 1987. – С. 112.

Токранов А.М. Питание многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas и керчака-яока *M. jaok* Cuvier (СОТТИДАЕ) в прибрежных водах Камчатки // Вопр. ихтиол. – 1986. – Т. 26, вып. 6. – С. 980 – 989.

Токранов А.М. Особенности батиметрического распределения и численность различных возрастных групп массовых видов бычков у западного побережья Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. – Петропавловск-Камчатский: Ко-ТИНРО, 1991. – Вып. 1, ч. 2. – С. 23 – 35.

Токранов А.М., Винников А.В. Особенности питания тихоокеанской трески *Gadus morhua macrocephalus* и ее место в трофической системе прибрежных вод Камчатки // Вопр. ихтиол. – 1991. – Т. 31, вып. 2. – С. 253 – 265.

Шунтов В.П. Биологические ресурсы Охотского моря. – М.: Агропромиздат, 1985. – 224 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 518 с.

ИХТИОПЛАНКТОН МЕЛКОВОДНЫХ БУХТ ЗАЛИВА ПОСЬЕТА ЯПОНСКОГО МОРЯ

И.В. Епур¹, Д.И. Вышкварцев², Е.Б. Лебедев³

¹Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
iraepur@mail.ru

²Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
inmarbio@mail.primorye.ru

³Дальневосточный морской биосферный государственный природный заповедник ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, marreserve@mail.ru

Мелководная прибрежная зона является районом, обеспечивающим условия для успешного нереста многих рыб. Кроме промысловых видов, здесь обитают и воспроизводятся много и непромысловых видов, играющих важную роль в трофических цепях экосистемы. Исследования ихтиопланктона являются одним из основных звеньев проводимого мониторинга окружающей среды в зал. Петра Великого.

Целью настоящего исследования является анализ видового состава ихтиопланктона и его зоогеографической принадлежности в зал. Посьета.

Ихтиопланктонная съемка производилась в 2006–2007 гг. в бух. Рейд Паллады, Экспедиции, Новгородской и Постовой зал. Посьета по методике Т.С. Раса, И.И. Казановой (1966) и В.А. Беляева, Т.Г. Соколовской (1987).

Отбор проб с поверхностных горизонтов и из вертикальной толщи воды производился икорной сетью ИКС–80 ночью с борта весельной лодки над глубинами от 4,5 до 22 м. Для каждой поверхностной пробы объем процеженной через сеть воды составлял 60 м³. Для вертикальной – определялся глубиной на станции отбора проб. На станциях 2–6 ихтиопланктонная съемка производилась 1–2 раза в месяц, за исключением подледного периода, на остальных станциях в апреле–мае 2007 г. Пробы фиксировали 4 %-ным формалином и затем просматривали под бинокулярным микроскопом «Olympus».

Учитывались личинки рыб и количество икринок, определялась стадия их развития.

При идентификации ихтиопланктона были использованы работы: П.В. Ильина, 1951; Т.А. Перцева-Остроумова, 1955, 1961; М. Okiyama, 1988; В.П. Гнубкина, А.И. Маркевич, 2002; Т.Г. Соколовская, А.С. Соколовский, 2007.

Зоогеографическая характеристика идентифицированных видов личинок рыб приводится по работам Б.А. Шейко, В.В. Федоров, 2000; В.В. Федоров и др., 2003; А.С. Соколовский и др., 2007.

За период исследования было собрано и обработано 154 пробы, в которых насчитывалось 1859 экз. личинок и более 900 шт. икринок различных видов рыб.

Зал. Посьета расположен в юго–западной части зал. Петра Великого Японского моря и вдается в берег примерно на 17 миль. В его западной части расположены исследуемые акватории: открытая бухта 1 порядка Рейд Паллады, полузакрытые бухты 2 порядка Экспедиции и Новгородской и как часть последней бухта Постовая (Вышкварцев, 1984).

Своеобразие района исследований заключается в сочетании признаков континентального и типично муссонного климата.

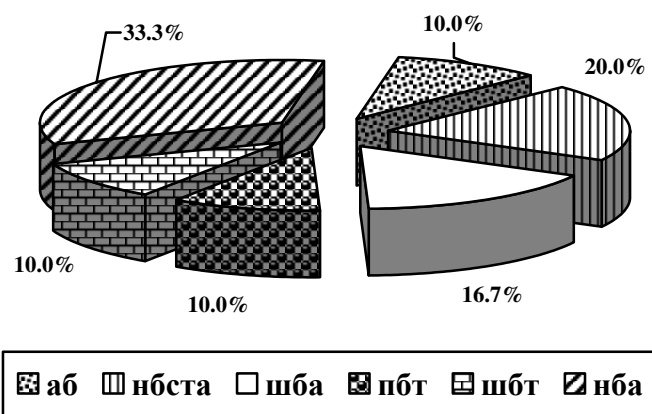
В целом в пелагиали зал. Посьета в 2006–2007 гг. встречены икра и личинки 39 видов рыб (см. таблицу), относящихся к 9 отрядам, 16 семействам, 35 родам. В первую очередь выделяются семейства: Clupeidae, Gadidae, Pleuronectidae, представленные такими промысловыми видами как *Clupea pallasii*, *Eleginus gracilis*, *Theragra chalcogramma* и др. Наряду с ними в ихтиопланктоне отмечены личинки и молодь малоиспользуемых промыслом и непромысловых рыб – постоянных обитателей прибрежного мелководья – *Opisthocentrus ocellatus*, *Syngnathus schlegelii*, *Porocottus allisi*, *Neozarces steindachneri* и др.

Наибольшим видовым разнообразием отличались семейства *Cottidae*, *Stichaeidae*, *Pleuronectidae*, остальные были представлены 1–3 видами.

Видовой состав личинок и икры рыб в ихтиопланктоне зал. Посъета в 2006–2007 гг.

Виды рыб	бухты зал. Посъета			
	Рейд Паллады	Экспедиции	Новгородская	Постовая
<i>Clupea pallasii</i> Valenciennes, 1847	+	+	+	-
<i>Engraulis japonicus</i> Temminck et Schlegel, 1846	-	+	+	+
<i>Hypomesus japonicus</i> (Brevoort, 1856)	-	-	-	+
<i>Gadidae</i> gen. sp.	-	+	-	-
<i>Eleginus gracilis</i> (Tilesius, 1810)	-	-	+	-
<i>Theragra chalcogramma</i> (Pallas, 1814)	+	+	+	+
<i>Hyporhamphus sajori</i> (Temminck et Schlegel, 1846)	-	+	+	+
<i>Gasterosteus aculeatus</i> Linnaeus, 1758	-	-	+	+
<i>Syngnathus schlegelii</i> Kaup, 1856	-	+	+	-
<i>Hippocampus japonicus</i> Kaup, 1856	-	+	-	-
<i>Sebastes schlegelii</i> Hilgendorf, 1880	-	+	-	+
<i>Hexagrammos octogrammus</i> (Pallas, 1814)	-	-	+	-
<i>Cottidae</i> gen. sp.	-	+	+	-
<i>Gymnocanthus</i> sp.	+	+	+	-
<i>Myoxocephalus</i> sp.	-	+	+	-
<i>Myoxocephalus jaok</i> (Cuvier, 1829)	-	+	-	-
<i>M. stelleri</i> Tilesius, 1811	+	+	+	-
<i>Porocottus allisi</i> (Jordan et Starks, 1904)	+	+	+	+
<i>Tilesina gibbosa</i> Schmidt, 1904	+	+	+	-
<i>Pallasina barbata</i> (Steindachner, 1876)	+	-	+	+
<i>Hypsogonus corniger</i> Taranetz, 1933	-	+	-	-
<i>Liparis agassizii</i> Putnam, 1874	+	+	+	-
<i>Liparis</i> sp.	-	+	-	-
<i>Stichaeidae</i> gen. sp.	+	+	+	+
<i>Lumpenus sagitta</i> Wilimovsky, 1956	+	+	+	+
<i>Neozoarces steindachneri</i> Jordan et Snyder, 1902	-	+	+	-
<i>Opisthocentrus ocellatus</i> (Tilesius, 1811)	+	+	+	+
<i>Opisthocentrus</i> sp.	+	-	+	-
<i>Stichaeus nozawae</i> Jordan et Snyder, 1902	+	+	+	-
<i>Pholis</i> sp.	-	+	-	-
<i>Pholis picta</i> (Kner, 1868)	-	-	+	-
<i>Gobiidae</i> gen. sp.	-	+	+	+
<i>Acentrogobius pflaumi</i> (Bleeker, 1853)	-	-	+	-
<i>Hippoglossoides dubius</i> Schmidt, 1904	+	-	-	-
<i>Limanda aspera</i> (Pallas, 1814)	-	-	+	-
<i>Liopsetta pinnifasciata</i> (Kner, 1870)	+	+	+	+
<i>Myzopsetta punctatissima</i> (Steindachner, 1879)	-	+	-	-
<i>Pseudopleuronectes obscurus</i> (Herzenstein, 1890)	+	+	+	-
<i>P. yokohamae</i> (Gunther, 1877)	-	+	-	-
Всего	16	29	28	13

Своеобразие климата и гидрологических условий зал. Посъета не могло не сказаться и на формирование его ихтиопланктонного сообщества. Установлено, что идентифицированные до вида личинки 30-ти видов рыб относятся к 6 зоогеографическим комплексам. Среди них наиболее многочисленны низкобореально приазиатские и низкобореально-субтропические приазиатские виды рыб, составляющие, в общем, 16 видов (53,3 %). Остальные 14 видов рыб относятся к арктическо-бореальной (10,0 %), широкобореальной приазиатской (16,7 %), преимущественно бореальной тихоокеанской (10,0 %), широкобореальной тихоокеанской (10,0 %) (см. рисунок).



Соотношение видов личинок рыб в ихтиопланктоне зал. Посъета по их зоогеографической принадлежности, %: аб – арктическо-бореальный, нбста – низкобореально-субтропический приазиатский, шба – широкобореальный приазиатский, пбт – преимущественно бореальный тихоокеанский, шбт – широкобореальный тихоокеанский, нба – низкобореальный приазиатский

Между акваториями залива в ихтиопланктонном сообществе имеются следующие сходства и отличия. Наиболее разнообразно представлен ихтиопланктон в бухтах Экспедиции и Новгородской, здесь за период исследований отмечено 29 и 28 личинок рыб соответственно. По сравнению с другими участками зал. Посъета, для этих 2-х бухт характерно довольно большое число общих видов (20 видов рыб). В ловах бухты Экспедиции преобладали личинки *Liopsetta pinnifasciata*. Представители данного вида также доминировали в бухтах Новгородской и Рейд Паллады. Следующими по численности в бухте Экспедиции являлись личинки промыслового вида *C. pallasii* и *Cottidae sp.* Из непромысловых видов рыб здесь обычно доминировали личинки стихеевых *Stichaeidae*. Наиболее многочисленными среди них были личинки *Lumpenus sagitta*, *O. ocellatus* и *Stichaeus nozawae*.

Только в бухте Экспедиции были встречены личинки таких видов, как *Myoxocephalus jaok*, *Hypsogonus corniger*, *Liparis sp.*, *Myzopsetta punctatissima* и *Pseudopleuronectes yokohamae*.

В ихтиопланктоне бухты Новгородской наряду с личинками *C. pallasii* в количественном отношении выделялись личинки южного мигранта – *Hyporhamphus sajori* и личинки *Gymnocanthus sp.* Только здесь присутствовали личинки *E. gracilis*, *Hexagrammos octogrammus* и икра *Th. chalcogramma* и *Limanda aspera*, также отмечены единичные попадания личинок *Pholis picta* и *Acentrogobius pflaumi*.

В июле 2006–2007 гг. в ихтиопланктоне бухт Экспедиции, Новгородской и Постовой постоянно присутствовала икра *Engraulis japonicus*. Наибольшая концентрация икры этого вида отмечена в бухте Экспедиции.

В ходе проведения ихтиопланктонных работ в бухте Рейд Паллады было зарегистрировано 16 видов личинок рыб, икры на данном участке отмечено не было. Однако только здесь в уловах присутствовали личинки *Hippoglossoides dubius*.

По сравнению с вышеперечисленными акваториями бухта Постовая отличается меньшим видовым разнообразием (13 видов рыб). Здесь наиболее представительными в количественном отношении, по сравнению с другими бухтами, являлись личинки *Th. chalcogramma*. Только в бухте Постовой отмечены личинки *Hypomesus japonicus*.

Таким образом, анализ имеющегося материала позволил составить достаточно полное представление об ихтиопланктоне зал. Посъета. Установлено, что на фоне преобладания в ихтиопланктоне мелководных бухт зал. Посъета по зоогеографической принадлежности видов низкобореального приазиатского и низкобореально-субтропического приазиатского комплексов, отмечается присутствие арктическо-бореальных видов. Выяснено, что довольно сходны и наиболее разнообразны по качественному составу ихтиопланктона бухты Экспедиции и Новгородская. Наименьшее видовое разнообразие и численность личинок характерны для бухты Постовая.

Авторы искренне признательны Т.Г. Соколовской и А.С. Соколовскому за методические советы в организации сбора и обработке материала.

ЛИТЕРАТУРА

Беляев В.А., Соколовская Т.Г. Рекомендации по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Куроисио. – Владивосток: ТИНРО, 1987. – 69 с.

Вышкварцев Д.И. Физико-географическая и гидрохимическая характеристики мелководных бухт залива Посьета (Японское море) // Гидробиол. исследов. зал. и бухт Приморья. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. – С. 4–12.

Гнюбкина В.П., Маркевич А.И. Предличинки терпугов семейства Hexagrammidae залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. ихтиол. – 2002. – Т. 42, №6. – С. 806-810.

Ильина П.В. Икринки и личинки рыб, собранные в Уссурийском заливе // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 35. – С. 189-194.

Перцева-Остроумова Т.А. Определительные таблицы пелагической икры рыб зал. Петра Великого // Изв. ТИНРО. – 1955. – Т. 43. – С. 43-68.

Перцева-Остроумова Т.А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. – М.: АН СССР, 1961. – 484 с.

Расс Т.С., Казанова И.И. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 35 с.

Соколовская Т.Г., Соколовский А.С. Особенности раннего онтогенеза бородатой лисички *Pallasina barbata* Steindachner, 1876 (Pisces: Agonidae) из залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. – 2007. – Т. 33, № 6. – С. 446-450.

Соколовский А.С., Дударев В.А., Соколовская Т.Г., Соломатов С.Ф. Рыбы Российских вод Японского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 199 с.

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 204 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. – Петропавловск-Камчатский, 2000. – 69 с.

Okiyama M. An atlas of the early stage fishes in Japan. – Tokio: Tokai Univ. Press, 1988. – 1154 p.

КАЧЕСТВЕННАЯ И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИХТИОПЛАНКТОНА БУХТЫ АЛЕКСЕЕВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) В 2006–2007 гг.

Ю.В. Завертанова

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток
zavertanova@poi.dvo.ru

В бухте Алексева обитает и размножается много видов рыб, часть из которых имеет промысловое значение (*Hypomesus japonicus*, *Osmerus mordax dentex*, *Pleuronectes asper* и другие). Для развития промысла необходимо изучение динамики численности основных пелагических видов. Все они имеют короткий период жизни, и их промысловый запас формируется за счет одного – двух поколений. Для этих рыб свойственны ежегодные резкие колебания численности поколений: каждое новое поколение уже на первом–втором году жизни в значительной степени обуславливает общий уровень промысловых запасов. Следовательно, изучение воспроизводства основных пелагических промысловых рыб и оценка интенсивности их нереста имеют особое практическое значение.

Ранее видовой состав рыб бухты Алексева был изучен Г.Н. Воловой, Т.И. Жакиной и Л.В. Микулич (1980). Более подробный фаунистический список видов рыб бухты был составлен В.Е. Гомелюком, С.Л. Кондрашевым и А.В. Левиным в 1990 г. Однако видовой состав и численность личинок и молоди рыб оставались неизученными.

Цель настоящей работы – дать описание, качественную и количественную характеристики ихтиопланктона бухты Алексева, выявить массовые виды, установить сроки и условия нереста рыб.

Материал и методика. Сбор ихтиопланктона проводился в бухте Алексева с мая по октябрь 2006 и 2007 гг. Планктонные съемки производились два раза в месяц на 10–14 станциях (см. рисунок). Сбор материала осуществлялся в поверхностном слое воды икорной сетью (ИКС-80), с диаметром входного отверстия 0,8 м в течение 10 мин на циркуляции, при средней скорости судна 2 уз, согласно стандартной методике (Расс, Казанова 1966).

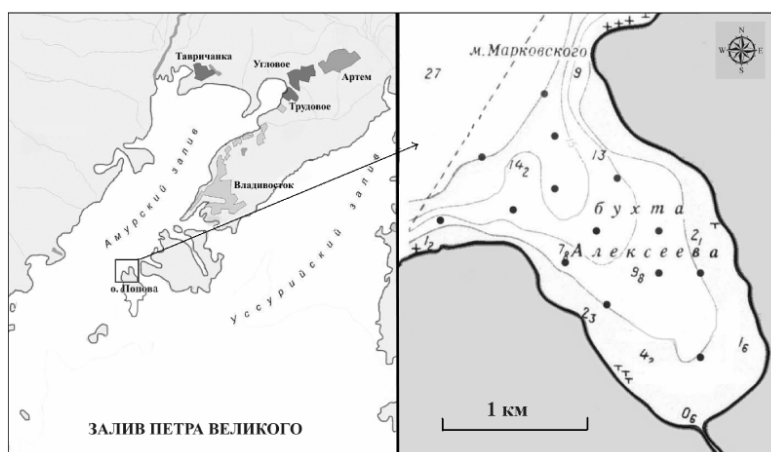
Одновременно со сбором проб в точке траления измеряли температуру воды у поверхности. Для учета сеголеток рыб использовали пелагический трал с мелкоячейной (10 мм) вставкой. Пробы ихтиопланктона фиксировали раствором 4 %-ного формалина. За период исследований обработано более 2 тыс. проб. Собранные пробы ихтиопланктона в лаборатории разбирали по видам.

Характеристика района исследования. Бухта Алексева находится в юго-западной части Амурского залива, вдается в северо-западный берег о. Попова и открыта ветрам западных и северо-западных румбов. Берега бухты, за исключением ее вершины, возвышенные, обрывистые, с пляжами из каменистых россыпей, камней и валунов. Вершина бухты сравнительно мелководна, в средней части глубина увеличивается до 11 м и по направлению к выходу равномерно возрастает до 20 м (Волова и др., 1980) (см. рисунок).

Гидрологический режим характеризуется значительными сезонными колебаниями температуры и солености воды. Летом поверхностные воды бухты прогреваются до 23–25 °С, зимой охлаждаются до – 1,9 °С. Температура воды становится положительной в конце марта, достигая максимума в середине августа, и отрицательной – в конце ноября.

Соленость поверхностных вод летом колеблется от 24 – 25 до 32 ‰, а зимой более однородной и близкой к 34 ‰ (Бирюлин и др., 1970). Содержание кислорода в воде близко к насыщению и не опускается ниже 90 % даже на максимальных глубинах.

Результаты и обсуждение. Ихтиопланктон бухты Алексева представлен 25 видами рыб из 15 семейств (табл. 1). Наиболее разнообразно представлено семейство *Stichaidae* (5 видов). Промысловое значение имеют, в первую очередь, сельдь, навага, камбалы, малоротая корюшка, зубастая корюшка, анчоус. Наряду с ними в ихтиопланктоне встречены молодь непромысловых и малоиспользуемых рыб – постоянных обитателей прибрежного мелководья. Это игловые (*Syngnathidae*) и морские лисички (*Agonidae*).



Места сбора проб ихтиопланктона в бухте Алексеева в 2006 и 2007 гг.

Более половины видов рыб (67 %) в раннем онтогенезе проходят две планктонные стадии развития – икринки и личинки. Остальные виды встречаются как на стадии малька, так и молоди (до 10 см). На основании данных об экологии нереста рыб, икра и личинки которых были встречены в ихтиопланктоне бухты Алексеева, разделены на три группы.

Группа I. В течение всего периода наблюдений эта группа в ихтиопланктоне была представлена 6 видами (3 семейства), составлявшими 26 % от общего числа видов (табл. 1). Преобладают рыбы, населяющие донные и придонные горизонты, откладывающие демерсальную икру. В этой группе мало пелагофильных видов (около 3 %), в основном в нее входят виды из семейства *Pleuronectidae*, тогда как в летнем планктоне преобладают личинки сем. *Cobiidae* (26 %).

Группа II. В ихтиопланктонных пробах встречено 9 видов (39,1 % от общего числа), отнесенных к данной категории. В эту группу входят проходные – *Osmerus mordax dentex*, полупроходные – *Hypomesus japonicus*, *Gasterosteus aculeatus* и морские – *Clupea pallasii*, *Eleginus gracilis*, *Pleuronectes yokohame*, а также представители семейств *Syngnathidae* и *Hexagrammidae* (табл. 1). Однако следует отметить, что большинству из них не свойственна забота о потомстве, как правило, это виды, выметывающие пелагическую, демерсальную (литофиты и псаммофилы) или икру, прикрепленную к морским травам и водорослям (фитофилы). Исключение составляют трехиглая колюшка (*Gasterosteus aculeatus*), формирующая нерестовые гнезда, и живородящая рыба-игла (*Syngnathus acusimilis*).

Относительно многочисленными и широко распространенными в ихтиопланктонных пробах были личинки сельди, корюшек и терпугов. Доля остальных видов составляла 9,1 %.

Группа III. Встреченные в бухте Алексеева икра и личинки 9 видов отнесены нами к группе морских рыб (табл. 1). Исходя из особенностей экологии нереста, в свою очередь, все они подразделены на две категории. К первой относятся морские виды, откладывающие демерсальную икру. Сюда вошли немногочисленные личинки рыб, встреченные в течение периода исследований с частотой от 3 до 6 экз./лов. Нерест этих видов протекает на удалении от побережья, а личинки могут заноситься сюда течением, например – *Neozarces steindachneri* (от 8 до 15 экз./лов) и *Stichaeus nozavae* (от 25 до 50 экз./лов).

К другой категории отнесены морские виды, выметывающие пелагическую икру. Это рыбы, которые совершают сезонные миграции в пределах умеренных вод (*Pleuronectes asper*, *Hippoglossoides herzensteini*, *Hypoptychus dybowskii*), и дальний мигрант *Engraulis japonicus*. Основной нерест рыб этой группы в бухте Алексеева протекает над глубинами 15–20 м. Однако икра этих типично морских видов может быть встречена и в прибрежной зоне бухты (с глубинами менее 10 м), подвергаемой значительному распреснению.

Таким образом, экология нереста рыб, встреченных в ихтиопланктоне бухты Алексеева, весьма разнообразна. Наряду с пелагофильными видами (46 %) и видами, откладывающими донную (демерсальную) икру (46 %), отмечаются рыбы, выметывающие икру на подводную растительность (8 %).

Видовой состав ихтиопланктона в бухте Алексеева

Семейство, вид	Стадия развития	Пространственно - экологическая группа
<i>Clupeidae</i>		
<i>Clupea pallasii</i>	икра, личинки, мальки	II
<i>Engraulidae</i>		
<i>Engraulis japonicus</i>	икра, личинки, мальки	III
<i>Osmeridae</i>		
<i>Osmerus mordax dentex</i>	икра, личинки, мальки	II
<i>Hypomesus japonicus</i>	икра, личинки, мальки	II
<i>Gadidae</i>		
<i>Eleginus gracilis</i>	икра, личинки, мальки	II
<i>Gasterosteidae</i>		
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	личинки	II
<i>Syngnathidae</i>		
<i>Syngnathus acusimilis</i>	личинки, взрослые	II
<i>Stichaidae</i>		
<i>Opisthocentrus ocellatus</i>	личинки, мальки, взрослые	I
<i>Opisthocentrus zonope</i>	личинки, мальки, взрослые	I
<i>Pholidapus dybowskii</i>	личинки, мальки, взрослые	I
<i>Stichaeus nozavae</i>	личинки	III
<i>Stichaeus ochriamkini</i>	личинки	III
<i>Zoarcidae</i>		
<i>Neozoarces steindachneri</i>	личинки, мальки	III
<i>Hypoptychidae</i>		
<i>Hypoptychus dybowskii</i>	личинки, мальки	III
<i>Cobiidae</i>		
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	личинки, мальки	I
<i>Chaenogobius heptacanthus</i>	мальки	I
<i>Scorpaenidae</i>		
<i>Sebastes trivittatus</i>	личинки, мальки	III
<i>Hexagrammidae</i>		
<i>Hexagrammos octogrammus</i>	личинки, мальки, взрослые	II
<i>Hexagrammos stelleri</i>	личинки, мальки, взрослые	II
<i>Pleurogrammus azonus</i>	личинки	II
<i>Hemitripterae</i>		
<i>Blepsias cirrhosus</i>	личинки, мальки, взрослые	III
<i>Agonidae</i>		
<i>Pallasina barbata</i>	мальки, взрослые	I
<i>Pleuronectidae</i>		
<i>Hippoglossoides herzensteini</i>	личинки, мальки	III
<i>Pleuronectes asper</i>	икра, личинки, мальки, взрослые	III
<i>Pleuronectes yokohame</i>	мальки, взрослые	II

*Примечание. Пространственно – экологические группы: **I.** Солонатоводные виды, жизненный цикл которых проходит в прибрежном мелководье. **II.** Виды, обитающие в морских водах, проходящие для нереста в реки и прибрежные мелководья, а также пресноводные, личинки которых выносятся в приустьевые участки. **III.** Виды, нерест которых протекает в мористых районах залива.

Особенности формирования видового состава ихтиопланктона и его взаимосвязь с гидрологическим режимом бухты Алексеева. Выяснено, что в бухты Алексеева нерестятся полупроходные, эвригаллинные и морские рыбы, у которых выработался ряд приспособлений к обитанию и размножению в условиях прибрежного мелководья.

Эмбриональное и личиночное развитие видов, отнесенных нами в группу морских пелагофильных, как правило, протекает на некотором удалении от побережья в более стабиль-

ных гидрологических условиях. Прибрежное мелководье характеризуется активной гидродинамикой, значительными колебаниями солености и температуры воды, вследствие взаимодействия морских вод и речного стока, представляется как «зона экологического риска».

Сравнение доли мертвой икры пяти морских видов показало (табл. 2), что она возрастает у рыб, массовый нерест которых протекает в летние месяцы, когда в прибрежной зоне происходит значительное распреснение воды. Максимальный показатель смертности икры отмечался у анчоусов (до 100 %). Значительная доля нормально развивающейся икры наблюдалась в поверхностных водах с соленостью более 32 ‰. В участках, где соленость была менее 20 ‰, ихтиопланктон представлен в основном «мертвой» икрой. Оптимальный диапазон солености для успешного развития икры анчоуса лежит в пределах 30 – 33 ‰.

Таблица 2

Доля мертвой икры видов рыб в бухте Алексева в 2006 – 2007 гг.

Вид	Мертвая икра, (%)	Встречаемость икры по месяцам				
		IV	V	VI	VII	VIII
<i>Pleuronectes asper</i>	46			(*)	(*)	
<i>Clupea pallasii</i>	53	(*)	(*)			
<i>Hypomesus japonicus</i>	64	(*)	(*)			
<i>Osmerus mordax dentex</i>	96		(*)			
<i>Engraulis japonicus</i>	98			(*)	(*)	(*)

Примечание: (*) – период массового нереста.

Сезонные изменения видового состава ихтиопланктона бухты Алексева в 2006 и 2007 гг. Наибольшее видовое разнообразие ихтиопланктона в этом районе отмечено в апреле – мае. В этот период в поверхностных водах еще присутствуют икра и личинки рыб, нерест которых протекал в зимние месяцы. Весной отмечается разгар икрометания весенненерестящихся рыб и появляются первые представители видов, массовый нерест которых происходит в летний период.

С конца мая в уловах доминировали представители семейств Clupeidae, Osmeridae и Sticharidae. В летние месяцы в планктоне преобладали икра и личинки пелагофильных видов (53,3 %). С июня по август в ихтиопланктоне преобладали представители семейств Stichidae и Hexagrammidae.

К августу, как правило, практически все виды завершали нерест. В ихтиопланктоне отмечены только представители тепловодного комплекса рыб.

В сентябре – октябре наблюдалось сокращение числа видов в ихтиопланктонных пробах вследствие того, что личинки, выклюнувшиеся из икры ранней весной (по данным суточных станций), мигрируют с мелководных в более глубоководные районы бухт и заливов.

Анализ данных по межгодовой изменчивости видового состава рыб показал, что в бухте Алексева в 2006 г. в пробах преобладали личинки тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii*), составлявшие до 49 % общего количества личинок. Следующими по численности были личинки стихеевых (*Stichidae*) и терпуговых (*Hexagrammidae*). В уловах отмечено незначительное количество личинок камбал *Pleuronectes asper* и *Pleuronectes yokohame* (8,6 %), единичные экземпляры личинок корюшек *Hypomesus japonicus* (от 2 до 4 экз./лов) и анчоуса *Engraulis japonicus* (от 3 до 5 экз./лов). Довольно многочисленными и широко распространенными в районе исследования были икринки трех видов - *Engraulis japonicus* от 50 до 100 экз./лов, *Clupea pallasii* (от 45 до 80 экз./лов) и *Hypomesus japonicus* (от 30 до 60 экз./лов).

По сравнению с 2006 г. в 2007 г. соотношение личинок разных видов рыб в уловах несколько изменилось. В весенне-летний период преобладали личинки рыб семейства стихеевых (63 % общего количества). Численность личинок сельди сократилась более чем вдвое (23,7 %), уменьшилось и количество личинок терпуговых. По-прежнему были немногочисленны (0,8 %) личинки камбал *Pleuronectes asper* и *Pleuronectes yokohame*. Отметим, что в 2007 г. в ихтиопланктоне впервые отмечены личинки наваги *Eleginus gracilis* (от 4 до 9 экз./лов). Кроме того, отмечались единичные экземпляры личинок морских лисичек *Pallasina*

barbata (от 1 до 3 экз./лов) и корюшек *Hypomesus japonicus* (от 2 до 5 экз./лов). По сравнению с 2006 г. в ихтиопланктоне преобладала икра анчоуса (55 %), а количество икры сельди и корюшки снизилось на 15 % от общей численности.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют, что в 2006 и 2007 гг. в ихтиопланктоне, преобладали в основном, личинки тихоокеанской сельди (49,0 и 23,7 % соответственно). Увеличилось и количество личинок терпуговых в 2007 г., а численность личинок камбал снизилось с 8,6 до 4,7 %. Среди представителей непромысловых видов рыб доминировали личинки семейства стихеевых. Наиболее многочисленными были опистоцентр глазчатый (*Opisthocentrus ocellatus*) и опистоцентр безногий (*Pholidapus dybowskii*). Численность этих личинок увеличивалась с 23 до 32,5 % соответственно.

Число видов личинок рыб бухты Алексеева в 2006 и 2007 гг. также существенно изменялось: если в 2006 г. было всего 20 видов из 10 семейств, то в 2007 г. их стало 25 видов из 15 семейств.

Заключение. Полученные результаты позволяют сделать следующее заключение, что бухта Алексеева является благоприятным районом для нереста рыб, обитания и выживания их личинок. В бухте отмечены личинки 25 видов из 15 семейств, и из них 6 видов относятся к промысловым: сельдь, навага, камбалы, малоротая корюшка, зубастая корюшка и анчоус. Среди промысловых видов рыб преобладали личинки сельди, в разные месяцы их численность изменялась от 23,7 до 49 % от общей численности. В зависимости от гидрологического типа года и сезона численность личинок рыб сильно колебалась.

Сезонные изменения качественных и количественных характеристик ихтиопланктона связаны с экологией нереста рыб, обитающих в бухте Алексеева, и появлением теплолюбивых мигрантов – *Engraulis japonicus* в летне-осеннее время. Наибольшее видовое разнообразие ихтиопланктона в мелководной зоне бухты отмечено в апреле и мае.

ЛИТЕРАТУРА

Бирюлин Г.М., Бирюлина М.Г., Микулич Л.В., Якунин Л.П. Летние модификации вод залива Петра Великого // Тр. Дальневост. науч. – исслед. гидромет. ин-та. – 1970. – Вып. 30. – С. 286 – 299.

Волова Г.Н., Жакина Т.И., Микулич Л.В. Бентос бухты Алексеева (залива Петра Великого) // Прибрежный планктон и бентос северной части Японского моря. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. – С. 32 – 56.

Гомелюк В.Е., Кондрашев С.Л., Левин А.В. Ихтиофауна бухты Алексеева острова Попова (залива Петра Великого, Японское море) и влияние на нее культивирования приморского гребешка // Биология шельфовых и проходных рыб. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. – С. 5–8.

Расс Т.С., Казанова И.И. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 35 с.

ДИНАМИКА ОБИЛИЯ МЕДУЗ В ОХОТСКОМ МОРЕ

А.В. Заволокин

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, zavolokin@tinro.ru

Первые крупные обобщающие сводки по медузам Охотского моря представлены Д.В. Наумовым (1960, 1961). В них собрана информация по таксономии и биогеографии этих гидробионтов. Количественные оценки обилия медуз в Охотском море впервые даны В.П. Шунтовым с соавторами (1994). Эта работа показала, что биомасса желетелого зоопланктона значительна, и, следовательно, он может играть существенную роль в функционировании пелагических сообществ. В дальнейшем исследования видового состава, распределения и обилия медуз продолжались и расширялись (Заволокин и др., 2005; Ильинский, Заволокин, 2007). В 2004 г. впервые они были дополнены изучением питания и трофического статуса желетелого зоопланктона (Горбатенко и др., 2005; Заволокин и др., 2005). Однако в указанных выше публикациях представлены данные, ограниченные коротким рядом наблюдений (от 1 до 5 лет) и обычно только одним сезоном. В настоящей работе обобщены результаты исследований обилия медуз в Охотском море в период 1992-2005 гг.

В основу работы легли траловые данные по количественному составу медуз в эпи- и мезопелагиали Охотского моря в 1992-2005 гг. Всего было проведено около 6000 тралений. Наиболее полно исследована эпипелагиаль. В слое 0-200 м выполнено около 80 % траловых станций. Работы в мезопелагиали преимущественно были ограничены глубиной 500 м. Исследования осуществлялись по традиционному принятой в ТИНРО-центре методике, подробно описанной Е.Н. Ильинским и А.В. Заволокиным (2007). При расчете обилия медуз использовался поправочный коэффициент уловистости равный 0,1 для компенсации недолова этих гидробионтов тралом.

В период исследований в Охотском море отмечено 13 видов медуз, 9 из которых относятся к классу Scyphozoa (*Aurelia aurita*, *Aurelia limbata*, *Atolla wyvillei*, *Chrysaora helvola*, *Chrysaora melanaster*, *Chrysaora quinquecirrha*, *Cyanea capillata*, *Periphylla periphylla*, *Phacellophora camtschatica*) и 4 – Hydrozoa (*Aequorea forskalea*, *Calycopsis nematophora*, *Ptychogena lactea*, *Tima sachalinensis*).

Сцифоидные медузы абсолютно преобладают по биомассе в траловых уловах. Их доля в суммарном обилии желетелого зоопланктона в эпипелагиали составляет от 89 до 98 %. Распространение и встречаемость сцифомедуз значительно меняется в течение года. Как видно на рис. 1, где представлены примеры распределения сцифоидных медуз в разные сезоны, их наименьшие концентрации и область распространения наблюдаются весной. Летом и осенью в результате интенсивной стробилиации полипов и роста молодых особей распределение медуз становится обширнее, и их биомасса достигает максимума. Наиболее резкие сезонные изменения обилия сцифомедуз происходят на северо-охотоморском шельфе, в зал. Шелихова и у восточного Сахалина (рис. 1). В холодный период они практически не встречаются в этих районах. В западно-камчатском регионе, находящемся под воздействием теплых океанических вод, на протяжении всего года сохраняются высокие концентрации желетелого зоопланктона.

Описанная выше картина изменения плотности скоплений медуз от сезона к сезону отчетливо видна на рис. 2, где отражены их средние для периода 1992-2005 гг. биомассы в эпипелагиали. Характерно, что сезонная динамика обилия сцифоидных (рис. 2, а) и гидроидных (рис. 2, б) медуз находится в противофазе. Представители первого класса достигают максимальной биомассы в теплой половине года, в то время как вторые наиболее обильными бывают в холодные сезоны. Среди сцифомедуз на протяжении всего года доминируют *Ch. melanaster* и *C. capillata*, среди гидроидных – *P. lactea* и *T. sachalinensis*.

В мезопелагиали обилие медуз также меняется от сезона к сезону (рис. 3). Однако здесь в отличие от эпипелагиали для всех желетелых организмов, встречающихся в траловых уловах, наблюдается снижение биомассы в теплое время года и ее увеличение в холодный пери-

од. Это позволяет предположить, что в конце осени и зимой часть медуз опускается из поверхностных вод в более глубокие горизонты, а весной мигрирует обратно в эпипелагиаль. В пользу этого свидетельствует частая встречаемость крупных медуз в уловах в начале весны (Горбатенко и др., 2005; Заволокин и др., 2005). Хотя необходимо отметить, что данные по обилию медуз в мезопелагиали летом и осенью, использованные в настоящей работе, крайне немногочисленны и ограничены только двумя съемками.

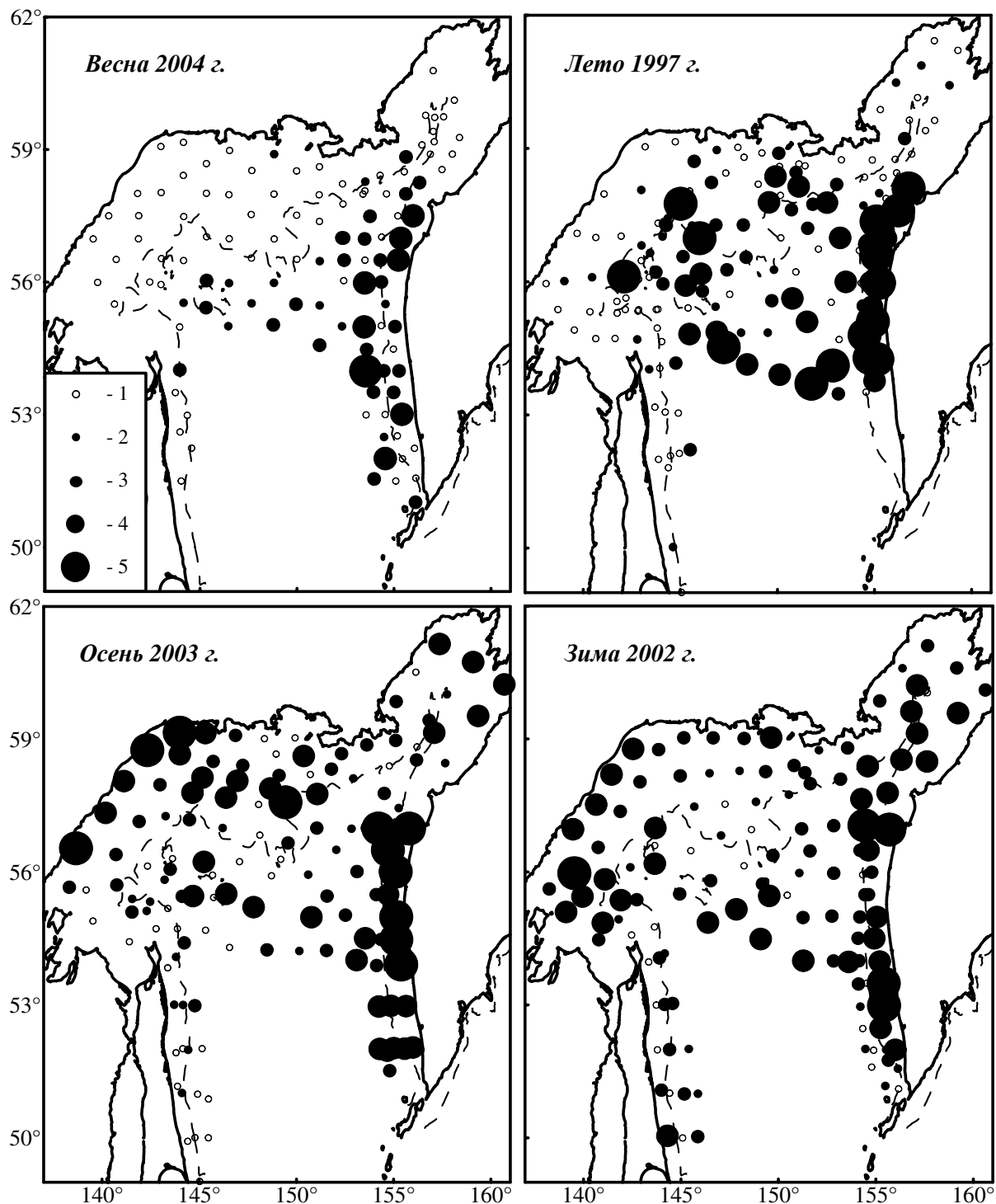


Рис. 1. Распределение биомассы ($\text{кг}/\text{км}^2$) сцифоидных медуз в северной части Охотского моря в апреле-июне 2004 г., июле-августе 1997 г., сентябре-ноябре 2003 г. и ноябре-декабре 2002 г.: 1 – нет улова, 2 – менее 50, 3 – 50-300, 4 – 300-2000, 5 – более 2000. Пунктир – изобата 200 м

Доминирующими по биомассе видами в мезопелагиали были *Ch. melanaster* и *T. sachalinensis* (рис. 3). Интересно отметить, что в этом вертикальном слое вод плотность кон-

центратий сцифоидных и гидроидных медуз сопоставима по величине, в то время как в эпипелагиали обилие первых на порядок выше.

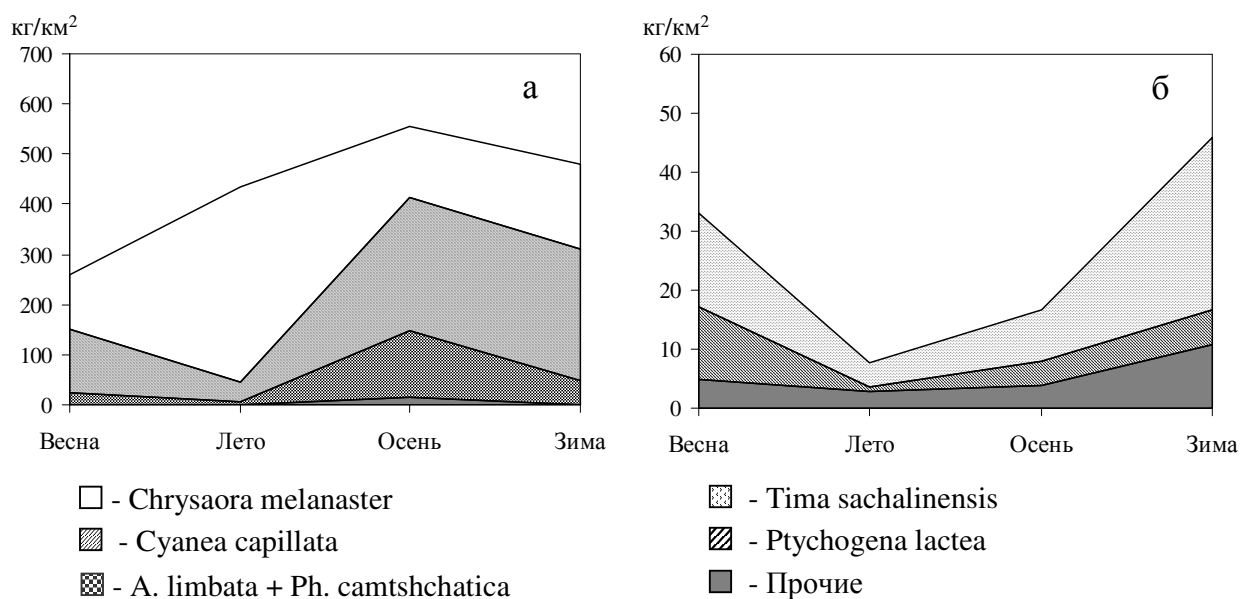


Рис. 2. Сезонная динамика биомассы (кг/км²) сцифоидных (а) и гидроидных (б) медуз в эпипелагиали Охотского моря

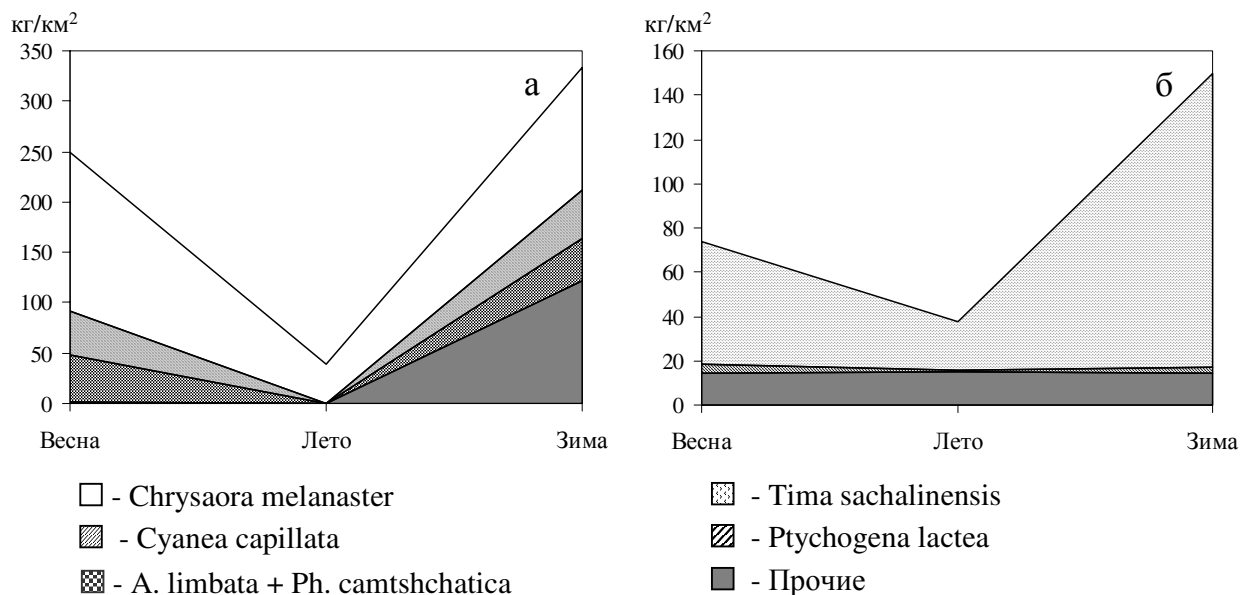


Рис. 3. Сезонная динамика биомассы (кг/км²) сцифоидных (а) и гидроидных (б) медуз в мезопелагиали Охотского моря

В пределах каждого сезона наблюдается значительная межгодовая изменчивость обилия медуз. Так, осенью плотность концентраций сцифомедуз варьировала в разных районах от 40 до 2059 кг/км² (рис. 4, а). У гидромедуз вариабельность обилия была меньше, но также существенной – 2-97 кг/км² (рис. 4, б).

Наиболее высокие биомассы медуз отмечены в 1990-е гг. (рис. 4). В начале 2000-х гг. во всех районах произошло резкое снижение обилия желетелого зоопланктона, особенно сильно проявившееся для сцифомедуз. Причиной этого могут быть изменения океанологических условий, наблюдавшиеся в северной части Охотского моря в 1998-2001 гг. По значениям придонной температуры и ледовитости этот период был наиболее холодным за последние десятилетия (Жигалов, 2005). Влияние климатических условий на обилие желетелого зоопланктона подробно рассмотрено в обзорной статье Пурселла (Purcell, 2005). На основании

анализа литературы, включающей около двух десятков работ по медузам, гребневикам и сифонофорам, автор делает заключение, что численность большинства видов желетельных умеренных широт зависит от температурных условий. При сравнительно более высоких температурах размер популяций, темпы полового и бесполого размножения медуз возрастают.

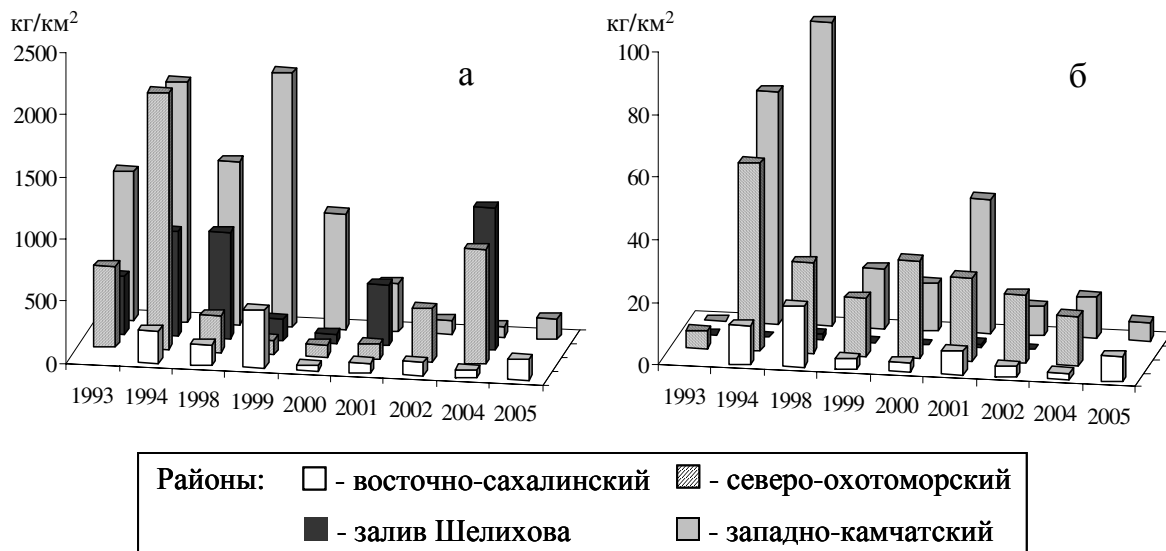


Рис. 4. Межгодовая динамика биомассы (кг/км²) сцифоидных (а) и гидроидных (б) медуз в эпипелагиали Охотского моря в осенний период

ЛИТЕРАТУРА

Горбатенко К.М., Заволокин А.В., Мерзляков А.Ю., Кияшко С.И. Трофический статус медуз (Cnidaria) Охотского моря и специфика их питания весной по данным анализов содержимого желудков и соотношений стабильных изотопов // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 143. – С. 240-248.

Жигалов И.А. Характеристика и особенности океанологических условий североохотоморского шельфа осенью 2004 г. // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 142. – С. 203-213.

Заволокин А.В., Горбатенко К.М., Кияшко С.И., Мерзляков А.Ю. Медузы Охотского моря: состав, динамика обилия, роль в экосистеме // Рыб. хоз-во. – 2005. – № 3. – С. 50-52.

Ильинский Е.Н., Заволокин А.В. Количественный состав и осенне-зимнее распределение сцифоидных медуз в эпипелагиали Охотского моря // Зоол. журн. – 2007. – Т. 86, № 10. – С. 1168-1176.

Наумов Д.В. Гидроиды и гидромедузы морских, солоноватых и пресноводных бассейнов СССР. – М.:Л.: АН СССР, 1960. – 626 с.

Наумов Д.В. Сцифоидные медузы морей СССР. – М.:Л.: АН СССР, 1961. – 98 с.

Шунтов В.П., Лапко В.В., Надточий В.В., Самко Е.В. Межгодовые изменения в ихтиоценозах верхней эпипелагиали сахалино-курильского региона // Вопр. ихтиол. – 1994. – Т. 34, № 5. – С. 649-656.

Purcell J.E. Climate effects on formation of jellyfish and ctenophore blooms: a review // J. Mar. Biol. Ass. U.K. – 2005. – Vol. 85. – P. 461-476.

МЕДУЗЫ БЕРИНГОВА МОРЯ: ВИДОВОЙ СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ОБИЛИЕ И ПИТАНИЕ

А.В. Заволокин, И.И. Глебов, Н.С. Косенок
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, zavolokin@tinro.ru

Желетельный зоопланктон, включающий в себя медуз, гребневиков, сифонофор и салп, - существенный компонент планктонных сообществ. Согласно Э.А. Шушкиной с соавторами (1991), доля этих организмов в мезо- и макропланктоне в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана и в Беринговом море на отдельных станциях достигает до 99 % по сырому весу и до 78 % по углероду. По другим данным (Nishikawa et al., 2001), в Беринговом море желетельные составляют около половины (по сырому весу) от общей биомассы макропланктона и микронектона в слое 0-180 м.

Как неоднократно было показано в предыдущих исследованиях ТИНРО-центра, желетельный зоопланктон также представляет значительную часть траловых уловов, ориентированных на учет нектона (Шунтов, 1995; Ильинский, Заволокин, 2007). При этом следует отметить, что здесь он представлен преимущественно крупными медузами, имеющими достаточно прочное тело, чтобы не продавливаясь через траловую дель во время траления. Большая часть мелких медуз, а также гребневиков и другие желетельные организмы процеживается через трал.

В 2002-2006 гг. в западной части Берингова моря было выполнено 6 комплексных съемок. Единая методика, горизонт лова, траловый комплекс, а также сходная сетка станций обеспечивают хорошую сопоставимость полученных в этих съемках данных. В настоящей работе рассмотрен видовой состав, распределение, обилие и питание медуз в Беринговом море в летне-осенние периоды 2002-2006 гг.

Траления выполнялись круглосуточно с удержанием верхней подборы трала в горизонте 0 м. Оценку обилия медуз и анализ содержимого желудков проводили по традиционному принятому в ТИНРО-центре методикам, подробно изложенным ранее (Горбатенко и др., 2005; Ильинский, Заволокин, 2007).

Распределение и обилие медуз. В период исследований 2002-2006 гг. в западной части Берингова моря в траловых уловах было отмечено 12 видов медуз. Из них 7 относятся к классу Scyphozoa и 5 – Hydrozoa (таблица).

Медузы были широко распространены и отмечались на всей исследованной акватории (рис. 1). Частота их встречаемости варьировала от 94 до 100 % и была наименьшей (94-97 %) в летний период. Наиболее плотные концентрации медуз были приурочены к крупным шельфовым районам: Анадырскому, Карагинскому и Олюторскому заливам, а также прилегающим к ним водам. Их скопления прослеживались здесь во все годы исследований. Очевидно, эти районы являются основными зонами воспроизводства медуз в западной части Берингова моря.

Отчетливо прослеживается тенденция нарастания плотности скоплений медуз от лета (рис. 1, а, б) к осени (рис. 1, г-е). Их суммарная биомасса в летний период находилась в пределах 0,6-0,8 млн т, а осенью возрастала до 0,9-1,7 млн т (см. таблицу). Главной причиной этого, вероятно, являются особенности их жизненного цикла. Для встреченных в уловах видов медуз он имеет следующий вид. Летом и осенью медузы выметывают половые продукты в воду, где яйца оплодотворяются, и из них развивается личинка - планула. У некоторых видов оплодотворение и развитие происходит в материнском организме. После размножения к концу зимы большинство медуз погибает. Через некоторое время планула оседает на дно и из нее развивается небольшой полип. Последний способен размножаться двумя путями: почкованием, при котором образуются другие полипы и поперечным делением с формированием молодых медуз – эфир (Наумов, 1960, 1961). Наиболее массовое образование эфир происходит весной и в начале лета. В течение лета медузы растут и в осенний период достигают наибольшей биомассы.

Биомасса медуз в верхней эпипелагиали в западной части Берингова моря летом и осенью
2002-2006 гг., тыс. т

Вид	Юго-западная часть Берингова моря					
	2005	2003	2006	2002	2003	2004
	Лето			Осень		
<i>Aurelia aurita</i>	-	-	0,22	-	-	0,53
<i>Aurelia limbata</i>	6,76	0,40	10,96	7,82	11,32	1,60
<i>Chrysaora helvola</i>	-	-	0,03	-	-	-
<i>Chrysaora melanaster</i>	44,42	157,02	357,18	398,87	144,28	150,67
<i>Cyanea capillata</i>	0,37	0,27	72,81	11,41	100,93	16,92
<i>Periphylla periphylla</i>	0,36	0,01	-	-	-	0,25
<i>Phacellophora camtschatica</i>	13,24	15,17	90,77	20,88	21,73	21,06
Все сцифомедузы	65,15	172,87	531,97	438,98	278,26	191,03
<i>Aequorea forskalea</i>	20,28	2,69	706,73	225,44	99,93	1307,57
<i>Aglantha digitale</i>	-	+	-	-	-	-
<i>Calycopsis nematophora</i>	0,61	1,40	5,54	4,32	8,20	3,37
<i>Perigonimus sp.</i>	-	-	0,14	-	-	-
<i>Ptychogena lactea</i>	-	0,01	-	-	-	-
<i>Hydrozoa gen. sp.</i>	0,13	+	-	-	0,45	0,06
Все гидромедузы	21,02	4,10	712,41	229,77	108,58	1311,00
<i>Площадь, тыс. кв. км</i>	<i>473,29</i>	<i>473,29</i>	<i>479,89</i>	<i>468,05</i>	<i>473,29</i>	<i>463,20</i>
	Северо-западная часть Берингова моря					
	Лето			Осень		
<i>Aurelia aurita</i>	-	-	-	-	-	0,16
<i>Aurelia limbata</i>	0,08	0,08	0,21	0,25	0,52	0,12
<i>Chrysaora helvola</i>	-	-	0,08	-	-	-
<i>Chrysaora melanaster</i>	548,58	496,88	390,44	269,44	144,12	20,19
<i>Cyanea capillata</i>	0,07	85,61	38,98	11,16	152,67	43,38
<i>Phacellophora camtschatica</i>	0,21	0,39	5,42	0,52	4,15	1,28
Все сцифомедузы	548,94	582,96	435,13	281,37	301,46	65,13
<i>Aequorea forskalea</i>	4,31	0,49	13,02	29,85	233,39	65,51
<i>Calycopsis nematophora</i>	0,03	0,01	+	-	-	-
<i>Perigonimus sp.</i>	-	-	0,02	-	-	-
<i>Ptychogena lactea</i>	0,06	+	0,02	-	-	-
<i>Hydrozoa gen. sp.</i>	-	0,01	+	-	0,32	-
Все гидромедузы	4,40	0,51	13,06	29,85	233,71	65,51
<i>Площадь, тыс. кв. км</i>	<i>129,42</i>	<i>151,07</i>	<i>131,09</i>	<i>175,09</i>	<i>151,07</i>	<i>61,18</i>

Примечание. «+» - значения менее 0,005.

Основу биомассы (67-97 %) медуз в западной части Берингова моря составляли 2 вида: *Chrysaora melanaster* и *Aequorea forskalea* (таблица). Максимальные концентрации первого вида во все годы наблюдались в северо-западной части моря – Анадырском заливе и прилегающих водах. При этом в летний период они были смещены в южную часть залива и к внешней границе шельфа, а осенью локализовались в восточной части залива.

Характерно, что в отличие от других видов медуз от лета к осени происходило уменьшение биомассы *Ch. melanaster* в северо-западной части Берингова моря (таблица). При этом в летний период, как правило, ловились более крупные медузы, чем осенью. Их средний диаметр купола летом составлял 28 см (2005 г.), 24 см (2003 г.), 28 см (2006 г.), а осенью был равен 29 см (2002 г.), 16 см (2003 г.) и 22 см (2004 г.).

Наблюдаемые особенности сезонной динамики обилия и размерного состава *Ch. melanaster*, возможно, связаны с тем, что в начале лета в северо-западной части Берингова моря значительную часть уловов составляли крупные перезимовавшие особи, выносимые в анадырско-наваринский район из восточных районов воспроизводства Центрально-беринговоморским и далее Наваринским течением.

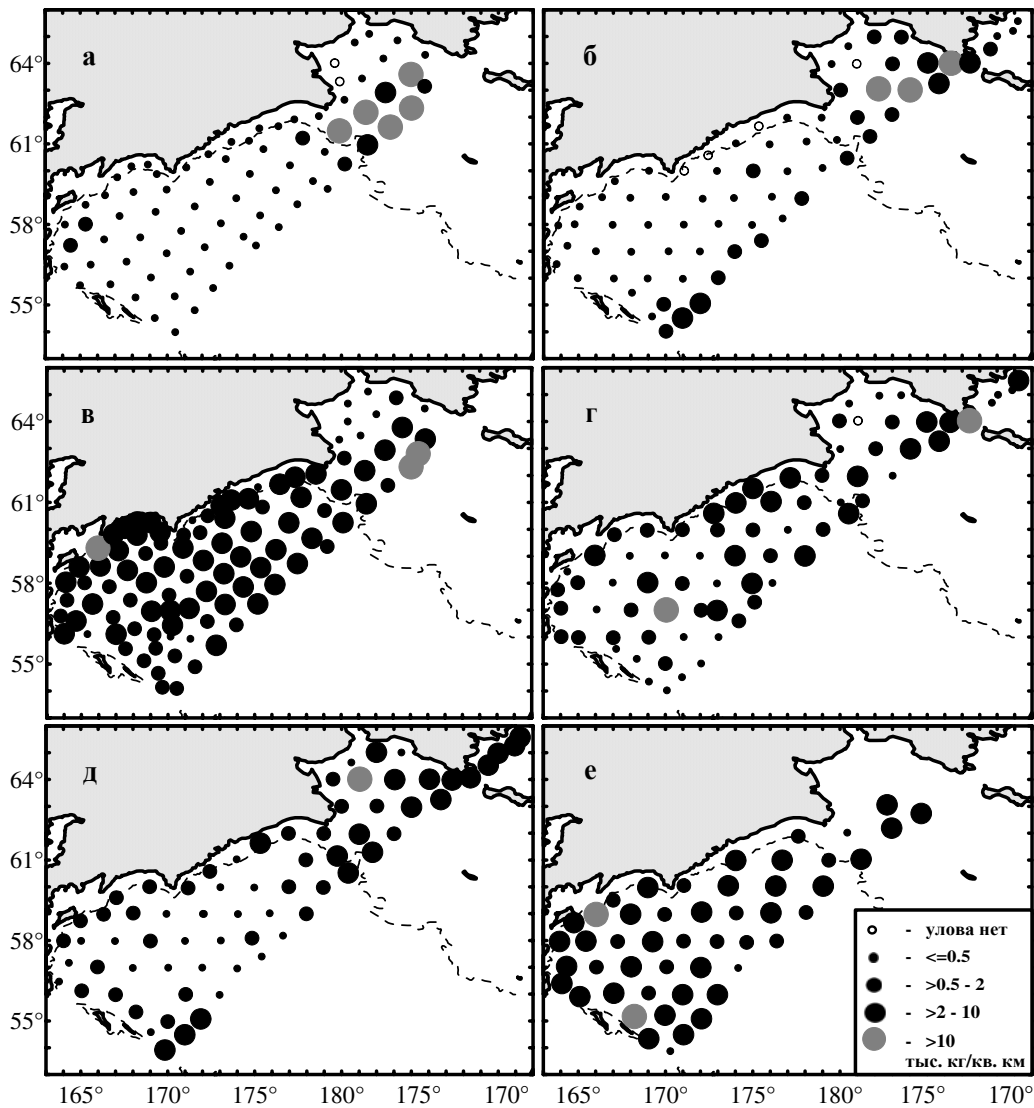


Рис. 1. Распределение биомассы (тыс. кг/км²) медуз в западной части Берингова моря: а – июнь-июль 2005 г., б – июль-август 2003 г., в – август-октябрь 2006 г., г – сентябрь-октябрь 2002 г., д – сентябрь-октябрь 2003 г., е – сентябрь-октябрь 2004 г.

В последние десятилетия в восточной части Берингова моря наблюдался рост биомассы *Ch. melanaster* и расширение области ее распространения на север и северо-запад. Его плотные скопления располагались над глубинами 50-150 м, простираясь от восточных Алеутских островов на юге до границы ИЭЗ России на севере (Brodeur et al., 2002; Helle et al., 2007). Таким образом, на восточном шельфе, вероятно, располагается крупнейшая область воспроизводства *Ch. melanaster* в Беринговом море. Важно отметить, что по данным Бродеура с соавторами (Brodeur et al., 2002) осенью 1996, 1997 и 1999 гг. примерно от трети до половины уловов *Ch. melanaster* составляли мелкоразмерные особи от 3 до 20 см.

Факты зимовки *Ch. melanaster* неоднократно отмечены во время зимних и ранневесенних съемок в Охотском море (Горбатенко и др., 2005; Ильинский, Заволокин, 2007). При этом его распространение было ограничено преимущественно более теплыми южными и восточными районами, и отчетливо прослеживалось влияние циркуляции вод на распределение медуз. Все это свидетельствует в пользу предположения о том, что летом в северо-западной части Берингова моря в значительном количестве могут присутствовать перезимовавшие медузы.

В отличие от северо-западного шельфа сезонная динамика биомассы и численности в юго-западной части Берингова моря не проявляла однозначной тенденции. В разные годы распределение и обилие *Ch. melanaster* сильно различалось в глубоководных районах. Раз-

мерный состав медуз в траловых уловах также значительно варьировал. Так, в летний период могли ловиться как наиболее крупные (2003 г. – средний диаметр 35 см), так и наиболее мелкие (2005 г. – 18 см) особи среди съежек 2002-2006 гг.

Основные скопления второго доминирующего вида – *A. forskalea* - были приурочены к глубоководным районам. Отчетливо виден резкий рост его обилия от лета к осени, хотя в пределах отдельного сезона плотность медуз могла сильно различаться в разные годы (таблица). Скопления максимальной плотности *A. forskalea* образовывал в 2004 и 2006 гг. В эти годы высокие концентрации вида наблюдались на всей акватории глубоководных районов. На северном шельфе *A. forskalea* был менее обилен. Его максимальные концентрации здесь были отмечены осенью 2003 г.

На всей акватории исследования отмечено увеличение среднего размера *A. forskalea* от лета к осени. При этом размерный состав медуз в глубоководных районах и на шельфе в каждый отдельный год был очень сходен. Приуроченность наиболее плотных скоплений *A. forskalea* к глубоководным районам, относительно равномерное распределение в пределах этих районов и сходный размерный состав в разных частях исследованной акватории могут указывать на общую область происхождения этих медуз. Вероятно, полипы этого вида обитают преимущественно на больших глубинах за пределами шельфа. Поэтому образованные ими молодые медузы населяют в основном глубоководные районы. Это подтверждается тем, что биомасса и численность *A. forskalea* в мелководной восточной части Берингова моря сравнительно невысока (Brodeur et al., 2002).

Питание медуз. Высокое обилие желетелого зоопланктона подразумевает их важную роль в трофических потоках пелагиали. В 2006 г. впервые было исследовано питание наиболее массовых видов медуз западной части Берингова моря и прилегающих тихоокеанских водах.

Основу пищи большинства медуз составляли планктонные ракообразные (рис. 2). В питании шельфовых видов - *C. capillata* и *A. limbata* - преобладали личинки декапод, массовая доля которых была равна соответственно 79 и 100 %. *Ph. camtschatica* потреблял преимущественно эвфаузиид (85 %). *A. forskalea* питался в основном копеподами (59 %) и амфиподами (35 %). Также в питании этого вида присутствовали щетинкочелюстные, личинки декапод и крылоногие моллюски.

Нектонные организмы были отмечены в питании только одного вида медуз - *Ch. melanaster* (рис. 2). В западной части Берингова моря большую часть рациона (42 %) этого вида составлял светлоперый стенобрак. Кроме того, в питании *Ch. melanaster* присутствовали личинки кальмаров. Заметная часть пищи была представлена остракодами (35 %) и личинками декапод (17 %).

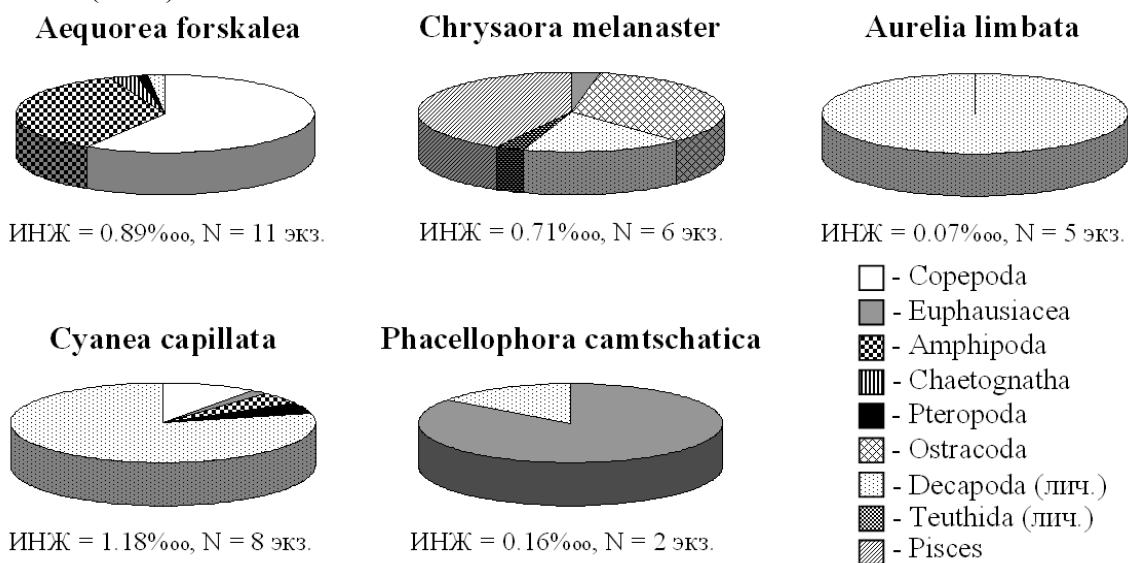


Рис. 2. Состав пищи медуз в западной части Берингова моря и сопредельных тихоокеанских водах в августе-октябре 2006 г.

Интенсивность питания у всех исследованных видов медуз была относительно низкой. Среднесуточная накормленность варьировала от 0,07 до 1,18 ‰ (рис. 2).

По литературным данным (Brodeur et al., 2002) в восточной части Берингова моря *Ch. melanaster* питался преимущественно планктонными ракообразными, желетелым зоопланктоном и микро nekтоном. При этом последний был представлен в основном молодью минтая. В Охотском море в весенний период планктон также составлял основу питания сцифоидных и гидроидных медуз (Горбатенко и др., 2005). Кроме того, у отдельных видов существенная часть рациона была представлена икрой рыб, в основном минтая.

ЛИТЕРАТУРА

Горбатенко К.М., Заволокин А.В., Мерзляков А.Ю., Кияшко С.И. Трофический статус медуз (Cnidaria) Охотского моря и специфика их питания весной по данным анализов содержимого желудков и соотношений стабильных изотопов // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 143. – С. 240-248.

Ильинский Е.Н., Заволокин А.В. Количественный состав и осенне-зимнее распределение сцифоидных медуз в эпипелагиали Охотского моря // Зоол. журн. – 2007. – Т. 86, № 10. – С. 1168-1176.

Наумов Д.В. Гидроиды и гидромедузы морских, солоноватых и пресноводных бассейнов СССР. – М.:Л.: АН СССР, 1960. – 626 с.

Наумов Д.В. Сцифоидные медузы морей СССР. – М.:Л.: АН СССР, 1961. – 98 с.

Шунтов В.П. Межгодовая динамика в составе и структуре пелагических сообществ Охотского моря // Вестн. ДВО РАН. – 1995. – № 6. – С. 80-89.

Шушкина Э.А., Чиндонова Ю.Г., Виноградов М.Е., Сагалевич А.М. Исследование океанического зоопланктона в курило-камчатском районе с использованием глубоководных обитаемых аппаратов «Мир» // Океанол. – 1991. – Т. 31, вып. 4. – С. 609-614.

Brodeur R.D., Sugisaki H., Hunt G.L. Jr. Increases in jellyfish biomass in the Bering Sea: implications for the ecosystem // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 2002. – Vol. 233. – P. 89–103.

Helle J., Farley E., Murphy J. et al. The Bering-Aleutian Salmon International Survey (BASIS) // Alaska Fisheries Science Center. – 2007. – P. 1-5.

Nishikawa J., Nishida S., Moku M. et al. Biomass, abundance and vertical distribution of micronekton and large gelatinous zooplankton in the Subarctic Pacific and the Bering Sea during the summer of 1997 // Jour. of Oceanogr. – 2001. – Vol. 57. – P. 361-375.

ГИГАНТСКИЙ КАЛЬМАР *ARCHUTEUTHIS DUX MARTENSI* В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

М.А. Зуев.

ТИНРО-центр, г. Владивосток

Кальмары–архитейтисы являются одними из самых крупных головоногих моллюсков. Этим они обязаны длине своих щупалец, которые в 2,5-6,0 раза длиннее мантии. Обычно длина мантии 1,0-2,5 м, реже до 5,0 м. Масса взрослых архитейтисов от 50 кг до т. Ареал гигантских кальмаров разорван на три части. Обитают в северной субтропической и бореальной зоне Атлантического и Тихого океанов, в южной субтропической и нотальной зоне южного полушария. В экваториальной зоне они отсутствуют. Встречаются в открытом океане в сотнях миль от берега и над материковым склоном. Архитейтисы активные нектонные пловцы, совершающие продолжительные миграции. Видимо, они размножаются и проводят первые периоды жизни в субтропиках, а затем мигрируют на нагул в бореальную и нотальную зону, в воды полярного фронта, в районы фоновых апвеллингов и локальных подъемов глубинных вод над подводными возвышенностями. В целом это субтропический вид, заходящий на нагул в бореальную и нотальную зоны (Несис, 1982; 1985).

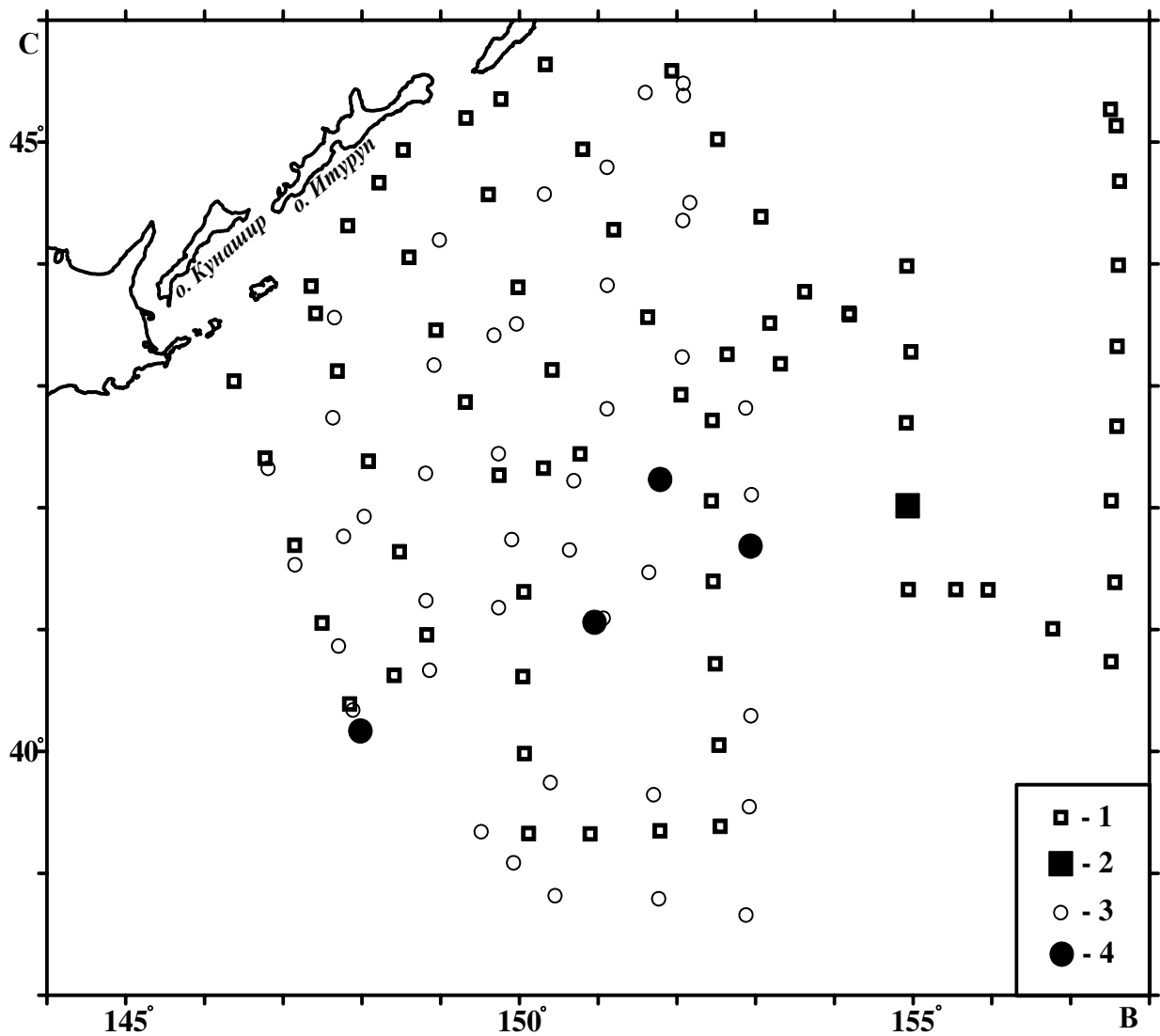
Отличительной особенностью сем. Architeuthidae от других представителей отр. Teuthida является гектоктилизация у самцов обеих брюшных рук (IV пара) при наличии пениса. До сих пор нет единого мнения по количеству видов в данном семействе. Это следствие отсутствия больших морфологических различий между тремя географически обособленными группами. В настоящее время считается, что в субтропической и нотальной зонах южного полушария обитает *A. dux sanctipauli* Vélain, 1875. В северной части Атлантического океана - *A. dux dux* Steenstrup, 1857, и в северной части Тихого океана - *A. dux martensi*. В СЗТО гигантский кальмар встречается в Японском море, у Южной Японии и Южных Курил до Командорских островов. Является обычным представителем мезопелагической тейтофауны. Длина мантии 1,0-1,5 м, общая длина 3-6 м. Крупных скоплений не образует, из-за аммиачной и студенистой мантии объектом промысла не является. Служит пищей китообразным (Шевцов, 1982; Несис, 1982; Несис и др., 1985; Nesis, 2003).

При проведении траловой съемки с 21 июля по 11 августа 2002 г. на НИС «Проф. Леванидов» (см. рисунок) в открытых водах Тихого океана в улове поверхностного траления обнаружена голова гигантского кальмара весом 14 кг. Последующий анализ показал, что голова принадлежит самцу на II стадии зрелости. Примерно в том же районе при проведении траловой съемки в ноябре 2005 г. на НИС «Проф. Кагановский» в уловах поверхностных тралений тропических и субтропических вод было встречено четыре самца в хорошем состоянии на I стадии зрелости, с длиной мантии 540, 544, 573 и 575 мм, все с пустыми желудками. Для данного района этот вид обычен в мезопелагиали, но пойманные экземпляры были весьма жизнеспособны и, видимо, поднялись к поверхности в поисках пищи. Конечно, данные находки не вносят в географическую картину распространения архитейтисов чего-то существенно нового. По сравнению с другими видами кальмаров, обитающих в эпипелагиали, архитейтисы не отличаются мускулистым телом и в случае опасности не смогут быстро скрыться. Однако эти поимки показывают, что кальмар способен в ночное время подниматься в верхнюю эпипелагиаль, расширяя свое вертикальное распространение от поверхности до глубин более 600 м.

ЛИТЕРАТУРА

Несис К.Н. Краткий определитель головоногих моллюсков Мирового океана. – М.: Легкая и пищ. пром., 1982. - С. 358.

Несис К.Н. Зоогеография мирового океана: сравнение зональности пелагиали и регионального членения шельфа (по головоногим моллюскам) // Морская биогеография. М.: Наука 1982. – С. 114-134.



Места поимок гигантского кальмара. Условные обозначения: 1 – схема станций НИС «Проф. Леванидов» в 2002 г. 2 – место поимки гигантского кальмара в 2002 г. 3 - схема станций НИС «Проф. Кагановский» в 2005 г. 4 – места поимок гигантских кальмаров в 2005 г.

Несис К.Н. Океанические головоногие моллюски: распространение, жизненные формы, эволюция. – М.: Наука, 1985. – С. 286.

Несис К.Н., Амелехина А.М., Болтачев А.Р., Шевцов Г.А. Поимки гигантских кальмаров рода *Architeuthis* в Северной Пацифике и Южной Атлантике // Зоол. журн. - М.: Наука, 1985. - Т. 64, вып. 4 - С. 518 – 527.

Шевцов Г.А. Первая поимка гигантских кальмаров в Северо-восточной части Тихого океана // Сб. тез. II Всес. Съезд Океанологов. – Севастополь, 1982. – Вып. 6. – С. 101-102.

Nesis. K.N. Distribution of recent cephalopoda and implications for plio-pleistocene events // Berliner Paläobiol. Abh. – Berlin, 2003. – С. 199-224.

БИОТА ЛИТОРАЛЬНОЙ ЗОНЫ ОСТРОВА РУССКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

М.Б. Иванова, А.П. Цурпало
ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: inmarbio@mail.primorye.ru

Биоте литоральной зоны острова Русского не было посвящено специальных работ, но в работах по зал. Петра Великого, в котором расположен остров, имеются значительные сведения (Закс, 1927; Дерюгин, 1939; Шапова, 1957; Перестенко, 1980; Волова, 1985; Гульбин и др., 1987; Кафанов, Жуков, 1993; Костина и др., 1996; Кашенко, 1999; Иванова и др., 2006; Кепель, 1999, 2004, 2007).

Исследование приливо-отливной зоны о-ва Русского были проведены литоральным отрядом Института биологии моря ДВО РАН, главным образом, в августе-сентябре 2007 г. Были обследованы бухты Аякс, Парис (бухта Житкова), мелководная заводь у мыса Ахлестышева, бухта Карпинского, район восточнее мыса Иванцова, бухта Воевода (бухты Мелководная и Круглая), бухта Рында и бухта Новик в районе мысов Старицкого, Экипажного и Ермолаева (рис). Выполнено 15 гидробиологических разрезов (12 стандартных и 3 рекогносцировочных), собрано 63 количественных и более 40 качественных проб макробентоса, а также 58 проб мейобентоса (на 1 и 4 разрезах мейобентос собран не был).

Сбор материала проводился по общепринятой методике хронологических исследований на литорали (Кусакин и др., 1974; Иванова и др., 2006).

Собранные животные и растения определены, главным образом, специалистами ИБМ: макрофиты – И.Р. Левенец, актинии – Е.Е. Костиной, нематоды – Л.С. Белогуровой, полихеты – И.Л. Давыдковой, усоногие – И.И. Овсянниковой, амфиподы – Л.Л. Будниковой (ТИНРО-центр), изоподы – О.А. Головань, декаподы и немертины – А.П. Цурпало, гастроподы – А.В. Чернышевым, двустворчатые и панцирные моллюски – М.Б. Ивановой, иглокожие – А.П. Цурпало и М.Б. Ивановой.

Следуя традиции выработанной в ходе литоральных исследований Института биологии моря в дальневосточных морях (Кафанов и др., 2004), мы делили литораль острова Русский на три горизонта. Схема деления литорали на три горизонта разработана О.Г. Кусакиным (1961) для литорали с неправильными полусуточными приливами, каковыми являются приливы в зал. Петра Великого. Нижний горизонт в период исследования почти полностью оставался погруженным в воду, так как отливы не превышали 0,3-0,5 м. Средний и верхний горизонты во время проведения работ были обнажены.

На литорали исследованного района обнаружено 50 видов растений (32 – Rhodophyta, 5 – Chlorophyta, 11 – Phaeophyceae, 2 – Magnoliophyta) и 179 видов животных (32 – Gastropoda, 24 – Bivalvia, 1 – Polyplacophora, 24 – Polychaeta, 4 – Cirripedia, 34 – Amphipoda, 12 – Isopoda, 10 – Decapoda, 31 – Nematoda, 5 – Echinodermata, 1 – Actiniaria, 1 – Nemertea). Животные макробентоса представлены 128 видами, животные мейобентоса – 51 видом. В составе мейобентоса были обнаружены Nematoda, Foraminifera, Ostracoda, Copepoda (Harpacticoida, Calanoida), Acarina, Turbellaria, молодь и взрослые формы Polychaeta и Oligochaeta, а также ювенильные особи Bivalvia (из них 11 видов встретились только в мейобентосе), Gastropoda (3), Isopoda (4), Amphipoda, Ophiuroidea и личинки Insecta.

Наибольшее видовое богатство макробентоса на литорали о-ва Русского (80 видов растений и животных) было отмечено в проливе Старка восточнее мыса Иванцова на каменисто-валунном грунте, чуть меньшее (68 видов) – в средней части бухты Аякс на галечном грунте, третье место занимает скалисто-валунная литораль в бухте Карпинского (63 вида).

При сравнении видового богатства макробентоса литорали острова Русского с таковым эстуарной зоны вершины Амурского залива, с одной стороны, и о-вов Дальневосточного морского заповедника, расположенных в открытой части зал. Петра Великого, с другой, обращает на себя внимание закономерное увеличение числа видов макробентоса от опресненных участков залива к открытым морским берегам. В зал. Петра Великого в указанных трех районах материал собирался по одной и той же методике в летний сезон, поэтому полученные цифры вполне сравнимы (см. таблицу), за исключением числа видов водорослей и морских трав в Морском заповеднике. Эта цифра слегка завышена, так как приводится с учетом сезонной динамики и для всего заповедника.

Изменение видового богатства макробентоса на литорали зал. Петра Великого

Систематическая группа макробентоса	Эстуарная зона вершины Амурского залива	О. Русский	О-ва Морского заповедника
Crustacea (Cirripedia, Decapoda, Amphipoda, Isopoda)	33	56	85
Mollusca (Gastropoda, Bivalvia, Polyplacophora, Cephalopoda)	21	43	63
Polychaeta			
Echinodermata	6	22	37
Actinaria	1	5	9
Растения (Rhodophyta, Phaeophyceae, Chlorophyta, Magnoliophyta)	1	1	3
	32	50	173

Ранее при исследовании макробентоса литорали о. Шикотан (Малая Курильская гряда), мы отметили подобную закономерность в распределении макробентоса на примере 226 видов из 16 местообитаний и назвали ее условно “градиентом биоразнообразия” (Ivanova, Tsurpalo, 2007). “Градиент биоразнообразия” не является универсальным свойством биоты и характерен для макробентоса, так как отражает закономерности его распределения, связанные с градиентом солености и степенью прибойности. Для тех групп мейобентоса, для которых в распределении важнее свойства субстрата и особенно наличие мелких фракций донных осадков, замечена обратная закономерность. Так, число видов нематод больше на литорали эстуарной зоны Амурского залива (45 видов), чем на литорали о. Русского (31 вид).

В целом, на литорали о. Русского, представленной разнообразными грунтами, развивается довольно большое количество сообществ макробентоса, в которых доминирующими по биомассе выступают 23 вида растений и животных. Но в каждом конкретном местообитании сообщества немногочисленны. Наибольшее число сообществ (8 и 7) отмечено, соответственно, в проливе Старка восточнее мыса Иванцова и в бухте Карпинского.

Наиболее часто по всему вертикальному диапазону литорали встречается сообщество усонного рака *Chthamalus dalli*. Биомасса доминирующего вида в нем колеблется в верхнем горизонте от 140 до 1140 г/м², в среднем горизонте – от 100,7 до 750 г/м², в нижнем горизонте – от 985 до 1270 г/м². Биомасса доминирующего вида может достигать 100 % от суммарной в сообществе и снижаться в некоторых случаях до 56,2 %. В модификации сообщества *Ch. dalli* + *Littorina mandshurica* биомасса *Ch. dalli* снижается до 48 % от суммарной, при этом на долю субдоминантного вида приходится 45,8 %. Сообщество *Ch. dalli* распространено на скалистых, валунных, каменистых субстратах и на отдельных камнях, расположенных на участках среди заиленного песка (бухта Мелководная). В состав этого сообщества в верхнем горизонте литорали входит небольшое число видов. Среди них встречаются брюхоногие моллюски *Littorina brevicula*, *L. mandshurica*, *Lottia kogamogai*, *Lottia versicolor*, изоподы *Dynoides dentisinus* и цианобактерии. В среднем горизонте доминирующему виду сопутствует большее число видов: красные водоросли *Gloiopeltis furcata*, *Masudaphycus irregularis*, *Ceramium kondoi*, *Polysiphonia japonica* и различные животные. Наиболее часто среди них встречается *L. brevicula* и другие брюхоногие моллюски (*Littorina squalida*, *L. mandshurica*, *Falsicingula athera*, *Lottia tenuisculpta*, *Epheria turrita* и др.), из ракообразных – *Caprella bispinosa*, *D. dentisinus*, *Pagurus brachiomastus*, *Amphibalanus improvisus*, *Hyale sp.* и другие. В нижнем горизонте в состав сопутствующих видов входят красная известковая водоросль *Corallina pilulifera*, брюхоногие моллюски *Littorina sitkana*, *L. mandshurica*, *L. squalida*, *F. athera*, *Hima acutidentata*, *L. kogamogai*, *L. tenuisculpta*, усонгий рак *Balanus rostratus*.

Очень распространено на литорали острова Русского сообщество *Littorina brevicula*. Оно, как и предыдущее сообщество, встречается по всему вертикальному диапазону литорали. Биомасса *L. brevicula* в верхнем горизонте литорали в отдельных скоплениях в углублениях скал и камней может достигать от 150,2 до 7189 г/м², в среднем горизонте отмечена меньшая биомасса – от 333 до 1984 г/м², в нижнем горизонте биомасса еще меньше – до 278 г/м². Биомасса *L. brevicula* как доминирующего вида может составлять от 59,9 до 100 % от суммарной биомассы сообщества. Сообще-

ство *L. brevicula* встречается на скалах, глыбах, валунах, на крупной гальке между камнями. В состав этого сообщества в верхнем горизонте литорали входят водоросли *Gloiopeltis furcata* и животные – *Ch. dalli* и *Falsicingula athera*. В среднем горизонте доминирующему виду сопутствуют как выше перечисленные виды, так и ракообразные *Amphibalanus improvisus*, *Hyale bassargini*, *Hemigrapsus sanguineus*, *Hemigrapsus penicillatus*, *Gnorimosphaeroma rayi*, морские блюдечки – *Lottia tenuisculpta* и многощетинковые черви *Nereis vexillosa*, *Nereis multignatha*, *Capitella capitata* и *Typosyllis pulchra occidentalis*. В нижнем горизонте как сопутствующие виды отмечены губки и *Ch. dalli*.

Также для литорали о. Русского очень характерно сообщество красной известковой водоросли *Corallina pilulifera*. Оно распространено в нижнем горизонте литорали. Биомасса доминирующего вида колеблется от 270 до 894 г/м² и составляет от 48,4 до 78,1 % от суммарной биомассы в сообществе. Сообщество *C. pilulifera* встречается на скалах, валунах и каменистом грунте. В состав сообщества в качестве сопутствующих видов входят разнообразные животные и некоторые водоросли. Из водорослей в сообществе отмечены *Scytosiphon lomentaria*, *Dictyota dichotoma*, *Analipus japonicus*. Из животных наиболее многочисленны мелкие брюхоногие моллюски *Falsicingula athera*, *Pusilina plicosa*, *Ansola angulosa* и *Ansola angustata*, *Epheria turrita*, молодь *L. brevicula*, *L. squalida*, *Homalopoma sangarense*, *Lucidestea ornata*. Реже встречаются двустворчатые моллюски *Turtonia minuta*, молодь *Crenomytilus grayanus*, *Mytilus trossulus kussakini*, *Venerupis philippinarum*. Кроме того в сообществе отмечены многощетинковые черви *Nereis multignatha*, *N. zonata tigrina*, *Platynereis bicanaliculata*, ракообразные *Ampithoe zachsi*, *Ampithoe sp.*, *Hyale sp.*, *Jassa marmorata*, *Guerneia quadrispinosa*, а также *Dynoides dentisinus*, *Holotelson tuberculatus* и *Ch. dalli*.

Для литорали о. Русского можно отметить характерные, кроме перечисленных сообществ, сообщества, в которых доминируют брюхоногие моллюски *Littorina mandshurica*, *L. squalida*, *Lottia kogamogai* и *Batillaria cumingii*.

Сообщество *L. mandshurica* отмечено в верхнем горизонте литорали на валунах с биомассой доминирующего вида до 1467 г/м² и в нижнем горизонте на галечно-песчаном грунте с биомассой 463 г/м². Это составляет на валунах до 100 %, а на галечно-песчаном грунте – до 68 % от суммарной биомассы в сообществе. В верхнем горизонте сопутствующим литорине видом является *Ch. dalli*, в нижнем горизонте из многочисленных сопутствующих видов, дающих значительную биомассу, нужно отметить *C. pilulifera*, *L. squalida*, *N. vexillosa* и *Ch. dalli*.

Сообщество *L. squalida* распространено в среднем горизонте литорали на галечно-песчаном заиленном грунте и в верхней части нижнего – на камнях. Биомасса *L. squalida* достигает 1495 г/м² и составляет до 58,7 % от суммарной в сообществе. В среднем горизонте сопутствующими видами выступают красные водоросли *Gracilaria gracilis*, ракообразные *Eogammarus possjeticus* и *Pagurus hirsutiusculus*, а также многощетинковые черви *Heteromastus filiformis*. В нижнем горизонте к сопутствующим видам относятся водоросли *Ralfsia fungiformis*, *Bossiella compressa*, *Clathromorphum compactum*. Среди животных отмечены ракообразные *Hemigrapsus sanguineus*, *Caprella sp.*, *Melita sp.*, моллюски *Venerupis philippinarum*, *Homalopoma sangarense*, *Tegula rustica*, *Lottia tenuisculpta*, многощетинковые черви *N. vexillosa*, *Harmothoe imbricata*.

В верхнем горизонте литорали на валунах и глыбах отмечено сообщество морских блюдечек *Lottia kogamogai* с биомассой доминирующего вида 180 г/м², что составляет 63 % от суммарной биомассы сообщества. Сопутствующие виды – *Ch. dalli*, *L. sitkana*, *Falsicingula athera* и *Dynoides dentisinus*.

На галечно-песчаном заиленном грунте в среднем и нижнем горизонтах литорали характерны поселения *Batillaria cumingii*. Биомасса доминирующего вида в этом сообществе достигает 109 г/м² и составляет до 100 % суммарной. Отмечен единственный сопутствующий вид – *Nereis sp. juv.*

Менее значительные скопления образуют моллюски в сообществе *Macoma contabulata* + *Hima fratercula*. Их биомасса достигает 53 и 47 г/м², что составляет 41,6 и 36,9 % от суммарной соответственно. Это сообщество встречается на заиленном песке с примесью гальки в нижнем горизонте литорали в мелководной заводи к юго-западу от м. Ахлестышева. К сопутствующим видам относятся красные водоросли *Polysiphonia japonica* и *Gracilaria gracilis*, а также амфиподы *Pontogeneia intermedia*.

Из сообществ, в которых доминируют животные, на литорали о-ва Русского еще следует отметить сообщество *Hemigrapsus penicillatus* + *Gnorimosphaeroma rayi* в среднем горизонте на галечном грунте, где эти ракообразные довольно характерны. Их биомасса достигает 38,7 и 26,3 г/м², что составляет 33,5 и 22,8 % от суммарной соответственно. Среди сопутствующих животных постоянно встречаются брюхоногие моллюски *Ephera turrita*, *Littorina brevicula*, *L. squalida*, *Cecina manchurica*, *Pusilina plicosa* и *Lucidestea ornata*, а также амфиподы *Pontogeneia* sp. и многощетинковые черви *Neanthes* sp.

Среди красных водорослей, произрастающих на литорали о-ва Русского, кроме упоминавшейся выше *Corallina pilulifera*, в нижнем горизонте сообщества образуют *Grateloupia turuturu*, *Neorhodomela larix aculeata*, *N. munita*, *Gracilaria gracilis*, *Lomentaria hakodatensis* и два вида рода *Ceramium* в совместном сообществе *C. japonicum* + *C. kondoi*. В среднем горизонте развиваются сообщества красных водорослей *Gloiopeltis furcata* и *Campylaephora crassa*.

Наибольшая биомасса из красных водорослей отмечена для *G. turuturu* – 4200 г/м², что составляет 99 % от суммарной в сообществе. Этому виду сопутствует эпифит *Polysiphonia japonica* и многощетинковые черви *Spirorbidae*.

С меньшей биомассой встречается *N. larix aculeata* – до 3300 г/м², что составляет 87,9 % от суммарной биомассы в сообществе. Этому виду сопутствуют моллюски *Mytilus trossulus kussakini*, *Ansola angustata*, *Falsicingula athera*, *Ephera turrita*, *Alaba picta*, *Littorina squalida*, *Pusilina plicosa*. Среди них особенно многочисленны *F. athera*, плотность поселения которой достигает 132800 экз./м² при биомассе 344 г/м². Из водорослей доминирующему виду сопутствуют *C. pilulifera*, *Ceramium japonicum* и *Gracilaria gracilis*. Среди животных много амфипод (*Caprella scaura diceros*, *C. bispinosa*, *Ampithoe djakonovi*, *A. lacertosa*, *Jassa marmorata* и др.), встречаются раки-отшельники *Pagurus middendorffii*, изоподы *Holotelson tuberculatus*, многощетинковые черви *Nereis multignatha*.

Другой вид рода *Neorhodomela* - *N. munita* образует сообщество, располагающееся пятнами в поясе *C. pilulifera*. Биомасса доминирующего вида в этом сообществе достигает 1650 г/м², что составляет 73,3 % от суммарной. Этому виду также сопутствуют многочисленные и разнообразные амфиподы *Caprella mutica*, *Pontogeneia intermedia*, *J. marmorata*, *Guernea quadrispinosa*, *Ampithoe* sp., *A. lacertosa*, *Ischirocerus* sp. и др., раки-отшельники *P. middendorffii*, изоподы *H. tuberculatus*, двустворчатые моллюски *Turtonia minuta* и *M. trossulus kussakini* и многочисленные брюхоногие моллюски *F. athera*, *Homalopoma sangarensense*, *Lucidestea ornata*, *Ansola angulosa*, *Mitrella burchardi*, *Pusilina plicosa*, *L. squalida*.

Следующий вид красных водорослей – *Gracilaria gracilis* – образует сообщество в нижнем горизонте литорали, прикрепляясь к мелким камням среди илисто-песчаного грунта в бухте Мелководной (бухта Воевода). Его биомасса как доминирующего вида невелика – 330 г/м², что составляет 47,2 % от суммарной в сообществе. Основными сопутствующими видами в этом случае выступают моллюски *Batillaria cumingii* с биомассой 213 г/м² (30,5 %) и *Littorina mandshurica* (151 г/м²). В сообществе встречаются также амфиподы *Eogammarus possjeticus* и *Monocorophium acherusicum*. Кроме того нужно отметить эпифиты *Polysiphonia japonica* и диатомовые водоросли.

Lomentaria hakodatensis образует сообщество на верхней поверхности валунов с небольшой биомассой доминирующего вида - 260 г/м², что составляет 75,3 % от суммарной. Как сопутствующие виды в этом сообществе отмечены брюхоногие моллюски *F. athera*, амфиподы *J. marmorata*, *Ampithoe* sp., *Ischirocerus* sp., *Huale* sp. и бурая водоросль *Dictyota dichotoma*.

И последнее сообщество красных водорослей в нижнем горизонте литорали – это сообщество *Ceramium japonicum* + *C. kondoi*. Эти виды не образуют большой биомассы. Она достигает всего 94 и 64 г/м², что составляет 30,1 и 20,5 % от суммарной в сообществе соответственно. Этим видам сопутствуют и другие водоросли: *Laurencia nipponica*, *N. larix aculeata*, *C. pilulifera*, *P. japonica*, *D. dichotoma*, а также животные – амфиподы *J. marmorata*, *P. intermedia*, *Ampithoe* sp., моллюски *F. athera* и *Lottia tenuisculpta* и усоногие раки *Ch. dalli*.

Для среднего горизонта литорали, особенно его верхней части, характерно развитие сообщества *Gloiopeltis furcata*. Оно не образует больших биомасс. Наибольшая биомасса доминирующего вида в этом сообществе – 195 г/м², что составляет 72,2 % от суммарной, отмечена на глыбах, меньшая биомасса – 84,5 г/м² (65,8 %) – на валунах. Основным сопутствующим видом является *Ch. dalli*. Кроме него отмечены изоподы *Holotelson tuberculatus* и моллюски *Tritonalia japonica* и *L. squalida*.

Кроме сообщества *G. furcata*, в среднем горизонте на поверхностях глыб развивается сообщество красной водоросли *Campylophora crassa*. Биомасса доминирующего вида в нем достигает 620 г/м², что составляет 79,9 % от суммарной. В этом сообществе основным сопутствующим видом также является *Ch. dalli* (до 110 г/м²), а кроме того, отмечены амфиподы *J. marmorata*, *Caprella cristibrachium*, *Ischirocerus sp.*, *Ampithoe sp.*, *Pontogeneia sp.*, изоподы *Dynoides dentisinus* и брюхоногие моллюски *F. athera*, *Ansola angustata* и *Mitrella burchardi*.

Бурые водоросли также могут формировать сообщества в нижнем и среднем горизонтах литорали о. Русского.

Наибольшую биомассу из бурых водорослей образует в нижнем горизонте *Sargassum pallidum* – 3800 г/м², что составляет 90,6 % от суммарной в сообществе. Как доминирующему виду ему сопутствуют водоросли *Neorhodomela munita* с эпифитами *Lithophyllum tumidulum*, *Polysiphonia morrowii*, *Gelidium vagum*, *Sphacelaria furcigera*, *Cladophora stimpsonii*. Кроме того, отмечены водоросли *Ulva fenestrata*, *Scytosiphon lomentaria*, *Grateloupia divaricata*, *Ahnfeltia tobuchiensis*, а также животные: амфиподы *Ampithoe sp.*, *A. annenkovae*, *Caprella penantis*, *C. algaceus*, *J. marmorata*, *Platorchestia pachipus*, *Orchomenella sp.*, моллюски *Turtonia minuta*, *L. squalida*, *M. burchardi*, *F. athera*, *Lucidestea ornata*, *Alaba picta*, многощетинковые черви *Nereis multignatha* и раки-отшельники *Pagurus middendorffii*.

В нижнем горизонте литорали на галечном грунте развивается сообщество *Coccophora langsdorfii* с биомассой доминирующего вида 240 г/м², что составляет 50,6 % от суммарной. В этом сообществе как сопутствующие виды отмечены моллюски *F. athera*, *L. brevicula*, *Hima fratercula*, *Lottia tenuisculpta*, *L. squalida*, *Epheria turrita*, *M. trossulus kussakini*, амфиподы *Caprella laevis*, *Ericthonius tolli*, *Ampithoe sp.* и эпифит *Polysiphonia japonica*.

В среднем горизонте литорали из сообществ бурых водорослей наиболее характерны сообщества *Chordaria flagelliformis* и *Dictyota dichotoma*.

Биомасса *Ch. flagelliformis* достигает 2030 г/м², что составляет 99,3 % от суммарной в сообществе. Как сопутствующие виды в сообществе *Ch. flagelliformis* отмечены моллюски *F. athera*, *L. squalida*, *Pusilina plicosa*, *Lucidestea ornata*, *Lirularia iridescens*, *M. burchardi*, *Ansola angustata* и *Turtonia minuta*, изоподы *Dynoides dentisinus* и амфиподы *Caprella penantis*, *C. laevis*, *J. marmorata*, *Calliopius laeviusculus*, *Paracalliopiella litoralis*, *Parallorchestes zibellina* и *Ampithoe sp.*

Dictyota dichotoma образует сообщество на скалах с биомассой до 465 г/м², что составляет 39,8 % от суммарной. В этом сообществе доминирующему виду сопутствуют многочисленные водоросли *N. larix aculeata*, *Ch. flagelliformis* с эпифитом *Saundersella simplex*, *C. pilulifera*, *Laurencia pinnata*, моллюски *F. athera*, *E. turrita*, амфиподы *Ampithoe djakonovi* и *Hyale sp.*

Из высших растений на литорали о. Русского сообщества формируют *Phyllospadix iwatensis* и *Zostera marina*. Оба эти вида произрастают в нижнем горизонте литорали и в верхней сублиторали.

Сообщество *Ph. iwatensis* формируется на скалах и валунах. Биомасса доминирующего вида в этом сообществе достигает 8280 г/м², что составляет 62,5 % от суммарной. Среди сопутствующих видов отмечены многочисленные брюхоногие моллюски *Homalopoma sangarensense*, *Ansola angulosa*, *Alaba picta*, *M. burchardi*, *Pusilina plicosa*, *L. ornata*, *Littorina squalida*, *Lirularia iridescens*, *F. athera*, двустворчатые моллюски *T. minuta* и амфиподы *Ampithoe sp.*, *Caprella bispinosa*, *C. penantis*, *J. marmorata*, *Paradexamine fraudatrix* и Lysianassidae.

Сообщество *Z. marina* развивается на мягких заиленных грунтах. Биомасса доминирующего вида не столь велика и достигает 1290 г/м², что составляет 71,7 % от суммарной в сообществе. Как сопутствующие виды отмечены ракообразные *Hemigrapsus sanguineus* и брюхоногие моллюски *B. cumingii* и *L. squalida*.

Таким образом, на литорали о-ва Русского, несмотря на ее малую высоту, развивается довольно разнообразная и обильно представленная биота. Тем не менее, по сравнению с другими районами дальневосточных морей, особенно такими, как Курильские и Командорские о-ва, литоральная зона о-ва Русского населена бедно.

В бухтах Аякс и Парис, обращенных в прол. Босфор Восточный, наблюдается значительное антропогенное загрязнение, распространяющееся от города Владивостока. Оно сказывается на характере растительности в бухте Аякс, где в верхней сублиторали (до глубины 2-3 м) и сублито-

ральной кайме преобладают эврибионтные зеленые водоросли *Ulva* и *Codium* вместо обычных в подобных местообитаниях бурых и красных водорослей, чувствительных к загрязнению. В бухте Житкова (бухте Парис) в верхней супралиторали (зоне заплеска) выше пояса выбросов морской травы берег покрыт пластиковым плавником (пластиковые бутылки, пакеты и другой мусор). Тем не менее, нефтяной пленки в пределах литорали острова в исследованный период не наблюдалось.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Asia-Pacific Net Work for Global Change Research. Project ARCP 2007-12 NMY.

ЛИТЕРАТУРА

Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. – 1985. – Т. 110. – С. 111-119.

Гульбин В.В., Иванова М.Б., Кепель А.А. Поясообразующие группировки островной литорали Дальневосточного государственного морского заповедника // Исследования литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 83-111.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море) // Сб., посвящ. науч. деятельности Н.М. Книповича (1885-1939). – М.; Л.: Пищепромиздат, 1939. – С. 115-142.

Закс И.Г. Предварительные данные о распределении фауны и флоры в прибрежной полосе залива Петр Великий в Японском море // Тр. Первой конф. По изучению производит. сил Дальнего Востока. – Владивосток, 1927. – Вып. 4. – С. 213-247.

Иванова М.Б., Белогурова Л.С., Цурпало А.П. Биота литорали эстуарной зоны вершины Амурского залива (зал. Петра Великого, Японское море) // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий. Материалы международной научно-практической конференции. – Владивосток: ДВГУ, 2006. – С. 71-73.

Кафанов А.И., Жуков В.Е. Прибрежное сообщество водорослей-макрофитов залива Посьета (Японское море): Сезонная изменчивость и пространственная структура. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 156 с.

Кафанов А.И., Иванова М.Б., Колтыпин М.В. Состояние изученности литорали российских дальневосточных морей // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 4. – С. 320-330.

Кашенко Н.В. Донные сообщества макрофитов залива Восток Японского моря // Биол. моря. – 1999. – Т. 25, № 5. – С. 360-364.

Кепель А.А. Сезонная динамика макрофитобентоса на каменистой литорали в устье протоки озера Птичьего (юго-западная часть залива Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. – 1999. – Т. 25, № 5. – С. 355-359.

Кепель А.А. Состав и распределение макробентоса на литоральном полигоне // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. – Владивосток: Дальнаука, 2004. – Т.2. – С. 511-516.

Кепель А.А. Сезонные изменения видового состава в сообществах скалистой литорали Дальневосточного морского биосферного заповедника // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу: Материалы конф. – Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН; БГПУ, 2007. – Т. 1. – С. 172-174.

Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А. Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря // Биол. моря. – 1996. – Т. 22, № 2. – С. 81-88.

Кусакин О.Г. Некоторые закономерности распределения фауны и флоры в осушной зоне южных Курильских островов // Исслед. дальневост. морей. – 1961. – Т. 7. – С. 312-343.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флоро-фаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 5-75.

Мокиевский О.Б. Некоторые черты литоральной фауны материкового побережья Японского моря // Тр. пробл. и темат. совещ. Зоол. Ин-та АН СССР. – Л, 1956. – Вып. 6. – С. 116-121.

Перестенко Л.П. Водоросли залива Петра Великого. – Л.: Наука, 1980. – 232 с.

Таблицы приливов на 2007 год. Воды азиатской части России. – ГУН и О МО РФ, 2006. – Т. 2. – 139 с.

Щапова Т.Ф. Литоральная флора материкового побережья Японского моря // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. – 1957. – Т. 23. – С. 21-66.

Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. On the bionomic typology of intertidal zone as illustrated by the intertidal biota of Shikotan Island (Kuril Islands) // Biodiversity of the marginal seas of the Northwestern Pacific Ocean: Proceedings of the Workshop, Institute of Oceanology CAS, Qingdao, China, November 21-23, 2007. Qingdao, 2007. – P. 12-15.

ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКТИВНОГО ЦИКЛА ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА (*ERIOCHEIR JAPONICA*) В ВОДОЕМАХ ПРИМОРЬЯ

М.В. Калинина, Н.В. Колпаков
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, kalininamv@tinro.ru

Японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (de Naan, 1835), субтропический катадромный вид, широко распространен в северо-восточной части тихоокеанского побережья от Японских островов до о. Сахалин, включая Приморье (Виноградов, 1950; Лабай, 1999). Исследования, посвященные биологии размножения этого вида, в большинстве своем касаются животных, обитающих в водоемах Японии (Kobayashi, Matsuura, 1995; 2003; Kobayashi, 1999 и др.). В последние годы мохнаторукий краб вошел в число перспективных промысловых объектов, однако особенности его размножения в водах Приморского края до настоящего времени остаются мало изученными (Семенькова, Калинина, 2006; Калинина и др., 2008).

Целью работы было изучение особенностей репродуктивного цикла японского мохнаторукого краба в водоемах Приморья.

Самок японского мохнаторукого краба собирали в р. Раздольная Приморского края (14-18 км от устья и около устья) в 2004-2007 гг. Пол животных определяли по форме абдомена (Kobayashi, Matsuura, 1992).

У каждого животного измеряли ширину карапакса штангенциркулем с точностью до 1 мм, определяли общий вес тела животного (ВТ), вес животного без клешней (ВТбК), вес гонад (ВГ) на электронных весах с точностью до 0,1 г. Гонадосоматический индекс (ГСИ) рассчитывали как соотношение веса гонады к весу тела без клешней, выраженное в процентах: $ГСИ = ВГ / ВТбК \cdot 100 \%$.

Кусочки гонады (5X5 мм) фиксировали в 96 %-ном этиловом спирте и параллельно в ФСУ, затем фиксированный материал заливали в парафин по стандартной методике (Ромейс, 1955). Срезы толщиной 5-7 мкм окрашивали гематоксилином Эрлиха и эозином. Препараты просматривали и анализировали под микроскопом LABOVAL 4.

Стадии зрелости яичников определяли по классификации, предложенной Кобаяси (Kobayashi, 2003), который выделил у *E. japonicus* шесть таких стадий по степени развития преобладающей (модальной) группы ооцитов: 1-я – стадия пролиферации оогониев и хромосомных преобразований ооцитов, 2-я – стадия малого роста ооцитов (превителлогенез), 3-я – начала трофоплазматического роста (первичный вителлогенез), 4-я – активного трофоплазматического роста (вторичный вителлогенез), 5-я – преднерестовая, 6-я – посленерестовая. По тексту стадии зрелости яичников обозначены арабскими цифрами, а стадии роста ооцитов – римскими.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы Statistica 6.0.

В южном Приморье линька половозрелости у большинства мохнаторуких крабов происходит во второй половине августа (Семенькова, Калинина, 2006). После этого в яичниках начинают преобладать процессы вторичного вителлогенеза: в ооцитах происходит постепенное накопление запасных питательных веществ в виде желточных гранул, в результате чего объем яичников значительно увеличивается. Подробное описание стадий зрелости от начала развития до зрелой гонады дано в наших предыдущих работах (Калинина и др., 2008).

Наши предыдущие исследования показали, что в реках южного Приморья процессы роста гонад у взрослых самок *E. japonica* наблюдаются с третьей декады августа до конца ноября (Калинина, Винникова, 2007). В результате настоящего исследования было установлено, что в конце августа, т.е. вскоре после линьки половозрелости, половые железы крабов в основном находились на 2-й и 3-й стадиях зрелости, при этом животных на 5-й стадии отмечено не было (см. таблицу). Во второй половине сентября уже больше половины особей имели гонады на 5-й стадии (в начальной ее фазе), а в конце октября их доля составила 80 %. Во второй половине ноября яичники у всех исследованных самок находились на 5-й (преднерестовой) стадии и в основном были заполнены ооцитами, закончившими трофоплазматический рост, т.е. готовыми к созреванию и оплодотворению. Однако в это время нереста не наблюдалось, и в течение всех зимних месяцев яичники самок находились на 5-й стадии зрелости. При этом резорбции крупных ооцитов (дефинитивных размеров) не отмечалось. В то же время нами были отмечены морфопатологические изменения

превителогенных ооцитов, присутствующих в гонаде в небольшом количестве. У этих клеток наблюдалась вакуолизация цитоплазмы и разрушение клеточной оболочки, вследствие чего на их месте появлялись множественные пустоты.

В весенние месяцы (апрель-май) в яичниках наблюдалась активизация гаметогенетических процессов. По сравнению с зимними месяцами отмечено увеличение количества оогоний и ооцитов цитоплазматического роста, формирующих небольшие зоны среди клеток дефинитивных размеров. В яичнике при этом продолжали идти процессы вителлогенеза. Во второй половине мая были отмечены первые особи с яичниками на посленерестовой стадии, т.е. приступившие к размножению.

Средние значения гонадосоматического индекса (ГСИ) и стадии зрелости яичника у самок японского мохнаторукого краба в течение года

Месяц (дата)	Кол-во экз.	Ширина карапакса, мм	Стадии зрелости яичника, %				ГСИ, %
			2	3	4	5	
Август	26	62,3 (45-71)	58	34	8	-	1,1±0,57 (0,4-2,8)
Сентябрь	32	64,0 (54-72)	10	-	25	65	3,7±1,56 (0,7-6,9)
Октябрь**	58	55,3 (49-69)	-	-	20	80	5,8±0,2 (1,4-6,0)
Ноябрь**	81	54,6 (49-69)	-	-	-	100	7,8±0,2 (5,2-11,5)
Декабрь	30	68 (60-76)	-	-	-	100	8,3±1,7 (5,0-11,5)
Февраль	7	67 (61-72)	-	-	-	100	8,7±1,9 (6,5-11,5)
Март	15	65,0 (51-72)	-	-	-	100	9,26±3,1 (4,5-15,5)
Апрель	12	61,8 (58-68)	-	-	-	100	9,17±1,9 (5,9-14,0)
Май (14.05.2006)	18	62,8 (58-68)	-	-	-	100	8,8±2,5 (5,1-14,3)
Май (25-30.05.2006)	7	55,6 (47-63)	-	-	-	100	8,5±1,75 (6,14-10,4)
	22*	62,8* (53-72)	27	45	18	23	2,21±0,8* (1,23-4,15)

* Яйценосные самки.

** Данные взяты из статьи Е.Г. Семеньковой и М.В. Калининой (2006). Значения приведены в виде среднего и его стандартного отклонения, в скобках указаны пределы изменчивости.

Яичники на посленерестовой стадии зрелости заполнены преимущественно ооцитами малого роста (II стадия роста) и невыметанными дефинитивными ооцитами (VI стадии роста). Последние располагаются в основном по периферии и находятся в той или иной степени резорбции. Между ооцитами малого роста отдельными небольшими зонами располагаются оогонии и ооциты на стадии хромосомных преобразований (I стадия роста). Отличительной особенностью посленерестовой стадии является присутствие в яичнике в большом количестве фолликулярных оболочек, оставшихся после выметанных ооцитов и занимающих значительные площади. Фолликулярные клетки также окружают невыметанные ооциты, активно участвуя в их резорбции.

В течение года у исследованных половозрелых самок индивидуальные значения гонадосоматического индекса (ГСИ) изменялись от 0,4 до 15,5 %, в среднем от 1,1 до 9,26 % (см. таблицу). С августа по декабрь, по мере роста яичников, их масса существенно увеличивалась и достигала наибольших значений у особей со зрелыми гонадами (5-ая стадия зрелости яичника). В зимние месяцы средние значения ГСИ оставались примерно на том же уровне (8,3 % в декабре и 8,7 % в феврале), а индивидуальные не опускались ниже 5,0 %. В течение всех весенних месяцев половые железы взрослых крабов, не приступивших к размножению, характеризовались высокими индивидуальными и средними показателями ГСИ. При этом следует отметить, что средние значения ГСИ у самок перед зимовкой были сравнительно ниже, чем аналогичные показатели в весенние месяцы перед периодом размножения (7,8 и 9,17-9,26 %, соответственно). Это можно объяснить

тем, что на фоне низких температур процессы вителлогенеза замедляются, но не останавливаются полностью, поэтому объем гонад продолжает увеличиваться и в зимние месяцы. В третьей декаде мая гонады животных приступивших к размножению характеризовались более низкими значениями ГСИ: у яйценосных самок индивидуальные значения ГСИ варьировали от 1,23 до 4,15 %, в среднем составив 2,21 %. В целом динамика значений ГСИ отражает суммарную динамику изменений объемов половых клеток, присутствующих в гонаде на разных стадиях развития.

Таким образом, у самок *E. japonica*, обитающих в реках южного Приморья, процесс вторичного вителлогенеза от линьки половозрелости (в августе) до полного созревания (в ноябре) занимает около 3 мес. Температурный диапазон, при котором крабы могут размножаться, довольно широк: от 7 до 28 °С (Kobayashi, 1999). В р. Раздольная во второй половине ноября температура воды составляет около 0,2 °С, поэтому нереста мохнаторукого краба в это время не наблюдается, и животные уходят на зимовку со зрелыми гонадами. В зимние месяцы на фоне низких температур процессы вителлогенеза и превителлогенеза замедляются, гонады в основном заполнены ооцитами позднего трофоплазматического роста. С началом весеннего прогрева вод наблюдается активизация гаметогенетических процессов, которая в первую очередь касается превителогенных ооцитов и оогоний. Перезимовавшие взрослые особи участвуют в размножении в весенне-летний период, когда температура воды поднимается до 7-10 °С (Барабанщиков, 2002). Сезон размножения мохнаторукого краба в водах Приморья длится около 5 мес - с конца апреля до начала сентября, при этом значительная часть крабов после размножения погибает (Семенькова, 2007). В реках южного Приморья за сезон размножения самки мохнаторукого краба могут нереститься до трех раз (Семенькова, 2005). Следовательно, у *E. japonica* нерест имеет порционный характер. После нереста развитие эмбрионов и рост яичника протекают параллельно, и степень зрелости яичника находится в прямой зависимости от стадии развития эмбриона. В целом у яйценосных самок вителлогенез протекает таким же образом, что и у не яйценосных.

ЛИТЕРАТУРА

- Барабанщиков Е.И.** Японский мохнаторукий краб (*Eriocheir japonicus* de Haan) эстуарно-прибрежных систем Приморского края // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 131. – С. 228-248.
- Виноградов Л.Г.** Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Изв. ТИНРО. – 1950. – Т. 33. – С. 180-356.
- Калинина М. В., Винникова Н. А.** Особенности репродуктивного цикла японского мохнаторукого краба в реках Приморья // Материалы 2-й науч. конф. «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов». – Петрозаводск, 2007. – С. 66-67.
- Калинина М.В., Винникова Н. А., Семенькова Е. Г.** Созревание и цветковые характеристики яичников японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* (Crustacea: Decapoda, Grapsida) // Онтогенез. – 2008. – Т. 39, № 1. – С. 1-8.
- Лабай В.С.** Атлас-определитель высших ракообразных (Crustacea, Malacostraca) пресных и солоноватых вод острова Сахалин // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. – Юж.-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 1999. – Т. 2. – С. 59-73.
- Ромейс П. Н.** Микроскопическая техника. – М.: Иностран. лит-ра, 1955. – 718 с.
- Семенькова Е. Г.** Некоторые вопросы биологии японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus*, связанные с его размножением // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 143. – С. 52-62.
- Семенькова Е.Г.** Биология и перспективы промысла японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonica* в водоемах Приморья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2007. – 23 с.
- Семенькова Е. Г., Калинина М.В.** Линичный процесс и половое созревание японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* в водоемах Приморья // Вопросы рыболовства. – 2006. – Т. 7, № 2 (26). – С. 238-250.
- Kobayashi S.** Reproductive ecology of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (de Haan): a review // Jap. J. Benthology. – 1999. – Vol. 54. – P. 24-35.
- Kobayashi S.** Process of maturity and reproduction of female Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan) // Crustacean Res. – 2003. – Vol. 32. – P. 32-44.
- Kobayashi S., Matsuura S.** Morphological changes of the exoskeleton of the female Japanese mitten crab, according to growth and maturity // Researches on Crustacea. – 1992. – Vol. 21. – P. 159-168.
- Kobayashi S., Matsuura S.** Reproductive ecology of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (de Haan) in its marine phase // Benthos Res. – 1995. – Vol. 49. – P. 15-28.
- Kobayashi S., Matsuura S.** Process of growth, migration, and reproduction of middle- and large-sized Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (de Haan) in a Small River and its Adjacent sea coast // Benthos Res. – 2003. – Vol. 58. – № 2. – P. 15-28.

РАЗЛИЧИЯ МЕЖДУ КРУПНО- И МЕЛКОРАЗМЕРНОЙ ГРУППИРОВКАМИ СЕВЕРНОГО КАЛЬМАРА (*BOREOTEUTHIS BOREALIS*) ПО ФОРМЕ СТАТОЛИТОВ

О.Н. Катугин, А.В. Дакус

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ТИНРО-центр),
г. Владивосток, Россия, e-mail: katugin@tinro.ru

Введение

Северный кальмар, *Boreoteuthis borealis* (Sasaki 1923), – один из наиболее массовых представителей пелагических головоногих моллюсков в северной части Тихого океана (Радченко, 1992; Лапко, 1995; Атлас..., 2003, 2005, 2006; Nesis, 1997). Ареал этого кальмара включает в себя Охотское и Берингово моря, а также обширную океаническую акваторию между о. Хоккайдо и Северной Америкой (Несис, 1982; Murakami, 1976; Murata et al., 1976; Okutani et al., 1988; Nesis, 1997). В северо-западной части Тихого океана встречаются мелко-размерная и крупноразмерная формы северного кальмара, которые отличаются размерами при созревании и районами обитания (Naito et al., 1977; Kubodera et al., 1983; Nesis, Nezhlin, 1993). Между мелко- и крупноразмерными кальмарами имеются небольшие генетические различия (Lindgren et al., 2005). С уверенностью различать кальмаров обеих группировок можно только на поздних стадиях полового созревания, тогда как молодь и неполовозрелые особи внешне неотличимы. Кроме того, ареалы обеих группировок значительно перекрываются в океанических районах восточнее Курильских островов. Трудности, возникающие при идентификации кальмаров разных размерных когорт, не позволяют дифференцированно подходить к анализу особенностей биологии, распределения, структуры и динамики запаса северного кальмара в северо-западной части Тихого океана. Так, например, по данным пелагических траловых съемок ТИНРО-центра в открытых водах восточнее о. Хоккайдо и Курильских о-вов, в зоне совместного обитания мелко- и крупноразмерных кальмаров, расчетная биомасса северного кальмара достигает почти 1 млн т. Тем не менее, невозможно оценить, какова доля каждой из размерных когорт в общем запасе, так как основу учтенной биомассы северного кальмара в океане составляли молодые и незрелые кальмары, т.е. те стадии, по которым кальмары обеих когорт внешне неотличимы.

Нами были исследованы особенности формы статолитов северного кальмара с целью использования внешних признаков статолитов для дифференциации особей мелко- и крупноразмерной группировок. Статолиты – это мелкие парные арагонитовые образования, которые расположены у головоногих моллюсков в камерах или статоцистах внутри хрящевого краниума (Clarke, 1978). Ранее было показано, что форма статолитов кальмаров может быть видоспецифична, а морфометрический анализ формы статолитов можно с успехом использовать для выявления различий между близкими видами и даже между внутривидовыми группировками (Clarke et al., 1980).

Материал и методы

Для настоящего исследования были препарированы статолиты 403 особей северного кальмара из Берингова и Охотского морей и северо-западной части Тихого океана (СЗТО), выловленных в семи научно-исследовательских и промысловых экспедициях ТИНРО-центра в 1997-2004 гг. На основании данных о размерах и стадии полового созревания кальмаров относили к размерным когортам. Мелкоразмерные особи (S-когорты) были из западной части Берингова моря (149 экз.), Охотского моря (145 экз.), Тихого океана у Курил (33 экз.) и открытых вод СЗТО (64 экз.), а крупноразмерные особи (L-когорты) – только из СЗТО (32 экз.). У кальмаров измеряли дорсальную длину мантии (ДМ), определяли пол и стадию зрелости (молодь; I и II стадии – неполовозрелые; III – созревающие; IV – зрелые; V – преднерестовые).

Для анализа изменчивости внешней морфологии статолитов измеряли следующие пять параметров: длина статолита (ДС, расстояние от верхнего края дорсального купола до нижнего края роострума), длина роострума (ДР, расстояние от роострального угла до нижнего

края роstrума), длина тела (ДТ, расстояние от верхнего края дорсального купола до роstrального угла), длина аппарата прикрепления (ДАП, расстояние от верхнего края дорсальной шпоры до нижнего края крыла), ширина статолита (ШС, наибольшее расстояние между передним краем участка прикрепления и задним краем латерального купола).

Сравнения кальмаров разных групп проводили многомерными методами анализа по пяти морфометрическим индексам: ДР/ДС, ДТ/ДС, ДАП/ДС, ШС/ДС и ДС/10*ДМ. Для выявления различий между группировками использовали дискриминантный анализ индивидуальных значений индексов, а для определения связи между зрелыми самками и самцами размерных когорт – кластерный анализ средних значений индексов (пакет STATGRAPHICS Plus for Windows 3.0).

Результаты и обсуждение

Размеры (ДМ) северного кальмара без дифференциации по когортам составили 30-251 мм (среднее $109,87 \pm 2,17$ мм, $n=403$). Размеры (ДМ) крупноразмерных особей (L-когорты) составили 145-251 мм (среднее $212,19 \pm 4,45$ мм, $n=32$). К мелкоразмерной группировке (S-когорты) были отнесены особи, размеры (ДМ) которых составили 30-181 мм (среднее $101,05 \pm 1,66$ мм, $n=371$), с той оговоркой, что сюда же включены особи, пол которых не был определен (молодь). Размеры (ДМ) молоди составили 30-80 мм (среднее $53,39 \pm 2,10$ мм, $n=28$). На частотных гистограммах размеров видно, что дифференциация кальмаров по размерным когортам не выражена среди неполовозрелых животных (молодь и стадии I-II) (рис. 1а), но отчетливо проявляется для особей на продвинутых стадиях зрелости (стадии III-IV-V) (рис. 1б). В нашем распоряжении не было крупноразмерных незрелых особей, но разница в размерах значительная, даже среди начинающих созревать особей, например, средние ДМ самок III стадии S- и L-когорт составили $145,50 \pm 5,51$ мм и $214,67 \pm 3,63$ мм соответственно ($t=10,48$; $P<0,01$). У зрелых и преднерестовых животных различия в размерах еще больше. Так, средние ДМ самок IV-V стадии S- и L-когорт составили $150,44 \pm 1,84$ мм и $239,25 \pm 5,96$ мм ($t=14,23$, $P<0,01$), а самцов – $149,66 \pm 2,11$ мм и $216,31 \pm 2,94$ мм соответственно ($t=18,40$, $P<0,01$).

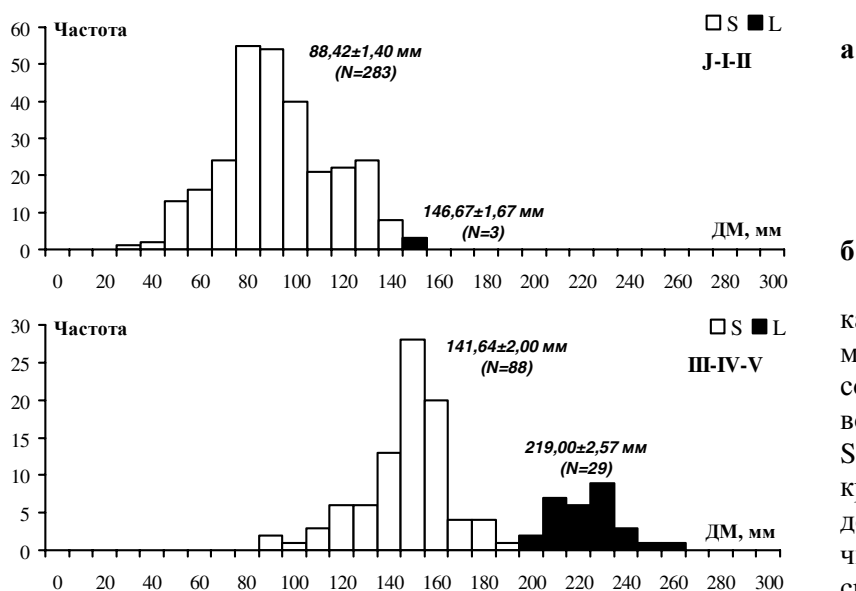


Рис. 1. Размеры северного кальмара: а) неполовозрелые (J – молодь, I и II стадии) особи; б) созревающие (III стадия) и половозрелые (IV и V стадии) особи; S – мелкоразмерная когорта, L – крупноразмерная когорта; ДМ – дорсальная длина мантии, N – число особей; на графике даны среднее±ошибка для S и L когорт

Статолиты северного кальмара имеют весьма характерную форму и хорошо отличаются от статолитов других видов кальмаров семейства Gonatidae (Clarke et al., 1980; Arkhipkin, Vizikov, 1997). Статолиты северного кальмара S- и L-когорт внешне несколько различаются. У особей S-группы дорсальный купол хорошо выражен при слабом различии между латеральным и медиальным куполами, а у особей L-группы дорсальный купол выражен слабо и не сильно отделен от латерального и медиального куполов, между которыми вовсе нет ясной границы (Беркутова, 2006). Морфометрические индексы статолитов кальмаров мелко- и крупноразмерной когорт несколько отличаются (табл. 1). У кальмаров мелкоразмерной

группировки среднее значение $10ДС/ДМ$ варьирует от $0,1002 \pm 0,0016$ до $0,1403 \pm 0,0020$, и в среднем ДС равна 1,29 % ДМ. У особой крупноразмерной группировки относительная длина статолиты мельче, и ДС в среднем составляет 0,79 % ДМ. Различия между средними по индексу $10ДС/ДМ$ высокодостоверны ($t=16,16$, $P<0,01$). Некоторые различия между когортами наблюдаются также и в относительных размерах отделов статолитов. Так, статолиты S-группы имеют более короткий роstrум, более длинное тело и аппарат прикрепления и большую ширину по сравнению с размерами аналогичных участков статолитов L-группы. Парные сравнения показали, что различия между средними значениями для S- и L-когорт по всем использованным индексам достоверны: ДР/ДС ($t=4,66$, $P<0,01$), ДТ/ДС ($t=4,68$, $P<0,01$), ДАП/ДС ($t=3,72$, $P<0,01$), ШС/ДС ($t=2,75$, $P<0,01$).

Некоторые особенности распределений морфометрических показателей в зависимости от «стандартных» метрических параметров, таких как ДМ и ДС, для кальмаров S- и L-когорт показаны на рис. 2. Зависимость между ДС и ДМ носит логарифмический характер ($R^2=0,75$ для S-когорты). Для описания зависимости между ДС/ДМ и ДМ подходят степенные функции ($R^2=0,92$ для S-когорты и $R^2=0,89$ для L-когорты). Графики свидетельствуют о том, что по мере роста кальмара рост статолита замедляется, а между когортами имеются некоторые различия в относительной длине статолитов. Что касается индексов размеров различных участков статолитов, то на каждом из графиков область точек, занимаемая представителями L-когорты, находится в пределах области точек S-когорты, и некоторую обособленность крупных кальмаров на графиках можно объяснить тем, что у них крупные статолиты.

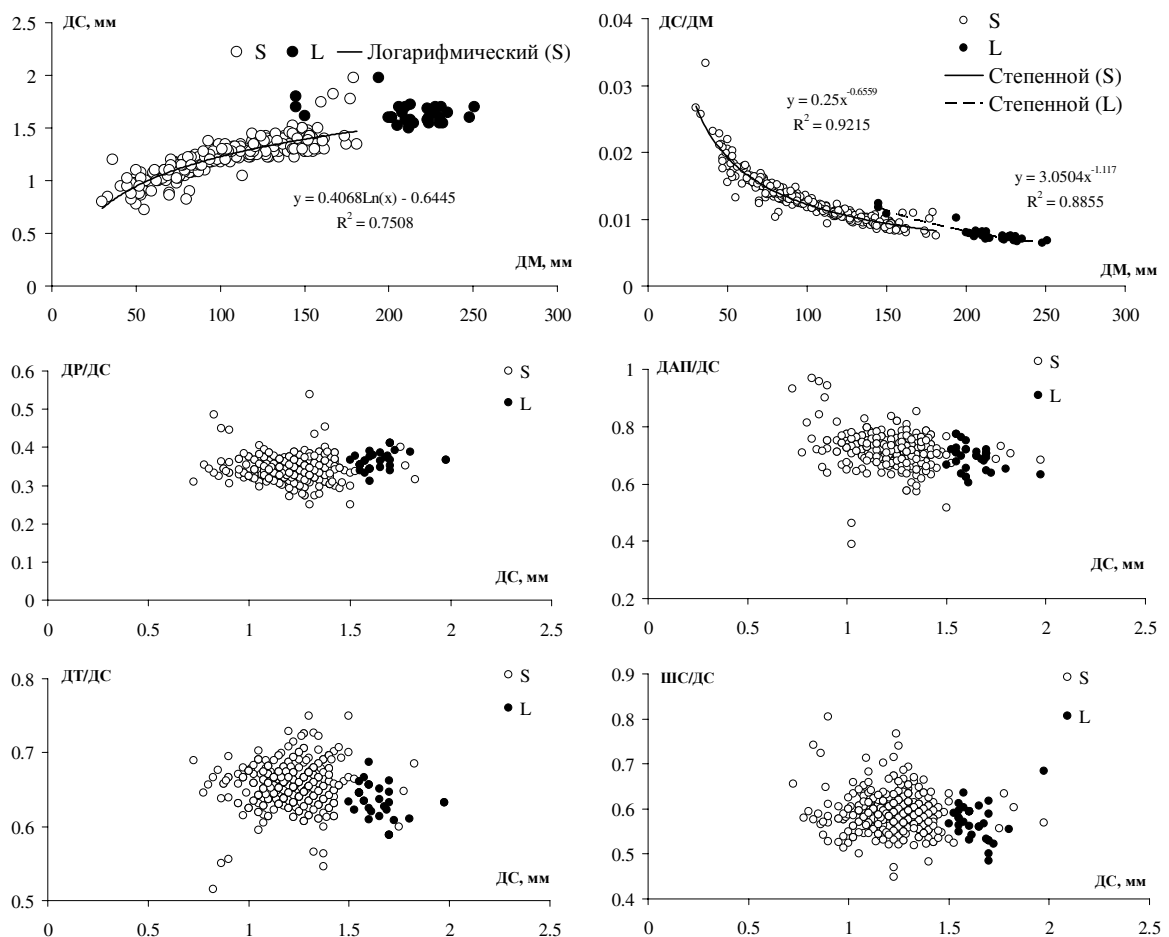


Рис. 2. Двумерные зависимости морфометрических показателей размерных когорт северного кальмара: S – мелкоразмерная когорта, L – крупноразмерная когорта; ДМ – дорсальная длина мантии, ДС – длина статолита, ДР – длина роstrума, ДТ – длина тела статолита, ДАП – длина аппарата прикрепления, ШС – ширина статолита

Таблица 1
 Морфометрические индексы статолитов северного кальмара (среднее±ошибка), использованные для сравнения крупноразмерной (L) и мелкоразмерной (S) когорты (ДМ – дорсальная длина мантии, ДС – длина статолита, ДР – длина рострума, ДТ – длина тела статолита, ДАП – длина аппарата прикрепления, ШС – ширина статолита; БМ – Берингово море, КО – Курильские острова, СЗП – северо-запад Пацифики, ОМ – Охотское море)

Группа	Индекс						
	ДР/ДС	ДТ/ДС	ДАП/ДС	ШС/ДС	10ДС/ДМ	10ДС/ДМ	10ДС/ДМ
L общее	0,3656 ±0,0042	0,6344± ±0,0042	0,6915± ±0,0078	0,5719± ±0,0071	0,0785± ±0,0025		
S общее	0,3450± ±0,0016	0,6550± ±0,0015	0,7222± ±0,0028	0,5922± ±0,0022	0,1288± ±0,0016		
S Берингово море	0,3492± ±0,0022	0,6508± ±0,0022	0,7281± ±0,0038	0,5911± ±0,0034	0,1403± ±0,0020		
S Курильские острова	0,3393± ±0,0069	0,6607± ±0,0069	0,6667± ±0,0101	0,6005± ±0,0076	0,1002± ±0,0016		
S Северо-запад Пацифики	0,3409± ±0,0040	0,6591± ±0,0040	0,7265± ±0,0068	0,5976± ±0,0054	0,1093± ±0,0032		
S Охотское море	0,3434± ±0,0026	0,6565± ±0,0023	0,7276± ±0,0050	0,5888± ±0,0037	0,1326± ±0,0033		

Различия между S- и L-когортами по форме статолитов наиболее отчетливо проявляются при использовании индексов статолитов в дискриминантном анализе (рис. 3). Для молодежи и неполовозрелых (стадии I и II) особей различия выражены слабее (зона, занимаемая точками L-когорты находится в пределах зоны точек кальмаров S-когорты из разных регионов), чем для созревающих и половозрелых (стадии III-V) особей кальмара (зона, занимаемая точками L-когорты хорошо обособлена от зоны точек кальмаров S-когорты).

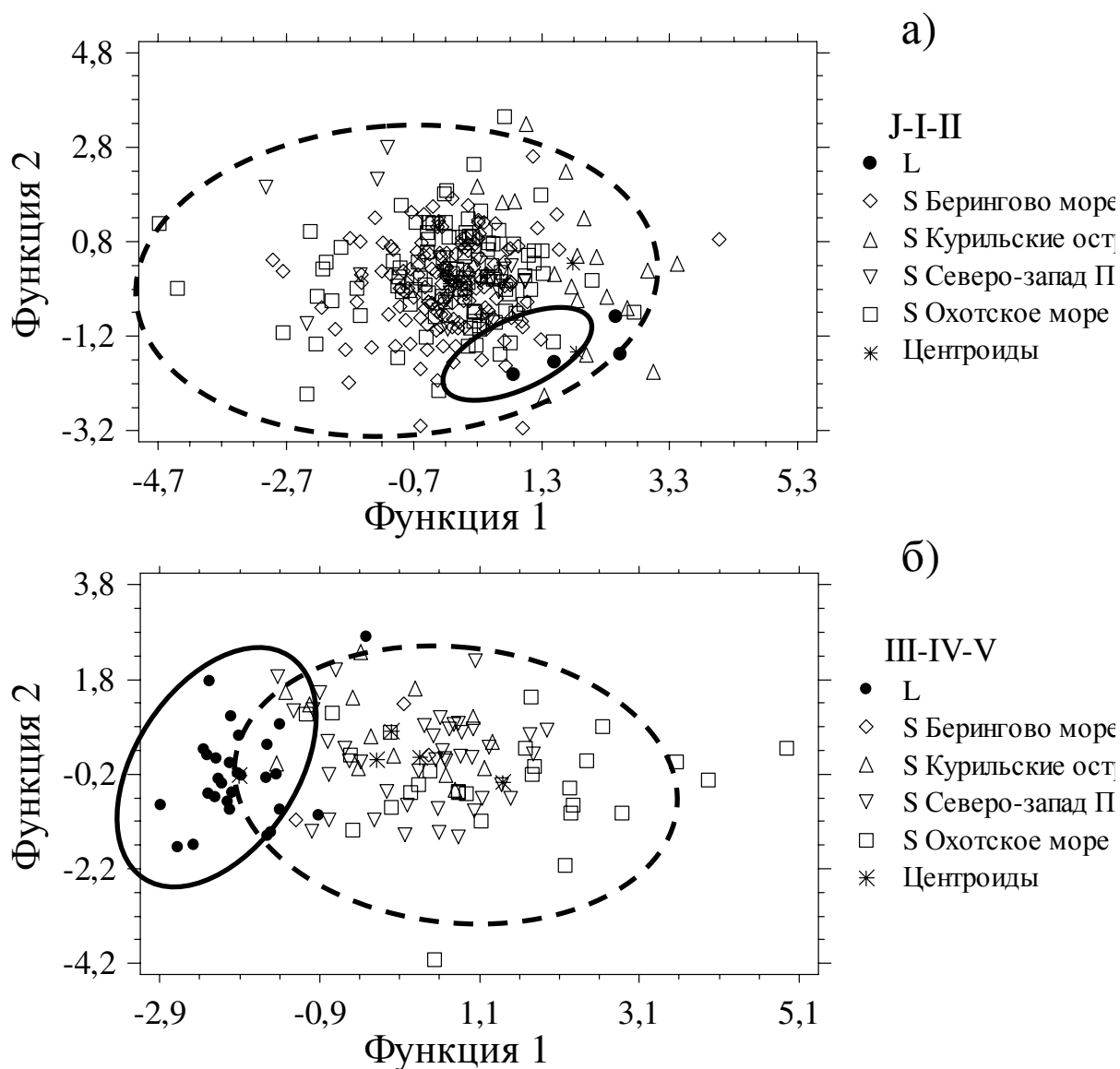


Рис. 3. Распределение значений пяти морфометрических индексов статолитов размерных когорт северного кальмара из разных географических регионов в координатах первых двух дискриминантных функций: а) неполовозрелые (J – молодь, I и II стадии) особи; б) созревающие (III стадия) и половозрелые (IV и V стадии) особи; S – мелкоразмерная когорта (пунктир), L – крупноразмерная когорта (сплошная линия)

Для молодежи и неполовозрелых (стадии I и II) особей кальмара из четырех полученных дискриминантных функций одна статистически значима на 95 %-ном уровне:

$$F = -0,045 * (DP/DC) - 0,191 * (DT/DC) - 0,804 * (DAP/DC) + 0,128 * (SHC/DC) - 0,666 * (10DC/DM)$$

Нормированные коэффициенты, показывающие «силу» дискриминации каждого индекса, наиболее высоки для индекса ДАП/ДС и 10ДС/ДМ.

Для созревающих и половозрелых (стадии III-V) особей кальмара из четырех полученных дискриминантных функций одна статистически значима на 95 %-ном уровне:

$$F = -0,153 * (ДР/ДС) + 0,153 * (ДТ/ДС) + 0,438 * (ДАП/ДС) - 0,088 * (ШС/ДС) + 0,964 * (10ДС/ДМ)$$

Нормированные коэффициенты в данном случае наиболее высоки для индекса 10ДС/ДМ, свидетельствуя о том, что именно относительная длина статолита является наиболее существенным признаком, по которому различаются когорты.

Классификационная таблица показывает, с какой уверенностью можно различать S- и L-когорты северного кальмара по использованному нами набору признаков внешней морфологии статолитов (табл. 2). Вероятность правильной идентификации особей L-когорты оказалась очень высокой и составила 97 %, тогда как вероятность правильной идентификации особей S-когорты была несколько ниже и составила 84 %, а общее число правильно классифицированных по когортам особей северного кальмара оказалось 343 из 403, то есть 85 %.

Таблица 2

Классификация особей северного кальмара по размерным когортам на основании дискриминантного анализа пяти морфометрических индексов статолитов (L – крупноразмерная когорта, S – мелкоразмерная когорта)

Наблюдения	N	Предсказания	
		L	S
L	32	31 (96,88 %)	1 (3,13 %)
S	371	59 (15,90 %)	312 (84,10 %)
Общее	403	343 (85,11 %)	

Кластерный анализ средних значений пяти использованных индексов статолитов половозрелых (стадии IV и V) самцов и самок S- и L-когорт северного кальмара показал, что различий между полами по форме статолитов нет (рис. 4).

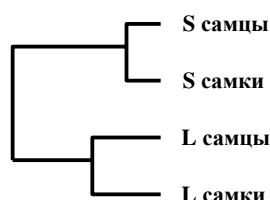


Рис. 4. Кластерный анализ средних значений пяти морфометрических индексов статолитов зрелых (стадии IV и V) самцов и самок северного кальмара разных размерных когорт: L – крупноразмерная когорта, S – мелкоразмерная когорта (метод кластеризации – групповая средняя, расстояние – квадратичное Эвклидово)

Нами показано, что представители мелко- и крупноразмерной группировок северного кальмара отличаются друг от друга по форме статолитов, и всего пять основных морфометрических индексов статолитов можно использовать для идентификации особей размерных когорт. Однако основные различия между когортами были выявлены для особей, которые находятся на продвинутых стадиях зрелости, тогда как различия между незрелыми особями слабые. По всей видимости, для идентификации ранних онтогенетических стадий S- и L-когорт северного кальмара необходимо вовлечение в анализ дополнительных признаков морфологии статолита, включая особенности внутренней структуры.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас количественного распределения nekтона в Охотском море / под ред. В.П. Шунтова, Л.Н. Бочарова. – М.: Нац. рыб. ресурсы, 2003. – 1040 с.

Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Тихого океана / под ред. В.П. Шунтова, Л.Н. Бочарова. – М.: Нац. рыб. ресурсы, 2005. – 1082 с.

Атлас количественного распределения nekтона в западной части Берингова моря / под ред. В.П. Шунтова, Л.Н. Бочарова. – М.: Нац. рыб. ресурсы, 2006. – 1072 с.

- Беркутова А.М. Морфология статолитов северного кальмара *Gonatopsis borealis* (Cephalopoda: Gonatidae) // Биология. Наука XXI Века, Пушкино. – 2006. – С. 256.
- Лапко В.В. Роль кальмаров в сообществах Охотского моря // Океанол. – 1995. – Т. 35 (5). – С. 737-742.
- Несис К.Н. Краткий определитель головоногих моллюсков Мирового океана. – М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1982. – С. 1-360.
- Радченко В.И. Роль кальмаров в экосистеме пелагиали Берингова моря // Океанол. – 1992. – Т. 32 (6). – С. 1093-1101.
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A. Statolith shape and microstructure in studies of systematics, age and growth in planktonic paralarvae of gonatid squids (Cephalopoda, Oegopsida) from the western Bering Sea // J. Plankton Res. – 1997. – Vol. 19, № 12. – P. 1993-2030.
- Clarke M.R. The cephalopod statolith – an introduction to its form // J. Mar. Biol. Ass. U.K., 1978. – Vol. 58. – P. 701-712.
- Clarke M.R., Fitch J.E., Kristensen T., Kubodera T., Maddock L. Statoliths of one fossil and four living squids (Gonatidae: Cephalopoda) // J. Mar. Biol. Ass. U.K., 1980. – Vol. 60. – P. 329-347.
- Kubodera T., Percy W.G., Murakami K., Kobayashi T., Nakata J., Mishima S. Distribution and abundance of squids caught in surface gillnets in the Subarctic Pacific, 1977-1981 // Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univers. – 1983. – Vol. 30, № 1-2. – P. 1-49.
- Lindgren A.R., Katugin O.N., Amezcuita E., Nishiguchi M.K. Evolutionary relationships among squids of the family Gonatidae (Mollusca: Cephalopoda) inferred from three mitochondrial loci // Mol. Phylogenet. Evol. – 2005. – Vol. 36. – P. 101-111.
- Murakami K. Distribution of squids in the northwest Pacific Ocean (*Gonatopsis borealis* Sasaki, *Onychoteuthis borealijaponica* Okada, *Todarodes pacificus* Steenstrup, *Ommastrephes bartrami* (Lesueur)) // Mon. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. – 1976. – Vol. 33, № 1. – P. 2-18 (In Japanese).
- Murata M., Ishii M., Araya H. The distribution of the oceanic squids, *Ommastrephes bartrami* (Lesueur), *Onychoteuthis borealijaponicus* Okada, *Gonatopsis borealis* Sasaki and *Todarodes pacificus* Steenstrup in the Pacific Ocean off north-eastern Japan // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. – 1976. – Vol. 41. – P. 1-29.
- Naito M., Murakami K., Kobayashi T., Nakayama N., Ogasawara J. Distribution and migration of oceanic squids (*Ommastrephes bartrami*, *Onychoteuthis borealijaponicus*, *Berryteuthis magister* and *Gonatopsis borealis*) in the western subarctic Pacific region // Res. Inst. North Pac. Fish. Fac. Fish. Hokkaido Univ. Spec. – 1977. – Spec. Vol. – P. 321-337 (In Japanese with English summary).
- Nesis K.N. Gonatid squids in the Subarctic North Pacific: ecology, biogeography, niche diversity and role in the ecosystem // Adv. mar. biol. – 1997. – Vol. 32. – P. 243-324.
- Nesis K.N., Nezlin N.P. Intraspecific groupings in gonatid squids // Rus. J. Aquat. Ecol. – 1993. – Vol. 2, № 2. – P. 91-102.
- Okutani T., Kubodera T., Jefferts K. Diversity, distribution and ecology of gonatid squids in the subarctic Pacific. A review // Bull. Ocean Res. Inst. – 1988. – № 26 (1). – P. 159-192.

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАПРЕТА ПРОМЫШЛЕННОГО ЛОВА ГЛУБОКОВОДНЫХ КРЕВЕТОК В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПОДЗОНЫ ПРИМОРЬЕ

В.Н. Кобликов, И.А. Корнейчук
ТИНРО-центр, г. Владивосток

Южная часть подзоны Приморье – акватория северо-западной части Японского моря, ограниченная с севера параллелью 47°20 с.ш. и водами зал. Петра Великого с юга, является традиционным районом промышленного лова глубоководных креветок. Эти объекты промысла представлены гребенчатой (*Pandalus hypsinotus*), северной (*P. borealis*) и японской равнолапой (*Pandalopsis japonica*) креветками. Изначально, с 30-х годов прошлого столетия, лов этих видов проводился только в зал. Петра Великого, в основном, в традиционном районе у п-ова Гамова. В последние два десятилетия их промышленный лов креветколовными ловушками, а с середины 1990-х гг. - специальными тралами, стал проводиться и в приматериковых водах северного Приморья в интервале глубин, как правило, 100–400 м. При этом отметим, что наиболее ценным в коммерческом отношении видом является гребенчатая креветка, на которую в основном и приходился промысловый пресс, а наиболее массовым, но менее ценным – северная креветка. Равнолапая креветка, значительно уступая по численности двум первым видам, всегда рассматривалась как объект прилова.

Наибольший промысловый запас гребенчатой креветки был отмечен в 1991 г. и составлял 20 тыс. т, северной креветки – в 1988 и 1992 гг., составляя в первом случае 49 тыс. т и во втором – 45 тыс. т. Максимум промыслового запаса равнолапой креветки – 4,5 тыс. т, приходился на 1989–1993 гг. (Кобликов и др., 2002). К промыслу рекомендовалось 10 % от промыслового запаса этих объектов, но величина их общего допустимого улова (ОДУ) при этом официально никогда не превышалась.

К 1994 г. промысловый запас этих видов сократился более чем вдвое, после чего началось его стремительное падение до суммарной величины запаса всех этих креветок в 2000 г., равной 3,32 тыс. т. Наиболее сильно при этом сократился запас гребенчатой креветки. По результатам исследований, проведенных в 1998 г. для получения данных к прогнозу ОДУ на 2000 г., ее учтенный запас составил всего 120 т.

Столь резкое снижение промысловой численности этих объектов в южной части подзоны, по нашему мнению, было вызвано в первую очередь воздействием промыслового пресса.

В рассматриваемый период в связи с сокращением ресурсов практически всех промысловых видов шельфовых крабов значительная часть краболовных судов была переоборудована для промысла креветок, имеющих высокую коммерческую ценность на рынках Японии. При этом ловушечный способ добычи креветок был практически полностью заменен более эффективным траловым способом. Специализированные тралы с наименьшими затратами судового времени позволяли получать промысловые уловы до 0,5–1,2 т гребенчатой креветки за постановку в сравнении с 50–100 кг с одного порядка из 750 креветколовных ловушек. На этом фоне резко возрос и браконьерский лов, причем незаконный промысел проводило большее количество судов, чем законный, при этом неучтенный вылов кратно превышал величину ОДУ.

С целью сохранения ресурсов глубоководных креветок специалистами ТИНРО-центра в качестве меры регулирования промысла был предложен запрет на промышленный лов гребенчатой, северной и равнолапой креветок как совместно облавливаемых видов, запасы которых находятся в депрессивном состоянии, до восстановления их запасов. Такой запрет был принят уже на 2002 г. (официальный промысел сместился в Татарский пролив - в северную половину подзоны и в Западно-Сахалинскую подзону), просуществовал пять лет и был снят в 2007 г.

В период действия запрета незначительные объемы ОДУ креветок использовались только при проведении научно-исследовательских работ в ходе мониторинга состояния их запасов. Снятие запрета на промышленный лов распространяется на район подзоны, ограни-

ченный с севера параллелью 47°20' с.ш. и мыс Поворотный - на юге. В зал. Петра Великого промысел этих трех видов глубоководных креветок до сих пор остается под запретом.

Основанием для отмены запрета промышленного лова креветок послужило определенное восстановление промысловой численности северной креветки и некоторый рост численности гребенчатой креветки, отраженные в величине ОДУ (рис. 1).

Эти объекты изучаются специалистами ТИНРО-центра при проведении ежегодных комплексных донных траловых съемок с борта научно-исследовательских и промысловых судов в ходе мониторинга состояния запасов креветок с охватом глубин 20–700 м. Сбор материалов проводится донными тралами ДТ/ТВ – 27,1/24,0 с вертикальным раскрытием 5,5 м и специализированными креветколовными тралами по общепринятой методике (Руководство ..., 1979). Коэффициент уловистости (КУ) трала принимался равным 0,18 для северной креветки и 0,23 - для гребенчатой (Мирошников, 1988). Расчет общей биомассы креветок осуществлялся методом сплайн - аппроксимации (Столяренко, Иванов, 1988) в ГИС «КартМастер», ver. 3,1.

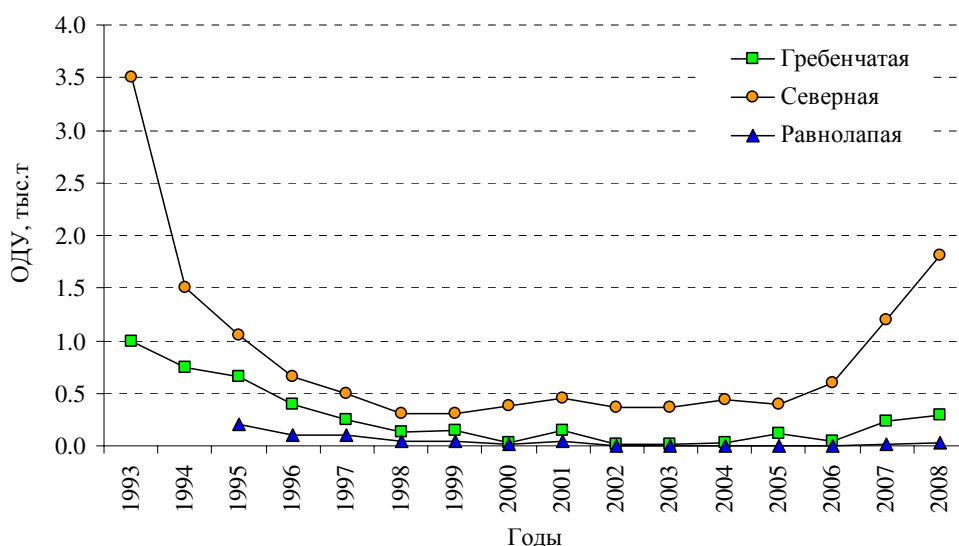


Рис. 1. Динамика ОДУ креветок (тыс. т) в подзоне Приморье в районе от мыса Золотой (47°20' с.ш.) до зал. Петра Великого включительно

Рассмотрим современное состояние промысловых ресурсов северной креветки. В 2007 г. плотные ее скопления были отмечены на тех же участках исследованной акватории, что и в прошлые годы – это участки южнее мыса Гамова; участок между 42°30' - 43°00' с.ш. и от 133°30' до 134°45' в.д.; участок от 44°00' до 44°40' с.ш.; участок от 44°50' до 45°25' с.ш.; участок от 46°30' до 47°20' с.ш. При этом отметим, что наиболее высокие концентрации этой креветки были характерны для участков у побережья Северного Приморья (рис. 2 А).

В зал. Петра Великого, в Южном (от мыса Поворотный до 43°30' с.ш.) и Северном (от 43°30' с.ш. до 47°20' с.ш.) Приморье наиболее высокие уловы отмечались в диапазонах глубин менее 350 и более 400 м. Максимальный улов на этих глубинах составил 74 кг/час. тр., средний – 25 кг/час. тр. Траления, выполненные на глубинах 600 м и более, показали относительно высокую концентрацию креветки в этом диапазоне глубин.

Нижняя граница батиметрического распределения креветки в подзоне Приморье до настоящего времени еще не установлена, но есть все основания полагать (по данным прошлых лет на глубине 710 м ее улов составил 30 кг/час. тр.), что скопления северной креветки вполне возможны и на глубине до 800-900 м.

В 2007 г. было отмечено увеличение доли промысловых особей (90 мм и более по длине тела) с 62 % (в 2006 г.) до 93 % и, соответственно, среднего размера креветки с 99 мм до 115 мм (рис. 3), что связано с ростом особей урожайных поколений, впервые отмеченных в 2001-2003 гг.

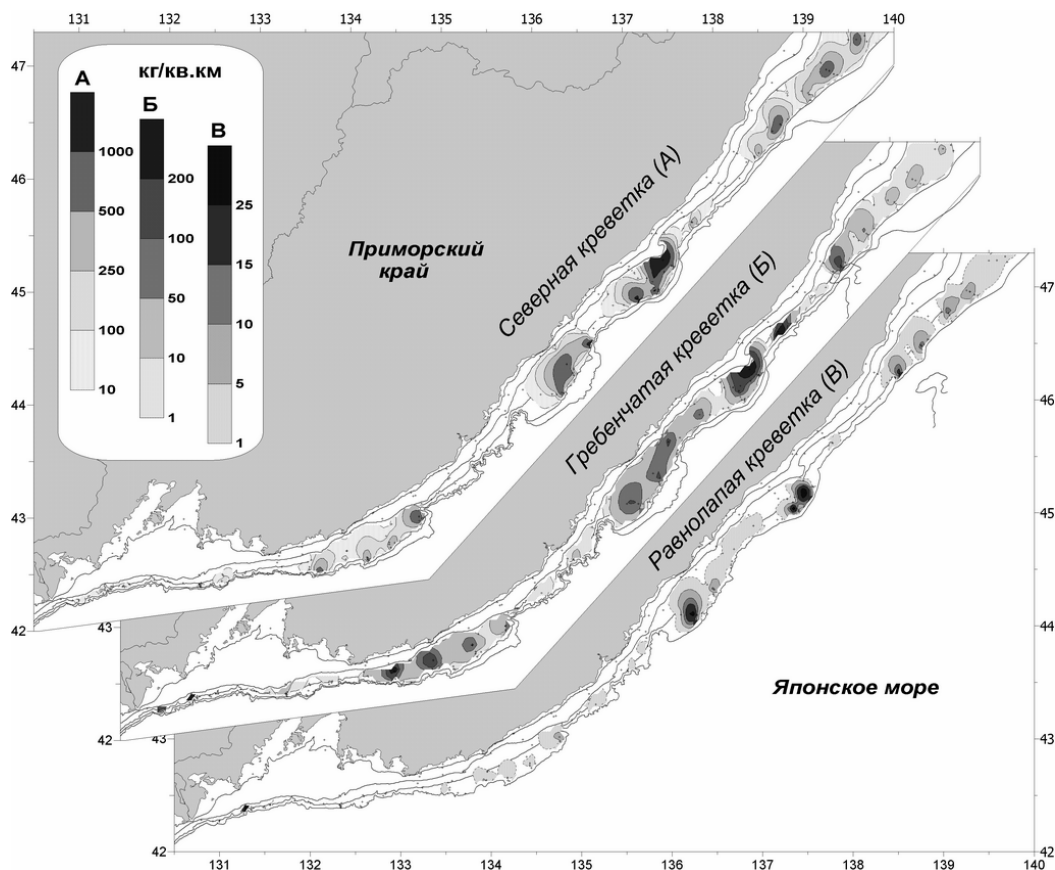
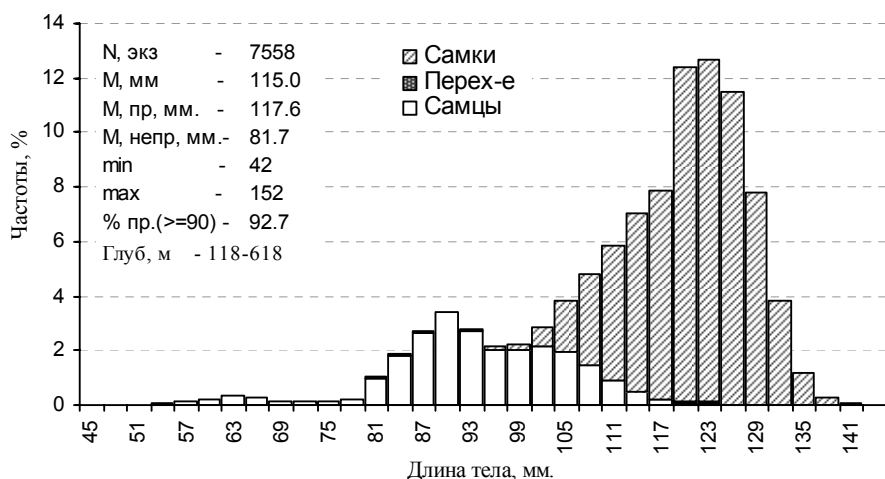


Рис. 2. Распределение биомассы глубоководных креветок в летний период 2007 г. (КУ=1)

Рис. 3. Размерный состав северной креветки в летний период 2007 г.



Средний размер промысловых особей северной креветки составил 117,6 мм при средней массе особи – 16,1 г. По результатам исследований 2007 г., текущий промысловый ресурс креветки на площади около 10 тыс. км² оценивается нами в 22,3 тыс. т (см таблицу).

Рассмотрим современное состояние ресурсов гребенчатой креветки - второго по численности и распространности и первого по коммерческой ценности, вида глубоководных креветок у побережья Приморья. По данным траловых съемок этот вид встречался в интервале глубин 30-690 м. В уловах глубоководных креветок на глубинах менее 250 м, как правило, он является доминирующим видом. Наиболее плотные скопления гребенчатой (также как и северной) креветки из года в год отмечаются на одних и тех же участках рассматриваемой акватории (рис. 2, Б).

Нами было отмечено, что в 2007 г. гребенчатая креветка присутствовала в траловых уловах в диапазоне глубин 30-530 м. Относительно высокие концентрации наблюдались в интервале глубин 200-400 м. Наибольший улов – 93,6 кг за час траления – был отмечен в зал. Петра Великого на участке южнее мыса Гамова в координатах 42°37'с.ш. и 131°34' в.д. на глубине 303 м.

Промысловый запас креветок в южной части подзоны Приморье в 2002-2007 гг. (тыс.т)

Годы	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Северная креветка	4,33	3,92	6,03	4,38	18,03	22,3
Гребенчатая креветка	0,31	1,17	0,49	0,74	2,86	2,26
Равнолапая креветка	0,02	0,02	0,02	0,07	0,32	0,23

Размерный состав гребенчатой креветки в южной части подзоны Приморье на протяжении ряда последних лет характеризовался низкой численностью крупноразмерных особей (преимущественно самок). Анализ размерного состава этой креветки показал, что доля промысловых особей (130 мм и более по ДТ) возросла с 11 % в 2005 г. и 38 % в 2006 г. до 69 % в 2007 г. (рис. 4). Нами было установлено, что значительная часть особей урожайных поколений 2002-2003 гг. сейчас достигла промыслового размера, увеличив при этом численность и биомассу промысловой части популяции. Промысловый запас этой креветки по результатам исследований 2006-2007 г. составил более 2 тыс. т (см. таблицу).

Рис. 4. Размерный состав гребенчатой креветки в летний период 2007 г.

Средний размер промысловых особей гребенчатой креветки составлял 146,2 мм при средней массе особи – 49,7 г.

Японская равнолапая креветка в северо-западной части Японского моря всегда

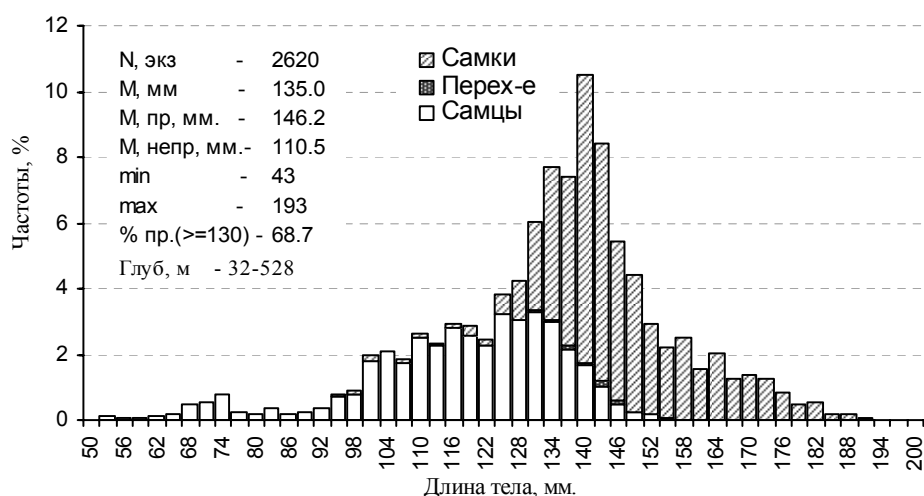
являлась малочисленным видом и вылавливалась только в качестве прилова при промысле гребенчатой и северной креветок. Эта креветка встречается во всех районах южной части подзоны Приморье (рис. 2, В) в диапазоне глубин 70-650 м, при этом относительно высокие ее концентрации наблюдаются в интервале глубин 250-500 м. Обычно ее уловы не превышали нескольких килограммов на час траления.

За период исследований с 1995 по 2007 гг. оценка промыслового запаса равнолапой креветки не превышала 0,32 тыс.т. В 2007 г. промысловый запас этой креветки на площади около 7,7 тыс. км² был оценен в 0,23 тыс. т. Динамика ОДУ равнолапой креветки приведена на рис. 1. Отметим, что средний размер промысловых (90 мм и более по ДТ) особей в последние годы остается практически неизменным (в 2007 г. он составил 100,3 мм при средней массе особи – 13,1 г.).

Таким образом, анализ современного состояния ресурсов глубоководных креветок, обитающих в южной части подзоны Приморье, дает основание полагать, что введенный в 2002 г. запрет на промышленный лов этих объектов оказался эффективной мерой, позволившей остановить процесс сокращения их промысловой численности и способствующей восстановлению их запасов.

Тем не менее, наметившийся положительный тренд может достаточно быстро поменять свой знак на противоположный, если не будут выполняться действующие меры регулирования промышленного лова креветок, заключающиеся в раздельном освоении ОДУ по секторам подзоны Приморье с границей между ними по параллели 47°20' с.ш.

Так, на примере северной креветки укажем, что в настоящее время среди исследователей креветок этого района существует только предположение о наличии единой популяции этого вида, образующей промысловые концентрации, смещающиеся в пространстве и во времени вдоль материкового склона. Подтвердить эту гипотезу конкретными данными пря-



мых наблюдений (мечение) или расчетным способом (анализ смещения размерно-половых групп по сезонам и за достаточно продолжительный период времени) сейчас невозможно.

Более вероятным является наличие относительно обособленных концентраций северной креветки, приуроченных к наблюдаемым «квазистационарным» и разобщенным круговоротам япономорских вод, один из которых отмечается в районе $46^{\circ}20'$ – $47^{\circ}30'$ с.ш., а другой – в районе $47^{\circ}40'$ – $49^{\circ}50'$ с.ш. Последнее обстоятельство и послужило одним из факторов установления по параллели $47^{\circ}20'$ с.ш. границы между южным и северным секторами подзоны Приморье, для которых и устанавливаются отдельные объемы ОДУ различных видов.

Таким образом, в настоящее время нет веских оснований считать, что глубоководные креветки, обитающие на акватории от зал. Петра Великого до пролива Невельского (подзона Приморье), принадлежат к единым популяциям и объединение допустимого улова на всю подзону может оказаться небезопасным для дальнейшего восстановления их промысловой численности.

В силу сложившихся естественных условий обитания северной креветки отмечено, что в последние годы этот вид к северу от $47^{\circ}20'$ с.ш., несмотря на большой запас, образует менее плотные промысловые скопления (средние уловы на траление там около 0,35 т), в то время как в южных районах, но на весьма ограниченной акватории, промысловые концентрации, при меньшем запасе, значительно выше (уловы на усилие достигают 1,5–2 т).

Исходя из этого, все промысловые суда будут проводить лов только на плотных скоплениях и реализуют вылов всех своих квот в районах к югу от мыса Золотой. При этом допустимая нагрузка на популяцию северной креветки в южном секторе будет превышена почти в 2,5 раза и неминуемо вновь приведет к подрыву ее запасов.

В случае реализации суммарного объема ОДУ креветок для всей подзоны (при неизбежном его освоении в южном секторе) это наиболее негативно скажется на ресурсах наиболее коммерчески ценного объекта – гребенчатой креветки, запасы которой в южном Приморье еще далеки от ожидаемого восстановления. При этом ее промысловая численность, даже без учета вполне возможного браконьерского лова, будет сведена к минимуму. Помимо этого, из-за дополнительного промыслового воздействия тралами, даже имеющими вторую сепарационную решетку, будет наблюдаться повышенная травмированность и смертность мелкоразмерных особей креветок, что также отрицательно скажется на темпах естественного восстановления их запасов.

ЛИТЕРАТУРА

Кобликов В.Н., Мирошников В.Н., Родин В.Е. Динамика запасов и промысла крабов и креветок в промысловой зоне Приморье за период 1986–2003 гг. // Приморье – край рыбацкий: Мат-лы науч.-практич. конф. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – С.22-26.

Мирошников В.В. Предварительные данные по коэффициенту уловистости орудий лова для донных промысловых беспозвоночных // Тез. докл. Всесоюзн. совещания «Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных». – Владивосток, 1988 – С. 41- 42.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1979. - 59с.

Столяренко Д.А., Иванов Б.Г. Метод сплайн-аппроксимации плотности для оценки запасов по результатам траловых донных съемок на примере креветки *Pandalus borealis* у Шпицбергена // Морские промысловые беспозвоночные: Сборник научных трудов. – М.: ВНИРО, 1988. – С.45-70.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ *ALARIA ANGUSTA* KJELLM. В ПРИКАМЧАТСКИХ ВОДАХ

Т.Н. Королева

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Alaria angusta является одним из наиболее распространенных видов рода *Alaria* Grev. в прикамчатских водах (Петров, 1975; Виноградова и др., 1978; Клочкова, Березовская, 1997; и др.). Исследования по изучению изменчивости разновозрастных представителей этого рода проводили в разных районах юго-восточной Камчатки, Командорских и Северных Курильских о-вов. Работы осуществляли в различных по гидрологическим и главным образом по гидродинамическим условиям обитания вида. Сбор водорослей вели на литорали во время сизигийных отливов и в сублиторали с помощью водолазов в разные сезоны года.

В результате проведенных исследований стало ясно, что этот вид, как и многие другие представители порядка Laminariales, является чрезвычайно полиморфным. У него хорошо выражены индивидуальная, возрастная, сезонная, географическая изменчивость, но более всего у *A. angusta* в прикамчатских водах, по данным наших исследований, проявляется экологическая изменчивость. В зависимости от условий произрастания у растений этого вида может изменяться длина, ширина и толщина всех частей слоевища. У пластины кроме размеров может изменяться форма основания, степень гофрированности, глубина разрывов и их количество, у спорофиллов – их количество, форма основания и вершины, степень скрученности, у черешка – степень уплощенности, у ризоидов – форма и степень разветвления. На рис. 1 показаны зрелые двухлетние растения, собранные в летний период в разных районах исследований.

Как видно из фотографий, растения имеют разные формы пластины и спорофиллов и отличаются по длине и ширине всех дифференцированных частей. У них разная степень гофрированности пластины, плотность посадки спорофиллов и степени их закрученности.

Размеры, форма и количество спорофиллов у растений одного возраста изменялись в основном в зависимости от скорости течения и глубины произрастания. Эти изменения позволяют растению в большей или меньшей степени поддерживать присущую виду площадь фотосинтетической поверхности спорофиллов. В таблице представлены данные по размерным показателям спорофиллов *A. angusta*.

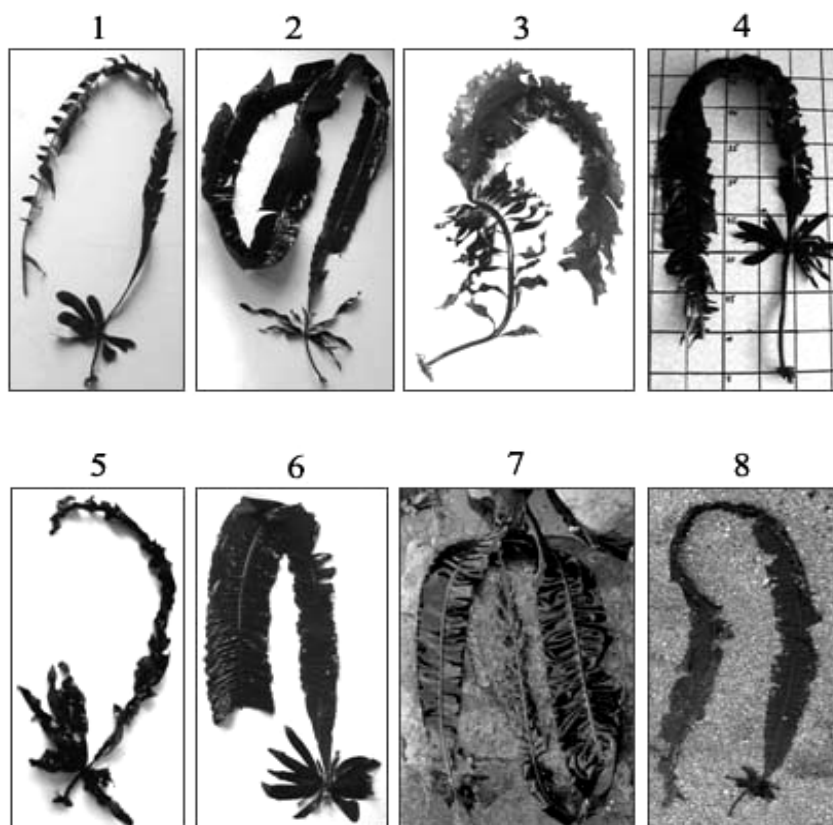


Рис. 1. Двухлетние представители *Alaria angusta* в летний период из разных районов исследований: 1, 2 – о-ва Парамушир и Шумшу; 3, 4, 5, 6 – Авачинский залив и южная часть Кроноцкого залива; 7, 8 – о-ва Беринга и Медный

Максимальные показатели длины и ширины спорофиллов двухлетних представителей *Alaria angusta*, произрастающих в разных условиях прибойности в литоральной зоне шельфа в летний период

Район исследования	Степень прибойности	Длина, см	Ширина, см
Северные Курильские о-ва	слабая	12	3
	сильная	28	2,5
Юго-восточная Камчатка	слабая	9	3,5
	сильная	21	2,5
Командорские о-ва	слабая	7	1,5
	сильная	16	1

В сублиторальной зоне максимальная длина спорофиллов у алярии у Северных Курильских о-вов в исключительных случаях достигала 73 см, у юго-восточной Камчатки – 30 см, у Командорских о-вов – 35 см.

По нашим наблюдениям количество спорофиллов у представителей изучаемого вида изменялась в большей степени от возраста и сезона, чем от условий произрастания. На рис. 2 показана зависимость количества спорофиллов и степени зрелости спорофиллового пучка от времени года.

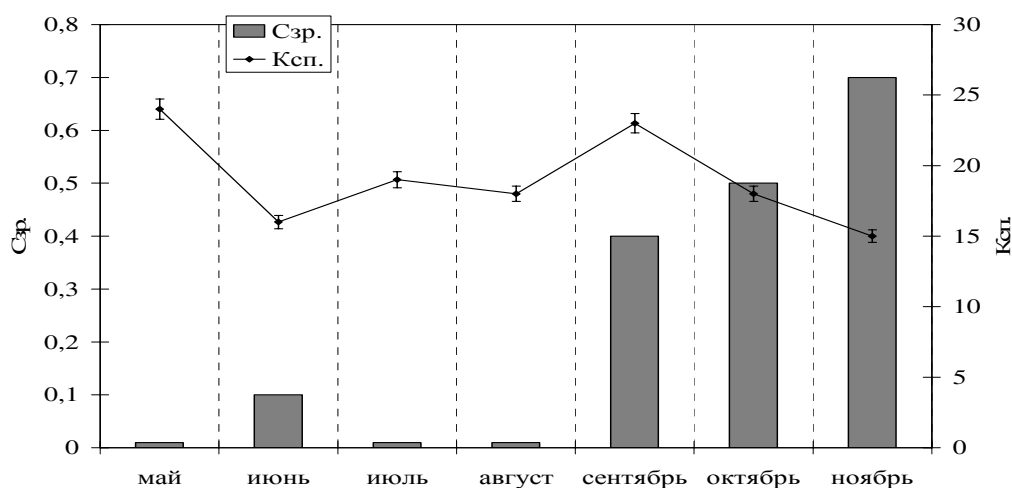


Рис. 2. Количество спорофиллов и степень их зрелости у двухлетних представителей *Alaria angusta* у юго-восточной Камчатки в разные сезоны года

Интересным является еще и то, что кроме различий формы спорофиллов у них наблюдаются и различия формы спороносных пятен, что хорошо видно из рис. 3. Они могут изменяться как от степени зрелости, так и от возраста и сезона года.

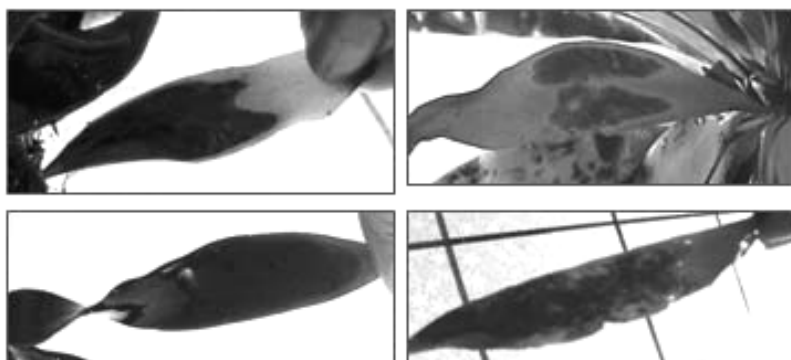
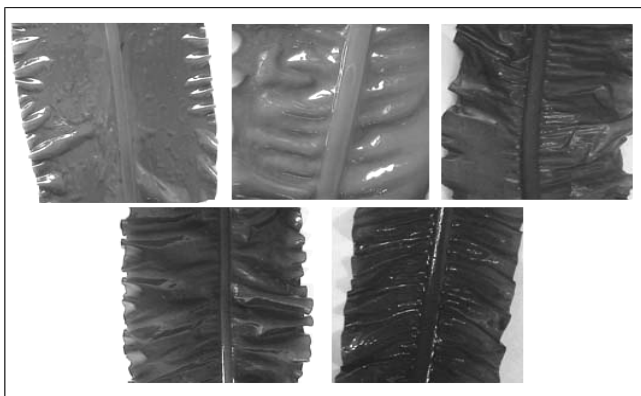


Рис. 3. Формы спороносных пятен у двухлетних представителей *Alaria angusta*

У пластины алярии в зависимости от условий произрастания, кроме размеров и формы, менялась степень гофрированности. Наши данные показывают, что чем меньше движение воды и больше глубина, тем больше степень гофрированности пластины (рис. 4). От скорости течения и степени прибойности зависели и глубина поперечных разрывов и их количество на пластине. Чем сильнее течение и больше степень прибойности, тем более разорвана пластина *A. angusta*.

Рис. 4. Разная степень гофрированности пластины *Alaria angusta* в летний период в разных районах исследований



В свое время монограф рода *Alaria* К. Йендо (Yendo, 1919) полагал, что у азиатского побережья Дальнего Востока этот род представлен 9 видами. Основываясь на проведенных нами исследованиях и на полученных результатах сравнительного анализа всех рассмотренных признаков у *A. angusta*, можно сказать, что количество видов, указанных Йендо, не соответствует действительности. Некоторую их часть следует считать синонимами *A. angusta*, поскольку они представляют собой морфологические вариации вида, характерные для разных возрастных генераций, встречающихся в разные сезоны года, в разных экологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградова К.Л., Ключкова Н.Г., Перестенко Л.П. Список водорослей литорали восточной Камчатки и западной части Берингова моря // Литораль Берингова моря и юго-восточной Камчатки. – М.: Наука, 1978. – С. 150-155.

Петров Ю.Е. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. – Л., 1975. – 53 с.

Ключкова Н.Г., Березовская В.А. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. – Владивосток: Дальнаука, 1997. – 154 с.

Yendo K. A monograph of the genus *Alaria* // J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo, 1919. – Vol. 43(1). – P. 1–145.

ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ АКТИНИЙ (*ATHENARIA*) НА ШЕЛЬФЕ ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА

Е.Е. Костина

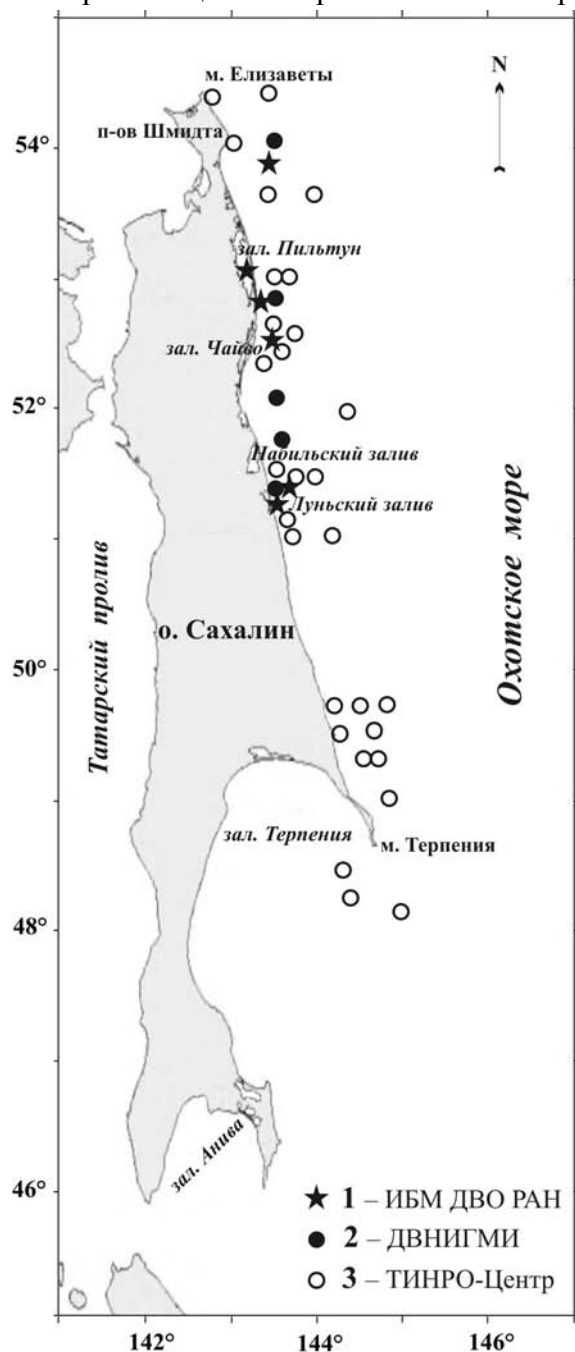
Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
cnidopus@mail.primorye.ru

Актинии из инфраотряда *Athenaria* широко распространены в Мировом океане. Они обитают от литорали до глубины несколько километров. Эти актинии имеют в основном червеобразную форму тела, лишены базиллярной мускулатуры, поэтому не прикрепляются к твердому субстрату как «обычные» актинии, а поселяются в мягком грунте, в который зарываются или удерживаются в нем с помощью физы – шаровидного вздутия на аборальном конце тела. *Athenaria* интересны не только как таксономическая группа. Признаки внутренней организации их взрослых особей характерны для стадий онтогенеза не только других актиний, но и кораллов, обладающих скелетом.

Наиболее древними кораллами, населявшими морские мелководья, вероятнее всего были актинии, близкие по устройству полипа к *Athenaria*. Из кембрия Британской Колумбии (Канада) происходят отпечатки червеобразных полипов, относимых к актиниям сем. *Edwardsiidae* (Osborn, 1925), а из карбона–перми США – слепки, более всего напоминающие представителей сем. *Halcampoididae* (Chamberlain, 1971).

В дальневосточных морях России актинии *Athenaria* описаны в основном из глубоководной части Охотского моря (Sanamyan, 2000, 2003). Особенности распределения этих актиний отмечены в работах по составу сообществ на шельфе северо-восточного Сахалина (Табунков и др., 1988; Коновалова и др., 2003; Мощенко и др., 2005). Их численность достигает несколько сотен экземпляров на квадратный метр, при небольшой – до нескольких десятков граммов на квадратный метр – биомассе.

В основу работы положены материалы, предоставленные сотрудниками ИБМ ДВО РАН, ДВНИГМИ и ТИНРО-центра, которым автор приносит благодарность. Сбор материала проводили в 1990–2007 гг. вдоль восточного побережья о-ва Сахалина от зал. Терпения до мыса Елизаветы (см. рисунок). Актинии *Athenaria* определены в 807 пробах макробентоса. Около 90 % материала собрано в районах Пильтун-Астохского и Луньского нефтяных месторождений. В настоящее время на шельфе восточного Сахалина обнаружено не менее 15 видов актиний инфраотряда *Athenaria*, принадлежащих к 5 семействам (см. таблицу). Встречаемость наиболее массового вида – *Halcampoides purpurea* Studer, 1879 составляет до 80–90 %. Это и самый распространенный вид актиний в Мировом океане.



Карта-схема сбора материала.

Местообитание актиний *Athenaria* на шельфе восточного Сахалина

Вид	Район	Глубина, м	Грунт	Биомасса, г·м ⁻² / плотность поселения, экз·м ⁻²
Отряд Actiniaria Подотряд Nynantheae Инфраотряд Athenaria Сем. Edwardsiidae <i>Edwardsia japonica</i> Carlgren, 1931	П-ов Терпения– зал. Чайво	91–145	Илисто-песчаный (иногда с выходами H ₂ S) с примесью гальки и гравия	+
<i>Edwardsia</i> spp.	Заливы Луньский– Пильтун	33–50	Илисто-песчано- гравийный	+
<i>Metedwardsia akkeshi</i> (Uchida 1932)	Охинский перешеек	107–109	Песчано-галечно- гравийный	+
Сем. Halcampoididae <i>Halcampoides purpurea</i> (Studer, 1879)	Зал. Терпения– м. Елизаветы	19–225	Илисто-песчаный (иногда с выходами H ₂ S) с примесью гальки, гравия и би- той ракуши	39,3/106,7
<i>Calamactinia</i> spp.	Луньский залив	35	Песчаный	+
<i>Acthelmis intestinalis</i> (Fabricius 1780)	Заливы Луньский– Пильтун	40–107	Илисто-песчаный	4,7/19,7
Сем. Haloclavidae <i>Peachia</i> cf. <i>quinquecapitata</i> Mc Murrich, 1913	Зал. Пильтун	32	Гравийно-песчаный	+
<i>Peachia</i> spp.	Луньский залив	23–38	Песчано-галечный	7,7/62,7
Сем. Halcampidae <i>Halcampa duodecimcir- rata</i> (Sars 1851)	Луньский залив– п-ов Шмидта	22–122	Илисто-песчаный с примесью гальки, гравия и битой ра- куши	7,0/4,7
<i>Halcampa decemten- taculata</i> Hand, 1955	Заливы Луньский– Пильтун	11–51	Песчано-илисто- гравийный	1,4/32,7
<i>Halcampa</i> spp.	Заливы Луньский– Пильтун	24–47	Песчано-галечный с примесью битой ракуши	+
<i>Castosoma</i> spp.	Луньский залив	20	Песчаный	+
<i>Parahalcampa</i> spp.	Охинский перешеек	20	Песчано-галечно- гравийный с приме- сью ила	+
Сем. Andvakiidae <i>Andvakia</i> spp.	Зал. Пильтун	25–53	Песчаный	+
<i>Synandwakia hozawai</i> (Uchida, 1932)	Заливы Набильский– Пильтун	34–102	Илисто-песчано- галечный с приме- сью битой ракуши	+
<i>Athenaria</i> fam. gen. spp. juv.	Зал. Терпения– м. Елизаветы	22–122	Илисто-песчано- галечный	0,21/10,0

Примечание. «+» – количественные данные не учтены.

Ранее было установлено, что актинии (более 80 % это – *Athenaria*) являются одной из доминирующих групп по частоте встречаемости, численности и биомассе в местах нефтегазовых месторождений на шельфе северо-восточного Сахалина. Так с 1998 по 2001 г. в районе Пильтун-Астохского месторождения доля актиний в общей биомассе бентоса увеличилась в два раза. То есть в процессе установки и эксплуатации нефтяных платформ не отмечено не-

гитивного техногенного влияния, обусловленного перемещением донных отложений и содержанием в них нефтяных углеводородов, на состав и распределение актиний, так как эти животные хорошо адаптируются к изменениям условий среды (Коновалова и др., 2003; Мощенко и др., 2005).

ЛИТЕРАТУРА

Коновалова Т.В., Белан Т.А., Христофорова Н.К. Количественные изменения бентоса на начальном этапе освоения Пильтун-Астохского нефтегазового месторождения (северо-восточный шельф Сахалина) // Электронный журнал «Исследовано в России». – 2003. – № 116. – С. 1396–1406. – <http://zhurnal.ape.relam.ru/articles/2003/116.pdf>

Мощенко А.В., Коновалова Т.В., Белан Т.А., Христофорова Н.К. Изменение биотопических условий и вариации распределения бентоса вблизи платформы Моликпак (шельф северо-восточного Сахалина) // Изв. ТИНРО. – 2005. – Т. 142. – С. 223–245.

Табунков В.Д., Аверинцев В.Г., Сиренко Б.И., Шереметевский А.И. Состав и структура донного населения лагун Набиль и Пильтун (северо-восточный Сахалин) // Биота и сообщества дальневосточных морей: лагуны и заливы Камчатки и Сахалина. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. – С. 7–30.

Chamberlain C.K. Morphology and ethology of trace fossils from the Ouachita Mountains, Southeast Oklahoma // Journal of Paleontology. – 1971. – Vol. 45, № 2. – P. 212–246.

Osborn G. The origin and evolution of life. – New York: Charles Scribner's Sons, 1925. – 322 p.

Sanamyan N.P. New and poorly known Actiniaria from the NW Pacific // Zoosystematica Rossica. – 2000. – Vol. 9 (1). – P. 1–10.

Sanamyan N.P. New record of *Oceanactis diomedae* (Cnidaria: Actiniaria: Oractiidae) and systematic position of the genera *Oceanactis* and *Oractis* // Species Diversity. – 2003. – Vol. 8. – P. 93–101.

СТРУКТУРА ИХТИОФАУНЫ И ДИНАМИКА ЗАПАСА ОСНОВНЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ ЗЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д.В. Коцюк

Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, г. Хабаровск, Россия, denkats_tinro@mail.ru

Зейское водохранилище – первое крупное водохранилище Дальнего Востока, расположенное в 649 км выше устья р. Зeya. Водоохранилище относится к равнинно-горному типу и характеризуется как глубоководное с большой зоной затопления, средней величиной сработки (6-7 м) и замедленным водообменом (1 раз в 3 года). По проектным данным водохранилище характеризуется следующими показателями: площадь водного зеркала при НПУ (нормальном подпорном уровне) – 24 км², площадь водного зеркала при УМО (уровне минимального объема) – 1620 км², объем при НПУ – 68,4 км³, объем при УМО – 36,3 км³, длина при НПУ – 225 км, длина при УМО 194 км, площадь водосбора – 83800 км², ширина от 0,1 до 45,0 км, глубина максимальная – 99,0 м, глубина средняя – 37,0 м.

Цель работы: выявить изменения в ихтиофауне Зейского водохранилища на всем протяжении его существования.

Для достижения поставленной цели необходимо решение ряда задач.

1. Выявить количественные изменения в составе ихтиофауны в результате строительства и эксплуатации Зейской ГЭС.
2. Проследить изменения видовой структуры ихтиофауны в различные периоды формирования Зейского водохранилища.
3. Выявить динамику промыслового запаса основных промысловых видов рыб в Зейском водохранилище.
4. Определить запас основных промысловых видов рыб в Зейском водохранилище на современном этапе.

В основу данной работы положен материал, собранный в архивах ФГУП Хф «ТИНРО-центр», ФГУП «ВостСибрыбцентр», ФГУ «Амуррыбвод», ОАО «Амурский рыбокомбинат» и Управления «Россельхознадзор» по Амурской области. Сбор материала по современному состоянию ихтиофауны проводился в полевой сезон 2006-2007 гг. Для определения промыслового запаса рыб в Зейском водохранилище произведен облов литорали заливов Тулунгин, Темна, Кл. Теплый, Б. Гармакан и подпоры рек Зeya, Ток и Арги ставными трехстенными сетями с шагом ячеи 18-55 мм. Площадь облова составляла от 1 до 10 га в различных районах. Коэффициент уловистости сетных орудий лова принят за 1. Оценка запаса производилась экстраполированием на всю площадь литорали. Полный биологический анализ (ПБА) проводился по общепринятой методике (Правдин, 1966). Крупные экземпляры рыб подвергались ПБА в полевых условиях, а мелкие фиксировались в 4 %-ном растворе формалина и обрабатывались в лаборатории.

В развитии гидрологического режима водохранилищ обычно выделяют несколько периодов: речной период (до зарегулирования русла реки), период заполнения, период формирования ложа и берегов и период рабочего режима.

До образования водохранилища (до 1975 г.) р. Зeya характеризовалась хорошо развитой речной сетью и пойменной системой. По объединенным данным (Мина, 1962) и (Головко, Себин, 1977) и данным наших исследований 2006-2007 гг. аборигенный состав ихтиофауны бассейна Зейского водохранилища сократился с 38 до 24 видов. Два вида были интродуцированы в Зейское водохранилище. Так байкальский омуль частично натурализован и в уловах из подпора р. Зeya отмечен нами в 2007 г. Пелядь же, возможно, обитает, однако в наших уловах не встречалась (внесена в список на основании опросных данных). На современном этапе в Зейском водохранилище обитает 26 видов рыб (табл. 1).

Смена этапов развития Зейского водохранилища характеризовалась сменой видовой структуры ихтиофауны.

Речной период. В уловах доминировали представители озерно-речной группы рыб – карась серебряный 40 % и щука амурская 22 %. Однако была значительна доля рыб-реофилов – таймень 6 %, ленки 12 %, хариус 4 % (рис. 1).

Таблица 1

Изменение видового состава рыб Зейского водохранилища

Вид	По обобщенным данным	По нашим данным 2006-2007 гг.
1. <i>Lathenteron reissneri</i> (Dybowski, 1869) – дальневосточная ручьевая минога	+	+
2. <i>Huso dauricus</i> (Georgi, 1775) – калуга	+	-
3. <i>Acipenser schrenckii</i> Brandt, 1869 – амурский осетр	+	-
4. <i>Oncorhynchus keta</i> (Walbaum, 1792) – кета	+	-
5. <i>Hucho taimen</i> (Pallas, 1773) - таймень	+	+
6. <i>Brachymystax lenok</i> (Pallas, 1773) – острорылый ленок	+	+
7. <i>Brachymystax tumensis</i> Mori, 1930 – тупорылый ленок	+	+
8. <i>Coregonus ussuriensis</i> Berg, 1906 – амурский сиг	+	+
9. <i>Coregonus chadary</i> Dybowski, 1869 – сиг-хадары	+	+
10. <i>Thymallus grudii</i> Dybowski, 1869 – верхнеамурский хариус	+	+
11. <i>Esox reichertii</i> Dybowski, 1869 амурская щука	+	+
12. <i>Leuciscus waleckii</i> (Dybowski, 1869) – амурский язь, чебак	+	+
13. <i>Phoxinus phoxinus</i> (Pallas, 1814) – озерный голянь	+	+
14. <i>Phoxinus czekanowskii</i> Dybowski, 1869 – голянь Чекановского	+	-
15. <i>Phoxinus lagowskii</i> Dybowski, 1869 – голянь Лаговского	+	+
16. <i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758) – речной голянь	+	-
17. <i>Xenocypris macrolepis</i> Bleeker, 1871 – крупночешуйный желтопер	+	-
18. <i>Hemiculter lucidus</i> (Dybowski, 1872) – уссурийская востробрюшка	+	-
19. <i>Pseudaspius leptcephalus</i> (Pallas, 1776) – амурский плоскоголовый жерех	+	+
20. <i>Erithroculter mongolicus</i> (Basilewsky, 1855) – монгольский краснопер	+	-
21. <i>Gobio soldatovi</i> Berg, 1914 – пескарь Солдатова	+	-
22. <i>Gobio cynocephalus</i> (Linnaeus, 1758) – амурский обыкновенный пескарь	+	+
23. <i>Ladislavia taczanowskii</i> Dybowski, 1869 - ладиславия	+	-
24. <i>Rhodeus sericeus</i> (Pallas, 1776) – амурский обыкновенный горчак	+	-
25. <i>Hemibarbus labeo</i> (Pallas, 1776) конь-губарь	+	-
26. <i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) – серебряный карась	+	+
27. <i>Barbatula toni</i> (Dybowski, 1869) – сибирский голец	+	+
28. <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Canton, 1842) – азиатский вьюн	+	+
29. <i>Cobitis melanoleuca</i> Nichols, 1925 – сибирская щиповка	+	+
30. <i>Cobitis lutheri</i> Linnaeus, 1758 – щиповка Лютера	+	+
31. <i>Silurus asotus</i> Linnaeus, 1758 – амурский сом	+	+
32. <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (Richardson, 1846) – китайская косатка-скрипун	+	+
33. <i>Pelteobagrus ussuriensis</i> (Dybowski, 1872) – косатка-плеть	+	+
34. <i>Percottus glehni</i> Dybowski, 1877 – ротан-головешка	+	+
35. <i>Mesocottus haitej</i> (Dybowski, 1869) – амурская широколобка	+	-
36. <i>Cottus szanaga</i> Dybowski, 1869 – амурский подкаменщик	+	-
37. <i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758) – налим	+	+
38. <i>Hypomesus olidus</i> (Pallas, 1814) – обыкновенная малоротая корюшка	+	+
39. <i>Coregonus peled</i> (Gmelin, 1789) – пелядь	-	+
40. <i>Coregonus migratorius</i> (Georgi, 1775) – байкальский омуль	-	+
ВСЕГО:	38	26

Примечание: Видовые названия рыб даны по Н.Г.Богуцкой, А.М. Насека (2004).

Период заполнения. В 11-летний этап заполнения (1975-1985 гг.) происходила постепенная замена речных условий обитания на озерные. В первую очередь в период заполнения произошло вытеснение ценных осетровых и лососевых видов рыб в зоны нижнего бьефа. Такие реофилы как таймень, ленок, хариус, амурский сиг, сиг-хадары встречались только в заливах и на подпорах. Позднее они были вытеснены в горные притоки и большая часть их группировок спускается в подпоры только на период зимовки. Из водохранилища исчезли

такие реофилы как: конь-губарь и монгольский краснопер. Такие речные пелагофилы как востробрюшка и подуст-чернобрюшка, потеряв нерестилища, из водохранилища исчезли. Одновременно в результате исключительно благоприятных условий размножения и питания доминирующее положение заняли фитофилы – амурская щука и серебряный карась (Головко и др., 2005).

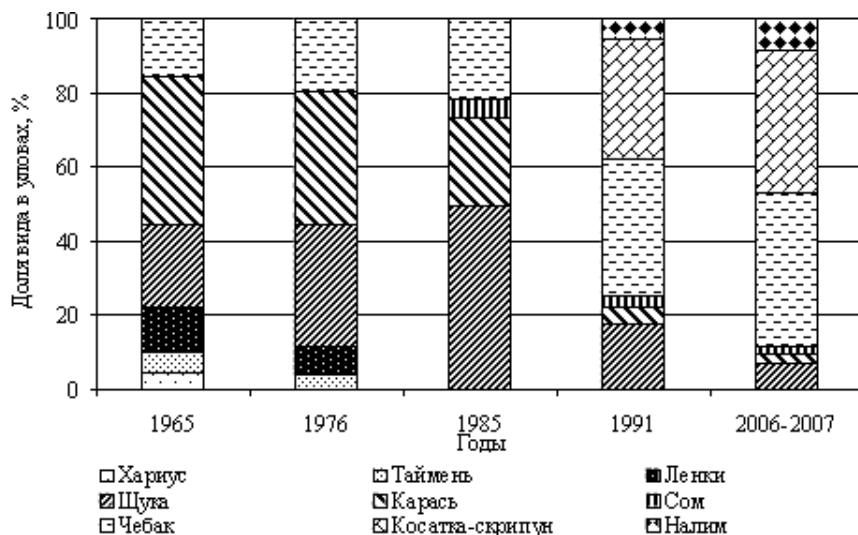
На этапе заполнения Зейского водохранилища можно выделить 2 фазы (Коцюк, 2007а).

Фаза I (1975-1978 гг.). В уловах сетных орудий лова доминировали: карась 36,2 %, щука 33,1 %, чебак 19,5 %. Помимо этого еще оставалась значительная доля реофилов: ленки 7,5 % и таймень 3,7 % (рис. 1).

Фаза II (1979-1985 гг.). Характеризовалась тем, что в группе промысловых видов уже не встречались реофилы (таймень и ленки) и значительно возросла доля рыб-фитофилов – карася до 23,8 %, щуки до 49,3 % и сома до 5,2 % (рис. 1).

Таким образом, в условиях многолетнего затопления в Зейском водохранилище сформировался ихтиокомплекс с преобладанием рыб в основном одного типа размножения (фитофильного). Условия нереста для рыб-фитофилов стали неблагоприятными сразу после полного проектного заполнения водохранилища (1986 г.). Переформирование береговой линии под действием штормов привело к разрушению нерестилищ и вымыванию нерестового субстрата. Таким образом, наступил следующий период – **наполненный объем**.

Рис. 1. Динамика видовой структуры уловов основных промысловых видов рыб в Зейском водохранилище



Генерации рыб-фитофилов, появившихся в период заполнения, стали постепенно элиминировать, их доля в уловах сократилась к 1991 г. до 4,4 % карася и до 17,4 % щуки. Постепенно стала возрастать значимость видов, которые по типу размножения менее подвержены нестабильному уровенному режиму. Так, доля чебака возросла до 37,6 %.

Отметим, что условия для развития чебака были всегда, но в период заполнения вспышка его численности подавлялась щукой, для которой он был кормовым объектом. Доля косатки-скрипуна возросла до 31,8 % и налима до 5,8 % (рис. 1).

Рабочий режим. В настоящее время Зейское водохранилище находится на этапе рабочего режима. Данный этап характеризуется созданием постоянного ихтиокомплекса с преобладанием в основном рыб-фитофилов. Особое значение в становлении ихтиофауны в этот период приобрело влияние нестабильного уровенного режима. В настоящее время в уловах доминируют чебак 41,7 % и косатка-скрипун 38,3 %. Незначительна доля щуки 6,7 %, сома 2,0 % и карася 2,8 % (рис. 1).

Основными непромысловыми видами в Зейском водохранилище на всем протяжении его существования остаются гольяны озерный и Лаговского. Их доля в различные периоды изменялась незначительно и приблизительно колебалась в пределах 55-60 % для озерного гольяна и 40-45 % для гольяна Лаговского. Однако следует заметить, что на этапе заполнения в фазу 2 выявлены большие сезонные изменения в видовой структуре уловов непромысловых видов. Такие изменения главным образом вызваны особенностью биологии малоротой корюшки, у которой в условиях Зейского водохранилища преимущественно одногодовой цикл. Так, доля корюшки в первой половине лета достигала 56,7 % а во второй половине лета падала до 6,9 % (рис. 2).

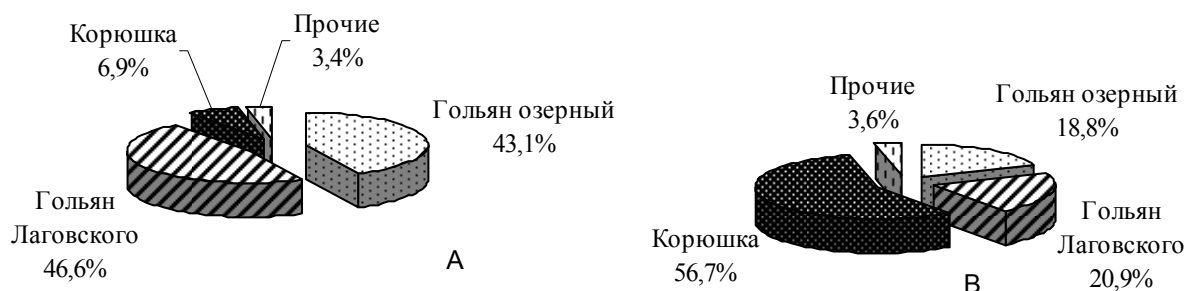


Рис. 2. Видовая структура уловов основных непромысловых видов рыб в Зейском водохранилище на период заполнения, фаза 2: **А** – май-июнь, **В** – июль-август

Такая сезонная динамика в период заполнения характерна только для Зейского водохранилища. Причинами этого являются длительный период заполнения, благоприятные условия обитания и наличие быстро воспроизводящегося моноциклического вида – малоротой корюшки.

По ходу того, как происходила смена видовой структуры ихтиофауны, изменялась и величина запаса основных промысловых видов. Так, запас рыб-фитофилов (щуки и карася) увеличивался и уже в 1986 г. достиг своих максимальных значений. На этот период времени промысловый запас только щуки оценивался в 15,4 тыс. т. Однако по уже озвученным ранее причинам запас этих видов стал снижаться сразу после полного проектного заполнения водохранилища (1986 г.) (рис. 3). В это же время стал увеличиваться запас рыб-литофилов (чебака и косатки-скрипуна). Уже к 1994-1995 гг. величины запасов рыб-фитофилов и литофилов сравнялись на отметке около 2,2 тыс. т. Начиная с 1995 г. и на всем протяжении периода рабочего режима, т.е. до настоящего времени прослеживается тенденция снижения запаса карася и щуки и увеличение запаса чебака и косатки-скрипуна (рис. 3).

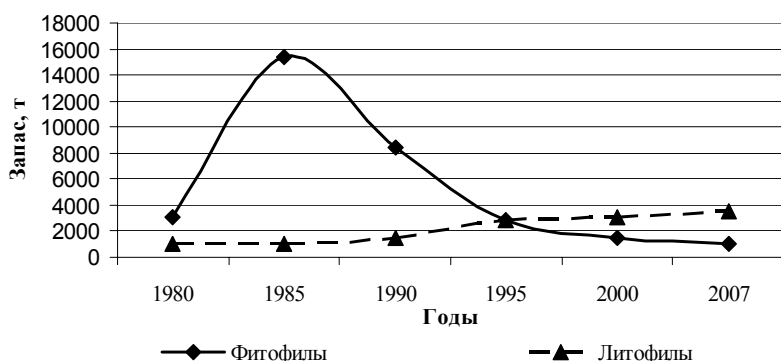


Рис. 3. Динамика запаса основных групп рыб в Зейском водохранилище

В настоящее время промысел в Зейском водохранилище продолжает базироваться на более традиционных видах (щуке и карасе), а освоение более распространенных объектов (чебака и косатки-скрипуна) не происходит в силу трудоемкости их поимки и обработки.

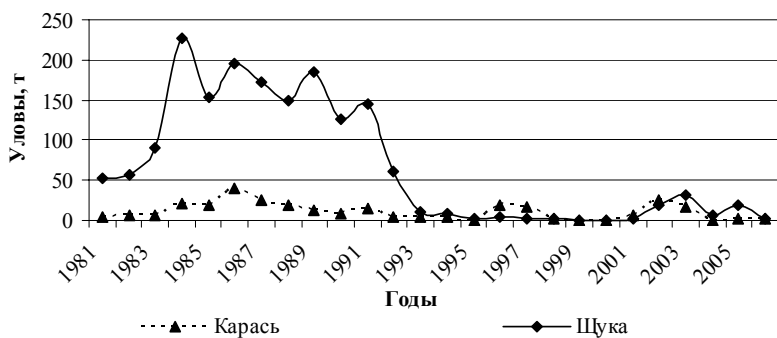


Рис. 4. Уловы основных видов рыб в Зейском водохранилище

Анализируя динамику официального вылова в Зейском водохранилище отметим, что она в общих чертах отражает динамику запаса рыб-фитофилов (рис. 4). Если не принимать во внимание данные по вылову в период с 1992 по 2002 г., когда промысловый лов в водохранилище практически отсутствовал, то основная тенденция уловов будет повторять тенденцию запаса фитофилов. В настоящее время промысел в Зейском водохранилище продолжает базироваться на более традиционных видах (щуке и карасе), а освоение более распространенных объектов (чебака и косатки-скрипуна) не происходит в силу трудоемкости их поимки и обработки.

Величина ОДУ на 2007 г. определялась специалистами ФГУП «ВостСибрыбцентр» и составила 120 т (щука – 20 т, карась – 20 т, чебак – 40 т, косатка-скрипун – 20 т, налим – 20 т). По данным Зейского филиала ФГУ «Амуррыбвод» ОДУ на 2007 г. освоено на 32 %.

По данным исследований 2006-2007 гг. промысловый запас зоны литорали Зейского водохранилища для основных промысловых видов рыб оценен в 4,542 тыс. т. Площадь зоны литорали при НПУ (315,2 м) на момент проведения исследований составляла 52000 га. Практически полное отсутствие рыб в зоне пелагиали в течение практически всего года позволяет приравнять промысловый запас литорали к общему промысловому запасу водохранилища. Средняя промысловая навеска, плотность и промысловый запас каждого из видов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Запас основных промысловых рыб в Зейском водохранилище

Вид рыбы	Средняя промысловая навеска,	Плотность, шт./га.	Плотность, кг/га	Запас литорали, тыс. шт.	Запас литорали, т
карась	415	1,2	4,98	62,4	258,96
щука	875	1,9	16,625	98,8	864,5
чебак	119	28,5	33,915	1482	1763,58
косатка-скрипун	131	24,3	31,833	1263,6	1655,316
ВСЕГО:				2906,8	4542,356

Проделанная работа позволяет сделать вывод о том, что создание крупных водохранилищ несет в себе преобразования в структуре ихтиофауны не только на начальном этапе, но и на протяжении многих лет. В условиях Зейского водохранилища процесс становления ихтиофауны продолжался более 30 лет. За этот период времени видовой состав ихтиофауны сократился с 38 до 26 видов. Изменения структуры ихтиофауны и запаса основных промысловых видов рыб были сопряжены со сменой фаз развития водохранилища, а именно с созданием благоприятных условий для тех или иных видов рыб. В целом прослеживается тенденция увеличения запаса фитофилов (карася и щуки) в период заполнения, далее в течение 1-2 лет стабилизация величины запаса и в дальнейшем уменьшение величины запаса фитофилов, но увеличение запаса литофилов (чебака и косатки-скрипуна). В 2006-2007 гг. запас основных промысловых видов рыб в Зейском водохранилище оценивается в 4,542 тыс. т.

ЛИТЕРАТУРА

- Богуцкая Н.Г., Насека А.М.** Каталог бесчелюстных и рыб пресных вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями // М.: Товарищество научных изданий КМК. – 2004. – 389с.
- Головко В.И., Себин Е.И.** Формирование ихтиофауны Зейского водохранилища во второй год заполнения // Сб. науч. тр. «Животный мир Дальнего Востока». – Благовещенск: БГПУ, 1977. – Вып. 3 – С. 62-93.
- Головко В.И., Дымин В.А., Коцюк Д.В.** Формирование ихтиофауны Зейского водохранилища // Проблемы экологии Верхнего Приамурья: сб. науч. тр. – Благовещенск: БГПУ, 2005. – Вып. 8 – С. 175-192.
- Коцюк Д.В.** Изменения ихтиофауны Зейского водохранилища в условиях зарегулирования стока // Ихтиологические исследования на внутренних водоемах: Мат-лы междунар. науч. конф. – Саранск: Мордов. гос. ун-т, 2007а. – С. 95-97.
- Коцюк Д.В.** Видовая структура ихтиофауны на этапе заполнения Зейского водохранилища // Биология внутренних вод: Тезисы докладов XII Межд. Школы-конф. Борок. – 2007б. – С. 30-31.
- Мина М.В.** Материалы по ихтиофауне р. Зеи // Науч. док. Высш. школы биол. науки – 1962. – №4. – С. 33-37.
- Правдин И.Ф.** Руководство по изучению рыб // М.: «Пищевая промышленность», 1966. – 242с.

СПОСОБЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПОЛЕЙ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ (*LAMINARIA JAPONICA*) ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДОБЫЧИ

Т.Н. Крупнова, И.С. Турабжанова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, krupnova@tinro.ru

Ў

Запасы ламинарии японской (*Laminaria japonica*) в последние 15-20 лет сократились в несколько раз, к настоящему времени на некоторых участках побережья не хватает маточных слоевищ для самовосстановления этой водоросли. Также наблюдается смещение зарослей ламинарии на меньшие глубины. По данным 2007 года, более 80 % растений ламинарии произрастало на глубине от уреза воды и до 5 м. В предыдущие годы, когда имелся большой запас ламинарии (с 1930 по 1980 гг.), основная промысловая масса ламинарии была приурочена к глубинам от 8 до 12-15 м. Сейчас на этих глубинах частота встречаемости поселений ламинарии составила всего около 15 % (рис. 1).

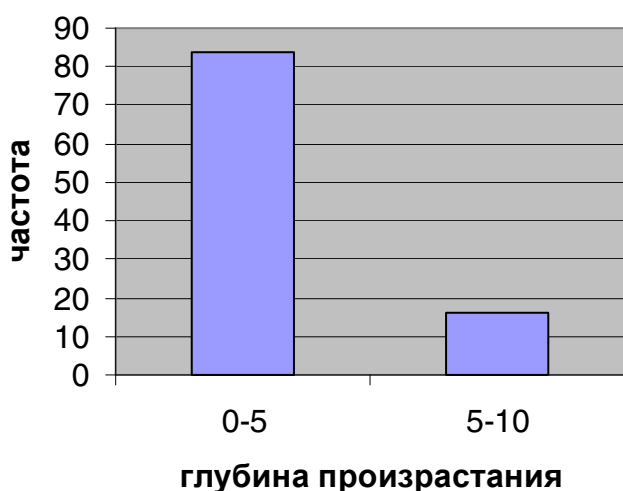


Рис. 1. Распределение зарослей ламинарии в побережье Приморья в 2007 г. (от мыса Золотого до мыса Поворотный)

Как известно из практики работ по восстановлению полей ламинарии (Крупнова, 2004), зооспоры от маточных слоевищ распространяются на расстояние не более чем 4-5 м, и при этом направление их движения ориентировано к берегу (рис. 2).

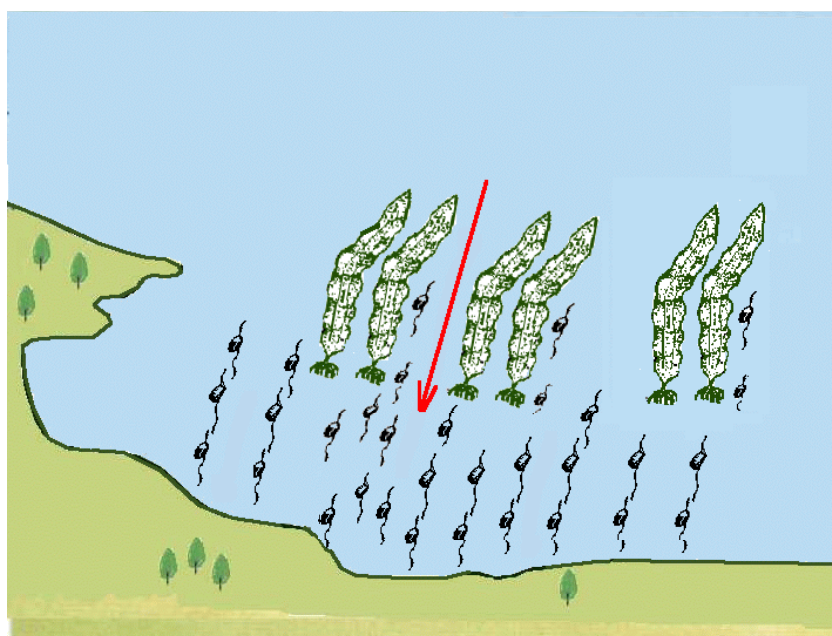


Рис. 2. Направление движения зооспор после их выхода из маточных слоевищ

Следовательно, в ближайшее время поселения ламинарии будут обеспечивать воспроизводство новых поколений только на занимаемой ими площади, поскольку для «засева» пустующих субстратов на глубинах свыше 5 м необходимо наличие там маточных слоевищ. А их присутствие на таких глубинах, как видно из рис. 1., составляет всего 15 % на всем протяжении побережья от мыса Золотого и до мыса Поворотного.

Изменить ситуацию возможно только с помощью мелиоративных мер, т.е. для восстановления полей ламинарии на глубине 8–15 м необходимо завозить туда специально подготовленные «простимулированные» маточные слоевища с тем, чтобы вышедшие зооспоры прикрепилась к свободному субстрату и дали жизнь новому поколению (Крупнова, 2004).

Биотехнология восстановления полей ламинарии как на пустых, не занятых корковыми водорослями донных субстратах, так и на покрытых ими с различной степенью, разрабо-

тана во ФГУП «ТИНРО-центр», в результате ее применения на экспериментальных полигонах восстановлены поля этой водоросли (Крупнова, 2007).

Следующим этапом работ является изучение способов дальнейшего поддержания восстановленных полей на стабильном уровне при проведении добычи, т.е. необходимо ли изымать весь выращенный урожай, а новый получать путем очередного завоза маточных слоевищ или же оставлять часть выращенных растений для оспоривания субстратов, а другую часть изымать как урожай.

Для этого осенью 2006 г. на восстановленных полях ламинарии заложены экспериментальные площадки с различными методами использования маточных слоевищ с целью поиска наиболее оптимального способа (рис. 3):

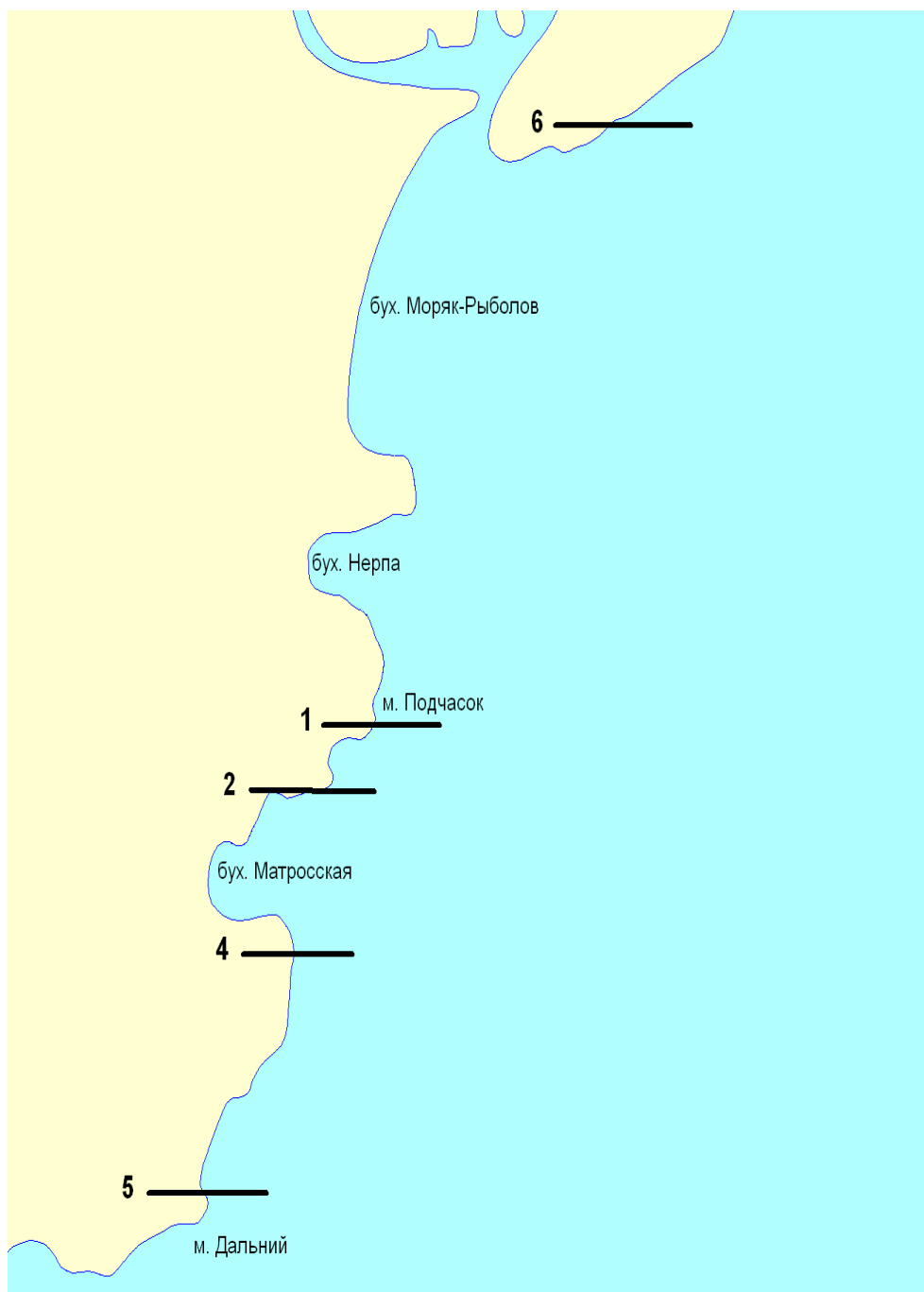


Рис. 3. Полигоны с различными методами использования маточных слоевищ

Участок 1 (мыс Подчасок). Площадь участка 3 га. Летом 2006 г. вся ламинария с участка была собрана, и новое ее поселение создавалось за счет размещения простимулирован-

ных маточных слоевищ на дне с плотностью 3 маточных слоевища через 3-4 м друг от друга в ряду и через 4-5 м между рядами.

Участок 2 (северная сторона бухты Матросская). Площадь участка 2 га. Осенью 2006 г. после сбора урожая выращенной ламинарии восстановление ее новых зарослей проводилось путем естественного оспоривания дна зооспорами оставленных маточных слоевищ. Маточные слоевища оставались в количестве 15-20 экз. на 3-4 м² (в среднем 5 экз./м²).

Участок 4 (южнее бухты Матросская). Площадь участка 2 га. Большая часть выращенной ламинарии в 2006 г. собиралась, а для оспоривания у берега оставлены маточные слоевища с плотностью 4-5 экз. на 4-5 м². На оставшейся площади участка с мористой стороны проводилось размещение маточных слоевищ по 4-5 экз. в «гнезде» через 2-3 м в ряду и 4-5 м между рядами. Диапазон глубин 15-5 м.

Участок 5 (мыс Дальний) Площадь участка 1, 6 га. Маточные слоевища оставались сплошными полосами шириной 1-1,5 м, расстояние между полосами 3-4 м.

Участок 6 (севернее бухты Моряк – Рыболов). Площадь участка 3 га. Маточные слоевища размещались на пустом субстрате по 5 штук в «гнезде» на расстоянии 2-3 м в ряду и 4-5 м между рядами.

Для получения данных по выживаемости молодых спорофитов и оценки исходного посевного материала осенью 2007 г. была проведена съемка экспериментальных полигонов. Учитывалось количество появившихся растений на одном квадратном метре, отбирались пробы для характеристики размерномассовых показателей. Все полученные результаты занесены в таблицу.

Характеристика первогодней ламинарии осенью 2007 г в зависимости от способа оспоривания

Номер полигона	Длина слоевища, см	Масса (г)	Количество (экз./м ²)
1	95	46	208
2	63	50	264
4	106	79	120
5	104	107	160
6	-	-	-

Из таблицы видно, что все используемые способы оспоривания субстрата дали положительный результат (за исключением участка 6, который был расположен в зоне влияния стока реки), но наилучшие размерномассовые показатели были у тех растений, где плотность рассады была относительно небольшой – 120 – 160 экз./м².

Таким образом, восстановление полей ламинарии на природном донном субстрате возможно проводить зооспорами как из ежегодно завозимых маточных слоевищ, так и оставлять для этих целей часть уже ранее восстановленных растений.

ЛИТЕРАТУРА

Крупнова Т.Н. Инструкция по восстановлению полей ламинарии у берегов Приморья // ТИН-РО-центр, 2007 (в печати).

Крупнова Т.Н. Способ восстановления полей бурой водоросли ламинарии // Патент № 112579. - 2004.

ПРОГНОЗ ПРОМЫСЛОВЫХ ЗАПАСОВ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ ПО ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗАРОСЛЕЙ РАСТЕНИЙ ПЕРВОГО ГОДА ВЕГЕТАЦИИ В ПРИБРЕЖЬЕ СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ

В.Н. Кулепанов, Л.В. Жильцова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, kulepanov@tinro.ru

Бурая водоросль ламинария японская *Laminaria (=Saccharina) japonica* – традиционный промысловый объект в прибрежье северного Приморья. Ламинария растет два года, промыслом осваиваются заросли растений второго года вегетации. Короткий жизненный цикл водоросли, обитающей в прибрежной зоне, где высокое разнообразие факторов среды, не позволяет давать устойчивый долгосрочный прогноз запасов этого вида.

Запасы промысловых зарослей ламинарии японской предлагается оценивать по состоянию запасов ламинарии первого года вегетации.

С 2000 по 2007 гг. в северном Приморье проведено шесть гидробиологических экспедиций по оценке запасов ламинарии японской. Всего выполнено 3300 станций на 1085 разрезах. Исследования проводили от нижнего горизонта литорали до глубины 20 м. Водолазом оценивалось проективное покрытие дна ламинарией первого и второго года вегетации. Количественную пробу биомассы водорослей брали с площади 0,25 м².

Расчет биомассы водорослей проводится по формуле (Гемп, 1963):

$$B = \text{ПП} \cdot W \cdot S \quad (1)$$

где B – запас; ПП – проективное покрытие; W – биомасса, кг на единицу площади; S – площадь зарослей.

Для расчета запасов ламинарии второго года вегетации по параметрам годоводных растений необходимо знать, как меняются показатели в формуле (1) в зависимости от возраста.

Формула для расчета запасов будет иметь вид:

$$B = (\text{ПП} \cdot K_{\text{пп}}) \cdot (W \cdot K_w) \cdot (S \cdot K_s) \quad (2)$$

где $K_{\text{пп}}, K_w, K_s$ - коэффициенты пересчета.

Для расчета коэффициентов пересчета использовали средние значения биологических показателей ламинарии первого и второго года вегетации (см. таблицу). Побережье северного Приморья было разделено на три района: 1 район – мыс Поворотный – зал. Ольги; 2 район – зал. Ольги – мыс Белкина; 3 район – мыс Белкина – мыс Гиляк.

Средние значения биологических показателей состояния зарослей ламинарии японской в прибрежье северного Приморья

Район	Годы исследований	Ламинария 0 +			Ламинария 1 +		
		ПП, %	Масса, кг на рамку	Ширина зарослей, м	ПП, %	Масса, кг на рамку	Ширина зарослей, м
1 район	2000– 2001	20	1,70	28	10	3,15	14
2 район		23	1,21	45	12	7,33	17
3 район		19	0,70	44	10,5	2,30	40
1 район	2001-2002	13	1,71	31	25	4,75	21
2 район		19	2,38	67	35	7,35	57
3 район		17	1,26	65	48	6,63	91
1 район	2004-2005	14	0,75	38	17	3,26	19
2 район		10	0,60	46	16	2,80	20
3 район		25	3,15	111	16	2,10	55

Отмечена положительная корреляция по районам между массами ламинарии первого (0+) и второго (1+) года вегетации ($r = 0,60$), шириной зарослей ($r = 0,64$). Между проектив-

ным покрытием (ПП) ламинарии первого года вегетации и ПП ламинарии в этом районе на следующий год, корреляция отсутствует ($r = -0,17$).

Отсутствие связи между проективным покрытием ламинарии первого и второго года вегетации можно объяснить субъективностью оценки этого показателя водолазом. Учитывая увеличение площади слоевищ ламинарии второго года развития и их частичным выбиванием во время штормов в течение года, коэффициент пересчета $K_{\text{пт}}$ может быть принят за 1.

Для пересчета биомассы ламинарии первого года вегетации может быть использована зависимость массы и плотности растений. Для популяций многих растений известен эффект самоизреживания, когда по мере их роста происходит уменьшение плотности. При этом наблюдается обратная зависимость между густотой зарослей (количеством растений на единице площади) и индивидуальными размерами и массой (Yoda et al., 1963). Зависимость «масса одного растения – плотность посевов» хорошо аппроксимируется в логарифмической шкале прямой линией, имеющий наклон, близкий к 1,5 («линия изреживания»). В дальнейшем эта закономерность получила известность как «правило $-3/2$ » или «закон степени $-3/2$ ». Ранее было показано (Кулепанов, 2006), что у ламинарии японской также прослеживается взаимозависимость плотности и массы, и к зарослям этой водоросли применимо «правило $-3/2$ ».

Если в поселениях ламинарии соблюдается «правило $-3/2$ », то, зная плотность и массу ламинарии первого года вегетации, можно рассчитать эти показатели для двухлетних, промысловых растений используя уравнение:

$$\lg w = -1,38 \cdot \lg p + 3,82 \quad (3)$$

или $W = 6669,6 \cdot p^{-1,38}$

Так, если средняя плотность ламинарии первого года вегетации составляет 100 экземпляров на рамку, средняя масса слоевища 11,4 г. Применяя рабочую зависимость можно рассчитать, что ламинария второго года вегетации будет имеет плотность 5 экземпляров на рамку и среднюю массу 724 г.

Из таблицы видно, что ширина зарослей (а соответственно и площадь) ламинарии второго года вегетации сокращается по сравнению с площадью первогогодних растений. Сокращение в среднем составляет 40 %. Таким образом, K_s для пересчета площади был принят 0,6. Используя коэффициенты пересчета были рассчитаны запасы ламинарии 2008 года и для тех лет, когда исследования не проводились. Рассчитанные коэффициенты имеют предварительный характер и, скорее всего, они будут меняться от типа года и района.

ЛИТЕРАТУРА

Гемп К.П. Новые методы исследования зарослей водорослей в Белом море // Проблемы использования промысловых ресурсов Белого моря и внутренних водоемов Карелии. - 1963. - Вып. 1. - С. 140-142.

Кулепанов В.Н. Взаимозависимость массы слоевищ и плотности зарослей бурой водоросли ламинарии японской *Laminaria japonica* Aresch. в прибрежье северного Приморья // Изв. ТИНРО. – 2006. – Т. 147. - С. 141-147.

Yoda K., Kira T., Ogawa H., Hozumi K. Intraspecific competition among higher plants. XI Self-thinning in over-crowded pure stands under cultivated and natural conditions. – J. Biol., Osaka City Univ., 1963. – Vol. 14. – P. 107-129.

СТОХАСТИЧЕСКИЕ И ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДИНАМИКЕ ДОМИНИРОВАНИЯ ВИДОВ В НЕКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ ПЕЛАГИАЛИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ С 1980-Х ГГ.

В.В. Кулик

ФГУП «ТИНРО-центр», Владивосток, Россия, kulik@tinro.ru

Еще в начале экосистемных исследований дальневосточных морей в 1980-х гг. коллективом ТИНРО-центра был дан верный долгосрочный прогноз направления перестроек сообществ пелагиали дальневосточных морей (Шунтов и др., 1997). Такая прозорливость обусловлена верой в то, что главными исходными событиями, на фоне которых происходят существенные, в том числе глобальные перестройки биоты морей и океанов, являются межгодовые и многолетние изменения климата и океанологического режима (Шунтов, 2001).

Системность климатических и гидрологических процессов и аналогичная зависимость от них биологических явлений уже была многократно доказана (Шунтов и др., 2007). В то же время в краткосрочном прогнозировании численности гидробионтов существуют значительные ошибки, которые объясняются «сложностью и многофакторностью природных зависимостей и явлений и, соответственно, реакций биологических систем и тем более конкретных популяций гидробионтов на динамику абиотической среды» (Шунтов и др., 2007, с. 79).

Вероятно, есть и необусловленные ничем колебания численности популяций. Например, в результате анализа наиболее знакомой биологам и экологам популяционной динамики типа ферхюльстовой кривой Е.В. Евдокимов и А.В. Шаповалов (2005) пришли к выводу, что при определенных условиях периодические колебания численности популяции возникают сами по себе, без какого-либо влияния извне (хищничества, сезонных колебаний и т.п.), как следствие нелинейности динамических свойств самой популяции. В.В. Суханов (1997), наоборот, не считает существование вторичных резонансов в модели динамики численности популяции независимыми.

Цель данной работы – измерить силу и значимость корреляций между изменениями климата над Северной Пацификой с динамикой доминирования видов в нектонных сообществах пелагиали дальневосточных морей в межгодовом аспекте.

Исходные материалы получены из базы данных, использованной ранее для расчета таблиц численности, биомасс и соотношения видов в дальневосточных морях (Нектон..., 2003-2006).

В качестве показателей климатических изменений выбраны крупномасштабные климатические (в основном, атмосферные) индексы Северной Пацифики (AOI, NPI.CPC, PDOw, PDOs, PDOa, SI, WPw, WPsp, NPI), полученные с сайта, построенного для анализа состояния экосистемы и климата Берингова моря (<http://www.beringclimate.noaa.gov>). Такой выбор обусловлен непрерывными рядами спутниковых данных (в отличие от экспедиционных). Также основанием для выделения именно климатических индексов среди множества прочих послужило то, что в результате многофакторного анализа главных компонентов атмосферные и океанические индексы были отнесены к одной компоненте (http://www.beringclimate.noaa.gov/quick_data_summary.html).

Влияние атмосферной циркуляции (особенности которой отражают климатические индексы) на гидрологию и гидробиологию среды упоминается в монографии по биологии дальневосточных морей В.П. Шунтова (2001, с. 114): «конкретные океанологическая и гидробиологическая ситуации в российских водах во многом должны определяться не только ходом общепланетарных процессов, но и атмосферной циркуляцией над восточной Азией, а также особенностями протекания гидрологических явлений в северо-западной и юго-западной частях Северной Пацифики». А.В. Кислов (2006, с. 175) считает, что «важнейшую роль в формировании климатического режима отдельных регионов внетропических широт играют центры действия атмосферы, на перифериях которых создаются благоприятные условия для перемещения циклонических серий».

Еще одной причиной выбора климатических индексов вместо более близких в цепочке опосредованных воздействий на гиобионтов (например, гиологических) послужило то, что через один-два года после начала режимных сдвигов в 1989 и 1997 гг. многих климатических индексов северной части Тихого океана (King et al., 2005) произошли самые быстрые и сильные отклонения от среднесуточной суммарной обилия нектона даже в мезопелагиали дальневосточных морей (рис. 1).

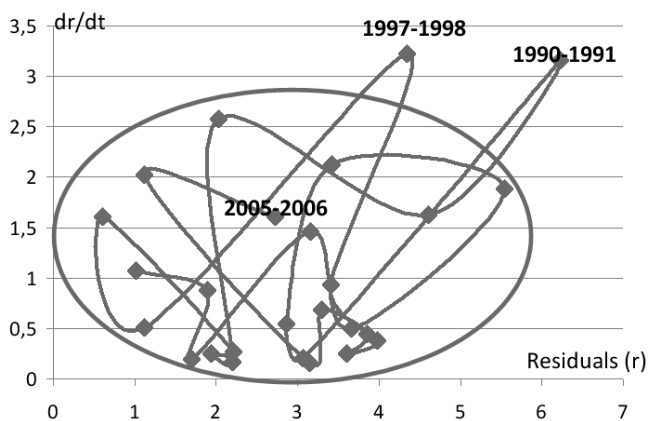


Рис. 1. Скорость изменения (dr/dt) остатков (r) после вычитания средней из суммарной относительной биомассы всех видов, пойманных пелагическим тралом в мезопелагиали и ночью в эпипелагиали дальневосточных морей по годам

К сожалению, с учетом биостатистических районов морей³, слоев пелагиали и сезонов (Нектон ..., 2003-2006) исследования нектона длились 10 лет и более всего в 26 районах (из 528 возможных сочетаний). При помощи корреляционного анализа отфильтрованы виды, имевшие хотя бы 1 сильную статистическую связь ($-0,8 > R > 0,8$; $p < 0,05$) с климатическими индексами.

Наибольшее количество сильных корреляций изменений обилия видов в западных частях Берингова, Японского морей и Тихого океана отмечено с северо-тихоокеанским индексом (NPI.CPC - North Pacific index (CPC), который показывает аномалии в динамике атмосферной циркуляции над Северной Пацификой). В Охотском море – с сибирским индексом (SI - Siberian index (DJFM), который используется для демонстрации изменений в атмосферной циркуляции над сибирским регионом). Ранее уже были показаны достоверные корреляции динамики типов атмосферной циркуляции и факторных оценок обилия многих видов в Охотском море (Кулик, 2007), здесь же привлечены климатические индексы большего масштаба, но применительно ко всем дальневосточным морям.

В результате канонического анализа найдены сильные корреляции ($R > 0,8$) между изменениями климатических индексов и биомассами видов на высоком уровне значимости ($p < 0,01$) в верхней эпипелагиали летом в Беринговом море, а осенью в СЗТО и Охотском море. В Японском море длительность рядов не более 8 лет оказалась не достаточной для проведения анализа.

Итак, можно предположить, что изменения в динамике доминирования или обилия⁴ видов нектона хотя бы в верхней эпипелагиали сильно детерминированы межгодовыми изменениями климатических индексов. Но в прикладном аспекте важно оценить прогностическую ценность дальних статистических корреляций и определить формулы, описывающие эти связи между конкретными видами и определенными индексами. При решении поставленной задачи оказалось, что с каноническими переменными лучше остальных соотносятся следующие виды: в Беринговом море – северный одноперый терпуг и медуза экворея, в СЗТО – японский анчоус, диаф-тета, лососевый король, медузы, кальмар светлячок и кальмар Бартрама, а в Охотском море – молодь терпугов и кеты, горбуша, сельдь и минтай. Распределение относительных биомасс всех этих видов можно было бы описать функциями (см. пример на рис. 2, А), но зачастую хорошая аппроксимация была обеспечена всего несколькими выбросами, без которых сложно что-либо утверждать (рис. 2, Б).

³ Необходимость использования биостатистического районирования следует из закона «провинциальности» (Шунтов, 2001).

⁴ Для массовых видов динамика обилия и долей в суммарной биомассе очень тесно связаны: $R > 0,7$ и $p < 0,01$

После удаления выбросов исследуемые корреляции становятся слабыми. При интерпретации биологических механизмов, обнаруженных статистических связей, появляется больше вопросов, чем ответов. Например, не понятно, каким образом может повлиять любое изменение среды на обилие медузы эквореи через 4 года (рис. 2, Б), когда ее скопления будут сформированы уже новыми поколениями. Также удивляет малое количество видов, тесно связанных с каноническими переменными климатических индексов, – менее 2 % от числа всех обловленных видов (878). Такие сомнения наводят на мысль о случайности обнаруженных сильных корреляций.

$$Z = 10.9687 - 7.4894 \cdot x - 6.5942 \cdot y + 3.4009 \cdot x^2 + 4.1963 \cdot x \cdot y + 1.8551 \cdot y^2$$

$$Z = 0.7198 + 1.9381 \cdot x + 0.5417 \cdot y + 1.9549 \cdot x^2 + 1.4716 \cdot x \cdot y - 0.1572 \cdot y^2$$

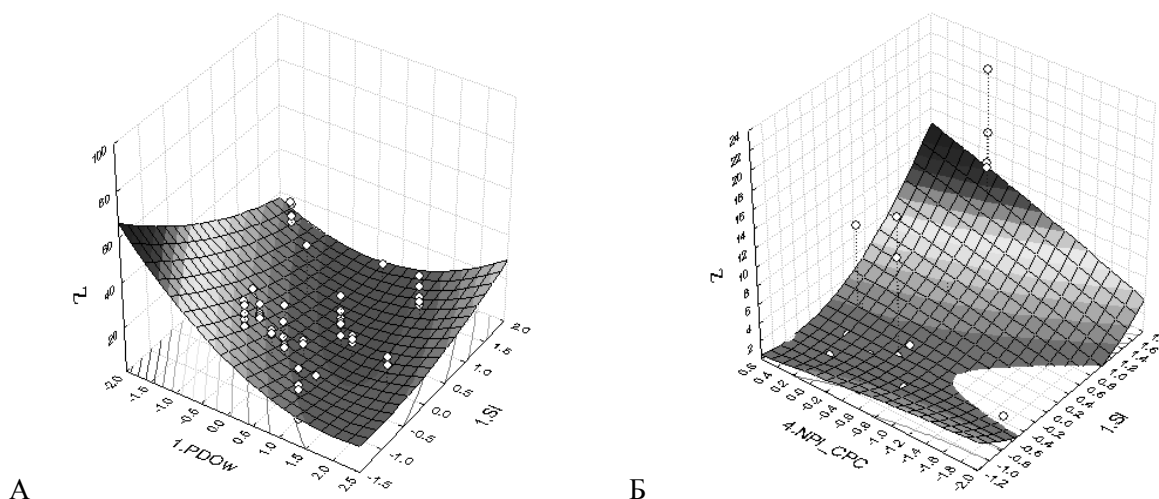


Рис. 2. Относительные биомассы ($\text{Log}(\text{кг}/\text{км}^3)$) по оси ординат (z) минтая в пелагиали Охотского моря осенью (А) и медузы Эквореи в верхней эпипелагиали западной части Берингова моря летом (Б), по осям абсцисс (x и y) климатические индексы со сдвигом на количество лет, указанное перед их названием

Вообще случайность изменений в природных явлениях – весьма дискуссионный вопрос. Неупорядоченное, хаотическое поведение обнаруживается во многих процессах, протекающих в различных природных и даже технических объектах. В природе хаос проявляется, например, в конвекции в атмосфере и в океане (Лукьянов, 1998; Добровольский, 2006). Довольно часто предполагается, что хаос является нормой динамического поведения не только нелинейных физических, но и биологических систем (Pool, 1989). Существует два мнения по поводу анализа случайных процессов: 1) механизмы стохастических процессов непостижимы, т.к. множество вероятных причин стремится к бесконечности, поэтому многие реальные процессы могут быть описаны лишь на основе статистических представлений (Лукьянов, 1998); 2) случайность некоторых явлений может быть детерминирована, следовательно, при точном определении начальных моментов можно предсказывать возникающий хаос в любой последующий момент. Сторонники теории детерминированного хаоса считают шум не помехой в информационной передаче, а «подпиткой» состояния стохастического резонанса (Douglass et al., 1993). Например, в сотнях объектов самого различного происхождения и природы известны явления «фликкер» ($1/f$) шумов. Правда состоит в том, что природа шума $1/f$ в большинстве объектов, где он наблюдается, не объяснима. Хотя иногда удается установить его причину – суперпозиция шумов от отдельных «флуктуаторов», природа которых ясна. Несмотря на кажущуюся ничтожность эффекта, шум $1/f$ изучается вот уже почти 80 лет, и число исследователей, вовлеченных в соответствующие работы, только растет (Левинштейн, 2004).

Исследования в области динамики популяций и экосистем также выявили широкое распространение детерминированного хаоса (Евдокимов, Шаповалов, 2005). В непрерывных моделях хаос как обязательный динамический режим появляется на уровне трехвидовых систем типа «хищник – две жертвы» при введении нелинейности в функции внутривидовых

и межвидовых взаимодействий (Ризниченко, Рубин, 1993). В более сложных моделях сообществ стохастизация динамики – обычное явление (Евдокимов, Шаповалов, 2005).

У столь обнадеживающего направления, как теория детерминированного хаоса, есть огромный недостаток: если начальные моменты оценены приближенно (что считается нормой в рыбохозяйственных исследованиях оценки численности), то задача определения положения системы даже на коротком отрезке времени, а тем более на больших временных интервалах становится неразрешимой (Лукьянов, 1998).

Выходит, что остается использовать математический аппарат теории вероятностей, при помощи которого параметры состояния оцениваются в терминах математического ожидания (средних), а возмущающие параметры характеризуются вероятностными законами распределения.

Еще в XIII в. Бернулли описал основные свойства «симметричного блуждания Бернулли», заключающиеся в том, что нестационарные изменения какой-либо величины могут не быть вызваны ни одним другим нестационарным процессом (Феллер, 1967). Позже процессами случайного блуждания занимались Лаплас, Броун, Эйнштейн и Винер, но до сих пор в науках о Земле результаты их работ не понимаются и редко используются. Примечательно, что даже в результате моделирования физических систем, например, общей циркуляции атмосферы и океана ошибки стохастических моделей бывают ниже, чем у детерминированных (Добровольский, 2006).

К сожалению, за период экосистемных исследований ТИНРО-центром ни по одному виду nekтона невозможно построить непрерывный ряд длиной хотя бы лет в 20 в пределах одного биостатистического района и сезона. А практически для всех стохастических методов необходимы длинные ряды наблюдений в несколько тысяч лет (Добровольский, 2006). Выбор модели очень сильно зависит от длительности наблюдений. При длине ряда менее 50 лет качество оценок резко ухудшается (Боровиков, Ивченко, 2000). Хотя для простого выделения циклов с периодом T лет может оказаться достаточным ряд длиной $2T$ лет (Суханов, Тиллер, 1998).

Тем не менее, проанализировав самый длинный прерывистый ряд (25 лет), каковым оказался ряд относительного обилия кеты летом в 7 районе Тихого океана, я посчитал наиболее адекватной модель скользящего среднего (СС-0,0,2) с одной постоянной интервенцией в 1995 г. со следующими параметрами: начальное СС= 2863,5; конечное СС = 147,30(5,144 %); $MS= 7,0140$; оценка±стандартная ошибка: $Const.=8,1401\pm0,98750$ ($p<0,05$); $q(1)=-0,0836\pm0,23285$; $q(2)=-0,2949\pm0,20784$; $Om(1)=3,9794\pm1,3917$ ($p<0,05$). Прогноз средней величины на ближайшие три года оказался на уровне 2000-х гг., но в 95 % доверительные интервалы могут войти практически все изменения с 1986 г. А по более коротким рядам даже приблизительно подобрать стохастическую модель не удалось, т.к. еще до приведения к стационарности их значения полностью укладывались в 95 % доверительные интервалы белого шума.

Из вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Сильные достоверные статистические связи совместных изменений климатических индексов и относительного обилия видов nekтона верхней эпипелагиали дальневосточных морей, вероятно, возникли случайно.

2. Скорее всего, из-за отсутствия явления наследования в процессе взаимодействия между океаном и атмосферой (Хен, Сорокин, 2008), использование климатических (атмосферных) индексов для определения краткосрочных изменений в сообществах nekтона некорректно.

3. Использование стохастических методов при анализе временных рядов относительного обилия видов nekтона в дальневосточных морях с учетом сезона, слоя пелагиали и биостатистических районов пока не может привести к получению достаточно надежных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Боровиков В.П., Ивченко Г.И.** Прогнозирование в системе STATISTIKA в среде Windows. Основы теории и интенсивная практика на компьютере: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 384 с.
- Добровольский С.Г.** Глобальные изменения океаносферы // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. – М.: Научный мир, 2006. – Т.1. – С. 279-375.
- Евдокимов Е.В., Шаповалов А.В.** Детерминированный хаос как фактор биологической эволюции. [http://www.portalus.ru/modules/philosophy/show_archives.php?subaction](http://www.portalus.ru/modules/philosophy/show_archives.php?subaction=&id=1108752289&archive=0213&start_from=&ucat=1) =showfull &id=1108752289&archive=0213&start_from=&ucat=1& (18 февраля 2005)
- Кислов А.В.** Изменчивость климата внетропических широт // Современные глобальные изменения природной среды. В 2-х томах. – М.: Научный мир, 2006. – Т. 1. – С. 175-184.
- Кулик В.В.** Многолетняя динамика относительного обилия нектона и макропланктона в верхних слоях пелагиали Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 150. – С. 56-85.
- Левинштейн М. Е.** Шум 1/f в полупроводниках и полупроводниковых приборах // Международная зимняя школа по физике полупроводников (С.-Петербург – Зеленогорск 27 февраля – 1 марта 2004 года). – С. 78-74.
- Лукьянов Г.Н.** Идентификация параметров хаотических процессов в экспериментальных исследованиях // Вестник Академии Технического Творчества «Демиург»– СПб.: Нестор, 1998. – № 2. – С. 13-48.
- Нектон** западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. - 416 с.
- Нектон** Охотского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – 643 с.
- Нектон** северо-западной части Тихого океана. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 544 с.
- Нектон** северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова (Авторы: В.П. Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, О.А. Иванов, Д.В. Измятинский, И.И. Глебов, В.В. Кулик, А.Н. Старовойтов, А.Ю. Мерзляков, В.В. Свиридов, О.С. Темных). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. – 225 с.
- Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б.** Математические модели биологических продукционных процессов. – М.: МГУ, 1993.
- Суханов В.В.** Резонансы в колебаниях популяционной численности // Журн. общ. биол. – 1997. – Т. 58, № 1. – С. 5–25.
- Суханов В.В., Тиллер И.В.** Уловы в камчатских популяциях лососей: спектральный анализ колебаний // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 814–824.
- Феллер В.** Введение в теорию вероятностей и ее приложения. – М.: Мир, 1967. – Т. 1-2.
- Хен Г.В., Сорокин Ю.Д.** Сезонные особенности многолетней изменчивости ТПО в северной части Тихого океана и в отдельных ее областях // Вопросы промысловой океанологии. – 2008. – Вып. 5, № 1. в печати.
- Шунтов В.П.** Биология дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.
- Шунтов В.П., Радченко В.И., Дулепова Е.П., Темных О.С.** Биологические ресурсы дальневосточной Российской экономической зоны: структура пелагических и донных сообществ, современный статус, тенденции многолетней динамики // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 3-15.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Темных О.С., Волков А.Ф., Найдено С.В., Чучукало В.И. Волвенко И.В.** Состояние биологических ресурсов в связи с динамикой макроэкосистем в экономической зоне дальневосточных морей России // Динамика экосистем и современные проблемы сохранения биоресурсного потенциала морей России. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – С. 75-176.
- Douglas J.K., Wilkens L., Pantazelou E., Moss F.** Noise enhancement of information transfer in crayfish mechanoreceptors by stochastic resonance // Nature. - 1993. - Vol. 365, № 6444. - P. 337-340.
- King J., Batchelder H., Boldt J. et al.** Coherent Regional Responses // PICES Scientific Report № 28. – 2005. – P. 37-42.
- Pool R.** Is it healthy to be chaotic // Science. - 1989. - Vol. 243, № 4891. - P.604-607.

ЛИТОРАЛЬНАЯ ФЛОРА ОСТРОВА РУССКИЙ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО

И.Р. Левенец

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
iralevenetz@rambler.ru

Литоральная флора Японского моря, и, в частности, зал. Петра Великого, изучалась неоднократно (Закс, 1927; Дерюгин, 1939; Щапова, 1956, 1957; Щапова и др., 1957; Виноградова, 1979; Перестенко, 1980, 1994; Волова, 1985; Гульбин и др., 1987; Кафанов, Жуков, 1993; Костина и др., 1996; Кашенко, 1999; Иванова и др., 2006; Коженкова, Галышева, 2006; Левенец, Скрипцова, 2006; Кепель, 1999, 2004, 2007 и др.), однако фитобентос о. Русский до настоящего времени почти не исследован (Брегман и др., 1998). Между тем, решение проблем инвентаризации флор отдельных участков залива как никогда актуально как из-за общеклиматических изменений, так и из-за постоянно возрастающего антропогенного пресса.

Устойчивость растительных сообществ во многом обеспечивается таксономическим разнообразием локальных флор на надвидовом уровне (рода, семейства). Виды, отличающиеся разным систематическим положением, обычно значительно различаются морфологией, физиологией, экологией, биологией развития и, как правило, выполняют в фитоценозе определенную функциональную роль. Поэтому флора макрофитов о. Русский зал. Петра Великого представляет интерес и с точки зрения изучения биоразнообразия.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта ARCP 2007-12NMY и инициативного проекта РФФИ № 05-04-96034-р_восток_а) "Мониторинг биологического разнообразия дальневосточных морей России (комплексный междисциплинарный проект)".

Сбор фитобентоса производили в июне-сентябре 2007 г. в бухтах Карпинского, Парис, Аякс, Новик, Рында, Воевода и в прол. Старка о. Русский зал. Петра Великого на твердых и мягких грунтах по стандартной хорологической методике (Кусакин и др., 1974). Всего на 15 разрезах собрано около 100 проб макробентоса (рисунок). Во время наших исследований температура воды колебалась от 13 до 23 °С, соленость изменялась в пределах 25-35 ‰.

Наблюдения за литоральными сообществами показали значительное разнообразие видового состава макрофитов. На литорали о. Русский обитает не менее 48 видов водорослей (32 - Rhodophyta, 11 - Phaeophyceae, 5 - Chlorophyta) и 2 вида морских трав - Magnoliophyta. Всего встречены представители 4 отделов, 20 порядков, 29 семейств и 42 родов.

Самыми большими порядками литоральной флоры о. Русский являются: Ceramiales (12 видов) и Corallinales (7) из красных водорослей; Ectocarpales (4) и Fucales (3) - из бурых. Крупнейшие семейства – Corallinaceae, Ceramiaceae, Rhodomelaceae; Chordariaceae, Sargassaceae – это семейства, как правило, преобладающие в низкореальных широтах.

Руководящими видами литоральной растительности являются: однолетние *Gloiopeltis furcata*, *Lomentaria hakodatensis*, *Grateloupia turuturu*, многолетние *Campylaephora crassa*, *Ceramium japonicum*, *Ceramium kondoi*, *Gracilaria gracilis*, *Neorhodomela larix aculeata*, *N. munita* и *Corallina pilulifera* из красных; многолетние *Sargassum pallidum* и однолетние *Chordaria flagelliformis*, *Coccophora langsdorfii* и *Dictyota dichotoma* из бурых, а также многолетние морские травы *Phyllospadix iwatensis* и *Zostera marina*. Однолетние формы живут на литорали круглый год, размножаются постоянно и часто вегетативно, как, например, *Gloiopeltis furcata*. Многолетние формы, как правило, образуют постоянные сообщества в нижней литорали и верхней sublиторали.

В анализируемой флоре выделяются две группы видов:

а) массовые и часто встречающиеся, распространенные повсеместно, играющие заметную роль в формировании растительности бухты – ядро флоры, или ее консервативный элемент (Толмачев, 1974). Их доля во флоре о. Русский составляет 52 %.

б) редкие и единично встречающиеся, с ограниченным развитием и распространением – прогрессивные либо древние элементы. Виды этой группы образуют 48 % всего состава флоры.

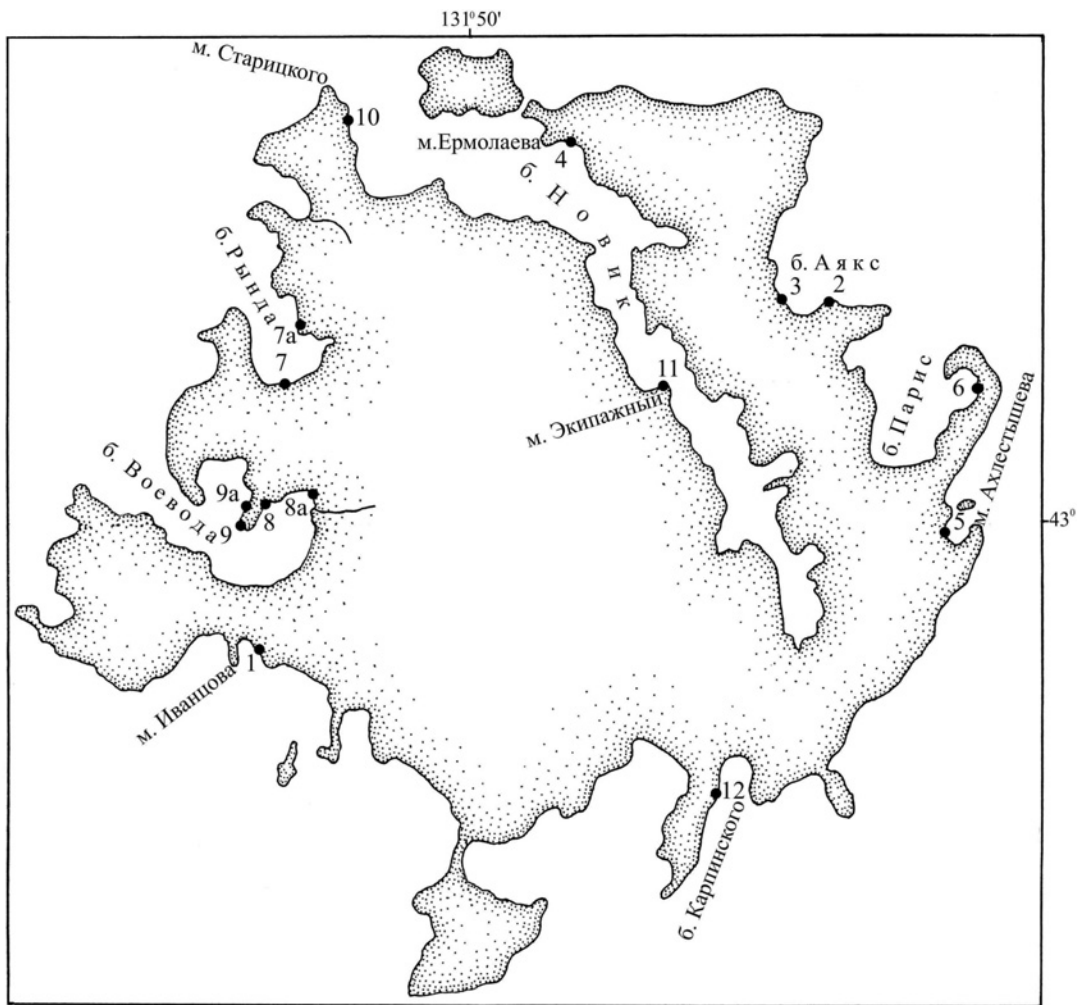


Рисунок. Карта-схема о. Русский: • - места взятия проб фитобентоса; цифрами обозначены номера гидробиологических разрезов

Доминирующие виды макрофитов встречаются в составе литоральных сообществ о. Русский неравномерно. В верхнем и среднем горизонте облик литоральной растительности определяют, в основном, мелкие однолетние формы красных и бурых водорослей: *G. furcata*, *C. crassa*; *Ch. flagelliformis* и *D. dichotoma*. В нижнем горизонте формируют сообщества преимущественно многолетние формы красных, бурых водорослей и морских трав: *G. gracilis*, *C. pilulifera*, *Neorhodomela* spp., *Ceramium* spp.; *S. pallidum*; *Ph. iwatensis* и *Z. marina*.

Массовыми видами макрофитобентоса литорали о. Русский являются различные группы видов: как с узкими, так и с широкими ареалами. В среднем горизонте литорали руководящими являются бореальные виды тихоокеанского происхождения из числа красных водорослей и широко распространенные в Мировом океане Phaeophyceae. В нижнем горизонте сообщества образуют широко распространенные и мультизональные виды Rhodophyta и Magnoporphyta, а также местные умеренноводные и, реже, тепловодные виды красных и бурых водорослей.

Наибольшее видовое богатство литоральной флоры (17-20 видов) наблюдается на твердых субстратах преимущественно в открытых участках побережья острова – в прол. Старка, в бухтах Карпинского и Аякс. Наименьшее количество видов (3-7) отмечено в полузакрытых бухтах Воевода, Парис и Новик на смешанных и мягких грунтах.

Отличительной чертой литоральной флоры острова является преобладание Rhodophyta во всем вертикальном диапазоне литорали. Красные водоросли представлены большим числом как видов, так и сообществ. В верхнем горизонте доминирует, совместно с хтамалусами и литторинами, багрянка *Gloiopeltis furcata*. Это типичный поясообразующий вид открытых участков приморской литорали (Щапова и др., 1957; Волова, 1985; Кепель, 1999 и др.) Его

присутствие в исследованном районе особенно заметно в прол. Старка, бухтах Карпинского, Рында и Новик.

В среднем горизонте литорали красные водоросли являются основными сопутствующими видами в поселениях ракообразных и моллюсков. Собственные сообщества формируют: *Campylaephora crassa* - в бухте Карпинского, *G. furcata* – во многих и *Corallina pilulifera* – в большинстве районов. Пояс *C. pilulifera* обычно продолжается в нижнюю литораль и верхнюю сублитораль; он выражен на твердых грунтах острова.

Для нижнего горизонта литорали характерно наличие различных сообществ красных водорослей. Наибольшую биомассу имеет *Grateloupia turuturu* в монодоминантном сообществе – 4,2 кг/м², что составляет 99 % от общей биомассы макробентоса. Это сообщество выражено в бухте Аякс, омываемой водами прол. Босфор Восточный. Примечательно, что данный вид, как правило, создает значительную биомассу в защищенных и загрязненных районах зал. Петра Великого (Левенец, Скрипцова, 2006). Средообразующими видами нижней части литорали о. Русский в основном являются кустистые формы красных и бурых водорослей, привлекательные для многих сопутствующих видов гидробионтов.

Наиболее распространены в нижнем горизонте скалистой, валунной и каменистой литорали острова сообщества кораллины шариконосной и двух видов неородомелы. Биомасса *Neorhodomela larix aculeata* в монодоминантном сообществе достигает 3,3 кг/м² (88 % от общей биомассы макробентоса). В сообществе *N. munita* биомасса доминирующего вида составляет 1,7 кг/м² (73 % от суммарной биомассы). В сообществах неородомелы много сопутствующих видов животных и растений.

Мелкие багрянки формируют небольшие локальные сообщества. На илисто-песчаной с камнями литорали бухты Воевода существует сообщество *Gracilaria gracilis*, на валунах в бухты Карпинского – сообщества *Lomentaria hakodatensis* и *Ceramium japonicum* + *C. kondoi*. Биомассы видов-доминантов здесь невелики и не превышают 0,2-0,3 кг/м².

Бурые водоросли образуют сообщества на твердых субстратах в среднем и нижнем горизонтах литорали. Сообщества мелких кустистых форм – *Chordaria flagelliformis* с биомассой до 2 кг/м² (99 % от общей биомассы) и *Dictyota dichotoma* с биомассой 0,5 кг/м² (40 % от общей биомассы) – встречаются в среднем горизонте преимущественно в открытых участках побережья.

В нижнем горизонте выражены сообщества фукусовых бурых водорослей. Многолетний вид *Sargassum pallidum* в монодоминантном сообществе достигает биомассы 3,8 кг/м², что составляет 91 % от суммарной биомассы макробентоса. Это сообщество с большим количеством сопутствующих видов распространено в открытых и защищенных участках на твердых субстратах. Сообщество однолетнего вида *Coccolophora langsdorfii* с небольшой биомассой – 0,2 кг/м² (51 % от общей биомассы) развивается в полузакрытых бухтах Парис, Новик и Рында на каменистых и галечных грунтах.

Зеленые водоросли на литорали о. Русский не образуют самостоятельных сообществ. Морские травы формируют сообщества в нижней части литорали, и они продолжают в верхнюю сублитораль. В прол. Старка на камнях и валунах присутствует сообщество *Phyllospadix iwatensis*. Биомасса филлоспадикса в нем достигает максимальных для фитобентоса значений – 8,3 кг/м² (63 % от суммарной биомассы). На мягких грунтах в открытых и защищенных участках побережья образует заросли *Zostera marina*. Средняя биомасса zostеры составляет 1,3 кг/м² (72 % от суммарной биомассы).

Таким образом, состав литоральной флоры о. Русский зал. Петра Великого достаточно разнообразен. Богатство флоры свидетельствует об относительной устойчивости и благополучии природной среды, что подтверждает выводы более ранних исследований внутренней части острова (Брегман и др., 1998). Близость большого города сказывается лишь на отдельных участках побережья о. Русский, омываемых водами прол. Босфор Восточный. Здесь наблюдаются флуктуации состава и структуры растительных сообществ. В них возрастает роль Chlorophyta, и в ряде случаев обильно развиваются устойчивые к загрязнению виды красных водорослей.

ЛИТЕРАТУРА

Брегман Ю.Э., Седова Л.Г., Мануйлов В.А., Петренко В.С., Ковековдова Л.Т., Борисенко Г.С., Шульгина Л.В., Симоконов М.В., Сухотская Л.Ю. Комплексное исследование среды и донной биоты бухты Новик (о. Русский, Японское море) после многолетнего антропогенного пресса // Изв. ТИНРО. – 1998. - Т. 124. - С. 320-343.

Виноградова К.Л. Определитель водорослей дальневосточных морей. Зеленые водоросли. – Л.: Наука, 1979. - 146 с.

Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. - 1985. - Т. 110. - С. 111-119.

Гульбин В.В., Иванова М.Б., Кепель А.А. Поясообразующие группировки островной литорали Дальневосточного морского заповедника // Исследование литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. - С. 83-111.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море) // Сб., посвящен. науч. деятельности Н.М. Книповича. – М.:Л.: Пищепромиздат, 1939. - С. 115-142.

Закс И.Г. Предварительные данные о распределении фауны и флоры в прибрежной полосе залива Петр Великий в Японском море // Тр. Первой конф. по изучению производит. сил Дальнего Востока. – Владивосток, 1927. - Вып. 4. - С. 213-247.

Иванова М.Б., Белогурова Л.С., Цурпало А.П. Биота литорали эстуарной зоны вершины Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: ДВГУ, 2006. - С. 71-73.

Кафанов А.И., Жуков В.Е. Прибрежное сообщество водорослей-макрофитов залива Посыета (Японское море) // Сезонная изменчивость и пространственная структура. – Владивосток: Дальнаука. - 1993. - 156 с.

Кашенко Н.В. Донные сообщества макрофитов залива Восток Японского моря // Биол. моря. - 1999. - Т. 25. - № 5. - С. 360-364.

Кепель А.А. Сезонная динамика макрофитобентоса на каменистой литорали в устье протоки озера Птичьего (юго-западная часть залива Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. - 1999. - Т. 25, № 5. - С. 355-359.

Кепель А.А. Состав и распределение макробентоса на литоральном полигоне // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Биота. – Владивосток: Дальнаука, 2004. - Т. 2. – С. 511-516.

Кепель А.А. Сезонные изменения видового состава в сообществах скалистой литорали Дальневосточного морского биосферного заповедника // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу: Материалы конф. - Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН; БГПУ, 2007. – Т. 1.- С. 172-174.

Коженкова С.И., Галышева Ю.А. Сведения о макробентосе литорали и верхней sublиторали бухты Киевка (Японское море) // Географические и геоэкологические исследования на Дальнем Востоке. – Владивосток: Дальнаука, 2006. - С. 126-140.

Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А. Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря // Биол. моря. - 1996. - Т. 22, № 2. - С. 81-88.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флорофаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 5-75.

Левенец И.Р., Скрипцова А.В. Донная растительность кутовой части Амурского залива // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Мат-лы междунар. науч.-практ. конф. – Владивосток: ДВГУ, 2006. - С. 125-128.

Перестенко Л.П. Водоросли залива Петра Великого. – Л.: Наука. - 1980. - 232 с.

Перестенко Л.П. Красные водоросли дальневосточных морей России. – СПб.: Ольга, 1994. - 331 с.

Толмачев А.И. Введение в географию растений. – Л.: Высшая школа, 1974. - 234 с.

Щапова Т.Ф. Донная флора литорали Японского моря // Тр. Пробл. и темат. Совещ. Зоол. ин-та АН СССР. – Л., 1956. - Вып. 6. - С. 93-97.

Щапова Т.Ф. Литоральная флора материкового побережья Японского моря // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. - 1957. - Т. 23. - С. 21-66.

Щапова Т.Ф., Мокиевский О.Б., Пастернак Ф.А. Флора и фауна прибрежных зон острова Путятина (Японское море) // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. - 1957. - Т. 23. - С. 67-101.

ФИТОПЛАНКТОН НА ЮГО-ЗАПАДНОМ УЧАСТКЕ КАМЧАТСКОГО ПРИБРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ В 2005-2006 ГГ.

Е.В. Лепская, В.В. Коломейцев, А.Э. Шагинян, И.А. Заочный, В.Д. Свириденко
КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, lepskaya.e.v@kamniro.ru

Юго-западный участок камчатского охотоморского побережья – акватория с глубинами менее 50 м, ограниченная р. Озерной на юге (51°25') и р. Большой на севере (52°50' и выше), – это район, куда ежегодно в летний период скатывается и проводит 1–7 мес. молодь тихоокеанских лососей крупнейших промысловых стад региона (Ерохин, 2002). Здесь же проходят основные пути анадромной миграции этих рыб. Акватория также плотно заселена молодь других ценных промысловых рыб: камбал, мойвы, минтая (Декштейн и др., 2005).

Цель настоящего исследования – оценка уровня развития фитопланктонного сообщества на юго-западном участке камчатского побережья Охотского моря в районе катадромной и анадромной миграции тихоокеанских лососей. Для этого предполагалось оценить численность и биомассу автотрофных планктонных организмов в толще воды и поверхностном слое и выявить связь этих характеристик с гидрологическими и гидрохимическими параметрами.

Таксономический состав фитопланктона определяли в пробах из поверхностного слоя воды (батометр, ≈0,3 м) и тотальных пробах (сеть Джеди, слой облова 0 м – дно), собранных в конце мая, конце июня и конце июля 2005–2006 гг. в световом микроскопе “Olympus” при увеличении x20–100. Количественный учет каждой таксономической группы проводили в камере Науманна объемом 1 мл при увеличении x10. Биомассу фитопланктона рассчитывали как сумму биомасс отдельных таксономических (размерных) групп, используя усредненные значения объемов для каждой группы организмов. Всего в 2005–2006 гг. было собрано и обработано 222 фитопланктонные пробы. Для последующего анализа данных исследованная акватория была разделена на участки, привязанные к отдельным речным системам с лагунами (р. Большая и севернее (от 52°25'), р. Опала – Голыгина (51°51'–52°15')), или без них: реки Озерная, Явина, Кошегочек (51°25'–51°51').

Численность планктонных микроводорослей в толще воды достигала в охотоморском побережье юго-запада Камчатки сотен тысяч клеток в литре. Размах колебаний численности водорослей различных отделов изменялся в пределах нескольких порядков (табл. 1).

Таблица 1

Численность (N, кл./л) микроводорослей в прибрежном планктоне (0 м – дно) юго-западного участка камчатского побережья Охотского моря в 2005–2006 гг.

Название участка	Год	Месяц	№ по отделам					
			Vacillariophyta	Dinophyta	Chrysophyta	Cyanophyta	Euglenophyta	Chlorophyta
Р. Большая и севернее	2005	5	207084	0	0	0	0	0
		6	103071	0	0	0	0	0
		7	736	23	772	9	8*	50*
	2006	6	90365	98	323	0	0	0
Реки Опала, Хетик, Голыгина	2005	5	365	0	0	288	0	0
		7	47	7	0,1	1	0	0
	2006	7	24743	42	3	0	0	0
Реки Озерная, Явина, Кошегочек	2005	6	27540	0	0	0	0	0
		7	1092	26	0	8	0	2299

* Кл/м³.

В 2005 г. наибольшая численность микроводорослей отмечена на участке р. Большая. Здесь найдены представители всех отмеченных отделов. Второе место по продуктивности занимал участок впадения рек Озерная, Явина, Кошегочек, и наименее продуктивным был район впадения рек Голыгина, Хетик, Опала. Однако в 2006 г. по численности микроводорослей первый и последний участки сопоставимы.

Автотрофные динофитовые численностью не более 10^2 кл/л на всех трех участках появлялись в июне-июле, когда водная толща прогревалась до 7°C и более. Эпизодически и локально было отмечено «цветение» золотистых (*Dinobryon* sp.) в июле 2005 и июне 2006 гг. на участке р. Большая, а также зеленых (*Chlamydomonas* sp.) в июле 2005 г. в месте впадения рек Озерная, Явина, Кошегочек. Уменьшение общей численности микроводорослей происходило от начала к концу лета.

Поверхностный водный слой был значительно богаче планктонными водорослями (табл. 2), чем толща воды. В 2005 г. наибольшая численность фитопланктона ($>10^6$ кл/л) отмечена в районе р. Большая. Так же обилен был фитопланктон и в июле 2006 г. на озерновском участке побережья. Общая численность динофитовых (автотрофов и гетеротрофов) колебалась от 10^2 до 10^5 кл/л. Как правило, количество диатомовых водорослей уменьшалось от начала к концу лета на всех участках на один – два порядка. Напротив, численность динофитовых увеличивалась одновременно с прогревом поверхностного водного слоя. К июлю приурочено локальное развитие золотистых и евгленовых водорослей, а к июню – зеленых. Несмотря на довольно высокую численность представителей трех последних отделов, их биомасса как в поверхностном слое воды, так и в слое 0 м – дно не превышала 1 мг/м^3 , поэтому при последующем анализе данных эти группы микроводорослей не учитывали.

Таблица 2

Численность (N, кл/л) микроводорослей в прибрежном планктоне (0 м) на юго-западном участке камчатского побережья Охотского моря в 2004–2006 гг.

Название участка	Год	Месяц	№ по отделам					
			Vacillariophyta	Dinophyta	Chrysoophyta	Cyanophyta	Euglenophyta	Chlorophyta
Р. Большая и севернее	2005	5	299030	2880	0	3347	0	3
		6	78381	4602	0	8	13	0
		7	6143	23593	0	18	167	0
	2006	6	82254	8067	0	3783	0	0
		7	67733	7400	67	15133	0	0
Реки Опала, Хетик, Голыгина	2005	5	72225	46	0	84	0	24
		6	53000	3600	0	0	0	0
		7	125	25292	0	0	333	0
	2006	6	86000	6000	0	0	0	0
		7	10500	20250	0	0	0	0
Реки Озерная, Явина, Кошегочек	2005	6	7750	9125	0	0	0	0
		7	3583	25050	0	0	83	0
	2006	6	40200	6025	0	2725	0	0
		7	161708	9375	39875	18958	0	0

Главенствующая роль в формировании биомассы фитопланктона принадлежала диатомовым и динофитовым (табл. 3). К безусловно первичным продуцентам в группе динофитовых можно было отнести, в среднем, не более 0,6 % в слое 0 м – дно и 9 % организмов в поверхностном слое. Подавляющее большинство обнаруженных динофитовых – это гетеротрофы из родов *Protoperdinium*, *Gyrodinium*, *Dinophysis*, *Diplopsalis*, *Oblea*, *Noctiluca*. Таким

образом, в толще воды всегда, а в поверхностном слое за редким исключением, первичную продукцию создавали диатомеи.

В зависимости от сезона и района фитопланктонную биомассу формировали разные виды водорослей. В мае 2005 г. в районе впадения р. Большая до 90 % биомассы в толще воды приходилось на *Stephanopyxis nipponica* и *Coscinodiscus oculus iridis*, а в поверхностном слое 87 % – на *Thalassiosira*-complex. Последние доминировали и в районе впадения рек Опала, Голыгина (85 % в слое 0 м – дно и 87 % в поверхностном слое).

Таблица 3

Биомасса (В, мг/м³) микроводорослей в прибрежном планктоне юго-западного участка камчатского побережья Охотского моря в 2004–2006 гг.

Название участка	Год	Месяц	Bacillariophyta	Dinophyta		
				Общая	Гетеротрофов	Автотрофов
0 м – дно						
Р. Большая и севернее	2005	5	5315	866	866	0
		6	412	0	0	0
		7	355	1	0,3	1
	2006	6	1772	31	31	0,5
		7	574	3	2	0,6
Реки Опала, Хетик, Голыгина	2005	5	1289	0	0	0
		7	100	7	6	0,3
	2006	7	506	7	6	0,3
Реки Озерная, Явина, Кошегочек	2005	6	1549	9	9	0
		7	534	2	0	2
0 м						
Р. Большая и севернее	2005	5	2542	353	353	0,2
		6	348	352	346	6
		7	225	281	67	214
	2006	6	2196	793	548	245
		7	3586	272	257	15
Реки Опала, Хетик, Голыгина	2005	5	592	3	3	0
		6	531	165	165	0,3
		7	160	219	138	81
	2006	6	1262	1447	1443	4
		7	208	1151	1143	8
Реки Озерная, Явина, Кошегочек	2005	6	147	360	360	0,4
		7	329	232	131	101
	2006	6	3348	1210	1197	12
		7	216	800	793	8

В июне 2005 г. у реки Большая в слое 0 м – дно 93 % фитопланктонной биомассы было представлено *Chaetoceros*-complex, *Fragilaria*, *Thalassiosira*-complex, вклад которых составлял 37 %, 20 % и 36 % соответственно. Те же виды примерно в том же соотношении, формировали биомассу фитопланктона и в поверхностном водном слое. В июле 82 % биомассы водорослей в водной толще приходилось на *C. oculus iridis* и 6 % – на *Chaetoceros*-complex. В поверхностном слое доля *C. oculus iridis* составляла 36 %, *Thalassiosira*-complex – 7 %, *Odontella aurita* – 5 % и 26 % биомассы приходилось на *Heterocapsa triquetra*. В июне 2006 г. в водной толще основной вклад в биомассу был внесен видами *Chaetoceros*-complex (60 %), *C. oculus iridis* (14 %) и *Thalassiosira*-complex (11 %). В июле по биомассе доминировали те же

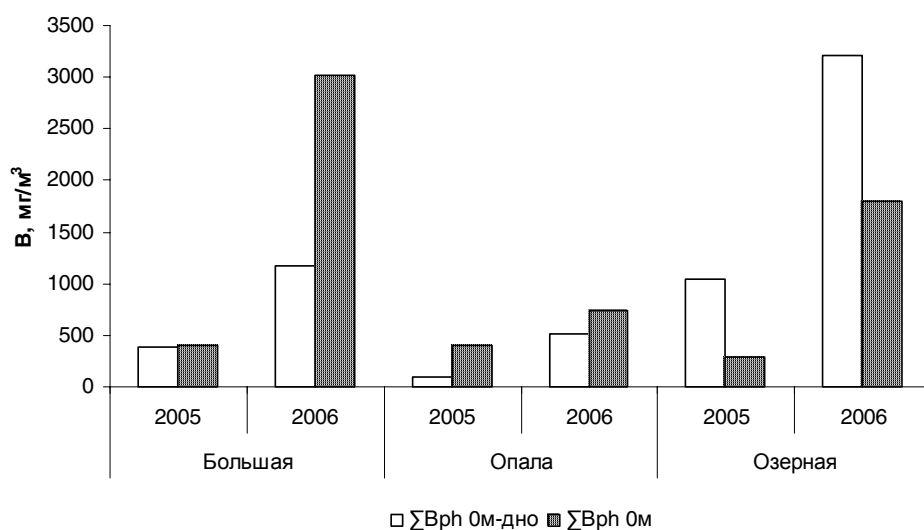
виды в сходном соотношении (59 %, 11 %, 18 % соответственно). В поверхностном слое в это же время 85 % биомассы водорослей приходилось на *Coscinodiscus*, по 11 % – на *Chaetoceros-complex* и *H. triquetra*. В июле доля *Coscinodiscus* увеличилась до 89 %.

В районе впадения рек Опала и Голыгина в мае 2005 г. *Thalassiosira-complex* формировал фитопланктонную биомассу от 0 м до дна. У поверхности воды в июне 2005 г. большая часть биомассы фитопланктона приходилась на *C. oculus iridis* (60 %), в меньшей степени на *Chaetoceros-complex* (17 %) и *Eucampia zoodiacus* (11 %). В июне 2006 г. 84 % биомассы составлял *Coretron criophylum*, и лишь 12 % – *Chaetoceros-complex*. В июле 2005 г. в слое 0 м – дно фитопланктонную биомассу формировали *Coscinodiscus* (91 %), а в поверхностном слое – *Coscinodiscus* (66 %) и *Heterocapsa* (19 %). В то же время 2006 г. в фитопланктоне водной толщи доминировали по биомассе *Coscinodiscus* (61 %) и *Chaetoceros-complex* (30 %), а в поверхностном слое – *S. nipponica* – 100 %.

В озерновском побережье в 2005 г. в июне в слое 0 м – дно 99 % биомассы формировали *Coscinodiscus* (82 %), *Thalassiosira-complex* (11 %) и *Chaetoceros-complex* (6 %). В поверхностном слое 94 % биомассы приходилось на *E. zoodiacus*. В июле того же года как в водной толще, так и в поверхностном слое доминировал по биомассе *Coscinodiscus* (95 % и 74 % соответственно). Часть биомассы в поверхностных водах принадлежала динофитовым – *Gonyaulax spinifera* (12 %) и *H. triquetra* (9 %). В 2006 г. в поверхностном водном слое в июне 95 % фитопланктонной биомассы приходилось на долю *Coscinodiscus*, а в июле такой же суммарный вклад внесли *Chaetoceros-complex* (75 %), *Rhizosolenia hebetata* f. *semispina* (15 %), *Detonula* sp. (6 %). Характерно, что в середине лета (июль) 2005 г. в поверхностном слое значительной биомассы достигают автотрофные динофитовые *H. triquetra* и *G. spinifera*. Этому, вероятно, способствовал прогрев верхнего водного слоя до 10,3–12,6 °С.

По биомассе фитопланктона выделялись районы р. Большая и р. Озерная (рис. 1), отличаясь характером вертикального распределения биомассы водорослей. У р. Большая водоросли концентрировались в поверхностном слое, а на траверзе р. Озерная они активнее развивались в толще воды (рис. 1). Самая низкая продуктивность была характерна для района рек Опала и Голыгина. Здесь также как и в районе р. Большая фитопланктонная биомасса была сконцентрирована в поверхностном слое воды.

Рис. 1. Распределение биомассы фитопланктона (Врп) по районам и слоям в 2005, 2006 гг. (усредненные данные за июнь-июль)



Все гидрохимические характеристики были определены для поверхностного водного слоя, поэтому сопоставление проводили с численностью и биомассой микроводорослей и гетеротрофных динофитовых из слоя 0 м. Для района р. Большая пригодных для анализа точек оказалось пять, для южного района (реки Опала – Озерная) – восемь. Для района р. Большая отмечена положительная ($r=0,65$, $n=5$) корреляция содержания растворенного органического фосфора с общей биомассой динофитовых, а для южного района – с биомассой гетеротрофных динофитовых ($r=0,60$, $n=8$). Для всего побережья в паре неорганический углерод – общая биомасса динофитовых в поверхностном слое воды выявлена высокая отрицательная связь ($r=-0,77$, $n=9$).

Высоко достоверные степенные зависимости общей биомассы фитопланктона в слое 0 м – дно и хлорофилла (спутниковые данные) (рис. 2) либо случайны (учитывая малое количество данных на данном этапе), либо характеризуют особенности выделенных районов: р. Большая и южного района (от р. Опала до р. Озерная) в летний период (июнь, июль). Из общей картины «выпадают» майские значения биомассы фитопланктона и в том и в другом районе.

Содержание хлорофилла в единице биомассы тесно связано с размерной структурой фитопланктона (Апонасенко и др., 2007), можно предположить, что обратная связь содержания хлорофилла и биомассы характерна для района р. Большая с доминированием разных видов с относительно небольшим объемом клеток (*Chaetoceros*, *Thalassiosira*). Прямая зависимость между этими характеристиками в южном районе устанавливается, благодаря доминированию по биомассе одного крупноклеточного вида (*C. oculus iridis*).

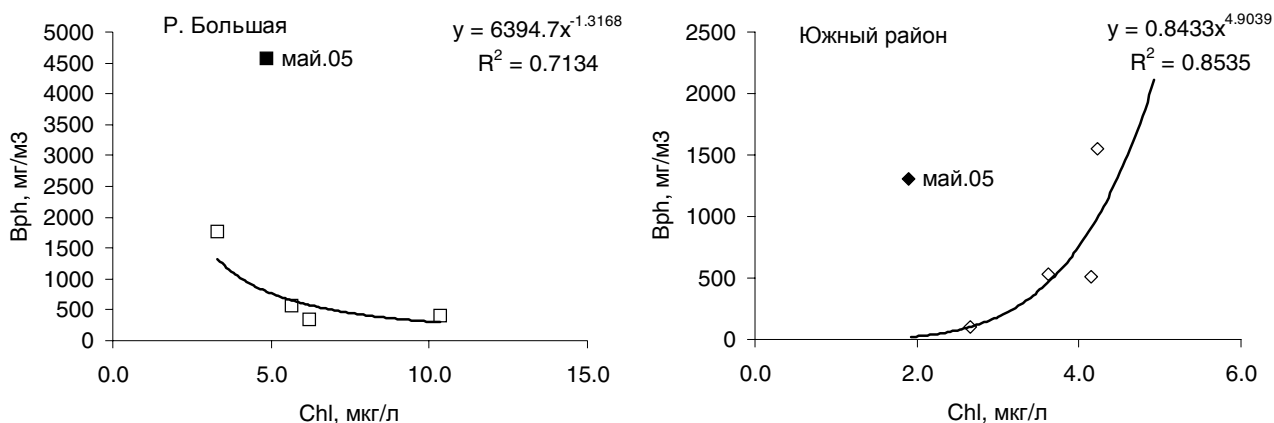


Рис. 2. Зависимость между биомассой фитопланктона (Vph) и содержанием хлорофилла (Chl) в водной толще юго-западного участка камчатского побережья Охотского моря

Таким образом, при выделении доминирующих по численности и биомассе комплексов прослеживается как районированность, так и послойное разделение фитопланктона. Диатомовые активно развиваются как в толще воды, так и в поверхностном слое, тогда как развитие динофитовых (автотрофных) приурочено к поверхностному слою воды. Большинство видов динофитовых, найденных в исследованной акватории, – это гетеротрофные организмы, составляющие 60–100 % от общей биомассы динофитовых. Межгодовая смена доминирующих комплексов планктонных микроводорослей отражает внутригодовые сукцессии в фитопланктоне, и, в большой степени, зависит от гидрологической обстановки (температура воды).

ЛИТЕРАТУРА

Ерохин В.Г. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря // Дис. канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2002. – 145 с.

Декштейн А.Б., Ким Э.Д., Заочный И.А., Ерохин В.Г. Рейсовый отчет по «Плану ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов мирового океана на 2005 г.» – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2005. – 45 с.

Апонасенко А.Д., Щур Л.А., Лопатин В.Н. Связь содержания хлорофилла с биомассой и дисперсной структурой фитопланктона // ДАН. – 2007. – Т. 412, № 5. – С. 710-712.

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ АЯНО-МАЙСКОГО РАЙОНА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫСЛОВОГО ОСВОЕНИЯ

А.А. Литвинцев

ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства» (ФГУ «Амуррыбвод»),
г. Хабаровск, Россия, mail@arv.khv.ru

При планировании рыбохозяйственных исследований и использования водных биоресурсов, кроме биологических и географических принципов, целесообразно учитывать и принятое административно-территориальное устройство субъектов Российской Федерации (Планирование ..., 2005). В настоящей работе описаны водные биологические ресурсы Аяно-Майского района как единицы административно-территориального деления Хабаровского края.

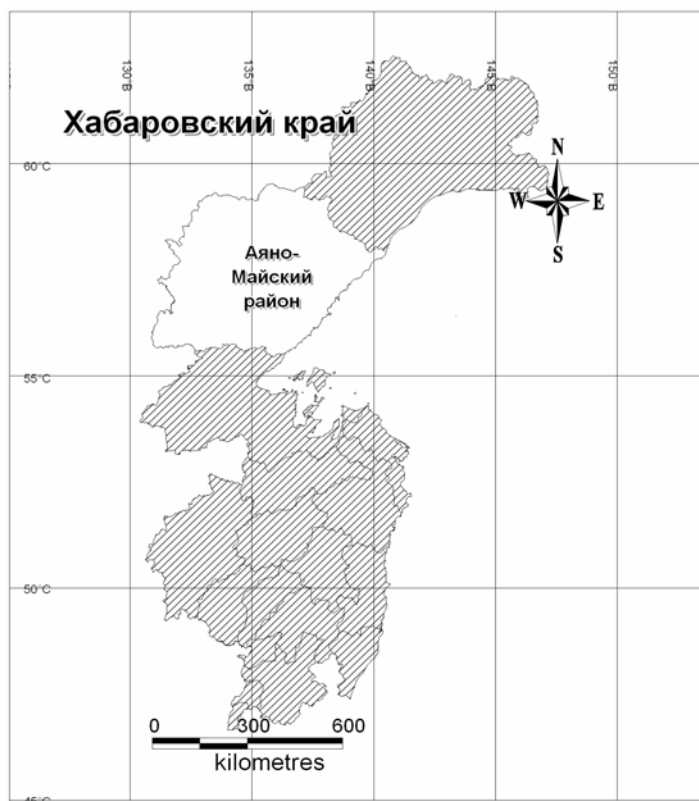
В качестве материалов использованы данные ХфТИНРО, ФГУ «Амуррыбвод», публикации в открытой печати (Лососи, 2006, 2007; Состояние ..., 2005, 2006). Данные по вылову водных биоресурсов (2002-2006 гг.) получены в Правительстве Хабаровского края.

Аяно-Майский район расположен на севере Хабаровского края (рис. 1). Территория района составляет более 165600 км², что составляет более 20 % от площади всего Хабаровского края. Население района крайне малочисленно и составляет менее 3,5 тыс. человек (около 0,27 % от общего количества населения края). Район насчитывает всего 5 населенных пунктов, районный центр – пос. Аян, расположен на берегу Охотского моря.

Рис. 1. Расположение Аяно-Майского района (обзорная карта-схема)

Водные объекты района можно условно разделить на 2 группы – объекты Тихоокеанского бассейна (прибрежная зона Охотского моря и впадающие в него реки) и объекты бассейна Северного Ледовитого океана (система рек – притоков р. Лены). В реках Ленского бассейна запасы промысловых гидробионтов незначительны, не изучены и используются исключительно в целях любительского и спортивного рыболовства (потребительского рыболовства). Водные объекты Тихоокеанского бассейна представляют основной интерес пользователей водных биоресурсов и рыбохозяйственной науки.

Протяженность береговой линии Охотоморского побережья в Аяно-Майском районе составляет более 500 км. По территории района протекает около 20 рек, являющихся местами естественного воспроизводства тихоокеанских лососей (в основном кеты и горбуши). Все прилегающие к району морские акватории разделены на 17 морских рыбопромысловых участков. Имеется 7 речных рыбопромысловых участков. На территории района осуществляют рыбохозяйственную деятельность 6 предприятий. Добыча водных биоресурсов осуществляется 2-3 сельдевыми ставными неводами, 4-7 закидными неводами для лова лососевых, 3-7 малыми и средними рыболовными судами для промысла крабов. Рыбоперерабатывающие мощности района представлены следующим образом: 3 за-



вода по обработке крабов (расположены в пос. Аян), 2 цеха по переработке рыбы с возможностью изготовления мороженой продукции (пос. Аян и бухта Алдома).

В настоящее время промысел водных биоресурсов в Аяно-Майском районе основан на добыче трех основных групп объектов – тихоокеанской сельди (в среднем 82 % от общего количества добываемых в районе водных биоресурсов), тихоокеанских лососей (11 %), крабов (7 %) (рис. 2). Остальные водные биоресурсы района слабо изучены и недоиспользуются промыслом.

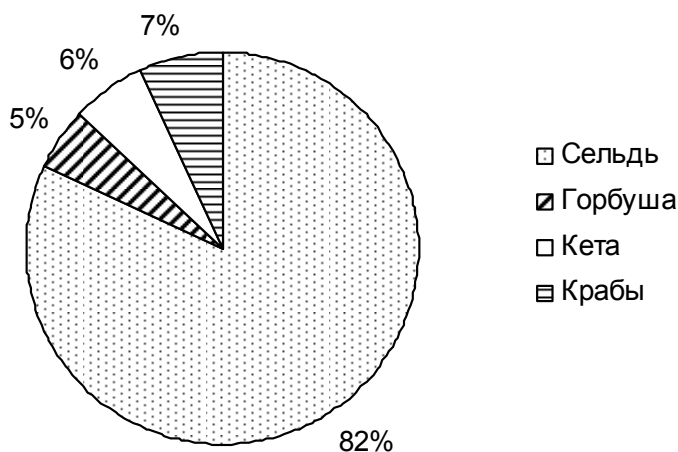


Рис. 2. Усредненные данные по составу уловов водных биоресурсов в Аяно-Майском районе (Хабаровский край) за ряд лет (2002-2006 гг.)

Общий годовой вылов водных биоресурсов в среднем составляет 2,793 тыс. т (от 2,491 тыс. т до 3,223 тыс. т). Однако нельзя говорить об эффективности использования запасов водных биоресурсов района.

Рассмотрим последовательно изученность и использование водных биоресурсов в Аяно-Майском районе.

Тихоокеанская сельдь. В Аяно-Майском районе используется исключительно в период нерестовой миграции и нереста. Запас достоверно определяется ХфТИНРО и МагаданНИРО. Ежегодно разрабатываются рекомендации по сезонному распределению промыслового изъятия. Прилегающая к Аяно-Майскому району акватория является основным районом естественного воспроизводства охотоморской сельди. Однако в Аяно-Майском районе добыча нерестовой сельди составляет всего от 1,900 тыс. т до 2,800 тыс. т, в среднем 2,400 тыс. т (данные 2002-2006 гг.), что составляет в среднем менее 10 % от общего количества добываемой в Хабаровском крае нерестовой сельди. Сложившаяся ситуация обусловлена тем, что в районе фактически добычу сельди осуществляют 1-3 организации с использованием 1-3 ставных неводов (бухта Феодота, бухта Алдома, мыс Оджан), хотя промысел нерестовой сельди возможен практически по всему побережью района. Относительно высокая стоимость нерестовой сельди на международном рынке говорит о рентабельности данного промысла. Мы считаем, что при условии должной организации промысла, при проведении работ по выставлению искусственных нерестилищ (отработанная методика очень эффективна), при использовании хотя бы 7-10 орудий лова общий вылов нерестовой сельди в Аяно-Майском районе должен составлять не менее 10-12 тыс. т.

Тихоокеанские лососи. Прежде всего, тихоокеанские лососи Аяно-Майского района представлены кетой и горбушей. Ежегодный вылов колеблется в пределах от 82 до 360 т. Следует отметить, что в районе имеет место исключительно лов тихоокеанских лососей в нерестовых реках, морской промышленный лов отсутствует. Значительная часть вылова (до 90 %) осуществляется в р. Алдома. Остальные реки или не используются вообще, или используются незначительно. Перерабатывающие мощности с возможностью производства мороженой продукции имеются только на р. Алдома (ООО «Континент») и в пос. Аян (рыболовецкий колхоз «Восход»). Систематическое изучение кеты и горбуши Аяно-Майского района осуществляется только на р. Алдома, по остальным рекам данные отсутствуют. Имеет место недооценка запасов и, как следствие, занижение ОДУ по причине ограниченных возможностей организаций, занимающихся мониторингом состояния запасов. Для эффективного использования лососевых запасов района необходимо изучение и определение запасов по нескольким рекам разного типа («кетовым» и «горбушевым»), внедрение морского лова лососевых ставными неводами, а также размещение производственных мощностей непосредственно по местам лова. Представляется, что при правильной организации промысла и

качественном ихтиологическом мониторинге годовой вылов тихоокеанских лососей в Аяно-Майском районе должен достигать 1000-1500 т.

Крабы (камчатский, колючий, синий). Являются ценными объектами промысла. Добыча крабов в Аяно-Майском районе ведется около 30 лет. Учет вылова крабов в акваториях, прилежащих к Аяно-Майскому району, возможен исключительно по предприятиям, осуществляющим береговую обработку. То есть уловы автономных судов (осуществляющих как непосредственно лов, так и обработку) применительно к вылову в границах района, учесть практически невозможно. В настоящее время лов осуществляется тремя организациями, имеющими береговые мощности по переработке крабов. Все они расположены в пос. Аян. Соответственно на постоянной основе эксплуатируются исключительно прилегающие к поселку Аян акватории (в основном акватория зал. Аян). Средний годовой вылов (2002-2006 гг.) составляет 165 т. По данным ХфТИНРО значительные скопления крабов имеются практически на протяжении всей береговой линии Аяно-Майского района. В случае постройки хотя бы 2 береговых комплексов по обработке крабов, расположенных южнее и севернее пос. Аян, возможный вылов крабов по Аяно-Майскому району может составить до 500 т.

Неиспользуемые объекты промысла

Мойва. Запасы данного объекта в Северо-Охотоморской подзоне значительны (по данным ХфТИНРО, возможный вылов составляет 8800 т). Объект промыслом не используется. Возможное изъятие в границах Аяно-Майского района составляет не менее 500 т.

Треска – осуществляет нерест в феврале-апреле в прибрежной зоне района. Количественная оценка нерестовых популяций не производилась. Научные данные по данному объекту отсутствуют. В настоящее время промыслом не используется. В отдельные годы (1980-1992) вылов достигал 60 т, и по опросным данным вылов определялся исключительно потребностями населения пос. Аян. По экспертным данным, подходы нерестовой трески в Аяно-Майском районе значительны. Вылов может достигать 250 т и более.

Голубой окунь – практически круглогодично облавливается местным населением крючковыми снастями. Вылов достигает 0,15-0,2 т на одного рыбака в день. Промышленный лов отсутствует из-за неизученности объекта. Экспертно возможный годовой вылов оценивается в 100 т.

Моллюски – прежде всего это **Сердцевидка ресничная** – *Ciliatocardium ciliatum* (Fabricius, 1780), **спизула Войи** – *Spisula voyi* (Gabb, 1866), **перонидия ильная** – *Peronidia lutea* (Wood, 1828), **силиква острая** – *Siliqua alta* (Broderip et Sowerby, 1829), **мия японская** – *Mya japonica* (Jay, 1856), **пододесмус макрохизма** - *Pododesmus macrochisma* (Deshayes, 1839). По предварительным данным запасы указанных моллюсков значительны. Предлагаемый ХфТИНРО ОДУ на Северо-Охотоморскую подзону в границах Хабаровского края составляет около 1600 т. В Аяно-Майском районе добыча двустворчатых моллюсков может достигать 500 т, но в настоящее время промысел абсолютно не развит.

Гольцы (мальма и кунджа) – известный объект промысла. В Аяно-Майском районе – объект любительского рыболовства. Промышленного лова нет ввиду отсутствия квот. Объект практически не изучен. Объем возможного годового изъятия экспертно оценивается в 100 т.

Камбалы – являются объектами спортивного и любительского рыболовства в Аяно-Майском районе. Промышленный лов отсутствует. Возможен вылов крючковыми и сетными орудиями. Количественная оценка запаса в прибрежье Аяно-Майского района отсутствует. Возможный годовой вылов камбал в Аяно-Майском районе может составить 300 т.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что данная нами оценка возможного изъятия является очень приблизительной и требующей научно обоснованного уточнения. Сравнение существующего и возможного использования водных биоресурсов приведено в таблице.

Произведенный нами анализ позволяет сделать выводы о том, что водные биоресурсы Аяно-Майского района используются крайне неэффективно (менее чем на 20 %) и необходимо принятие неотложных мер по повышению эффективности использования имеющейся

сырьевой базы. Вопросами повышения эффективности использования водных биоресурсов должны заниматься краевые и районные органы власти, профильные научные организации, отраслевые федеральные учреждения и управления, а также непосредственно сами пользователи водных биоресурсов.

Анализ существующих и возможных уловов водных биоресурсов в Аяно-Майском районе
(Хабаровский край)

Объекты промысла	Существующий вылов (усредненные данные), т	Возможный вылов, т
Нерестовая сельдь	2400	12000
Крабы	165	500
Тихоокеанские лососи	228	1500
Голубой окунь	0	100
Мойва	0	500
Треска	0	250
Гольцы	0	100
Камбалы	0	300
Моллюски	0	500
ВСЕГО	2793	15750

Для скорейшего улучшения сложившейся ситуации считаем необходимым проведение следующих мероприятий:

1. Проведение комплексного ихтиологического обследования акваторий района (прежде всего акваторий Тихоокеанского бассейна) с целью более точного определения запасов и объемов возможного изъятия;

2. Подготовка рекомендаций по комплексному освоению водных биоресурсов (для более эффективного использования имеющихся береговых перерабатывающих мощностей);

3. Подготовка рекомендаций и обоснований по размещению новых береговых комплексов на территории Аяно-Майского района и привлечение инвесторов под готовые обоснования и проекты.

Кроме реализации федеральных стратегических программ по продовольственному обеспечению населения России рыбопродукцией, результатами выполнения указанных мероприятий будет более эффективное использование возобновляемых сырьевых ресурсов района и, как следствие, увеличение налоговых отчислений в бюджеты всех уровней, решение части вопросов занятости населения, а также в целом развитие Аяно-Майского района и Хабаровского края.

ЛИТЕРАТУРА

Лососи-2006 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 112 с.

Лососи 2007 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – 131 с.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 231 с.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2006 г. (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 269 с.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2007 г. (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 280 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

С.В. Лобода

ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, lobodas@tinro.ru

В истории промысла сельди отмечались неоднократные подъемы и спады объемов вылова. Это вполне характерно для сильно флюктуирующего вида. К концу XX – началу XXI столетия наметилась стабилизация в величинах промыслового изъятия сельди. С 1999 г. общий вылов в Охотском море колебался в пределах 149-258 тыс. т, в среднем составив 198,6 тыс. т. Причиной стабилизации объемов добычи явилось не только наличие серии урожайных поколений сельди, но и изменения в методиках оценки и изучения запасов и биологического состояния рыб. Если первоначально, при изучении биологии сельди все базовые методики были основаны на результатах исследований непосредственно на нерестилищах и в период промысла (Тюрнин, 1975), то в настоящее время уже довольно широко используются результаты комплексных экосистемных макросъемок, которые ежегодно проводятся в Охотском море с начала 1990-х гг.

По данным комплексных траловых макросъемок, оценки численности и биомассы сельди в Охотском море варьировали от 1,2 до 2,97 млн т (рис. 1). Такая вариабельность была обусловлена как динамикой биомассы рыб, так и их недоучетом в отдельные годы (2000, 2002, 2007). Как видно из рис. 1, в 2000-х гг. установился стабильно высокий уровень запасов сельди в северной части Охотского моря. Это является следствием появления серии относительно высокоурожайных поколений 1996-1998 гг. рождения. Значительное увеличение биомассы рыб существенно отразилось на их распределении по акватории северной части моря. До начала 1990-х гг. в его северо-западной части осенью-зимой каких-либо заметных скоплений сельди обнаружено не было, все основные уловы были сосредоточены в Притауйском районе. Начиная с 1993 г. ситуация изменилась и все большее количество рыб оставалось в районе между о. Ионы, банкой Кашеварова и северной оконечностью о. Сахалин (Лобода, Мельников, 2004) (рис. 2). На протяжении ряда лет, начиная с 1997 г., биомасса сельди на этой акватории была соизмерима, а порой и превышала таковую на северо-востоке моря (Шунтов, 1998; Мельников 2002; Мишанова, Лобода, 2003). Подобное развитие ситуации, а также продолженные исследования позволили предположить существование довольно крупного зимовального скопления сельди в северо-западной части Охотского моря, что и было подтверждено.

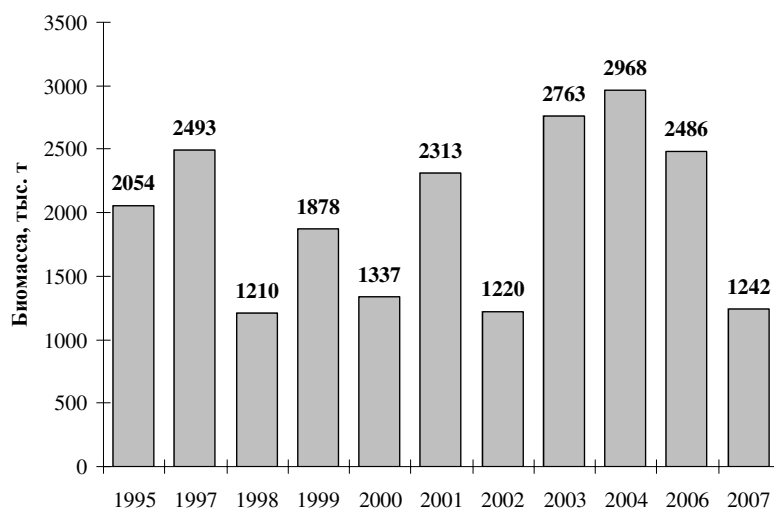


Рис. 1. Динамика биомассы тихоокеанской сельди в северной части Охотского моря по результатам траловых съемок 1995-2007 гг.

В дальнейшем изучение запасов сельди позволило предположить существование двух относительно изолированных группировок рыб у охотской и гижигинско-камчатской сельди (Melnikov, Loboda, 2004), различающихся между собой не только областью распространения, но и, как выяснилось позже, некоторыми особенностями биологии рыб.

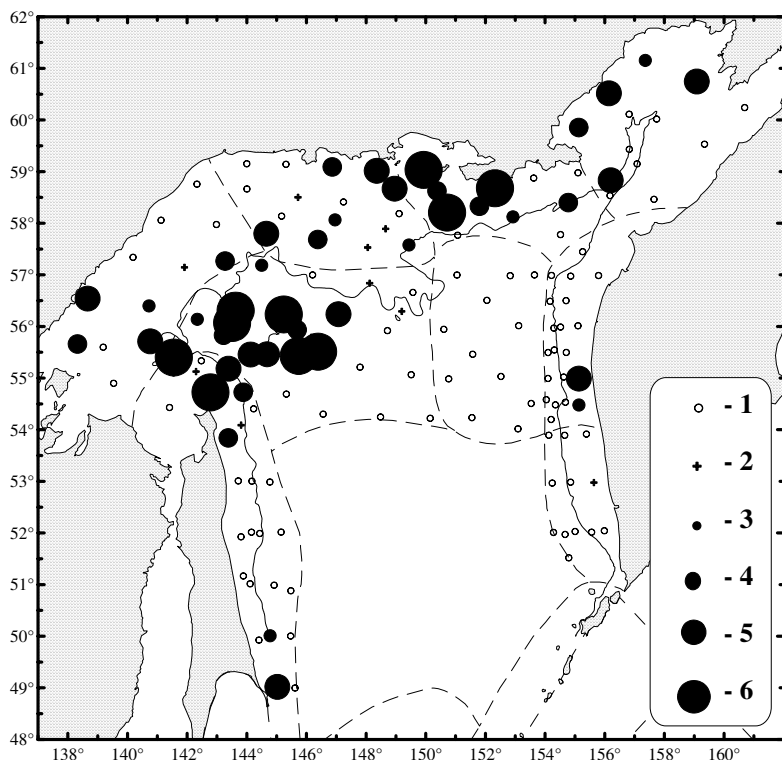


Рис. 2. Распределение уловов сельди в северной части Охотского моря осенью 2003 г. Условные обозначения: а) 1 - улова нет, 2 - менее 0,2; 3 - 0,2-1; 4 - 1-10, 5 - 10-100, 6 - более 100 тыс. экз./км².

В зимний период на предзимовальных скоплениях в двух областях Ионо-Кашеваровского района отличия проявлялись не только в поведении сельди, но и в биологическом состоянии рыб (Лобода, Мельников, 2004). Более детальное изучение результатов исследований в осенний период 2003-2004 гг. показало, что для северо-западных (Ионо-Кашеваровский, Аяно-Шантарский, северо-восточный Сахалин) и северо-восточных (Притауйский, Охото-

Лисянский) районов Охотского моря отмечается различная межгодовая динамика размерно-возрастных характеристик скоплений сельди (рис. 3). Если в первом районе стабильно преобладают особи в возрасте шести лет (5+) и старше, фактически половозрелая сельдь, то во втором районе доля рыб этих возрастных групп значительно меньше, и доминируют чаще всего рекруты возрастом двух-пяти лет (1+ – 4+).

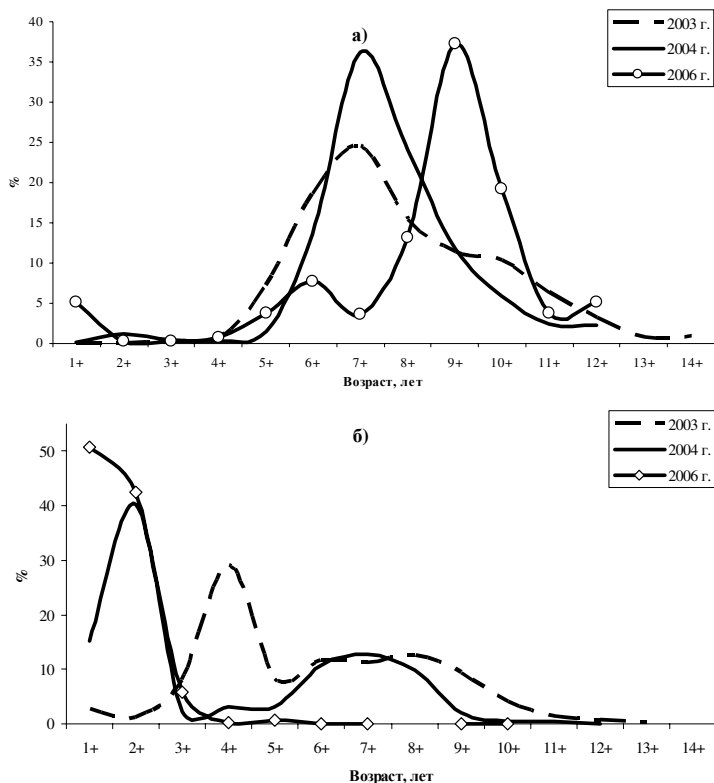


Рис. 3. Возрастной состав уловов сельди в северо-западной (а) и северо-восточной (б) части Охотского моря осенью 2003, 2004, 2006 гг.

При сравнении средних длин возрастных групп в Притауйском и Ионо-Кашеваровском районе была отмечена существенная разница в этих величинах. Заметные отличия проявились у рыб средних возрастов (4+-6+). Наиболее крупные размеры рыб были характерны для сельди Ионо-Кашеваровского района. В 2003-2004 гг. средняя длина сельди этого района превышала аналогичный показатель рыб северо-восточных акваторий на 1,5-2,0 см. По достижении сельдью возраста восьми лет (7+) рыбы обоих

районов имеют практически одинаковые размеры. Это свидетельствует о разных темпах линейного роста у особей, обитающих в двух относительно разобщенных в осенний период районах нагула и вступающих в стадию массового полового созревания.

По результатам биологических анализов, осенью 2003 г. отмечены значительные вариации в соотношении зрелых и не зрелых рыб по возрастам в Ионо-Кашеваровском и Притауйском районах. Из рис. 4 видно, что у сельди в возрасте пяти-шести лет (4+ – 5+) в первом районе доля половозрелых особей значительно выше, чем во втором. Такая тенденция свидетельствует о различных темпах полового созревания рыб, которые могут зависеть от комплекса факторов, влияющих на скорость этих процессов.

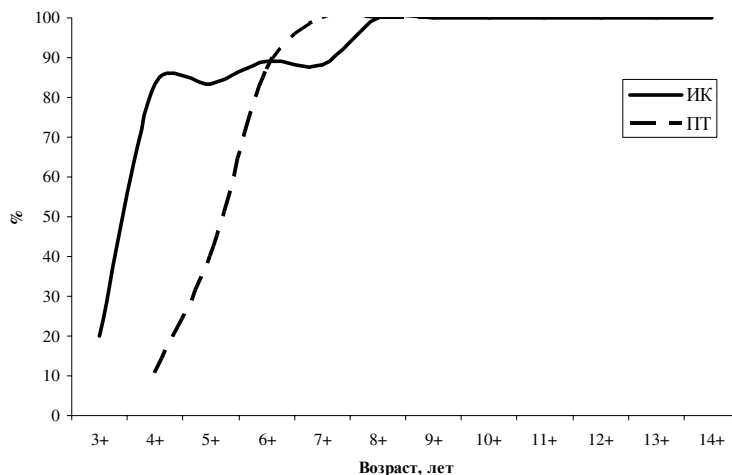


Рис. 4. Доля половозрелой сельди в Ионо-Кашеваровском (ИК) и Притауйском (ПТ) районах Охотского моря осенью 2003 г.

Таким образом, для северо-западных и северо-восточных акваторий Охотского моря в период многолетних исследований отмечаются практически противоположные тенденции динамики размерно-возрастного состава скоплений, линейного и весового роста рыб, темпов их полового созревания и др. Данный факт может свидетельствовать о самостоятельном развитии как отдельных поколений сельди, так и относительно независимых друг от друга ее группировок в северной части Охотского моря.

При сравнительно небольшом анализе основных биологических показателей сельди из различных областей ее нагула можно определить несколько наиболее значимых параметров, которые могут характеризовать специфику биологии сельди конкретных акваторий Охотского моря и являются важными при прогнозировании запасов.

Проведенные исследования позволили выявить существующие различия в характеристике основных биологических показателей сельди северо-восточной и северо-западной части Охотского моря. Данные комплексных траловых съемок могут быть использованы при прогнозировании запасов тихоокеанской сельди в северной части Охотского моря.

Литература

Лобода С.В., Мельников И.В. Распределение и некоторые черты биологии тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Val.) в осенне-зимний период в Охотском море // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 139. – С. 169-179.

Мельников И.В. Результаты оценки запаса сельди в северной части Охотского моря по траловым съемкам 2000 г. // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130, Ч. 3. – С. 1142-1158.

Мишанова О.А., Лобода С.В. Состояние запасов и особенности распределения сельди в северной части Охотского моря зимой 2002 г. // Комплексные исследования и переработка морских и пресноводных гидробионтов: Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых. – Владивосток, 2003. – С. 63-65.

Тюрнин Б.Н. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, ее динамика и биологические основы прогнозирования улова // Дисс. ... канд. биол. наук. Архив. № 14343. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1975.

Шунтов В.П. Современный статус биологических ресурсов Охотского моря // Рыб. хоз-во. – 1998. – № 4. – С. 40-42.

Melnikov I.V. Loboda S.V. Interannual variation of the pacific herring stocks in the Okhotsk Sea in connection with last years cooling // PICES Scientific Report. – 2004. – № 26. – P. 127-131.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫБНЫХ РЕСУРСОВ АЗОВСКОГО И КАСПИЙСКОГО МОРЕЙ

В.А. Лужняк, П.А. Балыкин

Южный научный центр Российской академии наук, г. Ростов-на-Дону, Россия.
lужняк@mmbi.krinc.ru , balykin@mmbi.krinc.ru

Азовское и Каспийское моря в недалеком прошлом характеризовались высоким уровнем ресурсов ценных промысловых видов рыб – осетровых, сельди, сазана, леща, судака и др. В 30-50-е годы XX века уловы в бассейне Азовского моря достигали 150-300 тыс. т в год, при этом основу уловов составляли наиболее ценные виды: осетр, севрюга, белуга, судак, лещ, тарань, рыбец и др. Традиционные для Азовского бассейна объекты промысла - сазан и тарань, добывались в 1930-е годы в суммарном объеме до 20-25 тыс. т в год, а уловы судака достигали 74 тыс. т. В 1990-2004 гг. уловы тарани, рыбца, чехони катастрофически снизились - до 10-250 т в год, а официальные уловы судака не превышали 1-3 тыс. т. В последние годы, согласно данным официальной статистики, в Азовском море добывалось порядка 30-40 тыс. т рыбы, при этом половину улова составляли малоценные виды - хамса и тюлька (рис.1).

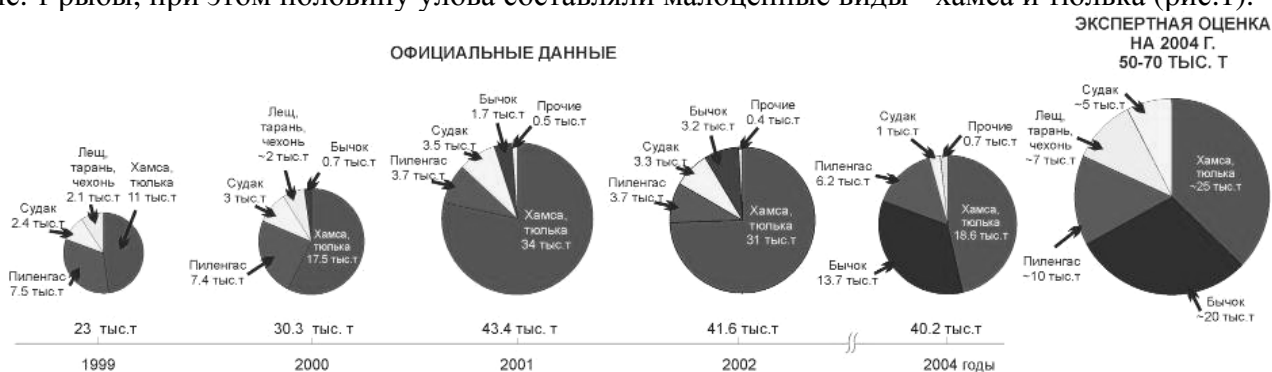


Рис. 1. Уловы промысловых рыб в Азовском море (Матишов, 2007 с дополнениями)

Особенно напряженная ситуация сложилась с запасами осетровых рыб, традиционно являвшихся наиболее ценными объектами промысла в бассейнах Каспийского, Азовского и Черного морей.

Наибольшей интенсивности промысел осетровых рыб в бассейне Азовского моря достиг к середине XIX века, когда в год добывалось порядка 10-14 тыс. т. В XX веке максимальный улов был отмечен в 1936 г. и составил 5,4 тыс. т (Троицкий, 1973). В 1995 г. официальные уловы осетровых составили всего 790 т, к 2000–2002 гг. упали до 20-70 т, а в настоящее время не превышают 2-4 т. За минувшие 150 лет произошло катастрофическое падение уловов осетровых - более чем в 1000 раз. Таким образом, к настоящему времени природные популяции всех азовских проходных осетровых рыб – белуги, севрюги и осетра – не только полностью утратили промысловое значение, но и фактически оказались поставлены на грань исчезновения (рис. 2).

Аналогичная ситуация складывается с запасами осетровых рыб и в Каспийском бассейне. Современный период характеризуется резким сокращением численности осетровых на акватории Каспийского моря (рис. 3), что нашло адекватное отражение в динамике их вылова. Если в 1990 г. вылов осетровых в Каспийском бассейне составлял 13,7 тыс. т, в 1995 г. – 2,9 тыс. т, то в 2001 г. он составил лишь 0,816 тыс. т. К 2005 г. уловы осетровых снизились до 0,16 тыс. т.

По данным КаспНИРХ, особи искусственных генераций в уловах Волго-Каспийского региона составляют более 98 % в популяции белуги, 60 % у осетра и 40 % у севрюги. Таким образом, более 50 % запасов каспийских осетровых рыб формируется за счет выпуска молодежи рыбоводными заводами, преимущественно российскими. По состоянию кормовой базы выпуск молоди осетровых в море следует существенно увеличить и довести до 150 млн.

штук в год с преобладанием молоди осетра (Карпюк, Ходоревская, 2006). Эти же рекомендации можно дать и для восстановления запасов азовских осетровых рыб. Между тем, выпуск молоди в последние годы заметно сократился (см. таблицу).



Рис. 2. Динамика промысла азовских осетровых рыб, тыс. т (Матишов, 2007)

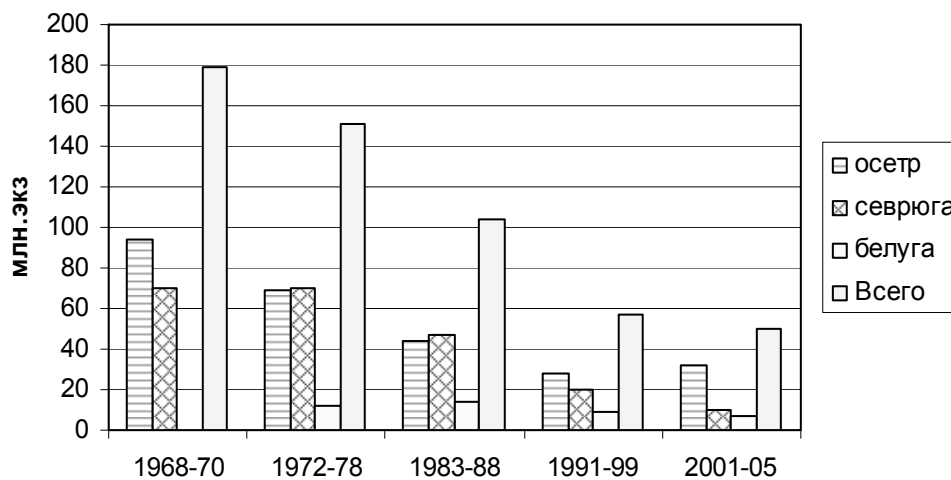


Рис. 3. Численность осетровых в Каспийском море, млн экз. (Карпюк, Ходоревская, 2006)

Вплоть до конца XX века Каспийское море оставалось важным районом рыболовства, где ежегодно добывалось несколько сотен тысяч т рыбы (рис. 4). Кроме осетровых рыб, важными объектами промысла были сельди, крупный частик (сазан, судак, лещ и др.), вобла. Изменения качественного состава уловов демонстрирует рис. 5. Очевидно, что на протяжении последнего столетия происходило замещение ценных промысловых видов рыб малоценными (килькой, мелким частиком). В первые годы текущего столетия произошло резкое уменьшение количества вылавливаемой рыбы, прежде всего, за счет коллапса запасов килек (рис. 6).

Всего за 3 года суммарный улов в бассейне Каспия уменьшился в 3,5 раза при одновременном сокращении доли килек в 2,5 раза. В 2004 г. было добыто только 50,7 тыс.т рыбы. Вполне очевидно, что в силу ряда причин, главным образом антропогенного происхождения (браконьерство, вселение конкурентов и консументов рыб, загрязнение), Каспийское море

все более утрачивает свое значение как район отечественного рыболовства. Некоторые современные тенденции (развитие газо- и нефтедобычи, неурегулированность правового статуса, отсутствие единого мнения по поводу национальных секторов у прикаспийских государств) позволяют сделать вывод, что в будущем негативные явления будут только нарастать, а рыболовство на Каспии будет и дальше стремительно деградировать.

Уловы осетровых рыб и выпуск молоди на Азове и Каспии

Район	Период				
	Начало XX века	Развитое заводское воспроизводство			
		Середина 1980-х гг.		Начало XXI века	
Вылов тыс. т	Вылов тыс. т	Выпуск молоди млн	Вылов тыс. т	Выпуск молоди млн	
Азов	До 15	1,5	40	запрет	5
Каспий	До 30	25 - 27	70	1,1	40

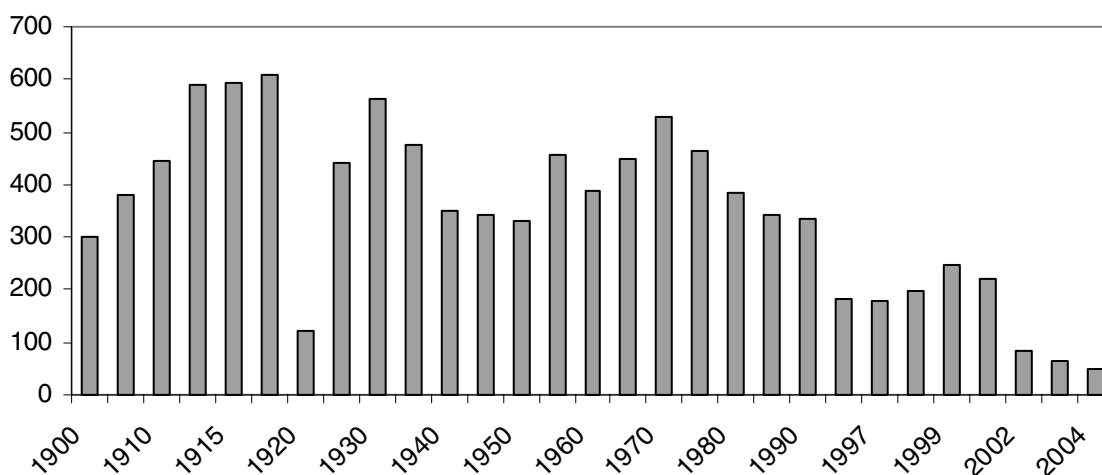


Рис. 4. Добыча рыбы в Каспийском бассейне (без учета Ирана), тыс. т. (Иванов, 2001; с дополнениями)

Мировая практика свидетельствует о том, что в тех районах, где из-за снижения численности промысловых рыб крупномасштабный промысел не ведется, а осуществляются лишь охранные меры с целью поддержания оставшихся в природе популяций, производство товарной рыбы осуществляется в условиях аквакультуры. Современная тенденция такова, что товарное рыбоводство в перспективе полностью перекроет объем добычи в природных водоемах (рис. 7).

В последнее десятилетие аквакультура интенсивно развивается в странах Восточной Азии – Китае, Японии, Таиланде, Корее, Филиппинах. Из европейских стран наибольшее развитие аквакультура получила в Норвегии, Италии и Франции. На американском континенте аквакультурой занимаются в США, Канаде, Чили, Эквадоре (рис. 8).

В Японии аквакультура нацелена на выращивание деликатесной дорогостоящей продукции, в основном морепродуктов. Таиланд, Индонезия, Малайзия являются главными поставщиками ракообразных (креветки) на мировой рынок. В Европе выращивается 2,3 млн т объектов аквакультуры. Лидирующими видами являются: лососи, форель, морской окунь, европейский угорь, тюрбо и мидии.

Первое место в производстве мировой продукции аквакультуры занимает Китай (Пономарев и др., 2006; Никоноров, 2007). Основными объектами выращивания являются карповые рыбы и морские гидробионты. Для их выращивания используются пруды, озера, каналы и прибрежная морская акватория.

Также в США и Европе быстрыми темпами развивается товарное осетроводство. В Италии, производящей в основном белого, адриатического и сибирского осетров, в 2000 г. получено 750 т рыбной продукции и 2,5 т икры, а во Франции — 150 т продукции и 5 т икры сибирского осетра. В Польше, Германии, Венгрии, Испании и Португалии выращивают белугу,

стерлядь, русского осетра и различные гибриды. Общая продукция из осетровых рыб в Европе составила 1000 т. В США и Канаде в 2000 году произведено 1000 т продукции и 5 т икры осетровых. В некоторых европейских странах (Франция, Италия, Греция) начали интенсивно выращивать осетровых рыб с целью получения пищевой икры. В перспективе мировой рынок продукции из осетровых рыб может быть оценен величиной порядка 25-30 тыс. т рыбы и деликатесной продукции и около 150-200 т икры в год. Современное производство и вылов удовлетворяют эти потребности не более чем на 25-30 %.

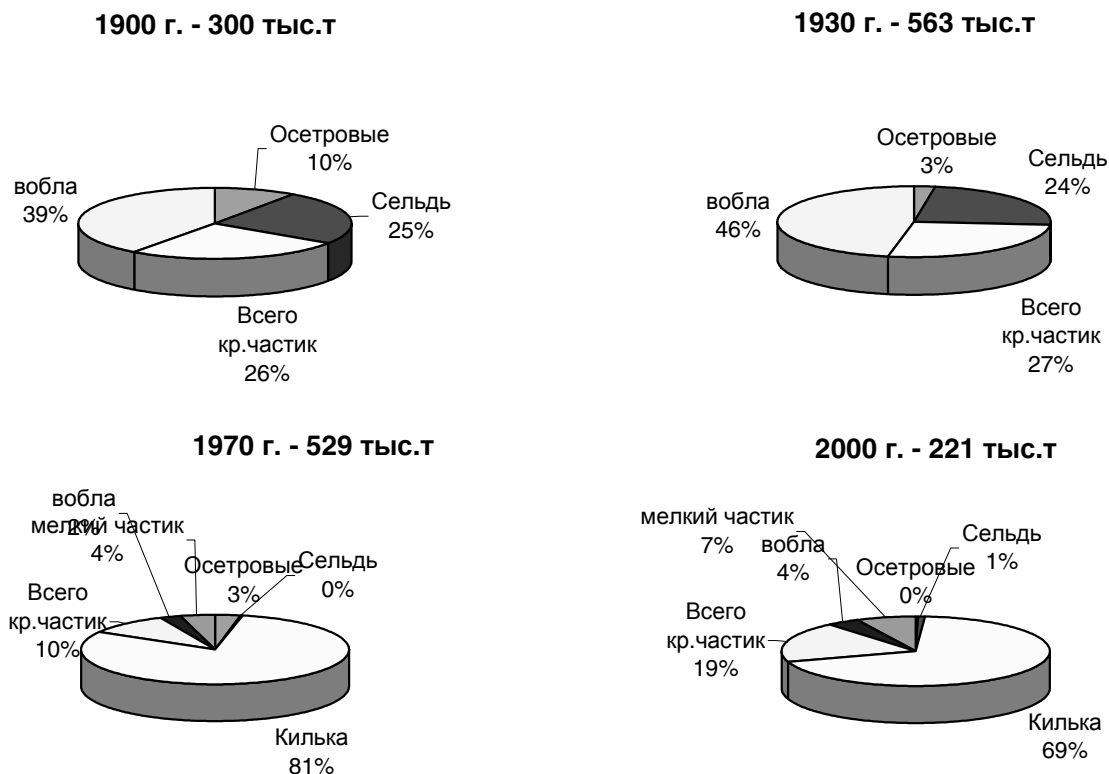


Рис. 5. Изменения качественного состава улова в Каспийском бассейне

В то же время в России объем товарной продукции аквакультуры составляет всего около 3,5 тыс. т, хотя имеется немалый научный и производственный опыт индустриального рыбоводства. В 1970-1990 гг. общее годовое производство товарной рыбы в СССР превышало 30 тыс. т, а ассортимент продукции включал ценные виды рыб: стерлядь, осетр, бестер, форель и другие.

Мировой и отечественный опыт аквакультуры свидетельствует о больших перспективах развития этой отрасли в современной России. Особенно благоприятные условия для товарного производства гидробионтов имеются в южных регионах, где климатические условия и научно-производственный потенциал служат гарантом успешной реализации направления «Аквакультура» национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса». Так, весьма перспективной представляется технология выращивания гибрида бестер х белуга в установках с замкнутым водоснабжением (Матишов и др., в печати). Большие возможности имеются и для развития пастбищного выращивания рыбы в многочисленных естественных водоемах. Нам представляется, что возврат к прежним объемам вылова рыбы в Азовском и Каспийском морях практически не возможен, поэтому восстановление



Рис. 6. Состав улова в 2003 г.

былого рыбохозяйственного значения этого региона возможно лишь при широком развитии аквакультуры – морской и пресноводной.

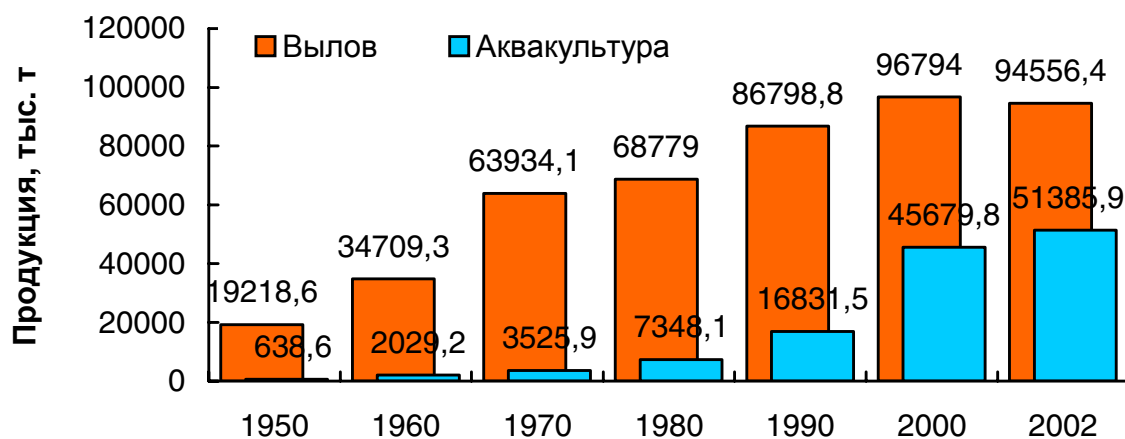


Рис. 7. Мировой вылов и производство продукции аквакультуры (по данным ФАО)

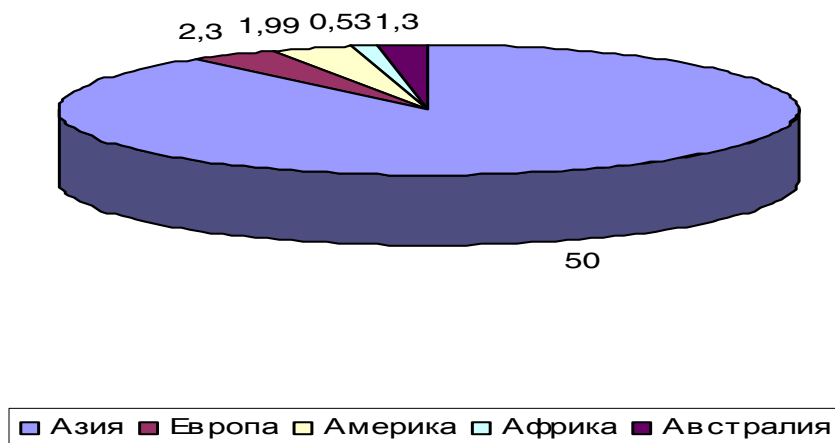


Рис. 8. Производство продукции аквакультуры в мире (в млн т)

ЛИТЕРАТУРА

Иванов В.П. Основные пути сохранения и использования биологических ресурсов Каспийского моря // Состояние запасов промысловых объектов на Каспии и их использование. – Астрахань: КаспНИРХ, 2001. – С. 8-24.

Карпюк М.И., Ходоревская Р.П. Запасы осетровых рыб в Волго-Каспийском бассейне // Экономика России – XXI век. – 2006. - № 22. – С. 23-30.

Матишов Г.Г. Большие морские экосистемы России в условиях климатических и антропогенных изменений // Большие морские экосистемы России в эпоху глобальных изменений (климат, ресурсы, управление): Мат-лы междунар. науч. конф. - Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2007. – С. 14-44.

Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Лужняк В.А. и др. Руководство по товарному осетроводству. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН – в печати.

Никоноров С.И. Формирование современной нормативно-правовой базы аквакультуры // Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата. ежд. Симпозиум, 16-18 апреля 2007 г.: Мат-лы и докл. - Астрахань: АГТУ, 2007. - С. 73-80.

Пономарев С.В. Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Индустриальное рыбоводство. – М.: Колос, 2006. – 320 с.

Троицкий С.К. Рассказ об азовской и донской рыбе. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 1973. – 189 с.

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
И БАТИМЕТРИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЯПОНСКОГО КРАБА-СТРИГУНА
(*CHIONOECETES JAPONICUS RATHBUN, 1932*)
В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ**

В.В. Мирошников

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, mirosh@tinro.ru

Японские и корейские исследователи в своих статьях отмечают, прежде всего, распространение и встречаемость промысловых самцов японского стригуна (в южной части Японского моря – к югу от 40° с. ш.) на глубинах 500-2300 м (Fujikura et al., 2000).

Исследования по распространению и батиметрическому распределению японского стригуна в российских водах северной части Японского моря (1991-1997 гг.) показали, что данный краб встречается на глубинах – от 150 до 2300 м. При этом было отмечено, что концентрация скоплений промысловых самцов на севере Японского моря характеризуется несколькими диапазонами глубин: 400-700, 1100-1400 и более 1800 м (в 1991-1997 гг.). Тогда как при проведении исследований на банке Кита-Ямато (в 1986-1993 гг.) повышение скоплений японского стригуна наблюдалось только для диапазона глубин 700-1300 м (Мирошников и др., 2000).

В литературных источниках, где рассматривается анализ батиметрического распределения японского стригуна, в основном дается распределение промысловых самцов. В представленной нами работе рассматривается распространение и батиметрическое распределение следующих прогностических (учетных) размерно-биологических групп данного краба: самки (по ширине карапакса – ШК - 20-101 мм), молодь самцов (<70 мм по ШК), рекрутов (70-99 мм) и промысловых (при промысловой мере ШК > 100 мм) самцов. Для сравнения приводятся расчетные данные по учету встречаемости стригуна опилио по результатам траловых съемок в 2005 и 2007 гг.

При этом необходимо отметить, что плотность встречаемости рекрутов и промысловых самцов японского стригуна (как и для всех стригунов ДВ морей РФ) является основой расчетов оценки численности (и запасов) и изучения межгодовых особенностей, которые необходимы для прогнозирования ОДУ добычи этого краба.

Материалом для анализа особенностей распространения и батиметрического распределения японского стригуна послужили последние учетные съемки ТИНРО-центра (траловые и ловушечные), которые были проведены с максимальным исследованием всех районов северо-западной части Японского моря. Были обработаны тралово-учетные съемки на РК МРТ «Бухаро» (БИФ ТИНРО), с выполнением контрольных тралений - 202 (2005 г.) и 212 (2007 г.), на глубинах 12-655 м. При проведении тралений использовался донный трал 27,1 м. При выполнении ловушечных съемок (на промысловых судах ЗАО Р/К «Восток-1») были собраны данные по результатам выполненных учетных порядков: 318 (на 5 судах) в 2005 г. и 121 (на 2-х судах) в 2007 г. Ловушечный лов крабов был проведен на глубинах 500-2300 м. Необходимо отметить, что в 2007 г. была впервые проведена специализированная глубоководная (на глубинах 1700-2300 м) микросъемка в центральной части желоба Японского моря, где ранее исследований и промысла не проводилось.

Распределение крабов анализировалось с пересчетом вылова учетных экз./км², т.е. как плотность встречаемости (численности). При этом учетная площадь при проведении тралений составляла – 0,04517 км² (по стандартной методике ТИНРО-центра). Учет площади при облове ловушками был принят в 0,0033 км² (Михайлов и др., 2003). При этом коэффициент уловистости (облова) краба принимался равным 1. Кроме того, рассчитывался коэффициент встречаемости учетных групп крабов (по отдельным глубинам), равный соотношению количества станций с уловом крабов (анализируемых групп) ко всем выполненным станциям на учетных диапазонах глубин (в %). При оценке распределения численности и построения карт пространственного распространения крабов использовалась система ГИС «Картмастер 3.1», методом сплайн-аппроксимации.

Анализ пространственной структуры распространения промысловых самцов японского стригуна (рис. 1) показал что, при повсеместной встречаемости на глубинах 458-1555 м, они были сконцентрированы в районах подзоны Приморье к югу от 45°30' с. ш. В меньшей степени в северо-восточных

районах подзоны ($46^{\circ}00' - 48^{\circ}15'$ с.ш.). Особо надо отметить, что в районах с глубинами более 1700 м уловы промысловых самцов были минимальны. Плотность встречаемости их составляла в зависимости от района и глубин от 2183 до 25678 экз./км². Максимальная частота встречаемости этой группы японского стригуна наблюдалась на глубинах 700–1500 м, составляя 80–100 % от выполненных контрольных станций. С уменьшением и увеличением глубин встречаемость промысловых самцов уменьшалась. По оценке численности этой учетно-биологической группы, их общая численность (для всех районов подзоны Приморье) составила около 268 млн экз. (на площади встречаемости 99,1 тыс. км²). Средняя плотность встречаемости 2704 экз./км².

Встречаемость промысловых самцов стригуна опилио (рис. 1) наблюдалась на глубинах 12 – 623 м, при плотности встречаемости - 30–21331 экз./км² (в среднем – 817 экз./км²). Частота встречаемости промысловых самцов этого краба была наибольшей на глубинах 100 – 300 м, составляя 50–65 % от выполненных станций.

Распространение самцов-рекрутов (рис. 2) японского стригуна характеризовалось наибольшими концентрациями в районе $43^{\circ}45' - 46^{\circ}00'$ с.ш. В северо-восточном и юго-восточном районах концентрации рекрутов были несколько ниже. В районах севернее $47^{\circ}00'$ плотность встречаемости снижалась до минимума. Эти крабы наблюдались повсеместно на глубинах 219–2041 м. Их плотность встречаемости составляла 15–24846 экз./км². Максимальная частота встречаемости отмечалась на глубинах 1300–2100 м (100 %). На глубинах 500–900 м встречаемость падала до 60 %. Общая численность (для подзоны Приморье) самцов-рекрутов составила около 295 млн. экз. Средняя расчетная плотность встречаемости составила 2976 экз./км².

Непромысловые (рис. 2) самцы (< 100 мм по ШК) отмечались на тех же глубинах, что и промысловые самцы. Плотность встречаемости составляла 30–26467 экз./км² (при средней 958). Максимальная частота встречаемости (более 50 %) была приурочена к глубинам 100–400 м.

Относительные концентрации молоди самцов (рис. 3) японского стригуна наблюдались, преимущественно, в районе желоба центральной части подзоны Приморье ($44^{\circ} - 46^{\circ}$ с.ш., восточней 138° в.д.). Встречаемость молоди самцов фиксировалась на глубинах 272–2041 м, при плотности – 2–8909 экз./км². Максимальная частота встречаемости молоди наблюдалась для глубин более 1400 м, достигая более 80 %. По оценке численности этой группы, их общая численность для региона составила около 50 млн экз. При этом средняя плотность встречаемости молоди (подзона Приморье) составила 505 экз./км².

Необходимо отметить, что на облов молоди и самок японского стригуна (в силу их мелких размеров) в значительной степени повлияла селективность используемых краболовных ловушек (оснащенных делью 50–70 мм).

Самки (рис. 4) японского стригуна преобладали в северо-восточных районах Приморья ($44^{\circ} - 47^{\circ}$ с.ш., восточней $139^{\circ}30'$ в.д.), встречаясь на глубинах 213–1843 м. Плотность встречаемости их составляла - от 15 до 5050 экз./км². Наибольшая частота встречаемости самок наблюдалась на глубинах 1100 – 1800 м (30 – 50 %) и на глубинах 500 – 800 м (30 – 35 %). Общая численность самок в подзоне Приморье составила около 7,66 млн экз., при средней плотности встречаемости (для подзоны) в 77 экз./км².

Самки стригуна опилио были отмечены на глубинах 12 – 623 м. Их плотность встречаемости составляла 30–123388 экз./км². Наибольшая частота встречаемости наблюдалась на глубинах 100–400 м (более 50 %).

Анализ батиметрического распределения различных учетно-биологических групп японского стригуна и стригуна опилио показал, что в настоящее время ареалы обитания сравнительно разобщены. Совместная встречаемость особей этих видов отмечается, преимущественно, на глубинах 200–700 м, т.е. на глубинах перекрытия ареалов. Это особенно важно при учете определения диапазонов промысла как для японского стригуна, так и для стригуна опилио (рис. 5). В настоящее время Правилами Рыболовства промысел японского стригуна разрешен на глубине до 600 м, что не учитывает реальные перекрытия ареалов обитания важных промысловых видов подзоны Приморье. Данный факт может стать причиной перелома обоих видов стригунов, а также браконьерской добычи стригуна опилио вместо японского стригуна. В связи с этим необходимо вернуть ранее действующее (до 2007 г.) ограничение промысла японского стригуна по глубине 800 м.

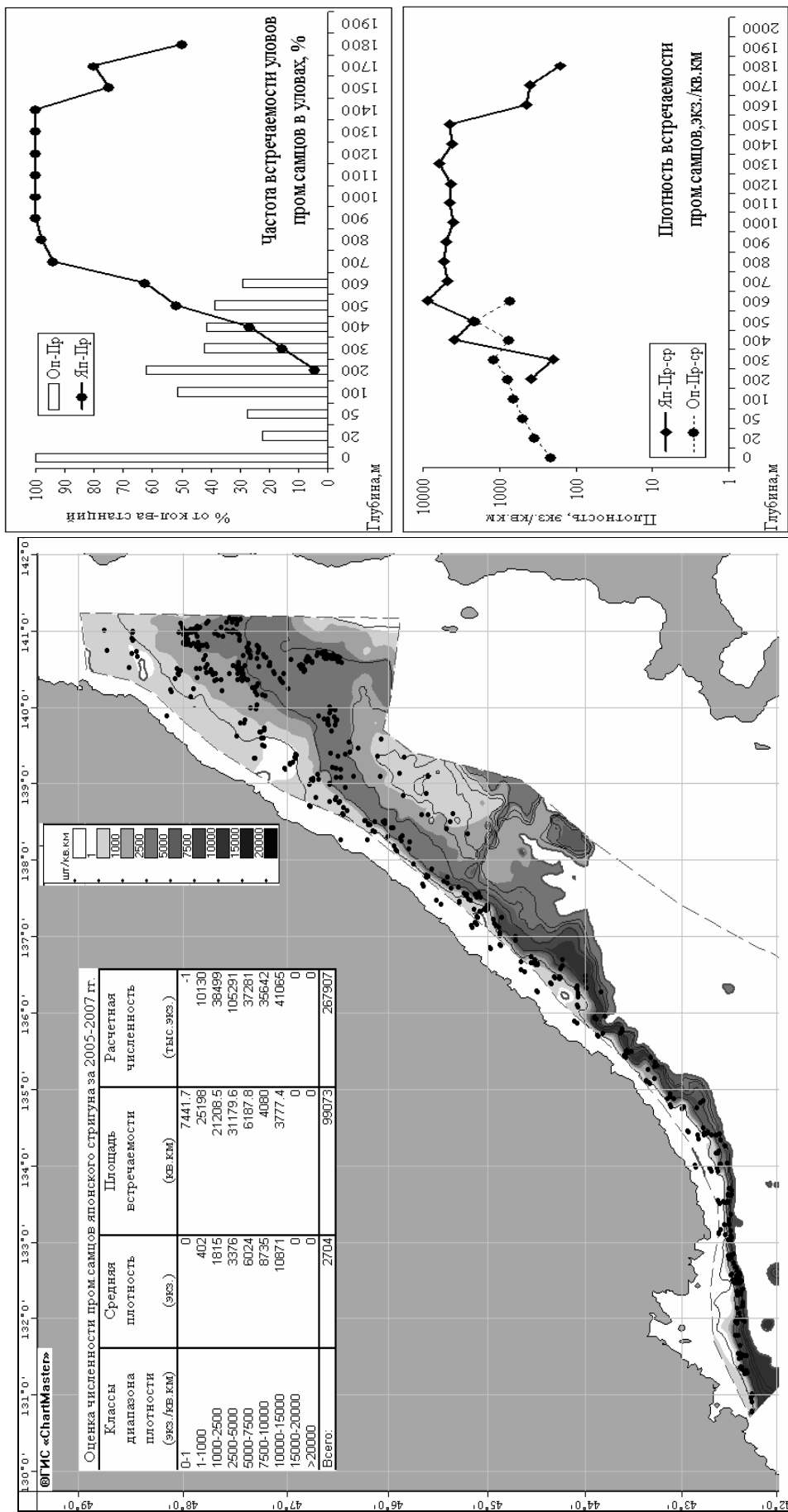


Рис. 1. Пространственное распространение и оценка численности (экз./км²) промысловых самцов японского краба-стригуна. Особенности батиметрического распределения (по средней плотности встречаемости, экз./км²) японскогостригуна (Яп-Пр-ср) истригуна опилио (Яп-Пр-ср) в северо-западной части Японского моря за 2005 и 2007 гг.

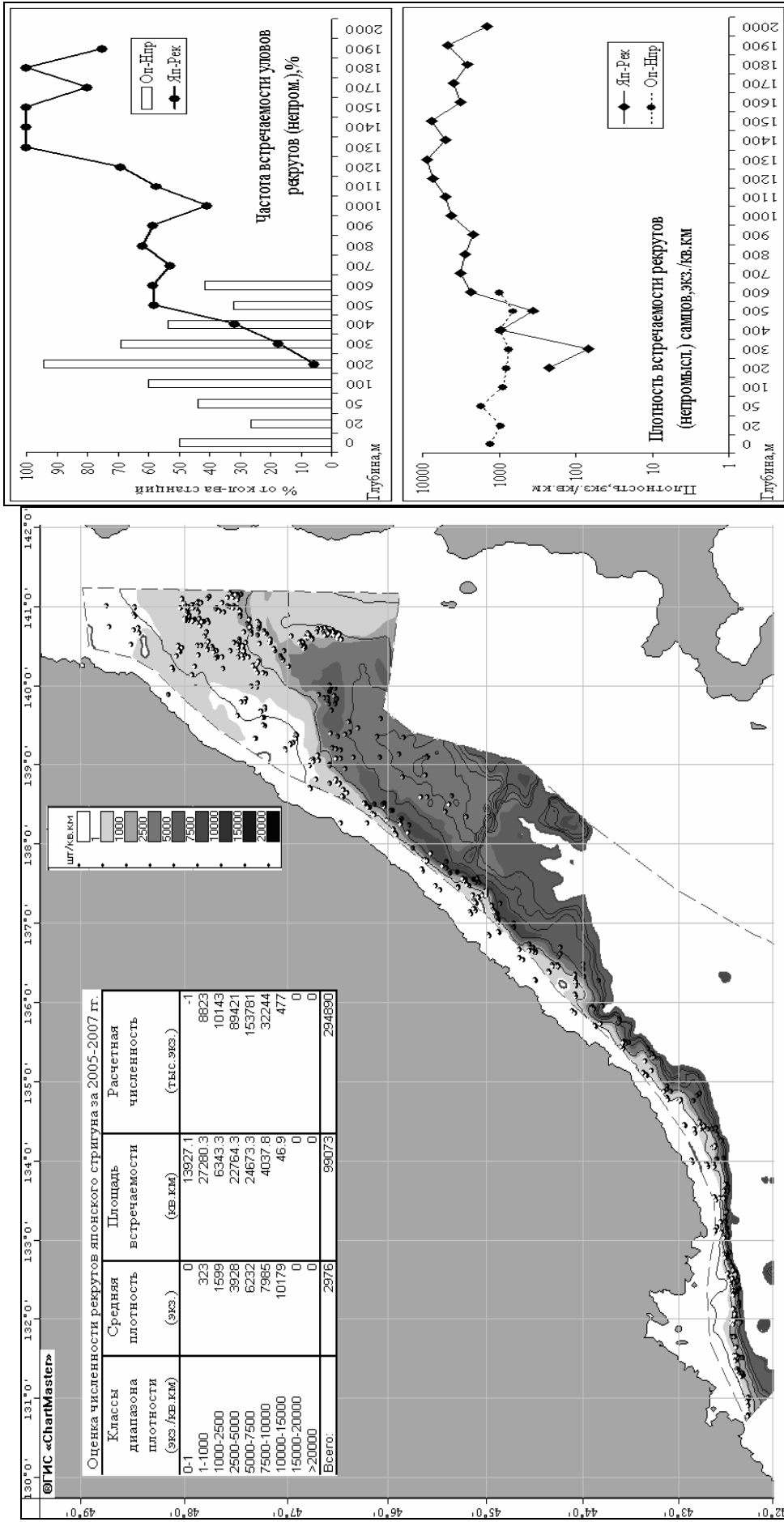


Рис. 2. Пространственное распространение и оценка численности (экз./км²) самцов-рекрутов японского краба-стригуна. Особенности багметрического распределения (по средней плотности встречаемости, экз./км²) японского стригуна (Яп-Рек) и стригуна опилио (Оп-Нпр) в северо-западной части Японского моря за 2005 и 2007 гг.

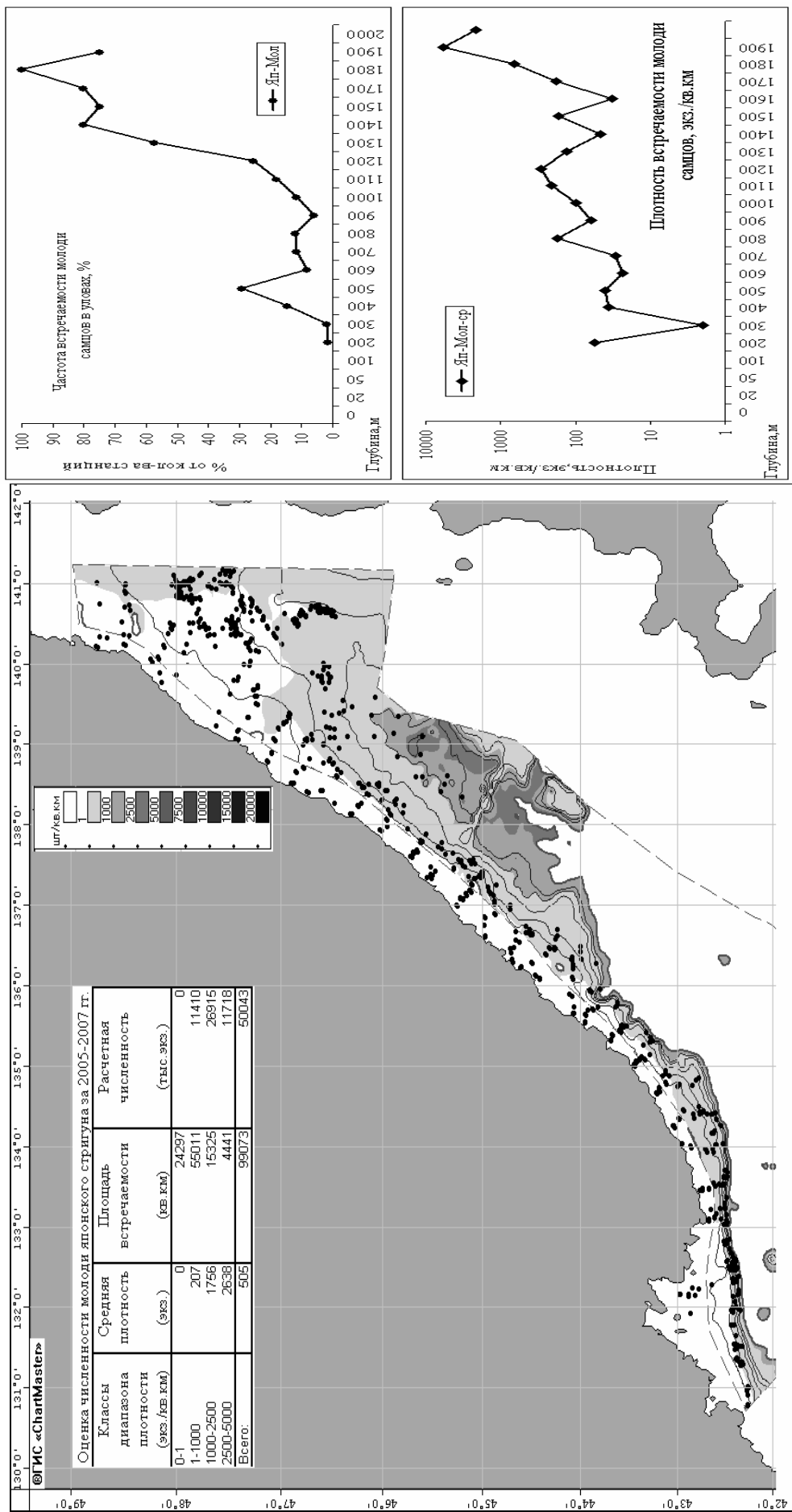


Рис. 3. Пространственное распространение и оценка численности (экз./км²) молоди самцов (Яп-Мол) японского краба-стригуна. Особенности батиметрического распределения (по средней плотности встречаемости, экз./км² – Яп-Мол-ср) японского стригуна в северо-западной части Японского моря за 2005 и 2007 гг.

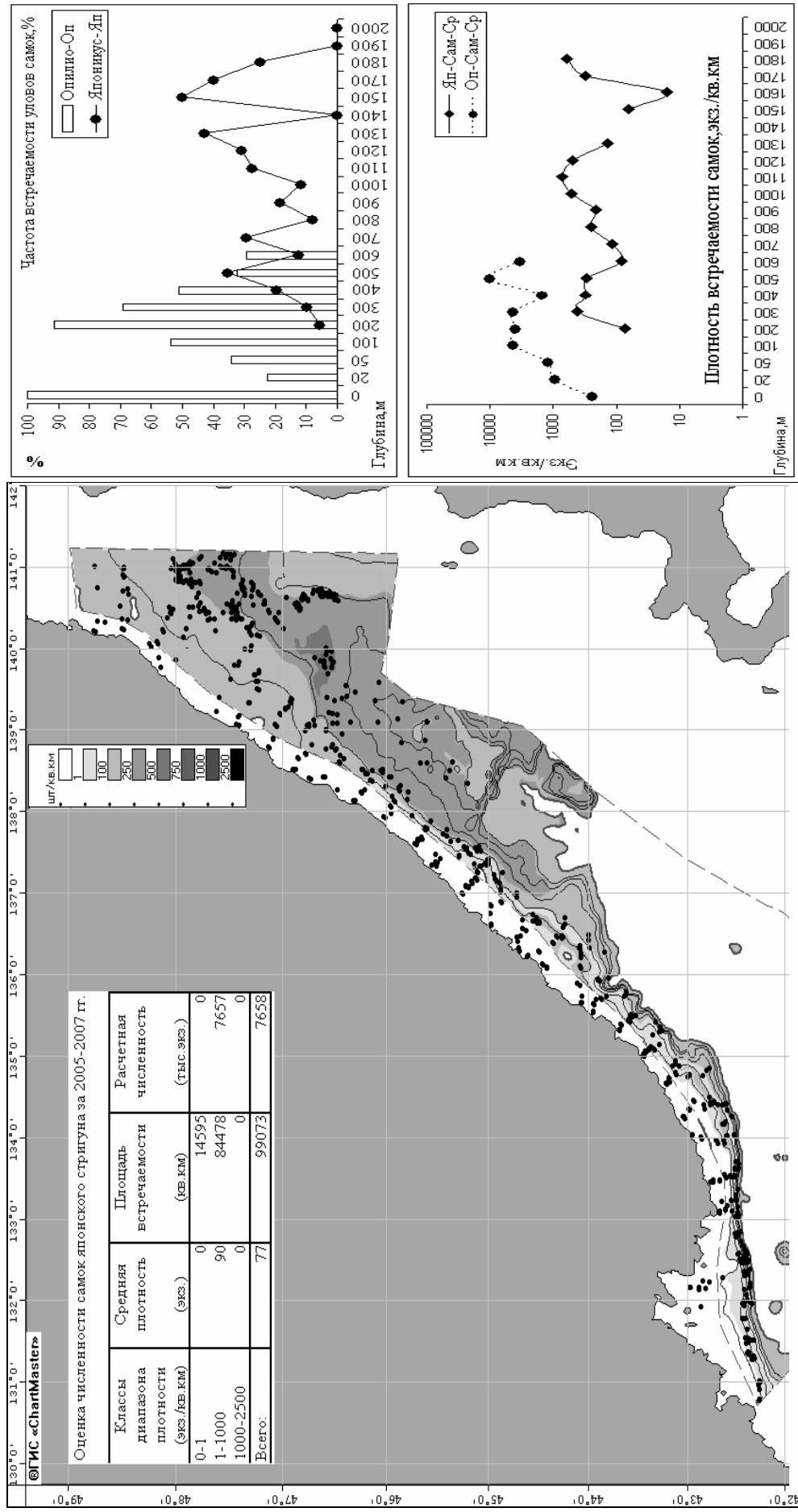


Рис. 4. Пространственное распространение и оценка численности (экз./км²) промысловых самок японского краба-стригуна. Особенности батиметрического распределения (по средней плотности встречаемости, экз./км²) японского стригуна (Яп-Сам-Ср) и стригуна опилио (Оп-Сам-Ср) в северозападной части Японского моря за 2005 и 2007 гг.

Рис. 5. Особенности формирования зон батиметрического распределения японского краба-стригуна и стригуна опилио в регионах Японского моря

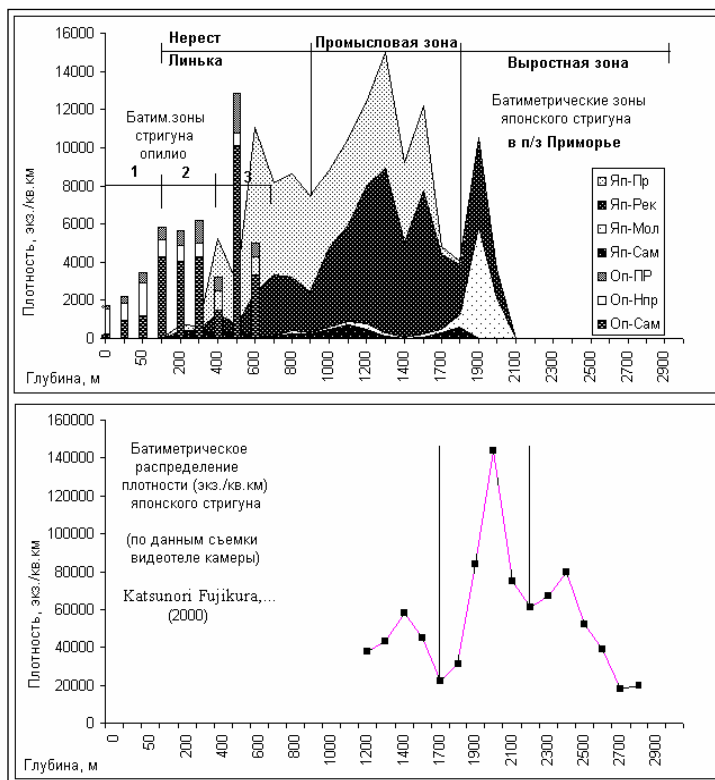
Проведенный анализ батиметрического распределения японского стригуна (в 2005 и 2007 гг.), вновь подтвердил, что для подзоны Приморье характерно наличие трех основных батиметрических зон распространения данного краба. При этом выделенные зоны встречаемости крабов отличаются по соотношению как плотности встречаемости различных учетно-биологических групп, так и биологического состояния. В связи с этим нами предлагается следующее разделение батиметрических зон обитания японского стригуна в подзоне Приморье на следующие: зона нереста и линьки (< 800 м), промысловая зона (800-1700 м) и выростная зона (> 1700 м).

Кроме того, до сих пор остается открытым вопрос о максимальных глубинах встречаемости японского стригуна на глубинах более 2000 м (см. рис. 5) в Японском море. По сведениям японских исследователей (Fujikura et al., 2000), встречаемость (по подводным видео-ТВ наблюдениям) японского стригуна была отмечена до 2800 м.

Помимо различий особенностей батиметрического распространения крабов (рис.5), были отмечены существенные расхождения по объемам оценки плотности встречаемости. Так по японским данным, плотность встречаемости крабов (в исследованных районах о. Оки) составляла 20 – 160 тыс. экз./км². Тогда как по оценке ловушечных уловов японского стригуна в подзоне Приморье она не превышала (даже с учетом суммы плотности всех учетных групп на контрольной станции) более 20-30 тыс. экз./км². Такие расхождения требуют дополнительного анализа. Однако, вероятней всего, отмеченные расхождения указывают на завышенный коэффициент уловистости крабов (равный 1), используемый нами при оценке численности японского стригуна в подзоне Приморье.

Таким образом, проведенный анализ пространственного распространения и батиметрического распределения, ареал японского стригуна в северо-западной части Японского моря, можно охарактеризовать повсеместной встречаемостью и распространением на глубинах 200 – 2200 м.

Кроме того, исследования 2005 и 2007 гг. позволили отметить, что в проведенных ранее прогнозах ТИНРО-центра в значительной степени недоучитывались запасы рекрутов этого краба. Это снижало оценку запасов и ОДУ основного промыслового вида в северной части Японского моря. В настоящее время нами корректируется прогноз на 2009 г., уточняется методика расчетов запасов (с учетом поправки коэффициента уловистости), а также разрабатывается оптимальная схема проведения учетных съемок по оценке запасов японского стригуна в северной части Японского моря с учетом всего ареала распространения.



ЛИТЕРАТУРА

- Мирошников В.В., Кобликов В.Н., Родин В.Е. Краб-стригун японикус: перспективы промысла в российских водах // Рыб. хоз-во. – 2000. - № 2. - С. 25-27.
- Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО, 2003. - 284 с.
- Fujikura K., Tsuchida S., Hashimoto J. Density estimation of beni-zuwai crab *Chionoecetes japonicus*, by an situ observation method // Fisheries science. – 2000. – Vol. 66. – P. 1183-1185.

**РОСТ И НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИИ
НИЖНЕАМУРСКОГО ХАРИУСА *THYMALLUS TUGARINAE SP. NOVA*
(*THYMALLIDAE*) Р. КУР**

П.Б. Михеев

Хабаровский филиал ТИНРО-центра, г. Хабаровск, Россия,
pmikheev@yandex.ru

В притоках р. Амур горного и предгорного типа нижеамурский хариус (*Thymallus tugarinae*) является одним из самых характерных и многочисленных представителей ихтиофауны, имеющих промысловое значение. При этом статус вида нижеамурский хариус *T. tugarinae* приобрел не так давно (Книжин и др., 2007), так как вплоть до недавнего времени систематическое положение амурских хариусов было спорным.

Хариусы *Thymallus* бассейна р. Амур являлись и являются объектом исследований многих авторов (Тугарина, Храмцова, 1980; Зиновьев и др., 1983; Сафронов и др., 2001, 2003; Антонов, 1995, 1999, 2001, 2004; Книжин и др., 2004, 2006, 2007). При этом данные по биологии и экологии амурских хариусов в литературе немногочисленны (Тугарина, Храмцова, 1981), либо носят отрывочный характер в работах по таксономии, морфологии и генетике. Вместе с тем, сведения о таких важных биологических характеристиках, как размерно-возрастная структура, особенности роста, возраст полового созревания, изменение численности и биомассы поколений с возрастом крайне необходимы как для познания популяционной организации, так и для разработки мероприятий по сохранению популяций в условиях антропогенного пресса и увеличению запасов нижеамурского хариуса.

В настоящей работе дается описание некоторых аспектов биологии и рост нижеамурского хариуса р. Кур, с целью восполнить этот пробел.

Материал и методика

Материал собран в октябре 2006 года как ставными, так и сплавными сетями с шагом ячеи от 10 до 40 мм, а также неводом (ячея 30 мм) в 180 км выше устья р. Кур, на протоке Асекта. Река Кур является притоком Амура второго порядка. Длина водотока 434 км. Сливаясь с р. Урми, образует р. Тунгуска, которая впадает в Амур в 950 км от его устья недалеко от г. Хабаровск (Ресурсы поверхностных вод..., 1966)

Объем собранного материала составил 305 экз. рыб. Обработку проводили по методикам И.Ф. Правдина (1966). Наполнение желудков и количество жира, отложившееся на поверхности внутренних органов, оценивалось визуально по 5-балльной шкале одним оператором. Возраст определяли по чешуе. Подсчет склеритов и величину радиуса каждого годового кольца, в делениях окуляр-микрометра, определяли при помощи бинокля МБС-10 при увеличении 2х8. Реконструкцию роста проводили методом обратных расчислений, по радиусам годовых колец на чешуе, измеренных от ее центра в переднем диагональном направлении (Зиновьев, 2005). Упитанность рыб вычисляли по формулам Фультона и Кларк. Расчет относительной численности и биомассы проводили по стандартным методикам ВНИРО (Методические рекомендации ..., 1990).

Результаты исследований

Выборка хариуса р. Кур представлена особями с длиной тела (здесь и далее по Смиуту) в пределах 49,3–224 мм, при среднем значении $156,32 \pm 1,72$ мм. Масса тела рыб варьировала от 1 до 127,5 г (среднее значение $47,32 \pm 2,02$ г), возраст – от 0+ до 5+ лет. Доминирование хариуса в возрасте 1–5 лет характерно для популяций всех таксонов и форм хариусов (Зиновьев, 2005). При этом наибольшую долю наших уловов (57,7 %) составили рыбы в возрасте 2+ лет (табл. 1). Соотношение полов, как и в других притоках Амура (Тугарина, Храмцова, 1981), близко 1:1.

Линейный и весовой рост описывали по формуле Берталанфи (табл. 2) на основе данных о длине тела, общем весе и возрасте для всей выборки (табл. 1), а также для самцов и самок в отдельности. Были получены показатели приростов и скорости роста (рис. 1, 2). При

этом можно заметить, что возрасте от 2+ до 4+ лет наблюдается снижение значений скорости весового роста, а также максимум весового прироста (рис 2), что может указывать на качественный перелом, происшедший в росте организма (Абакумов, 1961), который в нашем случае соответствует возрасту массового полового созревания, наблюдаемому фактически (3+). Также можно отметить более раннее снижение линейных приростов, по сравнению с весовыми, что также является общеизвестной спецификой роста рыб (Никольский, 1965).

Таблица 1

Длина, общая масса и возрастной состав уловов нижеамурского хариуса р. Кур

Возраст	Длина, мм M ± m	Масса, г M ± m	Количество экз. (доля в %)
0+	57,82±3,1	1,88±0,31	6 (1,97)
1+	109,53±1,3	15,26±0,56	42 (13,77)
2+	154,95±0,85	42,46±0,97	176 (57,70)
3+	180,93±1,64	72,41±2,93	58 (19,02)
4+	202,05±2,74	106,07±5,54	20 (6,56)
5+	211±6,51	111,5±8,13	3 (0,98)

Значения коэффициентов в уравнении Бергаланфи, полученные для роста самцов и самок, отличаются (табл. 2). Показатель K и t_0 у самок меньше, чем у самцов, а значение асимптотической величины – больше, что указывает на более «плавный» рост самок и более «скачкообразный» рост самцов.

Таблица 2

Значения коэффициентов в уравнении Бергаланфи для линейного и весового роста нижеамурского хариуса р. Кур

Уравнение	Пол	Коэффициент ± стандартная ошибка			Детерминация, R ²
		L_{∞}/W_{∞}	K	t_0	
Линейный рост $L_t = L_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]$	все рыбы	242,24±7,86	0,38±0,03	-0,63±0,08	0,86
	♂	233,47±10,69	0,51±0,08	-0,23±0,15	0,85
	♀	266,74±26,04	0,29±0,07	-0,89±0,24	0,89
Весовой рост $W_t = W_{\infty}[1 - e^{-K(t-t_0)}]^3$	все рыбы	177,60±24,80	0,40±0,06	-0,45±0,21	0,82
	♂	146,33±16,75	0,56±0,10	-0,05±0,24	0,81
	♀	153,67± 2,92	0,36±0,02	-0,58±0,13	0,82

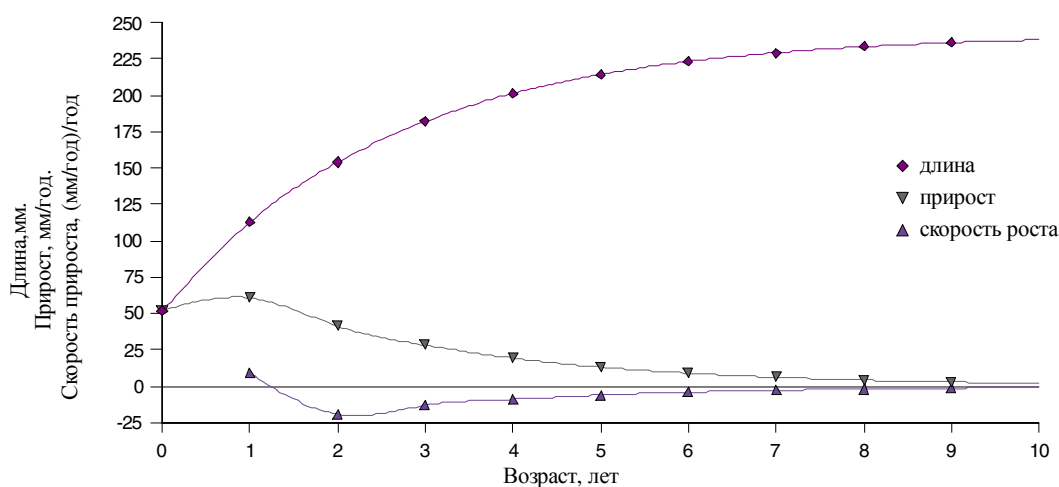


Рис. 1. Линейный рост, прирост и скорость прироста нижеамурского хариуса р. Кур

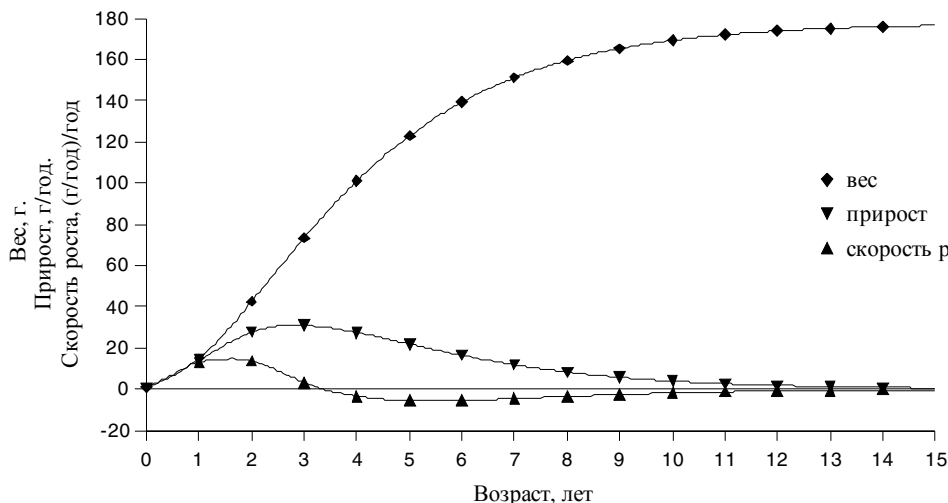


Рис. 2. Весовой рост, прирост и скорость прироста нижнеамурского хариуса р. Кур

При реконструкции роста использовались зависимость длина – радиус чешуи. Уравнение зависимости имеет вид: $L_{sm} = 10,73(\pm 1,04) * R_u^{(0,78 \pm 0,03)}$, $R^2 = 0,81$. Данные по реконструкции роста представлены в табл. 3, при рассмотрении которой также можно отметить тенденцию более интенсивного линейного роста самцов.

Таблица 3

Темп роста нижнеамурского хариуса р. Кур.

Пок-ло-ние	Воз-раст	Пол	0+	1+	2+	3+	4+	5+
2006	0+	juv	57,81±3,10					
2005	1+	juv	56,61±2,03	105,26±2,87				
		♀	71,47±2,04	112,00±2,65				
		♂	72,89±3,61	109,20±5,75				
		все	65,42±1,76	109,10±2,21				
2004	2+	♀	67,38±2,19	107,61±2,37	146,32±1,88			
		♂	69,56±1,98	114,95±2,58	157,88±3,27			
		все	64,78±0,90	111,13±1,19	155,01±1,27			
2003	3+	♀	65,96±2,29	108,78±3,44	146,30±4,71	178,33±2,96		
		♂	65,49±1,84	111,78±3,2	152,66±4,01	190,20±2,69		
		все	59,17±1,25	104,10±1,94	144,21±2,54	181,63±1,87		
2002	4+	♀	60,43±3,24	105,01±6,06	148,25±4,81	179,97±6,33	202,88±2,73	
		♂	69,00±4,27	119,25±5,37	152,67±6,49	183,43±6,52	208,71±5,78	
		все	60,02±2,37	107,73±3,89	147,59±3,74	180,44±4,55	203,53±3,06	
2001	5+	♂	56,56±5,01	105,63±4,02	145,81±1,46	175,94±7,88	195,66±8,72	211,00±6,51

Кроме этого была проведена работа по подсчету числа склеритов в каждом годовом кольце чешуи собранных рыб. В среднем, у нижнеамурского хариуса за год формируется $9,28 \pm 0,10$ склеритов. Максимальное число склеритов ($10,58 \pm 0,14$) закладывается на втором году жизни, после которого по мере старения достоверно убывает ($p < 0,001$) до $5,00 \pm 0,58$ (возраст 5+). Подобная закономерность отмечается также и для других представителей рода *Thymallus* (Коротаяева, 2003).

Относительную численность рыб в возрастных группах восстанавливали на основании предположения об уменьшении таковой с возрастом по экспоненциальному закону. Расчет проводился на основе анализа правой ветви кривой численности возрастных групп в улове (табл. 1), с восстановлением левой ее части (возрастные группы 0+ и 1+). При этом зависимость численности от возраста описывается уравнением: $N = \exp((6,28 \pm 0,01) - (1,12 \pm 0,01) \times T)$.

На основании полученных значений относительной численности для каждой возрастной группы можно получить показатель относительной биомассы путем умножения значений массы рыб возрастных групп на данные по относительной численности. При этом нами использовалось уравнение Бергаланфи, описывающее зависимость массы от возраста для

всех рыб (табл. 2). Следовательно, в нашем случае, зависимость биомассы от возраста описывается уравнением: $W = \exp(6,281 - 1,13 \times T) \times (177,66 \times (1 - \exp(-0,396 \times (T - (-0,451))))^3)$.

При рассмотрении полученных показателей относительной биомассы можно заметить, что максимум значений биомассы характерен в возрасте от 1+ до 2+ (рис. 3).

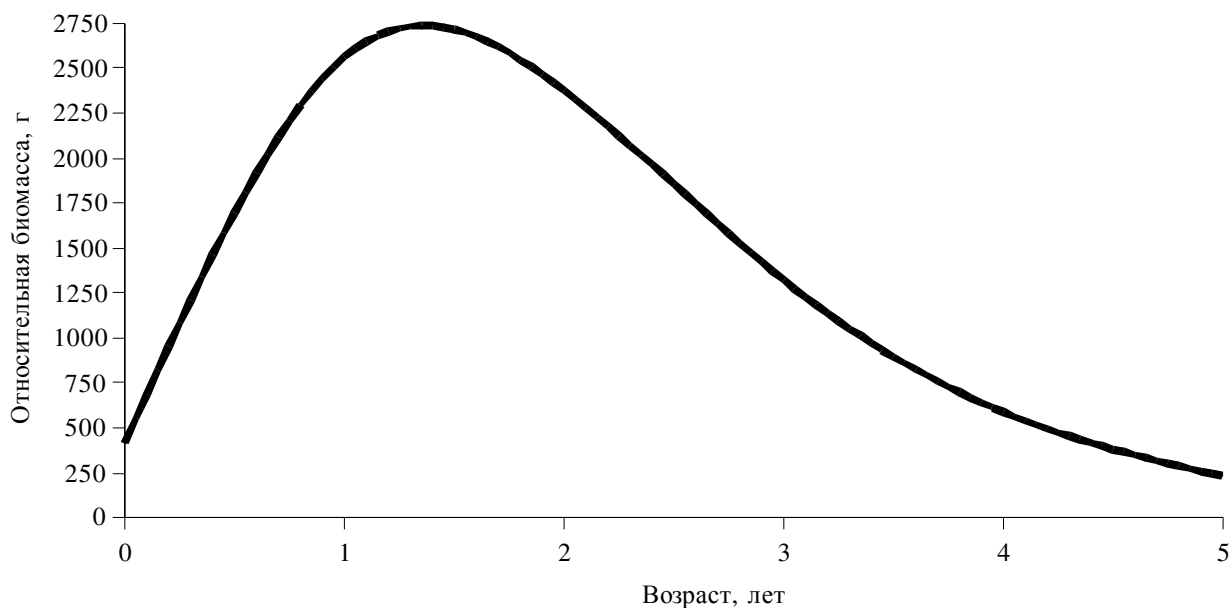


Рис. 3. Относительная биомасса нижеамурского хариуса р. Кур

При определении ГСИ самок было установлено достоверное ($p < 0,001$, проверяли по критерию Фишера) увеличение этого показателя с возрастом. В возрасте 2+ он равен $1,37 \pm 0,30$, для четырехлеток (3+) $5,44 \pm 0,70$, для пятилеток (4+) соответственно $7,74 \pm 0,44$. В свою очередь достоверного изменения показателя ГСИ самцов с возрастом установлено не было. Среднее значение величины ГСИ для самцов составило $2,21 \pm 0,09$.

Средние значения коэффициентов упитанности по Фультону и Кларк для пробы нижеамурского хариуса р. Кур составили: $K_{уп.}^{\Phi} = 1,15 \pm 0,006$; $K_{уп.}^K = 1,04 \pm 0,005$. Половой диморфизм по этим показателям не выражен, все различия не достоверны. Также не было отмечено достоверных различий этих признаков в различных возрастных группах.

При анализе показателей наполненности желудка и ожирения внутренних органов было отмечено, что самки питаются более интенсивно, чем самцы, и характеризуются большим количеством жировых элементов в полости их тела. Также прослеживается тенденция незначительного уменьшения наполнения пищеварительного тракта самок с возрастом. Для самцов такого явления отмечено не было. Показатель жирности при этом имеет тенденцию к увеличению для обоих полов.

Выводы

Получена характеристика качественного состава группировки нижеамурского хариуса *T. tugarinae* р. Кур, включающая в себя размерно-весовые характеристики, возрастную и половую структуру.

Охарактеризован рост и его показатели, а также установлено среднее число склеритов, образующееся за каждый год.

На основании качественного состава выборки восстановлена относительная численность и расчислена относительная биомасса.

Указанные выше результаты, характеризующие группировку нижеамурского хариуса *T. tugarinae* р. Кур, в дальнейшем будут приводиться в сравнение с выборками из других водотоков бассейна р. Амур, с целью выявления особенностей объектов исследований из разных водоемов по этим показателям, как одним из основных, характеризующих состояние популяции. Помимо этого был проведен анализ некоторых биологических признаков, сравне-

ние по которым возможно лишь с учетом времени сбора проб, так как величина этих признаков способна варьировать в зависимости от периода сбора. Это ГСИ, наполненность пищеварительного тракта, ожирение внутренних органов и упитанность по Фультону и Кларк.

ЛИТЕРАТУРА

Абакумов В.А. Методика изучения динамики весового и ленейного прироста рыб // Труды совещаний ихтиологической комиссии академии наук СССР. – 1961. – Вып. 13. – С. 194-201.

Антонов А.Л. О хариусах (род *Thymallus*) реки Бурея (бассейн Амура) // Вопр. ихтиол. – 1995. – Т. 35, № 6. – С. 831-834.

Антонов А.Л. Находки новых лососевидных рыб в бассейне Амура и перспективы их исследований // Мат-лы междунар. науч. экол. конф. Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы. – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 1999. – Ч. 1. – С. 97-99.

Антонов А.Л. Материалы о новых лососевидных рыбах из притоков амура // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – Вып. 1. – С. 264-268.

Антонов А.Л. Новый вид хариуса *Thymallus burejensis* sp. nova (*Thymallidae*) из бассейна Амура // Вопр. ихтиол. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 41-451.

Зиновьев Е.А. Экология и систематика хариусовых рыб Евразии: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2005. – 70 с.

Зиновьев Е.А., Романов Н.С., Русских В.С. и др. Изменчивость и систематический ранг амурского хариуса // Морфология, структура популяций и проблемы рационального использования лососевидных рыб: Тез. координ. совещ. по лососевидным рыбам. – Л.: Наука, 1983. – С. 75–77.

Книжин И.Б., Вайс С. Дж., Антонов А.Л., Фруфе Э. Морфологическое и генетическое разнообразие амурских хариусов (*Thymallus*, *Thymallidae*) // Вопр. ихтиол. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 59-76.

Книжин И.Б., Антонов А.Л., Вайс С. Дж. Новый подвид амурского хариуса *Thymallus grubii flavomaculatus* (*Thymallidae*) // Вопр. ихтиол. – 2006. – Т. 46, № 5. – С. 555-562.

Книжин И.Б., Антонов А.Л., Сафронов С.Н., Вайс С. Дж. Новый вид хариуса *Thymallus tugarinae* sp. nova (*Thymallidae*) из бассейна Амура // Вопр. ихтиол. – 2007. – Т. 47, № 2. – С. 139-156.

Коротаева С.Э. Эколого-популяционные особенности хариусов приуралья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Пермь: Пермский гос. ун-т, 2003. – 23 с.

Методические рекомендации по использованию кадастровой информации для разработки прогноза уловов рыбы во внутренних водоемах. – М.: ВНИРО, 1990. – 56 с.

Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб как биологическая основа рациональной эксплуатации и воспроизводства рыбных ресурсов. – М.: Наука, 1965. – 382 с.

Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 18: Дальний Восток, вып. 1: Амур. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1966.

Сафронов С.Н., Жульков А.И., Никитин В.Д. Распространение и биология амурского хариуса (*Thymallus grubii* Dybowski, 1869) на Сахалине // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – Вып. 1 – С. 269-276.

Сафронов С.Н., Жульков А.И., Никитин В.Д., Лежинский С.Н. Таксономическое положение хариуса (род *Thymallus*) Сахалина и правобережных притоков Нижнего Амура // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 355-367.

Тугарина П.Я., Храмцова В.С. Морфологическая характеристика амурского хариуса *Thymallus grubei* Dyb. // Вопр. ихтиол. – Т. 20, вып. 4(123). – 1980. – С. 590-605.

Тугарина П.Я., Храмцова В.С. К экологии амурского хариуса *Thymallus grubei* Dyb. // Вопр. ихтиол. – 1981. – Т. 21, вып. 2(127). – С. 183-187.

СОСТАВ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.А. Надточий, Р.Г. Безруков
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, nva@tinro.ru

История изучения макробентоса Амурского залива берет свое начало с середины 20-х гг. прошлого века. Но, несмотря на столь долгий период исследований и значительное количество публикаций, сведений о составе и распределении сообществ в Амурском заливе явно недостаточно.

Материал был собран в ходе рейса на МРС «5005» в июне 2003 г. в интервале глубин 6-50 м на 49 станциях (рис. 1). Количественные пробы макробентоса собирались дночерпателем «Океан-50», с площадью раскрытия 0,25 м² (90 проб), качественные - тралом «Сигсби» (размеры рамы 100 X 50 см, 30 проб).

При выделении сообществ на станциях использовали выражаемый в процентах индекс ценотического сходства (Шорыгин, 1939). Кластеризацию исходных матриц осуществляли по методу Уорда (Дюран, Одел, 1977).

Кластеризация станций по индексу ценотического сходства позволила выделить 9 обособленных сообществ макробентоса (рис. 2), пространственное расположение которых показано на рис. 1.

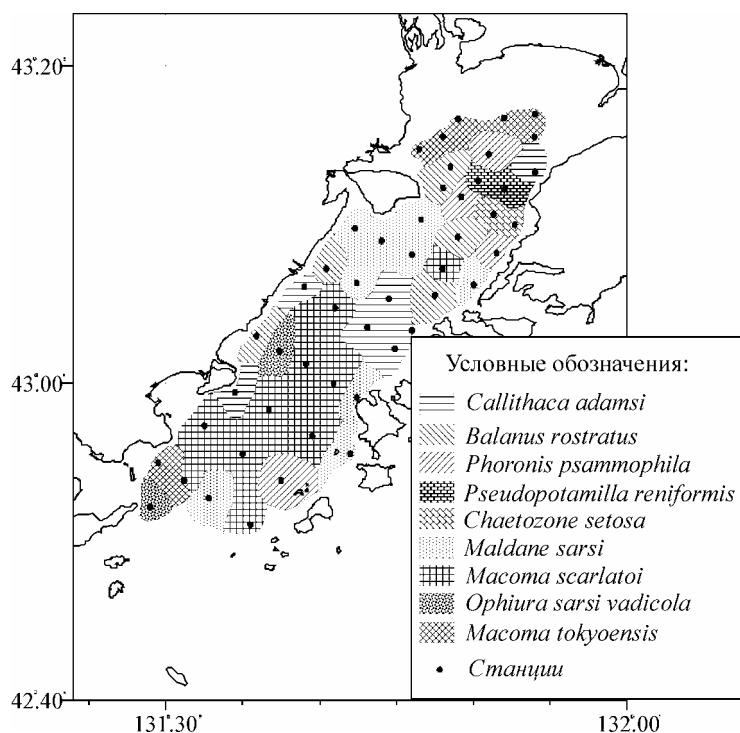


Рис. 1. Распределение сообществ макрозообентоса Амурского залива

Самым крупным по занимаемой площади является сообщество с доминированием двустворчатого моллюска *Macoma scarlatoi*, которое занимает практически всю южную часть Амурского залива в интервале глубин 23-33 м на илистом грунте. Средняя биомасса сообщества - $618,31 \pm 155,69$ г/м², средняя биомасса руководящего вида - $467,76 \pm 122,71$, что составляет более 75 %, средняя численность - $8,67 \pm 3,94$ экз./м². В состав сообщества входит 79 видов и подвидов беспозвоночных, относящихся к 13 таксономическим группам, однако по величине биомассы (98,7 %) наибольшее значение имеют представители 5 таксономических групп (см. таблицу).

Второе по занимаемой площади в Амурском заливе является сообщество с доминированием полихеты *Maldane sarsi*. Это сообщество имеет разорванный ареал, располагаясь в

центральной части залива, южнее п-ова Песчаный, два участка в прибрежной восточной части и один на самом выходе из залива (рис. 1). Сообщество обитает в интервале глубин 10-30 м, располагаясь на илистом грунте, иногда с примесью ракуши. Средняя биомасса сообщества - $216,17 \pm 162,51 \text{ г/м}^2$, средняя биомасса руководящего вида - $81,1 \pm 65,11 \text{ г/м}^2$, что составляет немногим более 37 %, средняя численность - $46,5 \pm 18,93 \text{ экз./м}^2$ (см. таблицу). Южнее о. Попова на одной станции на глубине 21 м и илистом грунте с запахом сероводорода обнаружено значительное скопление полихеты *Dipolydora cardalia* (1500 экз./м^2 , 716 г/м^2). Величина биомассы этого вида на единственной станции оказалась несколько больше биомассы доминирующего вида на всех станциях. С учетом того, что биомасса *Maldane sarsi* на данной станции также была довольно высока (536 г/м^2 , 1000 экз./м^2), мы не считаем вышеописанное скопление диполидоры самостоятельным сообществом. В состав сообщества входит 77 видов и подвидов беспозвоночных, относящихся к 12 таксономическим группам, однако по величине биомассы (более 96 %) наибольшее значение имеют представители трех.

Следующее сообщество – сообщество с доминированием усонного рака *Balanus rostratus*. Это сообщество расположено на пяти локальных участках в прибрежной зоне, населяет глубины 10-21 м и илистый грунт с примесью ракуши и баянуши (рис. 1). Средняя биомасса сообщества - $1013,84 \pm 436,3 \text{ г/м}^2$, средняя биомасса руководящего вида - $708,65 \pm 271,42 \text{ г/м}^2$, что составляет немногим менее 70 %, средняя численность - $19,5 \pm 6,02 \text{ экз./м}^2$. В состав сообщества входит 72 вида и подвида беспозвоночных, относящихся также к 12 таксономическим группам, однако по величине биомассы (более 94 %) наибольшее значение имеют представители только двух (см. таблицу).

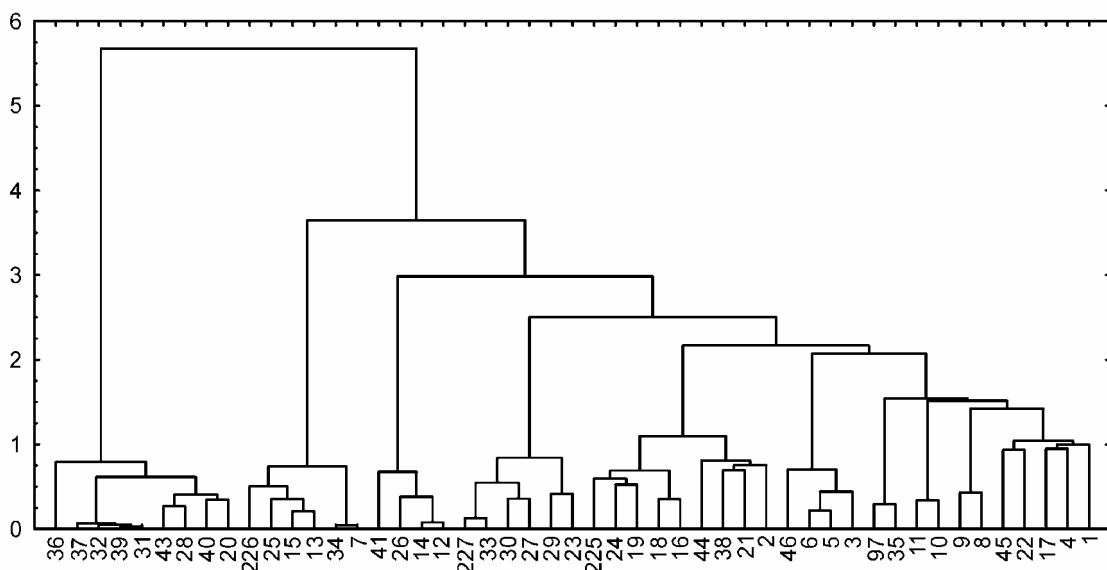


Рис. 2. Дендрограмма сходства бентосных станций Амурского залива

Следующее сообщество – сообщество с доминированием двустворчатого моллюска *Callithaca adamsi*. Оно расположено на четырех локальных участках в прибрежной зоне, чередуясь с предыдущим, населяет глубины 10-20 м и илисто-песчаный грунт с примесью ракуши (рис. 1). Средняя биомасса сообщества - $184,27 \pm 48,73 \text{ г/м}^2$, средняя биомасса руководящего вида - $94,1 \pm 32,07 \text{ г/м}^2$, что составляет 51%, средняя численность - $7,33 \pm 2,56 \text{ экз./м}^2$. В состав сообщества входит 62 вида и подвида беспозвоночных, относящихся также к 12 таксономическим группам, однако по величине биомассы (более 96%) наибольшее значение имеют представители четырех (см. таблицу).

Следующее сообщество – сообщество с доминированием другого двустворчатого моллюска *Macoma tokyoensis*. Расположено на двух диаметрально противоположных участках залива: в самом куту на глубине 9 м и на выходе из залива на глубине 20 м, в обоих случаях грунт был представлен илистыми отложениями (рис. 1). Средняя биомасса сообщества - $42,8 \pm 20,68 \text{ г/м}^2$, средняя биомасса руководящего вида - $18,59 \pm 6,12 \text{ г/м}^2$, что составляет 43 %, средняя численность - 2 экз./м^2 . В состав сообщества входит 32 вида и подвида беспозвоночных.

ных животных, относящихся к 11 таксономическим группам, однако по величине биомассы (более 91 %) наибольшее значение имеют представители трех (см. таблицу).

Состав и количественные характеристики донных сообществ Амурского залива

Таксон	г/м ²	%	min	max	экз/м ²	ЧВ*
<i>Macoma scarlatoii</i>						
Actiniaria:	68,89 ± 68,89	11,14	620	620	0,22 ± 0,22	11,1
<i>Metridium senile</i>						
<i>fimbriatum</i>	68,89 ± 68,89	11,14	620	620	0,22 ± 0,22	11,1
Nemertini	1,34 ± 0,85	0,22	0,092	7,724	1,78 ± 0,62	55,6
Polychaeta	45,89 ± 16,19	7,42	5,24	166,76	331,56 ± 75,66	100,0
Echiurida	12,31 ± 10,23	1,99	18,2	92,6	0,67 ± 0,47	22,2
Priapulida	2,56 ± 2,07	0,41	4,4	18,68	4 ± 2,73	22,2
Cumacea	0,06 ± 0,04	0,01	0,062	0,34	1,33 ± 0,88	33,3
Amphipoda	1,2 ± 0,65	0,19	0,062	6,036	151,67 ± 97,52	100,0
Decapoda	1,68 ± 0,88	0,27	0,044	7,3	38,22 ± 24,39	55,6
Gastropoda	0,26 ± 0,1	0,04	0,022	0,76	1,78 ± 0,68	66,7
Bivalvia:	469,55 ± 122,84	75,94	63,53	1057,7	25,67 ± 7,26	100,0
<i>Macoma scarlatoii</i>	467,76 ± 122,71	75,65	63,24	1055,8	8,67 ± 3,94	100,0
Phoronidae	1,04 ± 1,04	0,17	9,4	9,4	1,56 ± 1,56	11,1
Ophiuroidea	13,51 ± 4,48	2,19	1,56	39,8	120,22 ± 44,63	100,0
Ascidia	0,02 ± 0,02	0,003	0,172	0,172	0,22 ± 0,22	11,1
Итого:	618,31 ± 155,69	100	110,054	1356,082	678,89 ± 96,92	
Actiniaria	0,04 ± 0,04	0,016	0,28	0,28	0,25 ± 0,25	12,5
Nemertini	1,59 ± 0,91	0,74	0,768	7,43	2 ± 0,76	50,0
Polychaeta:	188,88 ± 154,18	87,37	15,76	1267,08	132,75 ± 33,44	100,0
<i>Dipolydara cordalia</i>	89,5 ± 89,5	41,40	716	716	106,3 ± 106,3	12,5
<i>Maldane sarsi</i>	81,1 ± 65,11	37,52	4,78	536	46,5 ± 18,93	100,0
Cumacea	0,29 ± 0,14	0,13	0	1,2	3 ± 1,46	62,5
Amphipoda	0,99 ± 0,46	0,46	0,56	3,574	31,13 ± 17,17	62,5
Decapoda	0,38 ± 0,22	0,18	0,55	1,7	3,25 ± 2	37,5
Gastropoda	0,38 ± 0,22	0,17	0,232	1,4	3 ± 1,6	37,5
Bivalvia	1,74 ± 0,56	0,80	0,164	3,97	44,63 ± 27,01	87,5
Asteroidea	8,47 ± 8,38	3,92	0,114	67,1	1,5 ± 0,98	37,5
Ophiuroidea	10,55 ± 8,17	4,88	0,6	67,24	103,63 ± 92,18	75,5
Echinoidea	1,45 ± 1,45	0,67	11,6	11,6	0,25 ± 0,25	12,5
Ascidia	1,43 ± 1,43	0,66	11,4	11,4	0,25 ± 0,25	12,5
Итого:	216,17 ± 162,51	100	25,02	1350,104	325,6 ± 110,53	
<i>Balanus rostratus</i>						
Nemertini	0,75 ± 0,56	0,07	1,1	3,4	0,67 ± 0,42	33,3
Polychaeta	35,19 ± 16,85	3,47	4,64	113,88	84,17 ± 28,99	100,0
Sipunculida	1,05 ± 0,79	0,10	1,48	4,82	0,5 ± 0,34	33,3
Cirripedia:	708,65 ± 271,42	69,90	25,6	1696	19,5 ± 6,02	100,0
<i>Balanus rostratus</i>	708,65 ± 271,42	69,89	25,6	1696	19,5 ± 6,02	100,0
Cumacea	0,08 ± 0,08	0,01	0,46	0,46	0,33 ± 0,33	16,7
Amphipoda	0,9 ± 0,39	0,09	0,4	2,08	20 ± 9,35	66,7
Decapoda	0,24 ± 0,21	0,02	0,196	1,258	13 ± 11,84	33,3
Gastropoda	0,1 ± 0,1	0,01	0,6	0,6	0,17 ± 0,17	16,7
Bivalvia:	247,16 ± 168,28	24,38	0,62	1075,37	17,33 ± 6,23	83,3
<i>Mya japonica</i>	82,94 ± 82,81	8,18	0,62	497	2 ± 1,37	33,3
<i>Callithaca adamsi</i>	75,47 ± 28,42	7,44	68	163,8	3 ± 1,34	66,7
Phoronidae	7,67 ± 7,67	0,76	46	46	-	16,7
Ophiuroidea	2,35 ± 2,25	0,23	0,48	13,6	8,33 ± 7,94	33,3
Holothuroidea	5,3 ± 5,3	0,52	31,78	31,78	0,33 ± 0,33	16,7
Итого:	1013,84 ± 436,3	100,00	79,9	2953,394	166,67 ± 44,55	
<i>Callithaca adamsi</i>						
Actiniaria	0,02 ± 0,02	0,01	0,14	0,14	0,67 ± 0,67	16,7

Таксон	г/м ²	%	min	max	экз/м ²	ЧВ*
<i>Maldane sarsi</i>						
Nemertini	2,52 ± 1,14	1,37	4,34	5,8	1,33 ± 0,67	50,0
Polychaeta:	52,39 ± 16,01	28,50	4,4	119,86	166,83 ± 54,21	100,0
<i>Maldane sarsi</i>	33,9 ± 9	18,44	0,28	58,32	60,83 ± 43,53	100,0
Sipunculida	0,79 ± 0,47	0,43	0,64	2,94	2 ± 1,03	50,0
Cumacea	0,59 ± 0,27	0,32	0,142	0,43	4,67 ± 2,03	100,0
Amphipoda	1,72 ± 0,61	0,94	1,48	3,32	110,7 ± 91,93	66,7
Decapoda	0,13 ± 0,09	0,07	0,24	0,51	3 ± 1,91	33,3
Gastropoda	0,45 ± 0,39	0,25	0,36	2,36	4,67 ± 2,95	33,3
Bivalvia:	97,3 ± 32,15	52,93	31,48	252,05	63,5 ± 29,74	100,0
<i>Callithaca adamsi</i>	94,1 ± 32,07	51,19	29	248	7,33 ± 2,56	100,0
Ophiuroidea	16,88 ± 6,94	9,18	9,562	39,04	59,5 ± 45,73	66,7
Echinoidea	11 ± 11	5,98	66	0	2 ± 2	16,7
Ascidia	0,02 ± 0,02	0,01	0,14	0,14	0,33 ± 0,33	16,7
Итого:	184,27 ± 48,73	100,00	90,04	410,65	419,2 ± 121,48	
<i>Macoma tokyoensis</i>						
Actiniaria	0,13 ± 0,08	0,29	0,18	0,32	2,5 ± 1,5	50,0
Nemertini	0,59 ± 0,29	1,37	0,2	1,232	1,75 ± 0,85	75,0
Polychaeta:	11,82 ± 5,76	27,60	4,54	28,98	89 ± 25,44	100,0
<i>Maldane sarsi</i>	4,05 ± 3,08	9,45	0,4	13,26	8,5 ± 3,4	100,0
<i>Glycera capitata</i>	2,89 ± 0,69	6,75	0,92	3,88	5,5 ± 0,5	100,0
<i>Praxillella praetermissa</i>	2,46 ± 2,46	5,75	9,84	9,84	11 ± 11	25,0
Sipunculida	0,34 ± 0,34	0,78	1,34	1,34	0,5 ± 0,5	25,0
Cumacea	0,35 ± 0,22	0,83	0,134	0,98	5 ± 2,65	75,0
Amphipoda	0,61 ± 0,61	1,41	2,422	2,42	7,5 ± 7,5	25,0
Decapoda	1,15 ± 0,95	2,69	0,62	3,98	5 ± 3,32	50,0
Gastropoda	0,48 ± 0,22	1,12	0,216	0,9	3 ± 1	75,0
Bivalvia:	19,85 ± 7,01	46,37	9,4	39,9	32,5 ± 29,84	100,0
<i>Macoma tokyoensis</i>	18,59 ± 6,12	43,43	8,6	35,66	2	100,0
Asteroidea	0,05 ± 0,05	0,11	0,194	0,19	0,5 ± 0,5	25,0
Ophiuroidea:	7,46 ± 7,46	17,42	29,82	29,82	62 ± 62	25,0
<i>Ophiura sarsi vadicola</i>	7,46 ± 7,46	17,42	29,82	29,82	62 ± 62	25,0
Итого:	42,8 ± 20,68	100	20,36	104,79	209,3 ± 112,97	
<i>Phoronis psammophila</i>						
Actiniaria	4,75 ± 4,65	1,71	19	19	0,5 ± 0,5	25,0
Nemertini	0,23 ± 0,23	0,08	0,936	0,94	1 ± 1	25,0
Polychaeta:	61,23 ± 49,55	22,05	2,68	188,4	292 ± 193,83	100,0
<i>Orbinia norvegica</i>	32,19 ± 31,54	11,59	128,76	128,76	12 ± 12	25,0
Priapulida	1,75 ± 1,71	0,62	6,98	6,98	9 ± 9	25,0
Cirripedia	0,6 ± 0,59	0,21	2,4	2,4	4 ± 4	25,0
Cumacea	0,19 ± 0,15	0,06	0,22	0,55	6,5 ± 5,85	50,0
Amphipoda	0,43 ± 0,42	0,15	1,72	1,72	18 ± 18	25,0
Decapoda	0,24 ± 0,19	0,08	0,25	0,7	2 ± 1,41	50,0
Gastropoda	0,39 ± 0,29	0,14	0,78	0,78	3,5 ± 2,87	50,0
Bivalvia	6,28 ± 4,4	2,26	2,49	11,5	28,5 ± 20,76	75,0
Phoronidae:	201,07 ± 128,09	72,42	51	312	-	100,0
<i>Phoronis psammophila</i>	201,07 ± 128,09	72,42	51	312	-	100,0
Asteroidea	0,2 ± 0,19	0,07	0,79	0,79	0,5 ± 0,5	25,0
Ophiuroidea	0,03 ± 0,03	0,01	0,14	0,14	0,5 ± 0,5	25,0
Ascidia	0,25 ± 0,19	0,08	0,36	0,62	1,5 ± 0,96	50,0
Итого:	277,64 ± 172,98	100	117,48	404,52	367,5 ± 239,34	

Таксон	г/м ²	%	min	max	Окончание таблицы	
					экз/м ²	ЧВ*
<i>Ophiura sarsi vadicola</i>						
Nemertini	0,44 ± 0,44	0,77	0	0,882	0 ± 0	50,0
Polychaeta:	20,13 ± 6,39	34,97	13,74	26,52	477 ± 291	100,0
<i>Scoloplos armiger</i>	11,77 ± 5,37	20,45	6,4	17,14	346 ± 250	100,0
Amphipoda	2,72 ± 0,52	4,72	2,2	3,236	50 ± 28	100,0
Decapoda	2,4 ± 2,4	4,17	4,8	4,8	1 ± 1	50,0
Bivalvia	0,58 ± 0,58	1,01	1,16	1,164	3,5 ± 3,5	50,0
Ophiuroidea:	31,29 ± 8,63	54,36	0	39,92	24 ± 10	100,0
<i>Ophiura sarsi vadicola</i>	31,29 ± 8,63	54,36	22,66	39,92	24 ± 10	100,0
Итого:	57,56 ± 12,12	100,00	45,45	69,676	557,5 ± 322,5	
<i>Chaetozone setosa</i>						
Polychaeta:	7,29 ± 1,63	73,25	5,66	8,92	131 ± 41	100,0
<i>Chaetozone setosa</i>	4,46 ± 2,78	44,81	1,68	7,24	75 ± 53	100,0
<i>Scalibregma inflatum</i>	1,58 ± 1,18	15,88	0,4	2,76	25 ± 21	100,0
<i>Capitella capitata</i>	0,61 ± 0,31	6,13	0,3	0,92	13 ± 9	100,0
Cumacea	0,43 ± 0,43	4,32	0,86	0,86	28 ± 28	50,0
Decapoda:	1,63 ± 1,27	16,34	0,36	2,89	51 ± 33	100,0
<i>Pinnixa rathbunae</i>	1,63 ± 1,27	16,34	0,36	2,89	51 ± 33	100,0
Gastropoda	0,07 ± 0,07	0,69	0,138	0,14	1 ± 1	50,0
Ophiuroidea	0,54 ± 0,26	5,40	0,28	0,79	4 ± 2	100,0
Итого:	9,95 ± 2,79	100	7,16	12,74	215 ± 49	
<i>Pseudopotamilla reniformis</i>						
Polychaeta:	67,51 ± 50,59	62,77	16,92	118,1	34 ± 2	100,0
<i>Pseudopotamilla reniformis</i>	66,55 ± 51,55	61,88	15	118,1	28 ± 4	100,0
Cumacea	0,2 ± 0,1	0,19	0,1	0,3	8 ± 4	100,0
Decapoda	1,3 ± 0,83	1,21	0,47	2,13	16 ± 8	100,0
Gastropoda	0,07 ± 0,07	0,07	0,144	0,14	1 ± 1	50,0
Bivalvia:	38,4 ± 38,4	35,71	76,8	76,8	1 ± 1	50,0
<i>Callithaca adamsi</i>	38,4 ± 38,4	35,71	76,8	76,8	1 ± 1	50,0
Ophiuroidea	0,06 ± 0,06	0,06	0,124	0,12	1 ± 1	50,0
Итого:	107,55 ± 11,12	100,00	96,422	118,67	61 ± 7	

* ЧВ – частота встречаемости.

Следующее сообщество – сообщество с доминированием представителя форонид *Phoronis psammophila*. Это сообщество расположено на четырех участках дна: три в кутовой части и один на выходе из залива (рис. 1). Сообщество занимает глубины 18-40 м на илистых и илисто-песчаных грунтах. Средняя биомасса сообщества - 277,64 ± 172,98 г/м², средняя биомасса руководящего вида - 201,07 ± 128,09 г/м², что составляет 72 %. В состав сообщества входит 49 видов и подвидов беспозвоночных животных, относящихся к 14 таксономическим группам, однако по величине биомассы (более 94 %) наибольшее значение имеют представители двух (см. таблицу).

Следующее сообщество – сообщество с доминированием офиуры *Ophiura sarsi vadicola*. Это сообщество расположено на двух участках дна залива в нижней его части (рис. 1). Сообщество населяет илистые и песчанисто-илистые грунты иногда с примесью ракуши на глубине 23-30 м. Средняя биомасса сообщества - 57,56 ± 12,12 г/м², средняя биомасса руководящего вида - 31,29 ± 8,63 г/м², что составляет 54 %, средняя численность – 24 ± 10 экз./м². В его состав входит 38 видов и подвидов беспозвоночных животных, относящихся к 6 таксономическим группам, а по величине биомассы (более 98 %) наибольшее значение имеют представители четырех (см. таблицу).

Следующее небольшое сообщество - с доминированием полихеты *Chaetozone setosa*. Оно расположено в восточной прибрежной части залива на глубине 18-19 м и илистом грунте (рис. 1). Средняя биомасса сообщества - $9,95 \pm 2,79$ г/м², средняя биомасса руководящего вида - $4,46 \pm 2,78$ г/м² или 44 %, средняя численность - 75 ± 53 экз./м². В состав сообщества входит всего 11 видов и подвидов беспозвоночных, относящихся к 5 таксономическим группам, представители 4 из них слагают биомассу более 99 % (см. таблицу).

Последнее выделенное нами сообщество – также небольшое, с доминированием полихеты *Pseudopotamilla reniformis*. Это сообщество также расположено в верхней прибрежной части Амурского залива, своей южной границей соприкасаясь с предыдущим. Распространено примерно в том же диапазоне глубин 18-21 м и таком же типе грунта (рис. 1). Средняя биомасса сообщества - $107,55 \pm 11,12$ г/м², средняя биомасса руководящего вида - $66,55 \pm 51,55$ г/м² или 62 %, средняя численность - 28 ± 4 экз./м² (см. таблицу). В состав сообщества входит также всего 11 видов и подвидов беспозвоночных, относящихся к 6 таксономическим группам, а по величине биомассы (более 98 %) наибольшее значение имеют представители двух.

Таким образом, в интервале глубин 6-50 м выделено 9 сообществ макрозообентоса, из них 3 с доминированием двустворчатых моллюсков, 3 с доминированием полихет и по одному с доминированием усоногих раков, офиур и форонид.

По занимаемой площади наибольшее значение имеют сообщества с руководящими видами *Macoma scarlatoi* и *Maldane sarsi*.

Наибольшая средняя биомасса отмечена для сообщества с доминированием *Balanus rostratus*, наименьшая – с доминированием *Chaetozone setosa*.

Все выделенные сообщества по классификации Шорыгина относятся к «пологому» типу, т.е. доминирование руководящего вида менее 78 %.

Следует отметить, что, начиная с К.М. Дерюгина (1939), В.Л. Климовой (1981), Г.Н. Воловой (1985) и заканчивая Т.А. Белан (2001), никто не выделял для Амурского залива больше 5 донных сообществ. Все эти исследователи, как и авторы данной заметки, отмечали присутствие в заливе сообществ макробентоса с доминированием *Maldane sarsi* и *Ophiura sarsi vadicola*. Уменьшение площадей, занимаемых этими сообществами, в настоящий момент связано, на наш взгляд, с тем, что в силу благоприятных гидрологических условий и обилием пищи значительно увеличилась биомасса двустворчатых моллюсков, особенно рода *Macoma*.

ЛИТЕРАТУРА

Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (зал. Петра Великого, Японское море): Автореф. дис... канд. биол. наук. - Владивосток, 2001. – 26 с.

Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. - 1985. – Т. 110. - С. 111–119.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море) // Сборник, посвященный научной деятельности Н.М. Книповича (1885 – 1939). – М.;Л., 1939. - С. 115–142.

Дюран Б., Одел П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1977. - 128 с.

Климова В.Л. Состав и распределение бентоса залива Петра Великого (Японское море) и его многолетние изменения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – 21 с.

Шорыгин А.А. Питание, избирательная способность и пищевые взаимоотношения некоторых Gobiidae Каспийского моря // Зоол. Журнал. - 1939. - Т. 18, вып. 1. - С. 27-51.

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Б.М. Насибулина, А. А Истелюевой, А.М. Колесниченко
Астраханский государственный университет
г. Астрахань, Россия, BellaNasib@yandex.ru

Дельта Волги является уникальным природным образованием, не имеющим аналогов в мире по своим биопродукционным функциям и разнообразию генофонда. Эволюция водных экосистем дельты Волги определяется естественными и антропогенными изменениями, а также хозяйственной деятельностью человека. Начиная со второй половины XX в. этот район подвергается сильнейшим антропогенным воздействиям, изменяющим многие стороны ее биологии, в том числе распространение и состав фауны. Антропогенная трансформация экосистем в настоящее время стала практически повсеместным явлением в регионах Поволжья, она является одной из определяющих для стабильного развития и экономики Астраханской области. В силу экстремальных нагрузок на территорию констатируется деградация природных экосистем Волжского бассейна, снижение продуктивности рыбного хозяйства, ухудшение качества питьевого водоснабжения. Характер динамики биологических сообществ в ненарушенных экосистемах определяется естественными циклическими и другими процессами. При наличии мощных антропогенных факторов динамика сообществ адаптивно подчиняется их влиянию (Зимбалева и др., 1987). В изучении вопросов формирования качества природных вод и биологической продуктивности водоемов важное место занимают фаунистические показатели. Зообентос является одним из важнейших компонентов водной экосистемы, структурно и функционально связанных с другими. Донные беспозвоночные играют существенную роль в биологических процессах и служат прекрасными индикаторами состояния водоемов дельты Волги. Характерная черта макрозообентоса водоемов низовьев дельты – значительная степень общности видового состава, как следствие условий, складывающихся на протяжении периода формирования дельты. Донная фауна низовий р. Волги разнообразна и имеет большое значение в процессе самоочищения водоемов дельты р. Волги. Ранее составленный список организмов зообентоса Нижней Волги включает 306 видов (Мордухай–Болтовской, 1978). По прошествии почти полутора десятков лет в дельте Волги определили около 530 видов беспозвоночных (Фильчаков и др., 1991). Из около 530 известных для региона видов бентосных и бентонектических форм 322 вида и форм зарегистрировано нами, относящимся к 148 родам, 60 семействам, 21 отряду, 6 подклассам, 7 классам и 3 типам. Тип Mollusca включает 88 видов (27,32 %), из Arthropoda преобладает подтип Branchiata - 51 (15,83 %) и Tracheata - 144 видов (44,72 %), но из последних наиболее значительный вклад вносят отряд Diptera (14 %), остальные представители встречаются эпизодически. Третий тип Annelida включает 39 видов (12,11 %), среди них превалируют Oligochaeta (11 %). Доминирование основных групп зообентоса остается неизменным относительно ранних периодов исследований в этом регионе, меняется лишь их процентное соотношение. Динамика изменения донных беспозвоночных, за период наших исследований (1988–2006 гг.), главным образом связана с изменением роли чувствительных и устойчивых к загрязнению основных групп (*Oligochaeta* – *Mollusca* – *Crustacea* – *Chironomidae*). Если ранее, по данным автора (Чуйков, 1993), в 1930–1950-е гг. доминирующая роль (80–90 %) из числа зообентоса, принадлежала чувствительным видам *Crustacea*, *Mollusca*, численность *Oligochaeta* и личинок *Chironomidae* была низкой, то в последующие годы процентное соотношение этих групп меняется, чему, вероятно, способствовали изменение уровня Каспия, объема стока Волги и усиливающиеся процессы загрязнения водоемов. Исследования зообентоса проведенные в последние годы показали преимущественное развитие пелофильных и фитофильных форм - олигохет (*Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*) и личинок хирономид (*Chironomus gr. plumosus*, *C. dorsalis*, *Polypedilum nubeculosum*, *Cryptochironomus gr. defectus*, *Cricotopus silvestris*). Ведущее положение, по количественным показателям занимают малощетинковые черви *Oligochaeta* (58,6 % от общей численности), которые обитают преимущественно в прибрежье водотоков на илистых и илисто-песчаных грунтах, на долю *Chironomidae*, *Crustacea*, *Mollusca* и прочих организмов соот-

ветственно приходится 20,3 %, 11 %, 5,8 %, 4,3 %. По биомассе доминируют *Mollusca* (88 % от общей биомассы). Разнообразие моллюсков в исследованных водоемах прежде всего зависит от глубины и в значительной степени связано с тем, что они обитают на грунтах различного типа. Из группы моллюсков ведущее положение по количеству в исследуемых водоемах занимают в основном детритоядные переднежаберные моллюски *Lithoglyphus naticoides*, *Viviparus viviparus*, *Bithynia tentaculata*, *Valvata piscinalis*, *Theodoxus pallasi*, которые в основном обитают на дне, питаются илом и органическими остатками, легочные моллюски *Lymnaea ovata*, *L. stagnalis*, потребляющие перифитон в верхнем ярусе среды обитания, и сестонофаги (дрейссена), представленные как аборигенным видом *Dreissena polymorpha*, так и вселенцем из Азово-Черноморского бассейна *Dreissena bugensis*.

В значительной степени уменьшилась численность чувствительных групп, из числа ракообразных не отмечаются ранее присутствовавшие в пробах представители мизидовых *Paramysis* (*Mesomysis*) *lacustris*, *P. (Paramysis) baeri*, *Limnomysis benedeni* и кумовых *Pterocuma pectinata*, *P. sowinskyi* и отдельные виды амфипод (*Niphargoides (N) compactus*, *N (N) corpulentus*, *N (P) abbreviatus*, *N (P) crassus*, *Gmelina costata*), из амфипод наибольшего развития получили виды: *Dikerogammarus caspius*, *N (P). robustoides* и *Corophium curvispinum*. Группа ракообразных наиболее чувствительна к изменениям окружающей среды обитания, их плотность сильно варьирует в зависимости от механического состава грунтов, наличия в них пищи и степени ее доступности, благоприятного газового режима и наличия убежищ, необходимых животным для сопротивления сносу течением. Вероятно, ил и сильно заиленный песок, распространенный, главным образом, на выходных участках дельты Волги, предопределил слабое развитие ракообразных, где на процессы серого ила с детритом расходуется большое количество кислорода, вследствие чего резко ухудшаются условия обитания для стенооксибионтных амфипод. Сокращение роли аборигенных видов и, напротив, расселение эврибионтных видов, и изменение количественных и структурных показателей зообентоса в водоемах дельты Волги связаны с антропогенными факторами (регулирование стока Волго-Камским каскадом ГЭС, акклиматизация, интродукция, рост трофности, изменение солевого состава, рост минерализации воды и концентрации загрязняющих веществ). Также морфологические особенности, ветровая и волновая активность, тип доминирующего субстрата, степень развития растительности имеют большое значение для донных организмов. Таким образом, под воздействием природных и антропогенных факторов происходит отбор наиболее устойчивых особей, приобретает резистентность к новому загрязнению. Доминирование выше перечисленных видов свидетельствует о эвтрофировании водоемов. Анализ и оценка индикаторных видов бентосного сообщества показывает, что ранее доминирующие (в 1970–1980 гг.) β -мезосапробные виды в настоящее время (1998–2002 гг.) не входят в число лидирующих и прослеживается рост β - α - и α -мезосапробных форм. Несомненно, сокращение продукции промышленных объектов под воздействием негативных экологических факторов приводит к уменьшению хозяйственной ценности водной биоты. Поэтому вопрос об оценке экологических последствий антропогенного воздействия на состояние природных экосистем и их биоресурсов является одним из важнейших.

ЛИТЕРАТУРА

Зимбалевская Л.Н., Плигин Ю.В., Хороших Л.А. Структура и сукцессии литоральных биоценозов днепровских водохранилищ. – Киев: Наук. думка, 1987. - 204 с.

Мордухай-Болтовской М.К. Фауна прибрежной зоны водохранилищ // Волга и ее жизнь. – Л.: Наука, 1978. - 350 с.

Фильчаков В.А., Чуйков Ю. С., Горбунов А.К., Реуцкая Н.И. Беспозвоночные // Состояние природной среды дельты Волги, Волго – Ахтубинской поймы и западных подступных ильменей. – М.: МБИВ, спец. Изд., 1991 – С.41-54.

Чуйков Ю.С. Зоопланктон Северного Прикаспия и Северного Каспия // Методические рекомендации. - Астрахань, 1993. - 44 с.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ МОЙВЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Т.Н. Наумова

ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский, Россия, Naumova.t.n.@kamniro.ru

Популяция восточноохотоморской мойвы (*Mallotus villosus catervarius*) является важным компонентом пелагического ихтиоценоза Охотского моря. Ее можно включить в разряд, если не главных, то достаточно массовых видов, наряду с минтаем и сельдью. Кроме того, мойва является важным звеном трофических связей различных уровней в прибрежных экосистемах. В отдельные годы добыча мойвы может обеспечивать существенную долю промышленных уловов в восточной части Охотского моря. Цель исследования – определение особенностей промысла, биологических показателей (длина, масса, возраст, половой состав) пренерестовой и нерестовой части популяции в современный период.

Основой для работы послужили биостатистические данные, материалы, собранные сотрудниками КамчатНИРО в мае-июне с 1961 по 2007 гг. на западном побережье Камчатки, преимущественно в районе п. Кировский и п. Октябрьский. Все биологические анализы и массовые промеры проводили по стандартной методике (Правдин, 1966). Длину рыб измеряли с точностью до 0,1 см, масса – до 0,1 г. Возраст мойвы определяли по отолитам, используя методику, предложенную Е.А. Науменко (1995). Статистическую обработку данных проводили по общепринятой методике. Средние значения длины и массы, возрастной и половой состав и размерно-весовую структуру рассматривали за период с 2000 по 2007 гг.

В результате проведенного исследования установлено, что в настоящее время в восточной части Охотского моря мойва промыслом недоиспользуется. Данные по вылову за последние двадцать лет приведены на рис. 1. ОДУ на 2007 г. составлял 15400 тыс. т, тогда как по оперативной отчетности предприятий в ИС «Рыболовство» в 2007 г. в Камчатско-Курильской подзоне выловлено 234 т мойвы, в Западнокамчатской – 258 т. За последние пять лет ОДУ так же осваивался слабо (см. таблицу).

Сроки подходов мойвы на нерест к берегам западной Камчатки не одинаковы. Нерестовые миграции начинаются с конца мая до середины июня. Продолжительность – 2-4 нед. По литературным данным, сроки подходов мойвы к побережью и ее районы нереста не постоянны и зависят от температурных условий (Расе, 1939; Румянцев, 1946; Савичева, 1976).

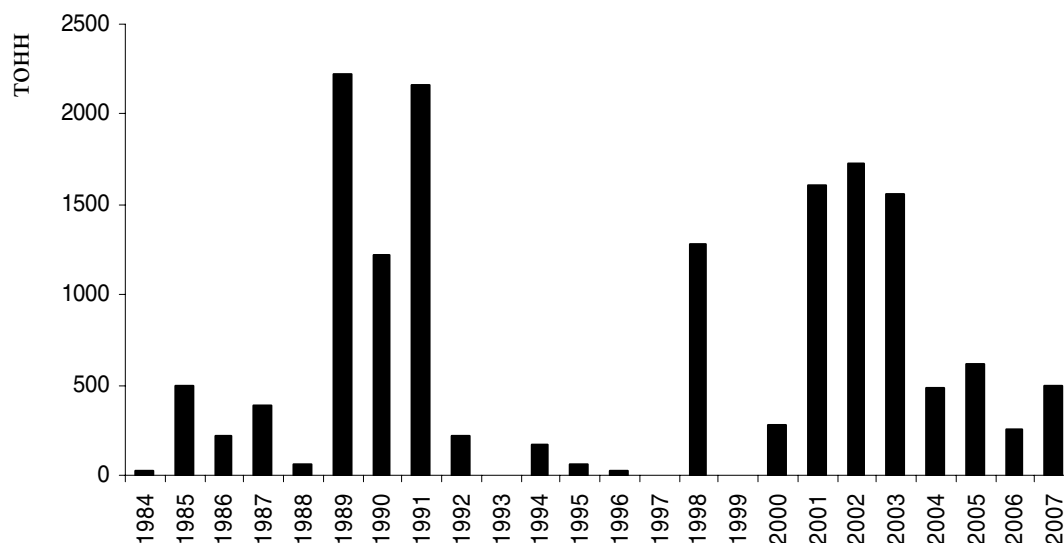


Рис. 1. Динамика уловов (т) мойвы в прибрежных водах западного побережья Камчатки

Как отмечает Э.А. Савичева (1976) благоприятная температура для нереста составляла 5 °С. Г.С. Расе (1939) утверждает, что нерест наблюдается при температуре от 1,5 до 2,0 °С. Следует отметить, что в северных районах своего ареала мойва нерестится позже, чем в юж-

ных (Прохоров, 1965). Таким образом, время нереста зависит от календарных сроков наступления благоприятной температуры в данном месте. Помимо этого, каждые 10-13 лет меняются сроки появления половозрелых особей вблизи нерестилищ. В период слабой солнечной активности всех четных и нечетных лет начало размножения приходится на третью декаду мая (Науменко, 1979).

Освоение ОДУ мойвы в прибрежных водах западного побережья Камчатки

Год	Подзона	ОДУ, т	Вылов, т	% освоения
2002	Западнокамчатская	22 000	0	0
	Камчатско-Курильская	32 000	1611,3	5
2003	Западнокамчатская	2240	97,3	4
	Камчатско-Курильская	3760	1118,3	30
2004	Западнокамчатская	25 400	302,2	1
	Камчатско-Курильская	34 300	175,6	1
2005	Западнокамчатская	7 600	409,4	5
	Камчатско-Курильская	1 800	208,9	12
2006	Западнокамчатская	7 600	159,3	2
	Камчатско-Курильская	1 800	293,6	16
2007	Западнокамчатская	12° 870	258	2
	Камчатско-Курильская	2° 530	234	9,3

В соответствии с рис. 2 размерный состав нерестовой части популяции восточноохотоморской мойвы в период с 2000 по 2007 г. варьировал по четным годам от 9,5 до 17,5 см, по нечетным - от 11 до 17 см. При сопоставлении данных видно, что в течение исследуемого периода особи в нечетные годы были крупнее в среднем на 1 см.

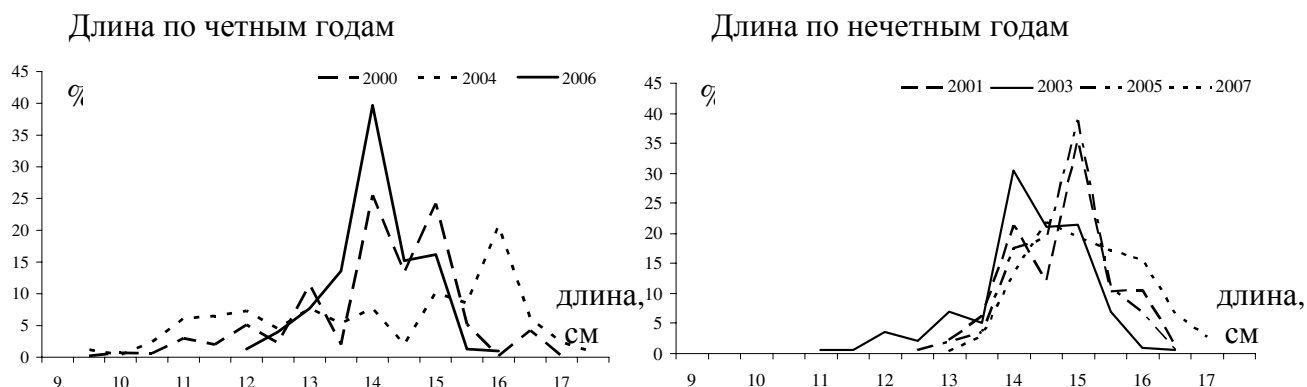


Рис. 2. Размерный состав нерестовой восточноохотоморской мойвы по четным и нечетным годам за период 2000-2007 гг.

Средний вес нерестовой части популяции восточноохотоморской мойвы изменялся от 16 г в 2006 г. до 25 г в 2001 г., а в среднемноголетнем составлял 21,8 г (рис. 3).

Средний вес самцов за период 2000-2007 гг. изменялся от 17,3 г в 2006 г. до 24,2 г в 2001 г. среднемноголетний вес самцов составил 21,8 г. Весовой состав самок за этот же период варьировал от 9,3 г в 2000 г. до 20,5 г в 2001 г., среднемноголетний вес самок составил 16,2 г (рис. 4).

При рассмотрении возрастной структуры выявлена следующая особенность (рис. 5) в 2000, в 2001 и в 2004 гг. основу нерестовой части популяции составляли рыбы в возрасте двух-трех лет. В 2003 г. преобладали особи трех, четырех лет, с преобладанием последних. С 2005 г. доля рыб двухлетнего возраста уменьшалась, увеличивалась доля особей трехлетнего возраста. Следует отметить, что четырехлетние рыбы преобладают над двухлетними в 2006-2007 гг. Соотношение самок и самцов не зависит от мощности подходов и изменяется от 1:3

до 1:9. В течение нереста в прибрежной зоне постоянно преобладают самцы. К концу нереста происходит резкое увеличение числа самцов до 99 % (Савичева, 1972, 1975, 1976, 1977, 1981; Давыдов, 1982). Нарастание количества самцов на нерестилищах к концу периода размножения говорит не о более позднем подходе самцов, а о их более длительной задержке в районе нереста (Прохоров, 1965).

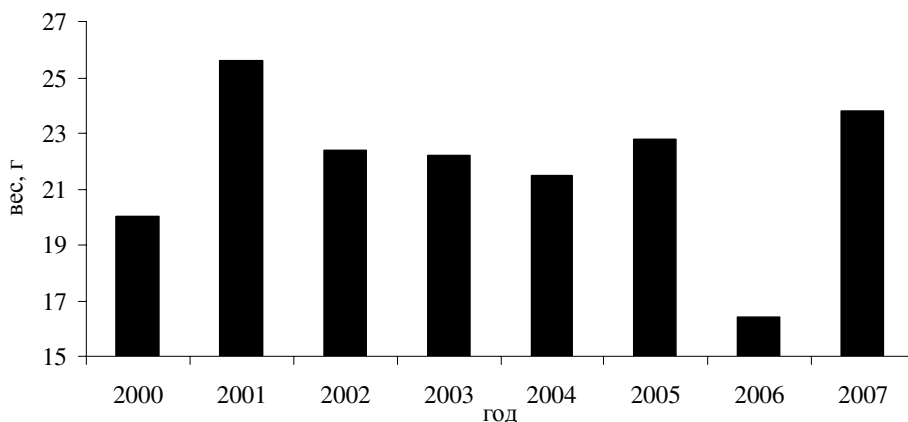


Рис. 3. Весовой состав (г) нерестовой восточноохотоморской мойвы 2000-2007 гг.

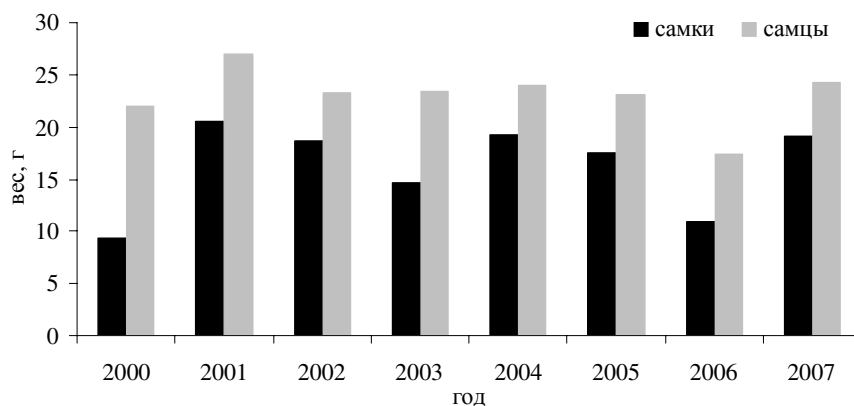


Рис. 4. Весовой состав (г) самок и самцов нерестовой восточноохотоморской мойвы 2000-2007 гг.

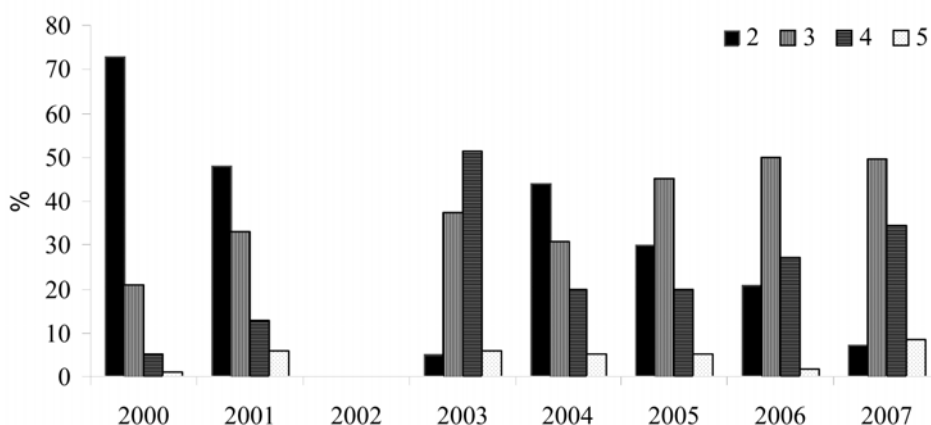


Рис. 5. Возрастной состав (%) нерестовой восточноохотоморской мойвы 2000-2007 гг.

В результате проведенного исследования установлено, что в настоящее время в восточной части Охотского моря мойва промыслом недоиспользуется.

Биологические показатели восточноохотоморской мойвы в нерестовый период подвержены изменениям. Не зависимо от мощности нерестового подхода доминируют рыбы одной размерной и весовой группы.

В течение исследуемого периода, особи, относящиеся к периоду нечетных годов были крупнее в среднем на 1 см.

В переходные годы знака цикличности происходит смена возрастной структуры нерестовой части популяции. Следует отметить, что при доминировании поколения нечетных лет рождения четырехлетних нерестовых рыб больше, чем двухлеток, а при доминировании четных лет наоборот, основу нерестовой части популяции составляют особи двухлетнего возраста.

Соотношение самцов и самок не зависит от мощности подходов и изменения цикличности.

ЛИТЕРАТУРА

Давыдов В.Г. Материалы по биологии мойвы восточной части Охотского моря в преднерестовый и нерестовый периоды. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1982. – 12 с.

Науменко Е.А. Межгодовая изменчивость подходов мойвы к Западному побережью Камчатки // Рыб. хоз-во. – 1979. – № 6. – С. 30-32.

Науменко Е.А. Особенности отолоитов мойвы как структур, регистрирующих возраст // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. – Петропавловск-Камчатский, 1995. – Вып. 3. – С. 130-133.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). 4-ое изд. перераб. и доп. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.

Прохоров В.С. Экология мойвы Баренцева моря *Mallotus villosus villosus* (Muller) и перспективы ее промыслового использования // Тр. ПИНРО. – 1965. – Т. 19. – С. 3-63

Расе Г.С. Нерест мойвы (*Mallotus villosus* Muller) Баренцева моря // Тр. ГОИН. – М., 1939. – Т. 4, вып. 1. – С. 3-34

Румянцев А.И. Мойва Японского моря // Изв. ТИНРО. – 1946. – Т. 22. – С. 35-74.

Савичева Э.А. Размерный, возрастной и половой состав мойвы Охотского моря в преднерестовый и нерестовый периоды в 1972 г. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1972. – 27 с.

Савичева Э.А. Некоторые данные по биологии мойвы западного побережья Камчатки // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 97. – С. 45-50

Савичева Э.А. Некоторые данные по распределению мойвы восточной части Охотского моря с апреля по октябрь. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1975. – 23 с.

Савичева Э.А. Материалы по преднерестовому, нерестовому и осеннему периодам мойвы восточной части Охотского моря 1976 г. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1976. – 15 с.

Савичева Э.А. О нересте мойвы восточной части Охотского моря. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1977. – 18 с.

Савичева Э.А. Сравнительная характеристика биологических показателей нерестовой мойвы вдоль Охотского побережья Камчатки. – Петропавловск-Камчатский: КО ТИНРО, 1981. – 23 с.

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ И МЕЖГОДОВОЙ ДИНАМИКИ МНОГОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ (*POLYCHAETA*) ЗАЛИВА ВОСТОК (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

М.И. Некрасова, Д.А. Некрасов

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
mnekrasova@mail.ru, dn64@mail.ru

Многощетинковые черви или полихеты, играют огромную роль в сообществах Мирового океана (Кусакин и др., 1974; Choi, Kon, 1990). Полихеты – одна из ведущих групп морского макробентоса. Они доминируют в донных сообществах шельфа и материкового склона и обычно составляют 45-50 % общего числа видов и до 80 % общего числа экземпляров (Озолиньш, 2000).

Изучение сезонной и межгодовой динамики многощетинковых червей проводилось на акватории заказника в районе морской биологической станции ИБМ им. Жирмунского ДВО РАН, где с 2003 г. ведется сезонный трансектный мониторинг биоразнообразия вдоль 70-метровой трансекты с координатами начальной (0 м) N 42°53,544', E 132°44,072' и терминальной N 42°53,538', E 132°44,095' точек. Трансекта охватывает 7 основных прибрежных ландшафтов (или биотопов): (1) – валунно-каменная литораль; (2) – верхняя сублитораль – каменная плита и валуны с макрофитами; (3) – пояс морской травы *Zostera marina* на заиленном мелкозернистом песке (2-4 м); каменное плато с отдельными крупными валунами и участками мелкозернистого заиленного песка (4-5 м); (5) свал из камней и валунов (глубины 5-8 м); (6) – зона сильно заиленного песка сразу за свалом (8-9 м); (7) – илистое плато (с глубины 9 м до конечной точки трансекты – 13 м), которое распространяется до 30 м - наибольшей глубины в заливе Восток.

Сбор и обработка материала осуществлялась согласно общепринятым методикам (Адрианов и др., 2006; Arnold et al., 1997).

Валунно-каменная литораль в районе трансекты более бедна по видовому богатству по сравнению со скалистыми мысами и сублиторалью. Многощетинковых червей здесь не было.

В поясе макрофитов (биотоп № 2) многощетинковые черви максимальной плотности поселения достигают в летние месяцы с июля по октябрь, хотя биомасса незначительна. Среди полихет данного биотопа во все сезоны года преобладают представители сем. *Spirorbidae*, имеющие небольшие размеры, но высокую плотность. Большинство видов этого семейства размножаются весь год, хотя пик численности осевшей молодежи приходится на самый теплый месяц года – август. В зимние месяцы количество многощетинковых червей невелико, а в декабре представители полихет полностью отсутствуют. Роль этой группы на данном биотопе незначительна. Они не превышают 2 % общей биомассы макробентоса и 10 % численности макробентоса на данном биотопе. Исключением является ноябрь. Поскольку к этому времени биомасса макрофитов значительно уменьшается, то и показатели плотности поселения и биомассы наиболее многочисленных в другие сезоны года представителей моллюсков и ракообразных тоже резко сокращаются. В этот период происходит увеличение роли многощетинковых червей до 82 % общей плотности макробентоса и до 10 % общей биомассы. По данным И.А. Жиркова (2001), снижение численности и полное исчезновение в зимние месяцы наиболее массовых для данного биотопа представителей многощетинковых червей – спирорбид может быть связано с выеданием последних ежами и звездами.

Пояс макрофитов имеет продолжение в виде пояса морской травы *Zostera marina* на глубинах 2-4 м, где скопления куртин зостеры перемежаются с открытыми участками заиленного среднезернистого песка (биотоп № 3). Значения видового разнообразия макробентоса на данном биотопе являются самыми высокими в течение всего года. На данном биотопе постоянно обитает более 50 видов многощетинковых червей. У большинства из них наибольшее количество молодежи отмечается летом – август-сентябрь. Но значительных колебаний численности и биомассы многощетинковых червей в течение года отмечено не было.

На каменном плато (биотоп № 4) и свале (биотоп № 5) наибольшая биомасса макрозообентоса приходится на прикрепленные к камням и валунам друзы *Crenomytilus grayanus* и *Modiolus kurilensis*. Как и в поясе макрофитов, во все сезоны года преобладают представители сем. *Spirorbidae*, и максимальной численности осевшая молодежь многощетинковых червей достигает в самый теплый период года – июль-сентябрь. В течение всего года значения биомассы полихет практически не меняются и находятся в пределах 10 % общей биомассы макробентоса данных биотопов.

На мягких грунтах (биотоп № 6 и биотоп № 7) инфауна главным образом представлена многощетинковыми червями. Роль многощетинковых червей на данных биотопах в течение года меняется слабо и составляет около 80 % от общей биомассы и 90 % от общей численности макробентоса. Пик численности и биомассы многощетинковых червей приходится на зимние месяцы – январь-февраль, с последующим снижением показателей в теплый период года. Доминирующим видом в данном сообществе является *Dipolydora cardalia* (*Spionidae*) составляющая до 90 % от общего числа полихет на данных биотопах в заливе Восток. Доминирование этого вида многощетинковых червей свидетельствует о значительном накоплении органики в осадках и ухудшении кислородного режима. Среди трубок полихет отмечены массовые скопления амфипод и мелких десятиногих.

Согласно полученным данным, наибольшим сезонным изменениям количественных показателей многощетинковых червей подвержены биотопы с низким видовым разнообразием последних. Так, например, на мягких грунтах отмечается значительные колебания количественных показателей с максимумом численности в зимние месяцы. В весенний период с повышением температуры воды, наблюдается постепенное снижение численности и биомассы. Это вызвано, в основном, особенностями сезонной динамики *Dipolydora cardalia* (*Spionidae*), которая является доминирующим видом в данном сообществе. Это подтверждается литературными данными о наличии планктонных личинок рода *Dipolydora* в осенние месяцы (Омельяненко и др., 2004). Сезонные изменения количественных показателей в поясе макрофитов приурочены к особенностям экологии представителей семейства *Spirorbidae*. Максимум численности наблюдается летом (с июля по октябрь). На биотопах, где сложно выделить доминирующий вид многощетинковых червей, сезонные колебания численности и биомассы выражены слабее.

В межгодовой динамике прослеживается увеличение численности и биомассы многощетинковых червей с 2003 по 2004 г., с постепенным снижением показателей в 2005 г. Наиболее значительные колебания количественных показателей произошли на мягких грунтах. Биомасса многощетинковых червей на 6 и 7 биотопах летом и осенью 2003 года не превышала 0,21 и 0,01 г/м² соответственно. В зимние месяцы численность составила более 25000 экз./м² и биомассу 1387,2 г/м² на заиленном песке, и иле 16000 экз./м² и биомасса 887,8 г/м². В апреле 2004 г. численность и биомасса резко сократились, и в течение 2004-2005 гг. продолжалось постепенное уменьшение количественных показателей многощетинковых червей на данных биотопах, хотя значений 2003 г. так и не достигли. Наиболее массовый вид *Dipolydora cardalia* (*Spionidae*), составляющий до 90 % от общей численности полихет, является позитивным индикатором антропогенного загрязнения. Доминирование этого вида многощетинковых червей свидетельствует о значительном накоплении органики в осадках и ухудшении кислородного режима. Столь резкие скачки численности и биомассы, видимо, демонстрируют реакцию экосистемы на резкое единовременное увеличение антропогенной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

Адрианов А.В., Тарасов В.Г. Методология мониторинга морского биоразнообразия (региональный и локальный уровни) // Научные основы сохранения биоразнообразия Дальнего Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2006. – С. 10-29.

Жирков И.А. Полихеты Северного Ледовитого океана. – М.: Янус-К, 2001. – 632 с.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.А., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флорофаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1974. – С. 5-75.

Озолиньш А.В. Факторы, определяющие пространственную структуру бентосных сообществ мелководной бухты // Биол. моря. – 2000. – Т. 26, № 4. – С. 231-239.

Омельяненко В.А., Куликова В.А., Погодин А.Г. Меропланктон Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 191-207.

Arnold P., Yap H. Soft-bottom Communities // Survey manual for Tropical Marine resources, 2nd edition. Australian Institute of Marine Science. – 1997. – P. 197-237

Choi J.W., Kon C.H. Distribution pattern of polychaete worms on the continental shelf and slope of the East Sea (Southwestern Sea of Japan), Korea // The Journal of the Oceanological Society of Korea. – 1990. – Vol. 25, № 1. – P. 36-48.

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЧЕРНОГО ПАЛТУСА
(*REINHARDTIUS HIPPOGLOSSOIDES (WALBAUM)*,
(*PLEURONECTIDAE, PLEURONECTIFORMES*)
В ОХОТСКОМ МОРЕ В ПЕРИОД ПОЛОВОГО СОЗРЕВАНИЯ**

Л.П. Николенко
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, lobodas@tinro.ru

Черный палтус – один из основных объектов глубоководного донного промысла в Охотском море. Но его популяционная структура изучена недостаточно. Проведившиеся ранее исследования основанные главным образом на данных по полиморфизму белков позволяют говорить как о существовании в Охотском море нескольких самостоятельных группировок (Дьяков, 1981, 1991; Дьяков и др., 1981), так и о единой сложноструктурированной популяции (Николенко, Катугин, 1998).

Материал и методика

Основой для данной работы послужили сборы проб на морфометрический анализ: в пробах представлены особи длиной 30-50 см, взятые летом 1978 г. бывшим сотрудником ТИНРО Ермаковым В.Г. на НПС «Экватор». Пробы брались на скоплениях в четырех пространственно разобщенных районах Охотского моря: восточно-сахалинском (ВС), северо-охотоморском (СО), юго-западнокамчатском (ЮЗК), и северо-западнокамчатском (СЗК). Первичные данные взяты автором работы в архиве ТИНРО-центра.

Каждая особь была описана 12 пластическими и 8 меристическими признаками: 1. длина тела по Смиту - AC; 2. длина до конца чешуйного покрова - АД; 3. антеанальное расстояние - Аа; 4. антедорзальное расстояние - Ад; 5. длина головы - С; 6. заглазничная длина - РО; 7. диаметр дорзального глаза - О; 8. длина рыла - АО; 9. длина хвостового стебля - FD; 10. наибольшая высота тела - Н; 11. высота головы - LM; 12. высота хвостового стебля - ИК; 13. число лучей в спинном плавнике - ND; 14. число лучей в анальном плавнике - NA; 15. число лучей в хвостовом плавнике - NC; 16. число лучей в левом брюшном плавнике - NV₁; 17. число лучей в левом грудном плавнике - NP; 18. число жаберных тычинок - sp. br; 19. число лучей в брюшном плавнике со слепой стороны тела - NV₂; 20. число позвонков (с уростилем) - Nvr.

Данные промеров в дальнейшем преобразовывали в индексы, путем нормирования величин признаков туловища к длине AC, а головы к С.

Дифференциацию черного палтуса в соответствии с морфологическими особенностями в разных районах моря проводили методом пошагового дискриминантного анализа.

Мерой различия выборок служило обобщенное расстояние Махаланобиса - D^2 (Мандель, 1988). Для проверки гипотезы о принадлежности выборок к одной генеральной совокупности рассчитывался Т-критерий Хотеллинга, значимость которого проверяли по величине критерия Фишера. Расчеты были проведены на персональном компьютере по программе BMDP (BMDP: Biomedical computer programs, 1977). Выборки состояли из одномерных рыб, поэтому коэффициенты аллометрии не учитывались.

Результаты и обсуждение

Поскольку специальных работ по выявлению информативности меристических и пластических признаков для черного палтуса ранее не проводилось, нами была рассмотрена каждая их этих групп признаков отдельно и их совокупность. По степени информативности, очевидно, доминируют пластические признаки: в пятерку наиболее информативных признаков вошел только один количественный признак, остальные были пластическими (табл. 1). Последние позиции в таблице (с 13 по 19) занимают в основном меристические признаки, а два из них не несут дифференцирующей информации вообще.

Результаты классификации черного палтуса, проведенные по каждой группе признаков отдельно и их совокупности, показали высокую степень полифенизма особей из всех районов моря. По пластическим признакам процент верно классифицированных особей, с фенотипом, специфичным для данного района, в выборках составлял от 33,0 до 60,9 % (табл. 2).

Таблица 1

Средние значения индексов морфометрических признаков черного палтуса из различных районов моря. Пронумерованы в порядке убывания дифференцирующей информации

№ п/п	Признак	Район				
		ЮЗК	СЗК	СО	ВС	Все море
1	PO	62,98	62,42	65,13	63,16	63,49
2	LM	67,61	70,22	69,68	64,88	67,82
3	N sp. br	17,93	18,58	17,09	16,83	17,48
4	Aa	33,63	33,28	33,82	33,98	33,72
5	H	27,83	27,13	26,70	27,42	27,23
6	O	13,42	14,07	13,27	12,99	13,38
7	FD	10,92	10,94	10,87	10,48	10,76
8	C	25,56	23,37	23,84	24,04	23,77
9	IK	29,63	29,42	30,46	28,64	29,47
10	NP	14,13	13,79	14,04	13,86	13,94
11	Nvr	63,00	62,74	63,22	62,38	62,79
12	AD	87,38	87,22	87,34	87,36	87,33
13	NR	7,00	7,00	7,00	6,93	6,97
14	ND	93,27	92,95	92,74	94,21	93,37
15	NA	71,87	70,58	70,04	71,48	70,96
16	Ad	9,59	9,78	9,58	9,72	9,67
17	AO	26,74	26,65	26,81	25,78	26,42
18	NC	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
19	NV	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
	AC, см	37,98	36,67	41,06	41,52	39,71
	C, см	8,95	8,57	9,79	9,98	9,44

Таблица 2

Распределение фенотипов молоди черного палтуса (%), характерных для разных районов Охотского моря по пластическим, меристическим и комплексу всех признаков

Группа признаков	Морфотип района	Район			
		СО	СЗК	ЮЗК	ВС
Пластические	СО	60,9	5,3	20,0	20,7
	СЗК	8,7	59,0	40,0	10,3
	ЮЗК	8,7	30,4	33,0	13,8
	ВС	21,7	5,3	7,0	55,2
Меристические	СО	33,0	21,0	20,0	21,7
	СЗК	15,0	50,0	26,0	14,6
	ЮЗК	20,0	25,0	40,0	21,7
	ВС	15,0	21,0	14,0	42,0
Пластические и меристические	СО	73,9	0,0	26,7	25,0
	СЗК	8,7	53,3	26,7	18,0
	ЮЗК	4,3	30,9	39,9	9,0
	ВС	13,1	15,8	6,7	48,0

В северо-западнокамчатском районе почти треть особей несла признаки, характерные для более южного района западно-камчатского побережья, и по 5,3 % особей обладали комплексом признаков североохотоморского и сахалинского палтусов. В сахалинской выборке рыбы, несущие комплекс признаков, характерных для этого района, составили 55,2 %, от 10,3 до 20,7 выборки формировали особи с морфотипами, характерными для остальных районов.

Наибольшую степень полифенизма показал юго-западнокамчатский палтус. В сборах из этого района только 33 % особей обладали комплексом признаков, отличных от такового

других районов, 40 % выборки составляли особи с признаками, характерными для смежного северо-западнокамчатского района и 20 % особей с североохотоморским морфотипом. Особи с фенотипом, характерным для сахалинского палтуса были представлены менее всего - 7%.

Наиболее обособлены по пластическим признакам рекруты северной части моря - 60,9 %. В северной выборке хорошо были представлены особи с признаками восточно-сахалинского палтуса - 21,7 %, по 8,7 % давали особи из двух западно-камчатских выборок.

Результаты дифференциации особей отдельно по меристическим признакам в целом не противоречат таковым по пластическим, но доля верно классифицированных особей по этой группе в большинстве случаев оказалась ниже. Исключение составляет юго-западно-камчатская выборка, в которой доля верно классифицированных особей повысилась до 40 %. Соответственно значения расстояний Махаланобиса (D^2) для этой группы признаков ниже, чем по пластическим, но в целом в обоих случаях достоверных различий при 95 уровне достоверности не обнаружено (табл. 3).

Таким образом, для черного палтуса отдельное использование меристических признаков, видимо, нежелательно.

Таблица 3

Матрица расстояний Махаланобиса (верхняя часть таблицы) и значения критерия Хотеллинга между центрами выборок черного палтуса по разным группам признаков

	Группа признаков											
	Меристические				Пластические				Пластические и меристические			
Район	ЮЗК	СЗК	СО	ВС	0	0,14	0,12	0,17	0	0,14	0,21	0,13
ЮЗК	0	0,14	0,26	0,11	1,20	0	0,24	0,26	1,20	0	0,30	0,34
СЗК	1,20	0	0,33	0,39	1,13	2,67	0	0,19	1,97	3,33	0	0,29
СО	2,44	3,67	0	0,35	2,21	3,20	2,67	0	1,33	4,18	4,08	0
ВС	1,12	4,80	4,91	0	0	0,14	0,12	0,17	0	0,14	0,21	0,13

Дифференциация палтуса совместно по обеим группам признаков оказалась несколько отличной от таковых по каждой группе отдельно. Доля верно классифицированных особей в юго-западнокамчатской выборке увеличилась почти до 39,9 %, а доля североохотоморского палтуса в ней до 26,7 %, но снизилась доля особей с признаками, характерными для северо-западнокамчатского палтуса. В выборке из северо-западнокамчатского района не оказалось ни одной особи, соответствующей фенотипу северного района, но присутствовало 15,8 % особей с сахалинским морфотипом, что на данном этапе исследований трудно объяснить.

По комплексу признаков возрос процент верно классифицированных особей в северной части моря - до 73,9 % за счет снижения доли особей, обладающих юго-западнокамчатским и сахалинским морфотипами (до 4,3 и 13,1 % соответственно). В сахалинской выборке были широко представлены особи с фенотипами, характерными для палтуса трех других районов.

Характеризуя степень сходства палтуса рассматриваемых районов по комплексу обоих групп признаков в выражениях расстояния Махаланобиса между центрами выборок можно отметить, что объединение признаков несколько увеличило их, но, как и в предыдущем случае, достоверных различий между выборками не обнаружено. Значимые различия при 95 % уровне достоверности появляются между северо-западнокамчатской и восточно-сахалинской выборками при использовании 4-х признаков (3 пластических и один меристический) у которых D^2 хотя бы в одном случае больше 1,0 (табл. 4).

Нельзя не заметить, что обнаруженное различие относится к выборкам из двух пространственно разобщенных районов основного нереста черного палтуса в Охотском море (Николенко, 1998). Однако при 99 % уровне и это различие становится недостоверным. Таким образом, морфометрический анализ показал, что между молодью, обитающей в разных частях моря, принципиально значимых различий нет.

Обобщая полученные данные по морфологической дифференциации черного палтуса Охотского моря, можно отметить, что в каждом из рассмотренных случаев наблюдается высокая степень полифенизма молодежи в выборках из всех районов моря. В наибольшей мере

полифенизм характерен для палтуса из вод юго-западного побережья Камчатки - в выборке хорошо представлены особи с морфотипом, характерным для всех других районов, особенно для северо-западнокамчатского. В то же время и у северо-западного побережья Камчатки, помимо местного палтуса, широко представлены особи с юго-западнокамчатским фенотипом, при меньшем присутствии здесь молоди палтуса с северным и сахалинским фенотипом.

Таблица 4

Матрица расстояний Махаланобиса (верхняя часть таблицы) и значения критерия Хотеллинга между центрами выборок черного палтуса по четырем наиболее информативным признакам

Район	ЮЗК	СЗК	СО	ВС
ЮЗК	0	0,26	0,51	0,23
СЗК	2,22	0	0,77	1,10
СО	4,78	8,56	0	0,53
ВС	2,35	13,52*	7,40	0

* Различие значимо при 95 % уровне достоверности.

Наибольшей обособленностью отличаются рыбы северной части моря, кроме того, здесь значительное количество особей имеют признаки сахалинского морфотипа. И, наоборот, среди особей обитающих у Сахалина широко распространены рыбы с признаками северо-охотоморского морфотипа. Это можно объяснить тем, что молодь из предполагаемого выростного района в северо-западной части моря расселяется не только на восток, но и на юг - вдоль сахалинского склона глубин (Николенко, 1998).

Перенос икры и личинок от западно-камчатских нерестилищ к восточно-сахалинскому хотя и слабее, чем от юго-западной Камчатки к северо-западной, но, судя по всему, все же существенен. По комплексу пластических и меристических признаков молодь палтуса с фенотипами западно-камчатских скоплений у северного Сахалина отмечается в 10-17 случаях из 100. Основной причиной наблюдаемого полифенизма палтуса, без сомнения, является обмен особями между районами на ранних этапах онтогенеза посредством течений. Подробно схема переноса икры, личинок и образование выростных районов молоди черного палтуса была описана ранее (Николенко, 1998), она хорошо согласуется с направлением основных течений в Охотском море (Чернявский, 1981).

Несмотря на то, что нами не отмечено серьезных различий между особями из разных выборок, нельзя не заметить, что более близки между собой особи, обитающие при более сходных условиях среды.

Климато-океанологические условия, при которых обитает палтус в восточной и западной частях моря, значительно отличаются. Восточную часть моря в значительной мере греют тихоокеанские воды, и ее можно определить как теплую. Через западные и юго-западные районы моря сбрасываются в океан холодные североохотоморские воды, и ее можно назвать холодной частью моря.

Если предположить существенное влияние естественного отбора на формирование локальных различий в морфотипах, то оно должно осуществляться на ранних стадиях развития, когда личинки и мальки попадают в различные экологические условия. Северный шельф в целом, а его западная часть в особенности, характеризуются крайне суровыми гидрологическими условиями. Здесь расположено самое большое ядро холода, температура в котором ниже $-1,0 - -1,5^{\circ}\text{C}$ и сохраняется все лето (Морошкин, 1966; Чернявский, 1992). Таким образом, молодь в этих районах развивается в условиях, приближенных к экстремальным для вида, что, видимо, приводит к более жесткому естественному отбору, при котором выживают особи с определенным набором генетических (а значит и морфологических) признаков, несколько отличных от набора в других районах моря. Поэтому при однородности исходных признаков, но при значительно отличающихся условиях среды в разных районах моря могут сформироваться несколько отличные друг от друга морфотипы.

Выводы:

1. На основании анализа морфотипов особей черного палтуса размерной группы 30-50 см, т.е. в период полового созревания, достоверных различий между особями, обитающими в разных районах моря, не выявлено.
2. Причиной наблюдаемого полифенизма молоди является значительный перенос икры и личинок палтуса на ранних стадиях онтогенеза.
3. Наиболее близкими по морфологическим признакам являются особи, обитающие при сходных условиях окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

- Дьяков Ю.П.** К морфометрической характеристике тихоокеанского черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) (Pleuronectidae, Pleuronectiformes) Охотского моря // Вопр. ихтиол. – 1981. – Т. 21. – С. 157-160.
- Дьяков Ю.П.** Популяционная структура тихоокеанского черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* // Вопр. ихтиол. – 1991. – Т. 31, вып. 3. – С. 404-418.
- Дьяков Ю.П.,** Коваль Е.З. Богданов Л.В. Внутривидовой биохимический полиморфизм и популяционная структура черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) (Pleuronectidae) в Беринговом и Охотском морях // Вопр. ихтиол. – 1981. – Т. 21, вып. 5. – С. 809-815.
- Мандель И.Д.** Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
- Морошкин К.В.** Водные массы Охотского моря. – М.: Наука, 1966. – 56 с.
- Николенко Л.П.** Распределение икры, личинок и пелагической молоди черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в Охотском море // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 1. – С. 16-20.
- Николенко Л.П., Катугин О.Н.** Генетическая дифференциация черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в Охотском море и сопредельных водах // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 13-19.
- Чернявский В.И.** Циркуляционные системы Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 1981. – Т. 105. – С. 13-19.
- Чернявский В.И.** Изменчивость ядра холода и прогноз типа термического режима на севере Охотского моря // Океанологические основы биологической продуктивности северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО, 1992. – С. 104-116.
- BMDF:** Biomedical computer programs / Ed. W.I. Dixou. – Los Angeles: Univ. California Press, 1977. – 880 p.

О ПОПУЛЯЦИОННОМ СТАТУСЕ ОСЕННЕ- И ВЕСЕННЕ-НЕРЕСТУЮЩЕГО МИНТАЯ В ВОДАХ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

В.А. Нуждин

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, vdovin@tinro.ru

Рациональное освоение ресурсов минтая, как и других биологических объектов, в первую очередь основывается на знании структуры его популяции. Данная работа преследует цель разобраться в вопросе популяционной организации минтая, обитающего в северо-западной части Японского моря - в южном побережье Приморского края.

История изучения биологии минтая данного района и в первую очередь нерестящегося в водах залива Петра Великого насчитывает более чем полувековую историю. Установлено, что в водах залива нерест минтая может проходить со второй половины октября по июнь включительно и имеет два максимума, приходящихся на ноябрь-декабрь и март-апрель (Кагановская, 1949, 1951, 1954; Горбунова, 1954; Веденский, 1971; Гаврилов, Безлюдный, 1986; Нуждин, 1987, 1998; и др.). Осенью основным районом массовых концентраций икры в планктоне являются западные районы зал. Петра Великого, а весной – его восточные участки и прилегающие к нему с севера воды южного Приморья. О популяционном статусе осенне- и весенне-нерестующего минтая зал. Петра Великого существует несколько точек зрения. По одной, в водах Корейского полуострова и в Приморье обитает единая популяция минтая – Восточно-Корейского залива (Веденский, 1971; Bakkala et al., 1986; и др.). По другой, в заливе в осенне-зимний сезон нерестится минтай восточнокорейской популяции, а весной – зал. Петра Великого (Кагановская, 1951; Гаврилов, Безлюдный, 1986; Шунтов и др., 1993). Однако Н.С. Фадеев (1981), исходя из предположения о наличии у минтая двух рас (с осенним и весенним типом нереста), предполагал, что в водах южного Приморья (в частности на акватории зал. Петра Великого) обитает одно самостоятельное стадо.

Наблюдения за интенсивностью нереста минтая с помощью ловов в поверхностном слое воды показали, что в 1950-1970-е гг. его икра в планктоне в ноябре-декабре встречалась как в западных районах, так и в Амурском и Уссурийском заливах, а также восточнее о. Аскольд. Его промысел активно велся у о. Фуругельм, южнее и восточнее мыса Гамова, у о. Стенина и в южных участках Уссурийского залива к западу от о. Аскольд. Это свидетельствовало, что на акватории зал. Петра Великого проходил достаточно интенсивный осенний нерест минтая. Поэтому, например, на рубеже 1950-х гг. масштабы его добычи в осенне-зимний сезон были сопоставимы, а в отдельные периоды и превышали цифры весеннего промысла (Веденский, 1971). В конце 1970-х – начале 1980-х гг. интенсивность промысла минтая в холодный период года была существенно ниже. На это, по-видимому, были свои причины. В конце 70-х гг. в Японском море существенно возросла численность дальневосточной сардины. В результате, летом и осенью среднетоннажные суда, в первую очередь рыболовные сейнеры РС-300, были задействованы на ее промысле. В ноябре-январе суда вели подготовку к следующей путине (минтаевой и сардиновой), поэтому основная доля судов вновь выходила на промысел не ранее февраля.

Продолженные в 1980-2000-е гг. наблюдения за сезонной и межгодовой динамикой нереста минтая в водах Приморья, но уже с помощью вертикальных обловов икры сетью ИКС-80 показали, что в зал. Петра Великого по-прежнему наблюдалась темпоральная и определенная пространственная разобщенность между центрами его нереста. В ноябре-январе 1981-1987 гг. нерест минтая в основном отмечался в западных участках зал. Петра Великого (рис. 1).

Однако следует отметить, что, как и в 1950-1970-е гг., икра минтая в осенне-зимний период встречалась в планктоне также в Амурском и Уссурийском заливах и к востоку от о. Аскольд. Определенная часть осенне-нерестующего минтая размножается в зал. Петра Великого и в феврале.

Личинки минтая от осеннего нереста со средним уловом 7-20 шт. встречались в планктоне только в ноябре-декабре 1958 и 1959 гг. В последующие годы в верхних горизонтах во-

ды они либо отсутствовали, либо отмечались в единичных количествах, что свидетельствовало о слабой эффективности осеннего нереста минтая в зал. Петра Великого.

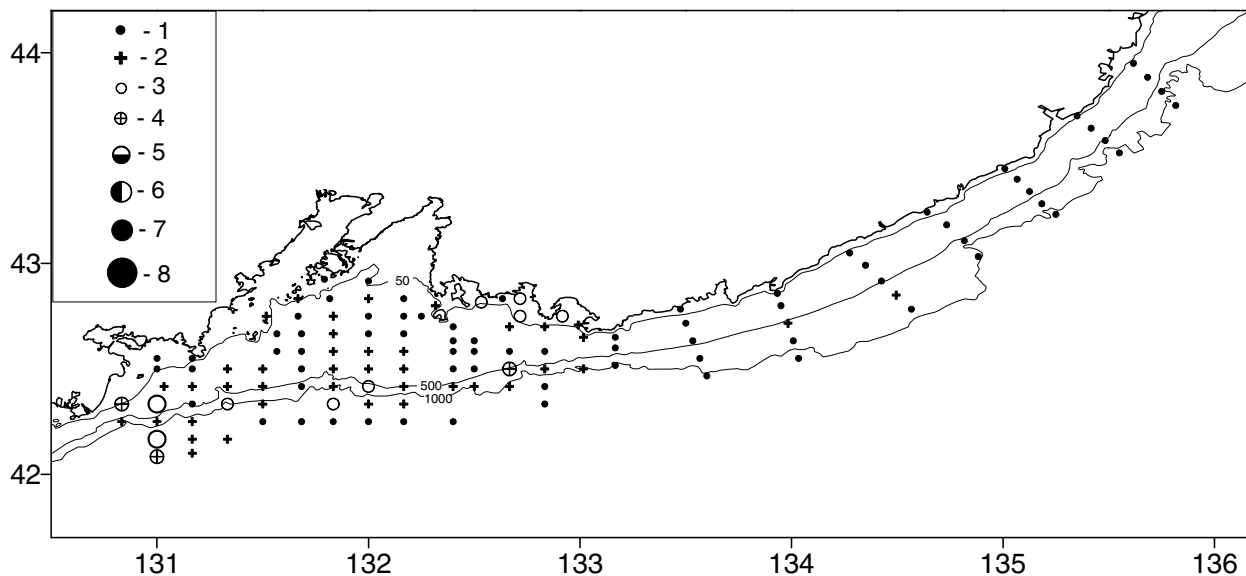


Рис. 1. Распределение икры минтая в январе (1982, 1985-1987 гг.) в Приморье: 1 – 0; 2 – 1 - 10; 3 – 11 - 25; 4 – 26 - 50; 5 – 51 - 100; 6 – 101 - 250; 7 – 251 - 500; 8 – 501 - 1000 шт./лов

Основные нерестилища весенненерестующего минтая расположены в восточных районах зал. Петра Великого и в смежных с ними участках южноприморского шельфа до 44° с.ш. Роль этих нерестилищ в общем объеме воспроизводства в феврале-апреле может достигать 10-40 % (рис.2).

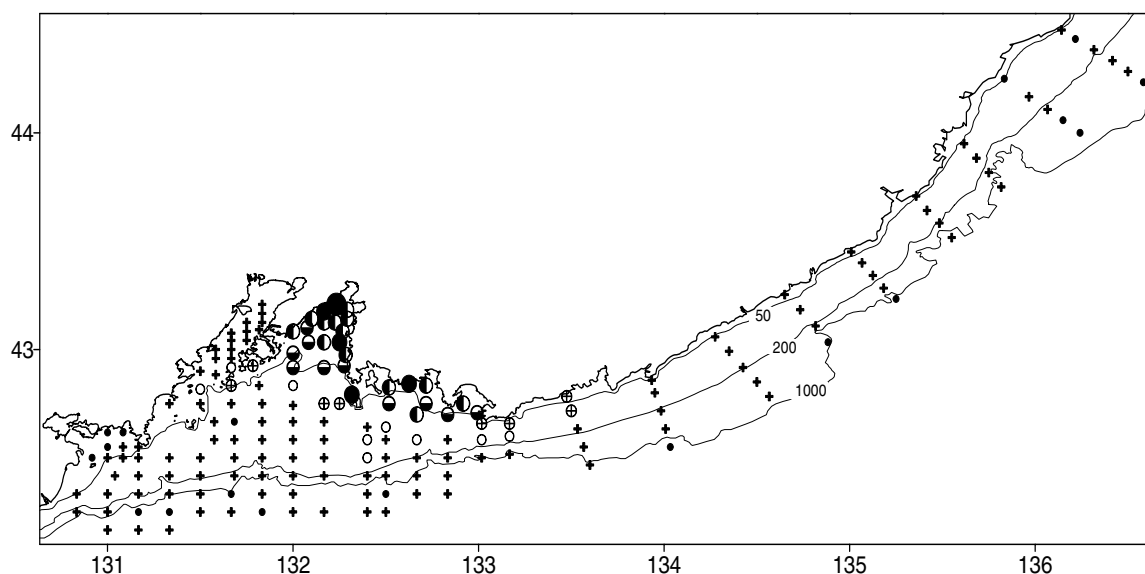


Рис. 2. Распределение уловов икры минтая в Приморье в апреле. Условные обозначения см. рис. 1

Нерест весенненерестующего минтая начинается в первых числах января и, по данным 2006-2007 гг., может заканчиваться в конце июня - начале июля. Первые личинки от зимне-весеннего нереста появляются во второй половине марта. В апреле они встречаются как в зал. Петра Великого, так и за его пределами. Массовый выклев личинок минтая наблюдается в первой половине мая. По многолетним данным, главным районом их дислокации являются северные и центральные мелководья Уссурийского залива (рис.3). За пределами зал. Петра Великого на север до мыса Егорова личинки минтая в мае как в вертикальных, так и поверхностных ловах в период наших исследований отсутствовали.

Считается, что изменения величины промыслового изъятия любого вида с определенной оговоркой могут свидетельствовать о тенденциях в изменении их численности и биомассы, именно поэтому данный параметр используется при расчете запасов в многочисленных моделях. Нами было отмечено, что изменения интенсивности осеннего нереста минтая на акватории зал. Петра Великого в определенной степени были сопряжены с динамикой его вылова в водах Корейского полуострова, в частности в Восточно-Корейском заливе, которые во всей видимости отражали колебания величины его запасов в более южных широтах. Вылов минтая в указанных двух районах в период с 1980 по 1990 гг. снизился с 956 до 263 тыс. т и с 96,4 до 26,5 тыс. т соответственно (Фадеев, Веспестад, 2001; данные NFRDI, R. Korea) (табл.1).

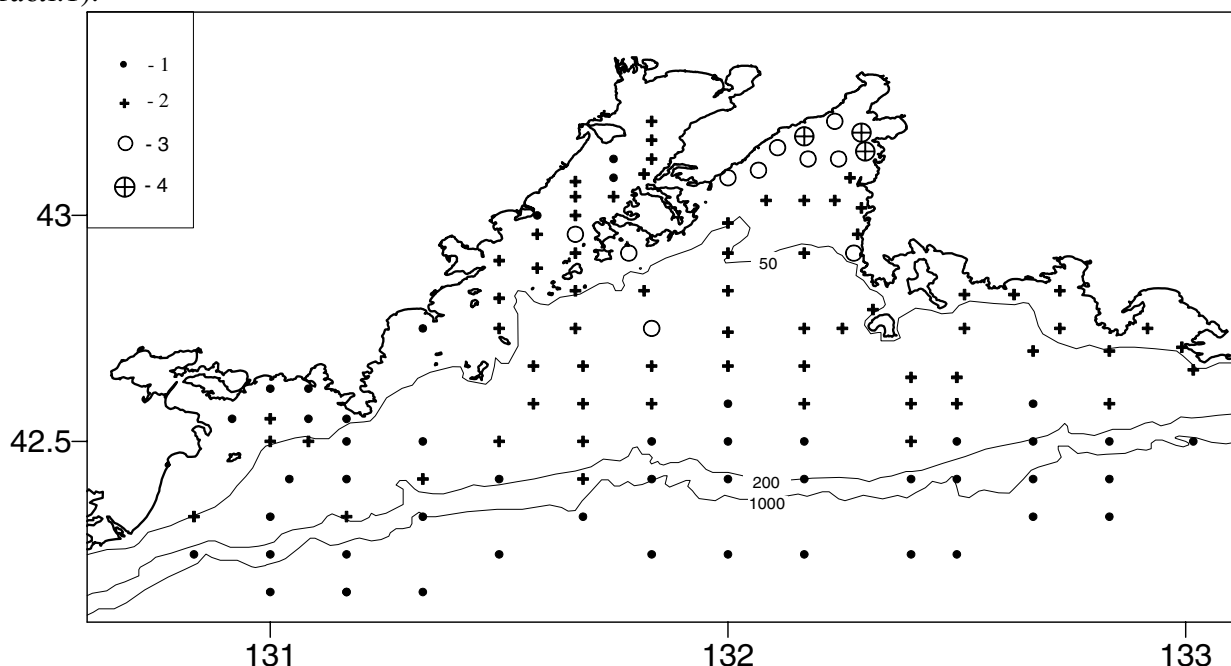


Рис. 3. Распределение личинок минтая в мае (осредненные за 1981-1993 гг. данные): 1 - 0; 2 - 1 - 10; 3 - 11 - 25; 4 - 26-50 шт./лов

Таблица 1

Динамика вылова минтая в водах КНДР и Республики Корея (тыс. т)						
Район	1982	1983	1984	1985	1986	1987
КНДР	1365	852	1058	838	787	334
Республика Корея	138	85,9	107	84,5	79,4	33,7

В 1980-е гг. наблюдалось и сокращение интенсивности нереста осенне-нерестующего минтая на акватории зал. Петра Великого. Общая численность икры в планктоне в западных его участках в январе уменьшилась с 1982 по 1987 гг. с $53,64 \times 10^9$ до $1,15 \times 10^9$ шт.

Из выше приведенной таблицы отчетливо видна синхронность изменения цифр вылова минтая в водах Восточно-Корейского залива и Республики Корея, что может свидетельствовать о существовании единого запаса минтая вдоль Корейского полуострова, суммарный вылов которого в 1981 и 1982 гг. составил соответственно 1,8 и 1,5 млн т. По мнению Н.С.Фадеева (2005), столь высокие цифры вылова были обусловлены как ростом численности, так и значительным изъятием промыслом неполовозрелых рыб. Эту мысль подтверждают данные о соотношении в уловах половозрелых и неполовозрелых рыб в водах южной Кореи. По данным Нур (2002), в середине 1970-х – начале 1980-х гг. доля молоди в уловах по массе достигала 63-90 %. Вероятнее всего близкая структура уловов наблюдалась и в водах КНДР. Чрезмерное изъятие неполовозрелых рыб привело к последующему резкому снижению запасов и вылова минтая в данном регионе.

Совершенно иная динамика запасов в 1980-е гг. в водах Приморья наблюдалась у весенне-нерестующего минтая, она также изменялась, но не в таких масштабах и с иной тенденцией (табл.2).

Динамика изменения нерестового запаса, вылова и количества икры минтая
в водах южного Приморья

Показатель	1982	1983	1984	1985	1986	1987
Нерестовая биомасса, тыс. т	140	160	150	250	210	175
Вылов, тыс. т	38,936	25,7	19,7	23,3	24,1	29,3
Численность икры в апреле, млрд. шт.	-	978,88	336,1	1130,07	776,064	607,01

Биомасса половозрелого минтая, по данным ихтиопланктонных съемок в 1982-1984 гг., составляла около 140-160 тыс. т, в 1985 г. увеличилась до 230-250 тыс. т, а затем стала сокращаться.

Необходимо отметить, что с начала 1990-х гг. в бассейне Японского моря отмечается повсеместное снижение запасов минтая и объемов его вылова. Так, по сравнению с 1990-1991 гг. вылов минтая в водах Японии к середине 2000-х гг. уменьшился с 132-146 до 26-34 тыс. т, в водах Корейского полуострова – с 289-222 до 60 тыс. т (Фадеев, Веспестад, 2001; Булатов, 2006), у западного Сахалина – с 16,1-20,0 до 0,5-1,0 тыс. т, а в Приморье – с 18,1-15,9 до 0,8-1,5 тыс. т.

Снижение запасов минтая в западной части Японского моря вызвало сокращение интенсивности нереста и площади нерестовой части ареала основных его группировок. Падение численности минтая в корейских водах привело к прекращению его нереста на акватории зал. Петра Великого. По данным ихтиопланктонной съемки, во второй декаде декабря 2007 г. икра минтая повсеместно отсутствовала как в вертикальных, так и поверхностных ловах. Изменились сроки и интенсивность нереста и у весеннерестующего минтая в водах южного Приморья. В апреле 2004-2005 и мае 2006 гг. численность икры на нерестилищах не превышала, соответственно, 4,64-24,1 млрд. шт. и 4,13 1 млрд. шт., а площадь распространения икры сократилась до 1,16-3,05 и 1,21 тыс. км². Практически вся икра концентрировалась только в зал. Петра Великого.

Наши исследования показали, что вдоль Корейского полуострова и в водах южного Приморья существуют две пространственно и темпорально изолированные группировки минтая: популяция Восточно-Корейского залива, массовый нерест которой в основном протекает в пределах данного залива в осенне-зимний период и южноприморская популяция с нерестом в зимне-весенний сезон. В периоды роста численности минтая Восточно-Корейского залива у него расширяется нерестовый и нагульный ареал на север до зал. Петра Великого, а на юг - до 35° с.ш.

ЛИТЕРАТУРА

- Булатов О.А.**, Вопросы прогнозирования ОДУ и промысел минтая Берингова моря // Тр. ВНИРО. – 2006. – Т. 146. – С. 37-58.
- Веденский А.П.** О локальности и особенностях формирования нерестовых скоплений минтая западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. – 1971. – Т. 79. - С. 42-57.
- Гаврилов Г.М., Безлюдный А.М.** Динамика численности минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) юго-западной части Японского моря // Тресковые дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1986. – С. 5-28.
- Горбунова Н.Н.** Размножение и развитие минтая // Тр. ИОАН СССР. – 1954. – Т. 11. – С. 132-195.
- Кагановская С.М.** Некоторые данные по распространению и биологии минтая // Изв. ТИНРО. - 1949. -Т. 29. - С. 179-181.
- Кагановская С.М.** Новые данные по минтаю залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. - 1951. - Т. 34. - С. 81-87.
- Кагановская С.М.** О распределении икры и личинок некоторых рыб в заливе Петра Великого // Изв. ТИНРО. - 1954. - Т. 42. - С. 165-175.

- Нуждин В.А.** Распределение икры и личинок минтая в северо-западной части Японского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. - Владивосток: ТИНРО, 1987. - С. 74-80.
- Нуждин В.А.** Минтай северо-западной части Японского моря - особенности биологии, размножения, промысел // Изв. ТИНРО. - 1998. - Т. 123. - С. 53-73.
- Фадеев Н.С.** Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. - Владивосток: ТИНРО, 1981. - С. 57-60.
- Фадеев Н.С.** Биология и промысел минтая Восточно-Корейского залива // Изв. ТИНРО. - 2005. - Т. 142. - С. 113-133.
- Фадеев Н.С., Веспестад В.** Обзор промысла минтая // Изв. ТИНРО. - 2001. - Т. 128. - С. 75-91.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П.** Минтай в экосистемах дальневосточных морей. - Владивосток: ТИНРО. - 1993. - 425 с.
- Bakkala R., Maeda T., McFarlane G.** Distribution and stock structure of Pollock (*Theragra chalcogramma*) in the North Pacific Ocean // Bull. INPFC. - 1986. - № 45. - P. 2-20.
- Hur Y.-H.** Walleye Pollock Fishery in the Korean Waters of the East Sea // Korea-Russia Joint Symposium on Fisheries Resources in the North Pacific and East Sea of Korea. Busan: NFRDI. - 2002. - P. 3-25.

УСОНОГИЕ РАКИ В ЛИТОРАЛЬНОЙ БИОТЕ ОСТРОВА РУССКИЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)*

И.И. Овсянникова

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
inmarbio@mail.primorye.ru

О. Русский расположен в средней части зал. Петра Великого Японского моря. Он служит естественной границей двух заливов второго порядка - Амурского и Уссурийского. Литоральная биота зал. Петра Великого изучалась многими исследователями (Закс, 1927; Дерюгин, 1939; Щапова и др., 1957; Волова, 1985; Гульбин и др., 1987; Костина и др., 1996; Иванова и др., 2006; Кепель, 2007). Тем не менее, макробентос о. Русский до настоящего времени почти не был исследован (Брегман и др., 1998). Роль усоногих раков в формировании литоральных сообществ залива практически не изучена (Ovsyannikova, in press).

Материалом для работы послужили сборы макробентоса на литорали о. Русский в июне-сентябре 2007 г. в бухтах Карпинского, Парис, Аякс, Новик, Рында, Воевода и в прол. Старка (рис.). Сбор организмов осуществлялся на различных грунтах по стандартной хорологической методике (Кусакин и др., 1974). Всего на 15 разрезах собрано 103 пробы макробентоса, в 51 пробе встречены усоногие раки. Во время наших исследований температура воды колебалась от 13 до 23 °С, соленость изменялась в пределах 25-35 ‰.

Усоногих раков отделяли от субстрата, фиксировали 75 %-ным спиртом, подсчитывали общее количество их в пробе, затем подсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали на торсионных весах. Биомассу и плотность поселения особей пересчитывали на квадратный метр. Видовую принадлежность раков устанавливали, просматривая их под бинокулярным микроскопом. Для каждой размерной группы особей измеряли карино-ростральный диаметр основания домика.

В составе литоральной биоты исследованного района нами встречено три тихоокеанских широкобореальных вида Cirripedia: *Chthamalus dalli*, *Hesperibalanus hesperius* и *Balanus rostratus* и один субтропическо-бореальный вид *Amphibalanus improvisus*.

Как показали наши исследования, усоногий рак *Ch. dalli* входит в состав 8 литоральных сообществ в качестве вида-доминанта, широко представленного по всему вертикальному диапазону литорали, а также субдоминантного и сопутствующего вида. Сообщество *Ch. dalli* является основным сообществом, распространенным на твердых субстратах о. Русский. Биомасса доминирующего вида достигает максимума – 1270 г/м² – в нижнем горизонте скалистой литорали бухты Карпинского. Наибольшая плотность поселения этого вида – 70 000 экз./м² – зарегистрирована в среднем горизонте скалистой литорали вблизи входа в бухты Новик (мыс Старицкого). Наименьшая плотность поселения – 6 700 экз./м² – отмечена в среднем горизонте каменистой литорали бухты Рында. Минимальная биомасса хтамалуса – 140 г/м² – наблюдается в верхнем горизонте заиленной песчано-галечной литорали в районе мыса Ахлестышева.

Монодоминантное сообщество *Ch. dalli* обычно развивается на камнях и скалах. В бухте Воевода в верхнем горизонте на скалах данный вид формирует сообщество с плотностью поселения 34 400 экз./м² и биомассой 1140 г/м² (100 % от общей биомассы макробентоса). Особи *Ch. dalli* в основном молодые, мелкие, размером 2-4 мм и без признаков угнетения. В среднем горизонте плотность поселения и биомасса хтамалуса почти в 2 раза ниже – 17 000 экз./м² и 700 г/м² соответственно. Доля доминирующего вида равна 90 %. Преобладают взрослые особи размером 4-8 мм с недавно осевшей молодью *Ch. dalli* размером 0-2 мм. Сопутствующим видом является брюхоногий моллюск *Littorina brevicula*. Соленость воды в данном районе составляла 26 ‰, температура воды – 23 °С.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта ARCP 2007-12NMY.

В среднем горизонте галечной литорали бухты Рында также существуют значительные поселения *Ch. dalli*. Плотность поселения вида-доминанта составляет здесь 23 600 экз./м², а биомасса - 235 г/м² (83 % от общей биомассы). Преобладают взрослые особи размером 4-6 мм, их домики лишены организмов-обрастателей. Сопутствующий вид – *Littorina squalida*. Соленость воды в бухте равна 28 ‰, температура воды – 21 °С.

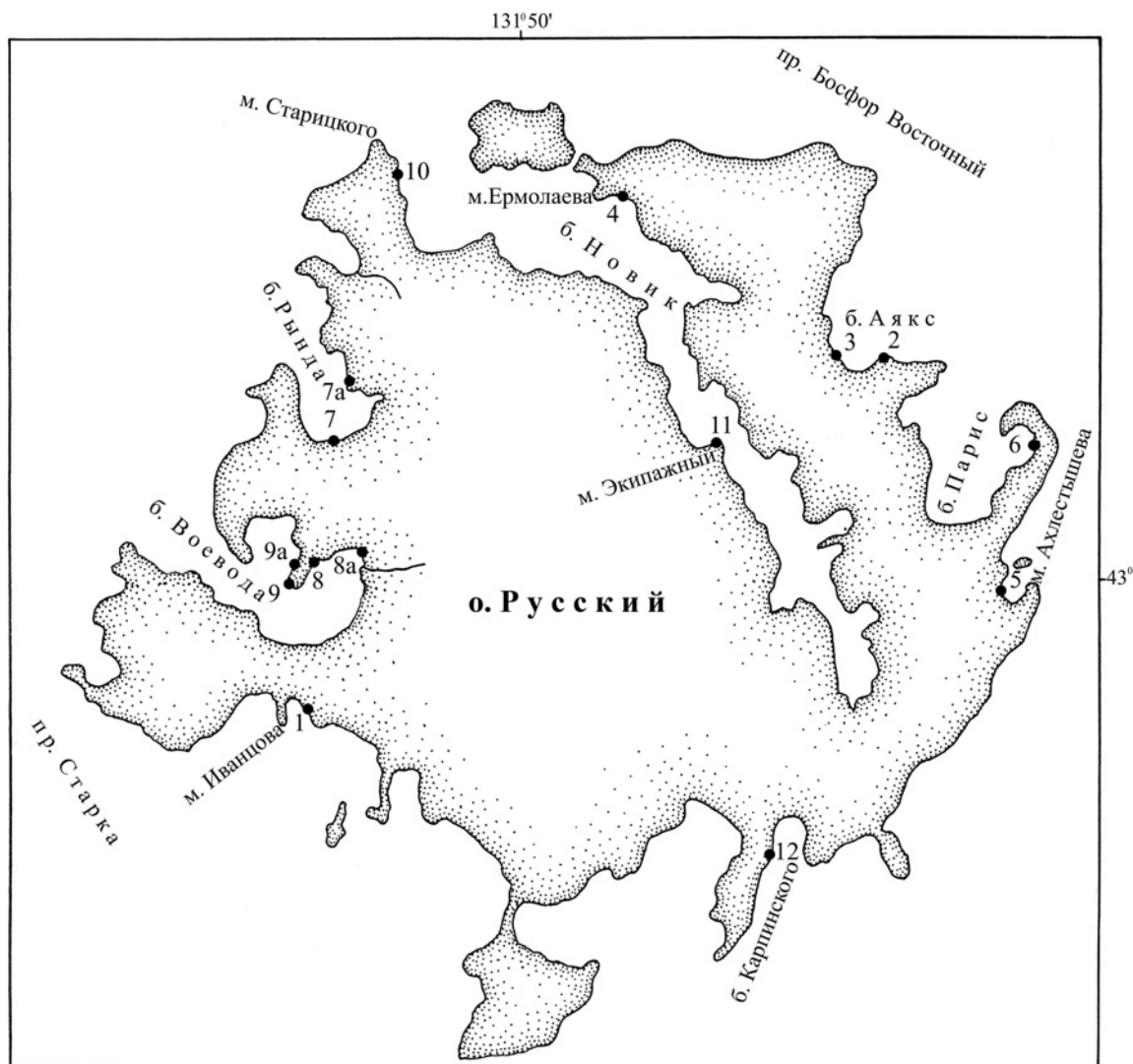


Рисунок. Карта-схема района исследований: 1-12 - гидробиологические разрезы

Вблизи входа в бухту Новик (мыс Старицкого) в среднем горизонте валунной литорали отмечена максимальная плотность поселения *Ch. dalli* в монодоминантном сообществе – 70 000 экз./м² при биомассе 280 г/м² (99,9 % от общей биомассы макробентоса). Особи преимущественно молодые, недавно осевшие, размером 0-2 и 2-4 мм. Соленость воды в данном районе была 25 ‰, температура воды – 23 °С.

В верхнем горизонте каменистой литорали бухты Парис плотность поселения *Ch. dalli* 20 300 экз./м², биомасса 1000 г/м² (97 % от общей биомассы). Единственным сопутствующим видом является *L. brevicula*. Большинство особей взрослые, размером 4-6 мм, без признаков угнетения. Соленость воды в данном районе не превышала 28 ‰, температура воды – 23 °С.

В верхнем горизонте каменистой литорали в мелководной заводи вблизи мыса Ахлестышева плотность поселения *Ch. dalli* 11 300 экз./м², биомасса 140 г/м² (87,5 % от общей биомассы). Сопутствуют виду-доминанту только Cyanophyta. Микроводоросли обильно поселяются на домиках, в отдельных случаях полностью покрывая их. Особи *Ch. dalli* мелкие, 0-4 мм, в угнетенном состоянии. Соленость воды повышенная (35 ‰), температура воды – 21 °С.

В среднем горизонте скалистой литорали бухты Карпинского образуется пояс *Ch. dalli*. Его плотность поселения равна 10 400 экз./м², биомасса 570 г/м² (95 % от общей биомассы бентоса). Особи в основном взрослые, размером 4-8 мм, без признаков угнетения. Сопутствующими видами являются красная водоросль *Gloiopeltis furcata* и брюхоногий моллюск *Lottia kogamogai*. Соленость воды в данном районе была 30 ‰, температура воды 22 °С.

В верхнем горизонте скалистой литорали бухты Аякс отмечен пояс *Ch. dalli*. Плотность поселения достигает 21 300 экз./м², биомасса – 420 г/м² (79 % от общей биомассы макробентоса). Преобладают молодые особи размером 0-4 мм, встречаются и взрослые – 4-10 мм. Сопутствующий вид – *L. brevicula*. В среднем горизонте существует сообщество *Ch. dalli* с плотностью поселения 27 200 экз./м² и биомассой 325 г/м² (84 % от общей биомассы макробентоса). Особи молодые и взрослые, размером 2-6 мм, без признаков угнетения. Основной сопутствующий вид – *L. brevicula*, его доля равна 16,2 % от суммарной биомассы. Соленость воды составляла 28 ‰, температура воды – 22 °С.

В прол. Старка восточнее мыса Иванцова на валунной литорали в верхнем горизонте развивается смешанное сообщество *Ch. dalli* + *Littorina mandshurica*. Плотность поселения хтамалуса равна 6 800 экз./м², биомасса 172 г/м² (48 % от общей биомассы). Доля литорины достигает 46 % от общей биомассы макробентоса. Особи *Ch. dalli* молодые (2-4 мм) и взрослые (размером 4-8 мм), которые преобладают. Соленость воды была 28 ‰, температура воды – 20 °С.

В среднем горизонте галечной литорали бухты Рында формируется смешанное сообщество *Ch. dalli* + *L. brevicula*, с высокой плотностью поселения и биомассой вида-доминанта – 22 000 экз./м² и 310 г/м², что составляет 66 % от общей биомассы бентоса. Особи *Ch. dalli* преимущественно молодые, размером 2-4 мм, без признаков угнетения. Доля вида-субдоминанта достигает 33 % от суммарной биомассы. В незначительном количестве в этом сообществе отмечен субтропическо-бореальный вид-вселенец *A. improvisus*. В том же горизонте на крупной гальке существует сообщество *Ch. dalli* + *G. furcata*. Плотность поселения хтамалуса – 6 700 экз./м², биомасса - 101 г/м² (56 % от общей биомассы). Особи в основном мелкие, размером 0-2 мм; реже взрослые, размером 4-8 мм, обросли водорослями и спирорбисами. Встречен сопутствующий вид *A. improvisus*. В среднем горизонте галечно-гравийной литорали бухты Рында встречено сообщество *Ch. dalli* + *Masudaphycus irregularis*. Плотность поселения хтамалуса – 32 300 экз./м², биомасса - 750 г/м² (57 % от общей биомассы). Особи в основном мелкие, размером 2-4 мм и взрослые, размером 4-8 мм. Доля вида-субдоминанта достигает 26 % от суммарной биомассы. Соленость воды в данном районе составляла 28 ‰, температура воды – 21 °С.

В нижнем горизонте каменистой литорали бухты Парис в поясе кораллины формируется сообщество *Ch. dalli* + *L. mandshurica* + *Corallina pilulifera*. Плотность поселения доминирующего вида 10 800 экз./м², биомасса - 985 г/м² (61 % от общей биомассы). Особи в основном взрослые, размером 4-8 мм, обросли зелеными нитчатками, корковыми красными водорослями и спирорбисами. Доля видов-субдоминантов достигает соответственно 17 и 14 % от суммарной биомассы. Соленость воды в данном районе не превышала 28 ‰, температура воды – 23 °С.

В исследованном районе хтамалус также входит в состав других сообществ в качестве субдоминанта или сопутствующего вида. В бухте Воевода в среднем горизонте на скалах формируется сообщество *L. brevicula* с биомассой доминирующего вида до 324 г/м² (64,9 % от общей биомассы). Хтамалус отмечен как субдоминантный вид (32,1 % от общей биомассы макробентоса).

В верхнем горизонте литорали на скалистом грунте в бухте Карпинского отмечено сообщество морских блюдечек *Lottia kogamogai* с биомассой доминирующего вида 180 г/м², что составляет 63 % от общей биомассы сообщества. *Ch. dalli* является субдоминантным видом (34,3 % от общей биомассы).

В бухте Новик (вблизи мыса Экипажный) в верхнем горизонте валунной литорали обнаружены скопления *L. brevicula* с биомассой доминирующего вида 427 г/м² (69,2 % от био-

массы бентоса) и субдоминантным видом *Ch. dalli* (30,8 % от общей биомассы). На валунной литорали бухты Новик в районе мыса Старицкого в верхнем горизонте зарегистрированы скопления *L. brevicula* с биомассой доминирующего вида 150,2 г/м² (75 % от общей биомассы) и сопутствующего вида – *Ch. dalli* (25 %). В среднем горизонте сформировано сообщество *L. brevicula* с биомассой доминирующего вида 333 г/м² (70,8 % от общей биомассы). *Ch. dalli* – субдоминантный вид (28,7 % от общей биомассы) и *A. improvisus* – сопутствующий вид с незначительной биомассой. В нижнем горизонте отмечено сообщество красных водорослей *Ceramium japonica*+*C. kondoi*. Эти виды не образуют большой биомассы. Она достигает всего 94 и 64 г/м² (30,1 и 20,5 % от общей биомассы в сообществе, соответственно). Этим видам сопутствует усоногий рак *Ch. dalli*.

В прол. Старка восточнее мыса Иванцова на валунно-глыбовой литорали в верхнем горизонте распространено сообщество *L. mandshurica* с биомассой доминирующего вида до 1467 г/м² (99,1 % от общей биомассы). Хтамалус является сопутствующим видом. В среднем горизонте этого же района сформировано сообщество *G. furcata* с биомассой доминирующего вида 84,5 г/м², что составляет 65,8 % от общей биомассы. *Ch. dalli* – субдоминантный вид.

В среднем горизонте каменистой литорали бухты Парис развивается сообщество *L. brevicula* с биомассой доминирующего вида 345 г/м² (62 % от общей биомассы). *Ch. dalli* – сопутствующий вид.

В бухте Аякс в нижнем горизонте галечно-песчаной литорали сформировано сообщество *L. mandshurica* с биомассой доминирующего вида 463 г/м² (68,6 % от общей биомассы). Сопутствующие виды, *Ch. dalli* и *A. improvisus*, представлены в небольшом количестве.

Для среднего горизонта валунной литорали (бухта Новик) характерно развитие сообщества красной водоросли *G. furcata* с биомассой 195 г/м², что составляет 72,2 % от общей биомассы. Основным сопутствующим видом – *Ch. dalli*.

В бухте Карпинского в среднем горизонте валунной литорали сформировано сообщество красной водоросли *Campylaephora crassa*. Биомасса доминирующего вида в нем достигает 620 г/м², что составляет 79,9 % от общей биомассы. Основным сопутствующим видом также является *Ch. dalli* (14,2 % от общей биомассы).

В бухте Карпинского в сообществе красной водоросли *C. pilulifera* в нижнем горизонте скалистой литорали биомасса доминирующего вида составляет около 270 г/м² (48,4 % от общей биомассы). *Ch. dalli* входит в сообщество в качестве сопутствующего вида.

Итак, усоногий рак *Ch. dalli* служит основным средообразующим элементом литоральной биоты о. Русский. Он достигает наибольшего количественного развития на твердых субстратах в участках побережья с активной гидродинамикой: проливах и оконечностях острова. Максимумы плотности его поселения зарегистрированы в среднем горизонте, а биомассы – в нижнем горизонте скалистой и валунной литорали. Хтамалус образует обширные поселения – пояса – в условиях нормальной или несколько пониженной солености. Особи данного вида в подавляющем большинстве случаев представлены всеми размерными группами, не имеют явных морфологических аномалий и признаков угнетения. Это свидетельствует об относительно благоприятной экологической ситуации в исследованном районе зал. Петра Великого.

Помимо широкобореального вида *Ch. dalli* на литорали о. Русский встречен субтропическо-бореальный вид *A. improvisus*. Он обнаружен в среднем горизонте валунной, каменистой и галечной литорали бухте Новик и бухте Рында. В нижнем горизонте данный вид отмечен в бухте Аякс на галечно-песчаной литорали. Плотность поселения *A. improvisus* не превышает 500 экз./м², а биомасса – 5 г/м². Частые находки живых особей этого вида вселенца в выбросах зостеры и в качественных сборах в литоральной и sublиторальной зонах тех же районов и сопредельных с ними свидетельствуют об успешной адаптации его в островной фауне. Правда, он не является в данном типично морском районе руководящим видом так, как это наблюдается в опресненной и прогреваемой кутовой части Амурского залива (Овсянникова, 2007).

В качественных пробах каменистой литорали бухты Парис встречены живые взрослые особи широкобореального вида *H. hesperius*. Это первая находка данного вида баланусов на литорали зал. Петра Великого.

В нижнем горизонте валунной литорали бухты Карпинского обитает крупный долгоживущий усоногий рак *B. rostratus*. Он является одним из основных сопутствующих видов в сообществе *Ch. dalli*. Плотность поселения его достигает 200 экз./м², а биомасса - 130 г/м². Особи *B. rostratus* молодые, размером 12-14 мм, обросшие мшанками.

Таким образом, из четырех видов усоногих раков только один вид, *Ch. dalli*, играет заметную роль в формировании литоральной биоты о. Русский. Этот вид доминирует в подавляющем большинстве районов на всем вертикальном диапазоне литорали. Отдельные участки побережья острова, обращенные в прол. Босфор Восточный (разрезы 5, 6), видимо, испытывают влияние загрязнения, поступающего из прибрежной зоны г. Владивостока. Здесь литораль слабо заселена, и *Ch. dalli* создает условия для жизни других гидробионтов, которые поселяются исключительно на его раковинах. Наиболее подходящие условия для развития *Cirripedia* создаются в бухте Карпинского и у входа в бухту Новик.

ЛИТЕРАТУРА

Брегман Ю.Э., Седова Л.Г., Мануйлов В.А., Петренко В.С., Ковековдова Л.Т., Борисенко Г.С., Шульгина Л.В., Симоконов М.В., Сухотская Л.Ю. Комплексное исследование среды и донной биоты бухты Новик (о. Русский, Японское море) после многолетнего антропогенного пресса // Изв. ТИНРО. - 1998. - Т. 124. - С. 320-343.

Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. - 1985. - Т. 110. - С. 111-119.

Гульбин В.В., Иванова М.Б., Кепель А.А. Поясообразующие группировки островной литорали Дальневосточного морского заповедника // Исследование литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. - С. 83-111.

Дерюгин К.М. Зоны и биоценозы залива Петра Великого (Японское море) // Сб. посвящен. науч. деятельности Н.М. Книповича. – М.:Л.: Пищепромиздат, 1939. - С. 115-142.

Закс И.Г. Предварительные данные о распределении фауны и флоры в прибрежной полосе залива Петр Великий в Японском море // Тр. Первой конф. по изучению производит. сил Дальнего Востока. – Владивосток, 1927. - Вып. 4. - С. 213-247.

Иванова М.Б., Белогурова Л.С., Цурпало А.П. Биота литорали эстуарной зоны вершины Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Мат-лы междунар. науч.-практич. конф. – Владивосток: ДВГУ, 2006. - С. 71-73.

Кепель А.А. Сезонные изменения видового состава в сообществах скалистой литорали Дальневосточного морского биосферного заповедника // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу: Мат-лы конф. – Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН; БГПУ, 2007. – Т. 1. - С. 172-174.

Костина Е.Е., Спирина И.С., Янкина Т.А. Распределение макробентоса на литорали залива Восток Японского моря // Биол. моря. - 1996. - Т. 22, № 2. - С. 81-88.

Овсянникова И.И. Состав и распределение усоногих раков в сообществах макробентоса северной части Амурского залива // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу: Мат-лы конф. – Благовещенск: АФ БСИ ДВО РАН; БГПУ, 2007. – Т. 1. - С. 242-246.

Щапова Т.Ф., Мокиевский О.Б., Пастернак Ф.А. Флора и фауна прибрежных зон острова Путятина (Японское море) // Тр. Ин-та океанол. АН СССР. - 1957. - Т. 23. - С. 67-101.

Ovsyannikova I.I. Barnacles in Benthic Communities of the Inner Part of Amursky Bay (Sea of Japan) // Ecological Studies and the State of the Ecosystem of Amursky Bay and Estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan). – Vladivostok: Dalnauka, 2008. - Vol. 1. (in press).

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕСЛОНОГИХ РАКОВ (*COPEPODA*) ДАГЕСТАНСКОГО РАЙОНА ПРИБРЕЖЬЯ КАСПИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

М.М. Османов, М.М. Алигажиев, Ф.Ш. Амаева
ПИБР ДНЦ РАН, г. Махачкала, Россия
pibrdnrcran@iwt.ru

Веслоногие раки являются одной из наиболее распространенных и многочисленных групп зоопланктона Каспия. В условиях побережья дагестанского района Каспия эти раки составляют около 20 % видового состава и более 80 % биомассы зоопланктона.

В условиях меняющихся факторов среды, связанных с подъемом уровня моря, углеводородным загрязнением и хищническим прессом азово-черноморского вселенца *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz), за последние годы в динамике распределения этих раков произошли значительные изменения.

На основе многолетних данных и современных исследований составлены карты-схемы распределения основных групп веслоногих раков и показана их роль в формировании зоопланктонных сообществ в экосистемах дагестанского побережья.

Материал и методика. В работе использованы гидробиологические материалы 1975-2005 гг. лаборатории гидробиологии и химической экологии моря ПИБР ДНЦ РАН, а также летние сборы 2005-2007 гг.

Пробы зоопланктона отбирались на 10 разрезах по глубинам 2, 5, 10, 20 м. дагестанского побережья Каспия с использованием сети Апштейна (малая модель из газа № 38, диаметр входного отверстия 25 см) (рис. 1).



Рис. 1. Карта-схема распределения гидробиологических разрезов и станций дагестанского района побережья Каспия в 1986-2006 гг.

Для количественной оценки и выяснения влияния гребневика на прибрежные экосистемы параллельно проводился сбор гребневика с использованием планктонной сетки такого же типа с ячейей 0,33 мм, с широким съемным стаканом пробы и частично обрабатывались на

месте. Собранный материал фиксировался 4 %-ным формалином. Камеральная обработка проводилась по общепринятым методикам (Богоров, 1927; Инструкция ..., 1977; Виноградов, 1983). Для определения сырой массы гребневика пользовались уравнением $W = 2,36L^{2,35}$, где W - сырой вес в мг; L - длина тела в мм (Виноградов и др., 1989).

Результаты исследований. В дагестанском прибрежье Каспия с учетом пресноводных форм, обитающих в придельтовых зонах рек Терек, Сулак, Самур и залитых участков, прилегающих к Кизлярскому заливу, нами обнаружено 17 видов веслоногих раков, из которых 9 видов *Calanoida*, 5 – *Ciclopoida* и 3 – *Harpacticoida*.

Из них 8 видов (*Limnocalanus grimaldii* Guerne, *Calanipeda aquae dulcis* Kritsch, *Acartia clausi* Giesbrecht, *Eurytemora grimmi* Sars, *E. minor* Sars, *E. affinis* Poppe, *Hetercope caspia* Sars, *Halicyclops sarsi* Acatova) являются наиболее распространенными и вместе с другими группами организмов составляют экологический комплекс прибрежных мелководий (Османов, Алигаджиев, 1999). В количественном и в пространственном распределении этих раков в прибрежных районах за последние 20-25 лет произошли большие изменения, которые в основном связаны с интродукцией азово-черноморских вселенцев в Каспий.

По материалам лета 1976 г. большая часть численности и биомассы зоопланктона дагестанского района прибрежья Каспия складывалась за счет веслоногого рачка *C. a. dulcis* (рис. 2).

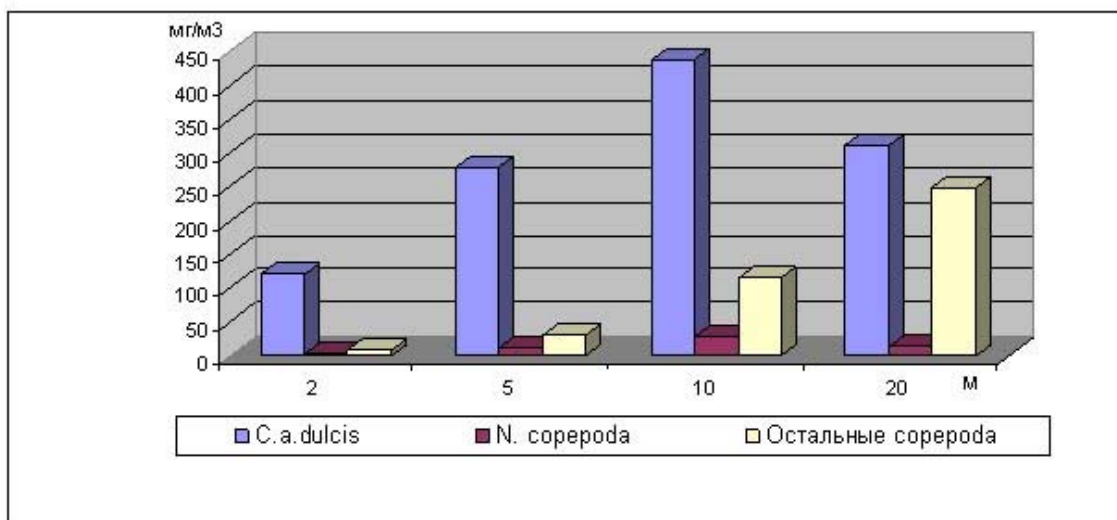


Рис. 2. Состав и распределение биомассы (мг/м³) зоопланктона по глубинам (м) в дагестанском районе прибрежья Северного Каспия летом 1976 г.

Веками устоявшееся равновесие во взаимоотношениях и в распределении этих раков было нарушено с появлением в начале 1980-х гг. из Азово-Черноморского бассейна вселенца *A. clausi*, из родственного отряда *Calanoida* (Курашова, Абдуллаева, 1984; Османов и др., 2001). В 1984-1985 гг. наблюдалось массовое развитие этого рачка по всему Каспию с максимальными концентрациями численности и биомассы в прибрежной зоне до 25 м глубин (рис. 3). В мелководьях прибрежья Сулакско-Каспийского района его биомасса в этот период достигала до 3 г/м³, составляя более 90 % общей биомассы зоопланктона.

Расселение и усиленная акклиматизация *A. clausi* в традиционных местах обитания аборигенных каспийских веслоногих раков *C. a. dulcis* и частично *E. grimmi* в начальный период создали напряженные пищевые взаимоотношения, которые привели почти к полному вытеснению аборигенных видов с прибрежных районов Каспия. До появления акарции в мелководьях до 5-10 м изобаты *C. a. dulcis* составляла более 90 % от общей биомассы зоопланктона (рис. 2), а на глубине 10 м более заметной была доля *E. grimmi*, биомасса которой достигала 100 мг/м³ (Лазарева, 1969; Мамаев, 1982; Османов и др., 2004). К началу 1990-х гг. произошла стабилизация в развитии акарции и образовались устойчивые сообщества с ее доминирующей ролью до 20 м глубин по всему прибрежью.

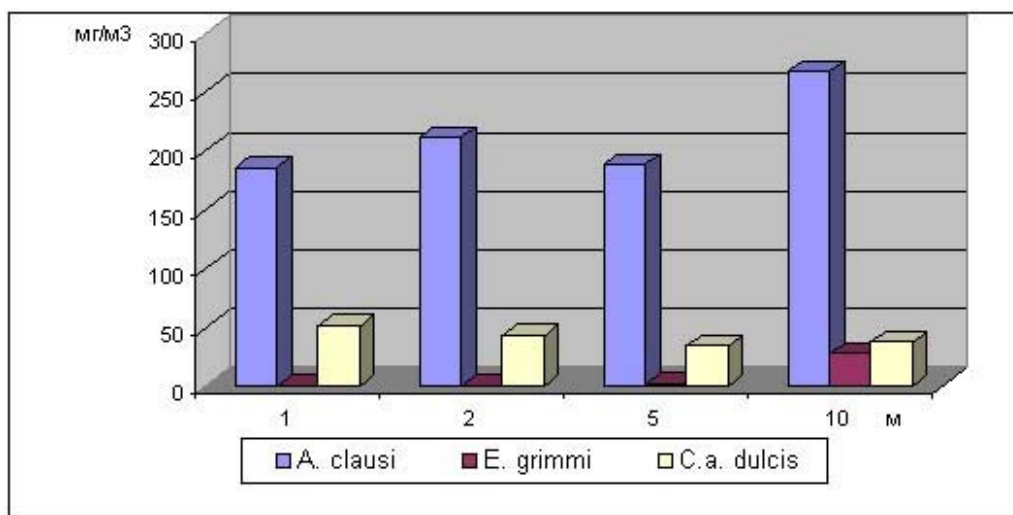


Рис. 3. Состав и распределение биомассы (мг/м³) зоопланктона по глубинам (м) в дагестанском районе побережья Среднего Каспия летом 1986 г.

Уменьшение численности и локализация основной массы акарцид вдоль 10-20 м изобаты сопровождалась восстановлением в мелководной зоне *C. a. dulcis*, а в глубинной части – *E. grimmi*. Проживая в идентичных условиях побережья, калянипеда заняла верхние слои водной толщи, а акарция – нижние. К середине 1990-х гг. в прибрежных мелководьях до 10 м глубин отмечено некоторое равновесие в распределении акарции и калянипеды и только с 10 м глубин наблюдалось явно выраженное доминирование акарции (рис. 4). Возможно, трофические отношения и распределяющее влияние подъема уровня моря способствуют расширению ареала этого рачка. Хотя успешная акклиматизация *A. clausi* в Каспии сопровождалась некоторым давлением на аборигенную каспийскую фауну, его устойчивые популяции значительно пополнили кормовую базу побережья.

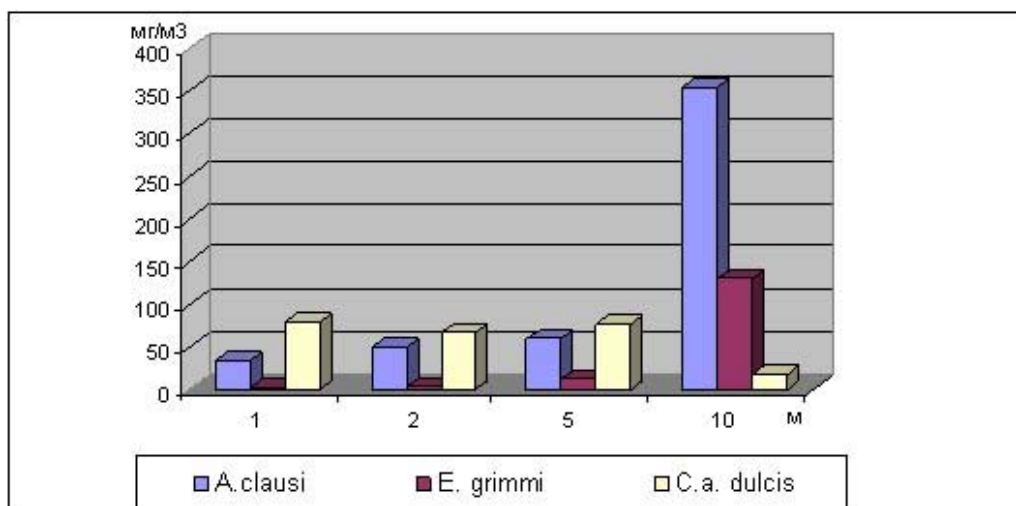


Рис. 4. Состав и распределение биомассы (мг/м³) веслоногих раков по глубинам (м) в дагестанском районе побережья Среднего Каспия летом 1996 г.

Хищническое воздействие вселенца гребневика *M. leidy* на фауну Каспия привело почти к полному исчезновению кормового зоопланктона (Гусейнов и др., 2005) в дагестанском побережье Каспия. Прежде всего, это отразилось на биоценозах прибрежных экосистем. Появление в начале июля гребневика сопровождается полным исчезновением всего зоопланктона. Нами установлено, что в этот период в зоопланктоне обнаруживаются только небольшие концентрации *A. clausi* (Османов и др., 2006) (см. таблицу).

Распределение веслоногих раков (мг/м³) дагестанского района Каспия до и после вселения гребневика *M. leidy* (лето)

Организмы	1990	2002	2003	2006
<i>L. grimaldii</i>	7,70	0,16	0,10	-
<i>E. grimmi</i>	11,25	-	-	-
<i>C. a. dulcis</i>	25,89	-	-	3,5
<i>A. clausi</i>	230,95	24,02	29,02	87,35
Остальные <i>Copepoda</i>	6,75	0,12	0,15	0,41
Все <i>Copepoda</i>	282,51	24,30	29,27	91,26

Наметившаяся тенденция уменьшения численности развития гребневика к 2006-2007 гг. отразилась на росте численности и биомассы массовых веслоногих раков западного побережья Каспия. Свидетельством тому является увеличение численности и биомассы *A. clausi* и появление небольших концентраций *C. a. dulcis* в прибрежных мелководьях исследуемого района (рис. 5). Возможно, начался процесс установления подвижного равновесия численности популяции гребневика и восстановление прибрежных экосистем в новых экологических условиях. Тем не менее, для того чтобы ослабить негативное влияние гребневика *M. leidy* на биологическое разнообразие и экосистемы Каспия, необходимы специальные целенаправленные меры.

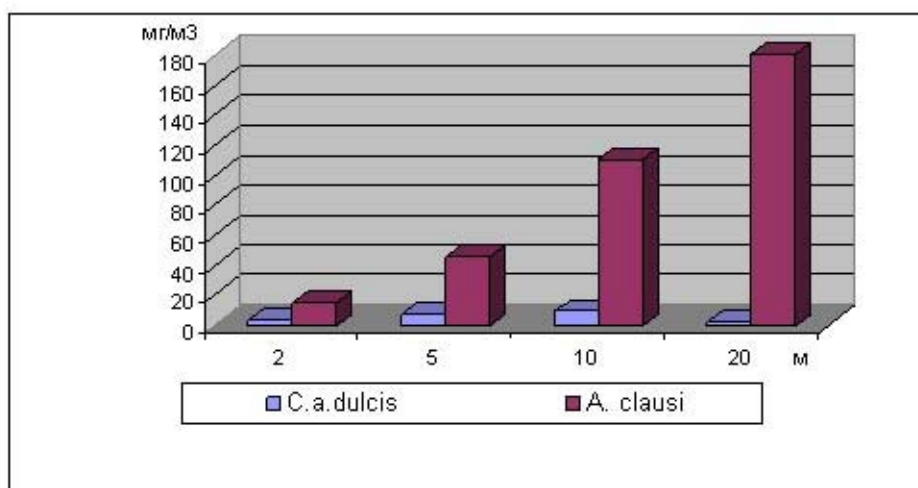


Рис. 5. Состав и распределение биомассы (мг/м³) веслоногих раков по глубинам (м) в дагестанском районе побережья Среднего Каспия летом 2006 г.

Таким образом, веслоногие раки, составляющие более 90 % от общей биомассы зоопланктона побережья дагестанского района Каспия, за последние десятилетия испытывают положительное влияние подъема уровня моря с одной стороны и ощутимый пресс азово-черноморских вселенцев с другой. Вселенец 1980-х гг. *A. clausi*, входя в число ведущих веслоногих раков западного побережья Каспия, пополнил кормовую базу моря, тогда как другой вселенец гребневик *M. leidy* нанес колоссальный ущерб, почти уничтожив кормовой зоопланктон, в первую очередь, веслоногих раков Каспия.

ЛИТЕРАТУРА

- Богоров В.Г.** К методике обработки планктона // Русс. гидробиол. журн. – 1927. **6**. – № 8-10. – С. 193-197.
- Виноградов Л.Г.** Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. – М.: Наука, 1983. – 279 с.
- Виноградов М.Е., Шукшина Э.А., Мусаева Э.И. Сорокин П.Ю.** Новый вселенец в Черном море – гребневик *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) // Океанология. – 1989. – Т. 29, № 2. – С. 293-299.

Гусейнов М.К., Османов М.М., Гусейнов К.М. Изменение пелагической экосистемы дагестанского района Каспия под воздействием гребневика *Mnemiopsis leidyi* (Agassiz) // Океанология. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 69-72.

Инструкция по сбору и обработке планктона. – М.: ВНИРО, 1977. – 72 с.

Курашова Е.К., Абдулаева Н.М. *Acartia clausi* в Каспийском море // Зоол. журн. – 1984. – Т. 63, вып. 6. – С. 931-933.

Лазарева Л.П. Зоопланктон Среднего и северной части Южного Каспия летом 1965 г. // Гидробиол. журн. – 1969. – Т. 5. – С. 103-110.

Мамаев М.М. Распределение зоопланктона в прибрежной части Среднего Каспия // Биологические ресурсы Дагестанского побережья Каспийского моря. – Махачкала: ДагФАН СССР, 1982. – С. 42-50.

Османов М.М., Алигаджиев М.М. Зоопланктон побережья дагестанского района Каспия // Биологические проблемы и перспективы их изучения в регионах Каспийского моря. – Махачкала, 1999. – С. 137-142.

Османов М.М., Алигаджиев М.М., Амаева Ф.Ш. Некоторые вопросы биологии и экологии азово-черноморского вселенца *Acartia clausi* Giesbrecht (*Calanoida*, *Acartidae*) в Среднем Каспии // Кавказский вестник. – 2001. – № 3. – С. 26-32.

Османов М.М., Алигаджиев М.М., Амаева Ф.Ш. Распределение *Calanipeda aquae dulcis* Kritsch (*Copepoda*) в Среднем Каспии в период повышения уровня моря // Почвенные и биологические ресурсы южных регионов России. – Махачкала, 2004. – С. 220- 224.

Османов М.М., Алигаджиев М.М., Амаева Ф.Ш. Особенности формирования и распределения зоопланктона Сулакского залива // Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем юга России. – Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2006. – С. 405-413.

ПИТАНИЕ МОЛОДИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ (КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

Л.В. Павлова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия
sea1234@mail.ru

В результате целенаправленной интродукции в Баренцево море видовой состав донной фауны Кольского залива пополнился новым элементом – камчатским крабом (*Paralithodes camtschaticus*). В массе крабы стали встречаться здесь с конца 1990-х гг. Исследование биологии *P. camtschaticus* в Кольском заливе представляет интерес, так как эта часть Баренцева моря была наиболее подвержена антропогенному изменению. С другой стороны, необходимо определить роль самого камчатского краба в экосистеме залива. В связи с этим с 2004 г. Мурманским морским биологическим институтом (ММБИ) совместно с Российским государственным гидрометеорологическим университетом (РГГМУ, С.-Петербург) начато исследование состава и структуры мелководных донных сообществ Кольского залива, а также особенностей питания в них молоди камчатского краба.

Исследования проводились в южном и среднем коленах Кольского залива на 4 полигонах. Сбор крабов осуществлялся с использованием легководолазной техники в диапазоне глубин 0-30 м. Отбор количественных проб бентоса производился в 2-5-кратной повторности: на твердом грунте – водолазами с использованием учетной рамки размером 25x25 см, на мягком грунте – водолазами или дночерпателем Петерсена (Скарлато и др., 1964; Пропп, 1971; Руководство..., 1983). Камеральная обработка проб бентоса, выделение биоценозов было проведено с использованием общепринятых методик и приемов (Воробьев, 1949; Руководство..., 1983; Максимович, Погребов, 1986). Биологический анализ молоди камчатского краба проводился по общепринятой методике (Руководство по изучению..., 1979). Пищевые комки из желудка и кишечника крабов исследовались в лаборатории под бинокулярным микроскопом. Идентификация организмов проводилась до видового или надвидового рангов. Для характеристики питания была рассчитана частота встречаемости объектов питания в пищевом комке в процентном соотношении числа пищеварительных трактов с данным компонентом к общему числу пищеварительных трактов с пищей. При определении, в каком сообществе происходил откорм крабов, главным критерием служил видовой состав жертв, также учитывалась информация о биотопах в местах поимки крабов. Степень перекрытия пищевых спектров с составом донных сообществ была оценена при помощи индекса перекрытия Пианки:

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n P_{ik} P_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^n P_{ik}^2 \sum_{k=1}^n P_{jk}^2}},$$

где $P_{i(j)}$ – доля (ЧВ в %) k категории пищи из n категорий, используемых $i(j)$ видом.

Как показали исследования, несмотря на достаточно широкий пищевой спектр (не менее 38 видов беспозвоночных, а также водоросли и рыба), в каждом сообществе важную роль в питании крабов играли всего несколько массовых видов беспозвоночных. В Кольском заливе большая часть мелководья занята мягкими илисто-песчаными грунтами, на которых широко распространено сообщество полихеты *Laonice cirrata* с биомассой 40 г/м². В его составе идентифицировано 89 таксонов, из них 65 – видового ранга. Основной вклад в биомассу вносили двустворчатые моллюски (36 %) и полихеты (24 %). В этом сообществе наибольшей плотностью поселения, частотой встречаемости, высокой степенью агрегированности обладали двустворчатые моллюски *Parvicardium pinnulatum*, *Ciliatocardium ciliatum*, *Mya arenaria*, *Macoma calcarea*, полихеты *L. cirrata*, *Pectinaria hyperborea*, *Eteone flava*, *Chaetozone setosa*, *Micronephthys neotena*, *Cossura longocirrata* и *Alitta virens*, а также офиуры *Ophiura robusta*.

В сообществе *L. cirrata* откармливались все размерные группы молоди камчатского краба. Их рацион состоял из двустворчатых (частота встречаемости 35 %) и брюхоногих моллюсков (12 %), полихет (58 %), офиур (4 %), морских ежей (24 %) и звезд (35 %), всего не менее 16 видов преимущественно инфаунных беспозвоночных. По частоте встречаемости доминировали полихета *P. hyperborea* (37 %) и непостоянный компонент биоценоза – морская звезда *Asterias rubens* (35 %). Морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis*, двустворчатый моллюск *P. pinnulatum* и полихета *A. virens* потреблялись молодыми крабами с частотой 23 %, двустворчатый моллюск *C. ciliatum* – с частотой 14 %. Встречаемость других двустворчатых и брюхоногих моллюсков, а также офиур *O. robusta* не превышала 1-4 %.

Твердый субстрат на мелководье залива распространен незначительно. На поверхности подводных частей гидротехнических сооружений в диапазоне глубин 4-10 м развивается биоценоз красной водоросли и мидии *Phycodris rubens*+*Mytilus edulis*. Он характеризуется невысоким видовым разнообразием (не более 36 таксонов, из них 25 определено до видового ранга). Общая биомасса бентоса составляет 140 г/м², на долю зообентоса приходится 65 г/м². По биомассе доминируют двустворчатые моллюски, в основном, *M. edulis* (31 %). Наибольшая численность и частота встречаемости отмечена у двустворчатых моллюсков *Hiatella arctica*, *Heteranomia squamula*, *M. edulis* и полихет *Nereimyra punctata* и *Circeis armoricana*. В этом биоценозе обычно кормится молодь *P. camtschaticus* с шириной карапакса 20-50 мм. Здесь ее рацион состоит из двустворчатых (частота встречаемости 74 %) и брюхоногих моллюсков (54 %), ракообразных (25 %), полихет (21 %), морских ежей (19 %), звезд (13 %), фораминифер (6 %) и гидроидов (4 %), всего не менее 22 таксонов донных беспозвоночных. Наиболее часто крабы поедали *M. edulis* (68 %) и *H. arctica* (28 %), брюхоногих моллюсков *Littorina spp.* (51 %), молодь морского ежа *S. droebachiensis* (19 %), усонного рака *Balanus crenatus* (17 %).

На глубинах 10-15 м, на поверхности валунов, распространен другой тип биоценоза красной водоросли и полихет *P. rubens*+*Pomatoceros triqueter* со сходными видовым разнообразием и биомассой бентоса (67 г/м²). По биомассе здесь доминируют полихеты-серпулиды (80 %). Наибольшей плотностью поселения и частотой встречаемости обладают двустворчатые моллюски *H. squamula* и полихеты-спирорбиды *C. armoricana*. В биоценозе *P. rubens*+*P. triqueter* обычно кормились крабы с шириной карапакса 20-40 мм. В их рацион входили двустворчатые (частота встречаемости 70 %) и брюхоногие моллюски (62 %), хитоны (46 %), ракообразные (46 %), фораминиферы (30 %), мшанки (12 %) и морские ежи (8 %), всего не менее 16 таксонов беспозвоночных. Наиболее часто крабы питались молодью двустворчатого моллюска *H. squamula* (частота встречаемости 46 %) и панцирными моллюсками *Boreochiton ruber* и *Stenosemus albus* (45 %). Часто поедались ими также брюхоногие моллюски *Onoba aculeus* (31 %), молодь усонных раков *Balanus balanus* (23 %) и фораминиферы-обрастатели (30 %).

В самой верхней сублиторали Кольского залива (от 0 до 3-10 м) на каменистом или смешанном грунте распространен биоценоз ламинариевых водорослей *Laminaria saccharina*+*Alaria esculenta* с суммарной биомассой 2740 г/м². В его состав входит не менее 14 видов водорослей и 77 таксонов донных беспозвоночных, среди которых 53 идентифицировано до видового ранга. Биомасса зообентоса составляет около 210 г/м², доминируют по биомассе двустворчатые моллюски (40 %) и усонные раки (30 %). Биоценоз ламинариевых водорослей соседствует с биоценозами нижнего горизонта литорали, также посещаемыми молодью камчатского краба во время приливов. Здесь наиболее распространены сообщества *M. edulis*, *Macoma balthica* и *Fucus vesiculosus*+*Ascophyllum nodosum*+*M. edulis*. Все они характеризуются невысоким видовым разнообразием (17-28 видов), биомассой порядка 280-700 г/м² и доминированием по биомассе двустворчатых моллюсков (60-86 %). Наиболее высокой численностью и встречаемостью в биоценозе ламинариевых водорослей обладали полихеты *C. armoricana*, *Paradexiospira violacea*, *Paradexiospira vitrea*, *P. triqueter*, *N. punctata*, молодь двустворчатых моллюсков *M. edulis*, *H. arctica*, *H. squamula*, брюхоногие моллюски *Epheria vincta* и *Testudinalia tessellata*, усонные раки *Verruca stroemia*. В сообществах ниж-

него горизонта литорали наиболее многочисленными и широко распространенными являлись моллюски *M. edulis*, *M. balthica*, *Littorina spp.*, полихеты *E. flava* и *A. virens*, ракообразные *Jaera albifrons* и *Gammarus duebeni*.

В биоценозах ламинариевых водорослей и нижнего горизонта литорали откармливались различные возрастные группы молоди краба. Здесь их рацион состоял из двустворчатых моллюсков (частота встречаемости 90 %), брюхоногих моллюсков (63 %), ракообразных (43 %), полихет (26 %), фораминифер (7 %) и хитонов (3 %), всего не менее 42 таксонов. По частоте встречаемости доминировали моллюски *M. edulis* (77 %) и *H. arctica* (26 %), *Littorina spp.* (43 %), усконогие раки *B. crenatus* (32 %). Встречаемость в рационе крабов прочих представителей зообентоса варьировала в пределах 0,8-10,0 %.

Сходство пищевого спектра молоди краба с составом бентоса было максимальным в обоих типах биоценоза красной водоросли *P. rubens* (0,47-0,50), а в остальных варьировала от 0,38 до 0,42.

Водоросли встречались в пищевых спектрах у 22 % неполовозрелых крабов и иногда доминировали в пищевых комках по массе. Однако их роль в питании камчатского краба не определена, т.к. свидетельств их переваривания в пищеварительном тракте крабов не получено. Нередко на съеденных крабами фрагментах макрофитов обнаруживались прикрепленные животные – полихеты-спирорбиды, фораминиферы, мшанки.

Помимо животных и растительных объектов, в состав пищевых комков молодых *P. camtschaticus* входили грунт, ил, детрит. Почти у половины крабов из Кольского залива в желудках были найдены остатки ниток, рыболовных сетей, лесок и пр. Они представляли собой плотно сбитый клубок, занимающий от 10 до 60 % объема кардиального отдела желудка. У молодых крабов, в отличие от взрослых особей, выведения мусора с фекалиями не отмечено. Большое количество антропогенного мусора уменьшает вместимость кардиального отдела желудка и способно ухудшать качество питания.

Таким образом, рацион крабов варьирует в различных донных сообществах, а его основу составляют небольшое количество массовых видов, потребляемых крабами чаще и в большем количестве по сравнению с другими донными беспозвоночными. Набор этих видов меняется в зависимости от особенностей кормовой базы конкретного сообщества. В целом, в сообществах мягких грунтов основу питания крабов составляют двустворчатые моллюски и полихеты, на твердых грунтах – двустворчатые и брюхоногие моллюски, а также ракообразные, иглокожие и хитоны. Молодь камчатского краба потребляет не все массовые виды донных беспозвоночных, что обусловлено недоступностью многих видов в силу мелких размеров или высокой подвижности. Наименее полно используется молодыми крабами кормовая база полихет.

Автор признателен за помощь при сборе материала водолазам РГГМУ Ю.А. Зуеву, Н.В. Зуевой, С.В. Голдину, А.В. Коршунову, А.А. Банникову, при обработке материала – научным сотрудникам ММБИ А.А. Фролову, Д.Р. Дикаевой, О.С. Любиной и Н.Н. Пантелеевой.

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев В.П. Бентос Азовского моря // Тр. Азов.-Черн. Н.-Иссл. Ин-та Морс. Рыб. Хоз. и Океаногр. – 1949. – Вып. 13. – 216 с.

Максимович Н.В., Погребов В.Б. Анализ количественных гидробиологических материалов: Учеб. пособие. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. – 97 с.

Пропп М.В. Экология прибрежных донных сообществ Мурманского побережья Баренцева моря по материалам водолазных гидробиологических работ. – Л., 1971. – 128 с.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – 60 с.

Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. канд. биол. наук В.А. Авакумова. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.

Скарлато О.А., Голиков А.Н., Грузов Е.Н. Водолазный метод гидробиологических исследований // Океанология. – 1964. – Вып. 4. – С. 707-719.

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА В КОЛЬСКОМ ЗАЛИВЕ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

Л.В. Павлова

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия
sea1234@mail.ru

Искусственно созданная баренцевоморская популяция камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* интенсивно изучается более 15 лет. Для понимания процессов, происходящих в ней, исследуются различные аспекты распределения и биологии крабов. В настоящей работе представлены результаты сезонного мониторинга поселений камчатского краба в прибрежье Баренцева моря на примере Кольского залива – крупнейшего фьорда на побережье Мурмана. Целью исследований было изучение различных аспектов жизнедеятельности *P. camtschaticus* в Кольском заливе: условий обитания, распределения, размерно-возрастной и половой структуры популяции и особенностей роста.

Работы проводились в 2005–2006 гг. совместно с лабораторией подводных исследований Российского Государственного гидрометеорологического университета (РГГМУ, С.-Петербург). Сбор камчатского краба осуществлялся водолазами в разные сезоны на определенных разрезах в диапазоне глубин от 0 до 30 м в среднем и южном коленах залива (рис. 1). Распределение плотности крабов определяли в полосе обзора путем подсчета встреченных особей. В скоплениях определяли плотность крабов на 1 м². На каждом полигоне среднюю плотность (P) крабов вычисляли по формуле:

$$P = \frac{S_a P_a + S_b P_b}{S},$$

где S_a – площадь дна, занятая агрегацией, S_b – площадь фона, P_a – плотность крабов в агрегации, P_b – фоновая плотность крабов (Блинова и др., 2005). В местах обитания *P. camtschaticus* отмечали характер биотопа, глубину, температуру, отбирали пробы воды для определения солености. Биологический анализ крабов проводился по общепринятой методике (Руководство по изучению..., 1979).



Рис. 1. Районы работ в среднем и южном коленах Кольского залива

Как показали исследования, на мелководье Кольского залива камчатские крабы существуют в мягких бореальных условиях. В период гидрологического лета (июль–ноябрь) температура воды в местах обитания крабов варьировала от 6 до 11 °С, гидрологической зимы (декабрь–апрель) – от 3 до 4 °С, с кратковременным понижением до 1–2 °С в феврале или марте, а в переходные периоды – от 4 до 5 °С.

Несмотря на значительную протяженность исследуемой акватории и впадения в вершину залива двух крупных рек Тулома и Кола, в местах обитания крабов практически отсутствовал градиент температуры и солености придонной воды. Толщина распресненного поверхностного слоя воды, ограничивавшего верхнюю границу распространения камчатских крабов, в направлении от кута до открытой части залива постепенно уменьшалась с 6–

8 м до 1 м и менее. Ниже этого слоя соленость придонной воды во все сезоны составляла 32-34 ‰.

В Кольском заливе преобладающий тип грунта – илистый песок (Дерюгин, 1915), на его долю приходится 80-90 % площади дна мелководья. Доля естественного твердого субстрата и его разнообразие постепенно увеличиваются в направлении от кута к открытой части залива. Искусственный твердый субстрат (причальные сооружения, затопленные суда) довольно равномерно распространен на исследуемой акватории.

На мелководье Кольского залива круглый год обитает молодь камчатского краба. Она населяет всю верхнюю сублитораль до глубины 26 м, а в среднем колене залива часто встречается в нижнем и среднем горизонтах литорали во время приливов. Неполовозрелые *P. camtschaticus* были встречены в разных биотопах, разнообразие которых постепенно уменьшается в направлении от открытой части к куту залива. В заливе обитают все размерные классы молоди камчатского краба (с шириной карапакса от 3 до 115 мм), однако в исследуемый период особенно многочисленными были особи с шириной карапакса 20-40 мм поколения 2004 г., и, в меньшей степени, 80-100 мм поколения 2002 г. (рис. 2). Вероятно, что в 2003 г. гидрологические условия для выживания личинок краба были не столь благоприятными, так как в выборке крабов особи этого поколения (с шириной карапакса 50-70 мм) встречались единично.

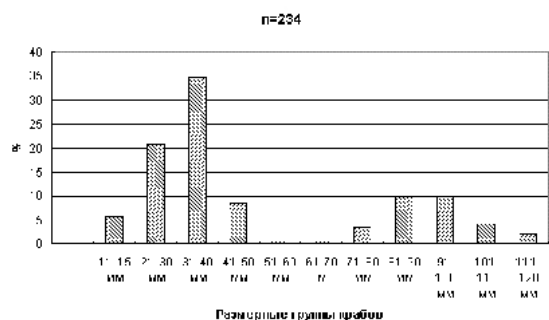


Рис. 2. Размерно-возрастная структура неполовозрелых

камчатских крабов в южном и среднем коленах Кольского залива в 2006 г.

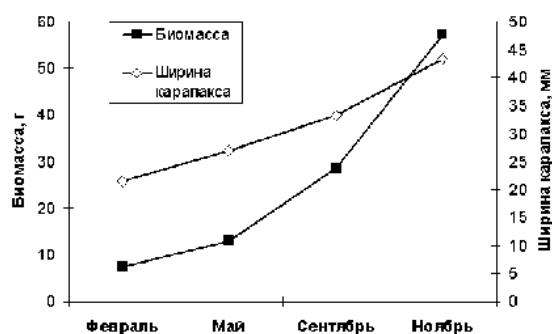


Рис. 3. Сезонная динамика прироста биомассы и ширины карапакса у молоди камчатского краба поколения 2004 г. в Кольском заливе в 2006 г.

Среднегодовая плотность поселения неполовозрелых крабов в местах их обитания составляла в среднем 2 экз./100 м². Однако по направлению от открытой части к куту залива численность крабов постепенно снижалась почти в 140 раз (от 5,50 до 0,04 экз./100 м²). Градиент плотности в этом направлении обусловлен как удалением от открытой части залива, где концентрируются половозрелые самки с икрой и происходит вымет личинок, так и уменьшением доли естественного твердого субстрата, более благоприятного для молоди в качестве источника укрытий и пищи.

В 2005-2006 гг. наиболее плотные поселения образовывали особи поколения 2004 г. с шириной карапакса 20-40 мм. Для этих крабов было характерно как случайное, так и агрегированное распределение. Скопления имели неярко выраженный «ленточный» характер или вид локальных пятен. В ленточных скоплениях их плотность поселения варьировала от 1 до 7 экз./м², в небольших локальных пятнах на скалах, валуннике и стенах пирсов – от 4 до 14 экз./м². Более крупные особи молодых *P. camtschaticus* с шириной карапакса более 70 мм образовывали локальные скопления с плотностью 0,5 экз./м², иногда – 3 экз./м².

Взрослые камчатские крабы появляются на мелководьях в среднем колене залива с марта по июль-август. Их обычно находили в биотопах илисто-песчаных грунтов и зарослях ламинариевых водорослей. Массово половозрелые крабы встречались глубже 12 м, а отдельные особи – с 6 м. Минимальная ширина карапакса самки с икрой составила 118 мм, максимальная – 178 мм. На мелководьях численно преобладали самки с шириной карапакса 130-140 мм. Размеры взрослых самцов варьировали от 119 до 186 мм по ширине карапакса. В распределении взрослых камчатских крабов прослеживается та же тенденция сокращения

численности в направлении от открытой части к куту залива. На севере среднего колена залива их плотность поселения составляла единицы на сотни квадратных метров, на юге плотность была на порядок ниже - единицы на несколько тыс. м².

Соотношение полов у молоди *P. camtschaticus* приблизительно равно. Совместное обитание на мелководьях взрослых самцов и самок после периода размножения прослеживается в течение весеннего и половины летнего периода (вплоть до июля), однако соотношение полов постепенно изменяется в сторону преобладания самок (80 %).

Мягкие температурные условия в Кольском заливе обуславливают достаточно быстрый рост неполовозрелых камчатских крабов. Наблюдения за изменением линейных размеров и массы тела у широко распространенных и наиболее многочисленных молодых *P. camtschaticus* поколения 2004 г. показали, что в природе за 10 месяцев эти крабы подросли практически на 2 см, а масса их тела увеличилась почти в 8 раз (рис. 3). Предположительно, такой прирост был достигнут за 4 линьки, происходивших в феврале, в конце апреля или первой половине мая, в июле (предположительно) и в октябре.

При анализе линейно-веса прироста для самцов и самок камчатского краба всего размерного ряда выявлено некоторое опережение самками темпов весового прироста. Зависимость между шириной карапакса (CW) и массой тела (m) крабов имеет вид:

$$\text{самцы } m_m = 0.0016 \text{ШК}^{2.7569} \quad (R^2 = 0.9851),$$

$$\text{самки } m_f = 0.0012 \text{ШК}^{2.8488} \quad (R^2 = 0.9878).$$

Таким образом, гидрологические условия в Кольском заливе благоприятны для роста камчатского краба, и особенно – его молоди, отличающейся высокой скоростью линейно-веса прироста. Однако выживание планктонных личинок краба в заливе в силу разных гидрологических или биологических причин бывает не всегда успешным, что сказывается на динамике формирования урожайных поколений краба. В распределении камчатских крабов выявлена общая тенденция увеличения их обилия в направлении от кута к открытой части залива, обусловленная геоморфологическими особенностями дна и особенностями размножения.

Автор выражает глубокую признательность за содействие в организации работ - руководству ММБИ и В.С. Зензерову, за помощь в сборе материала - сотруднику ММБИ А.Н. Зуеву, водолазам РГГМУ (С.-Петербург) Ю.А. Зуеву, С.В. Голдину, А.В. Коршунову, А.А. Банникову, Н.В. Зуевой, за помощь в обработке материала - А.А. Фролову (ММБИ).

ЛИТЕРАТУРА

Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. –М.: ВНИРО, 2005. – Вып. 3.– 135 с.

Дерюгин К.М. Фауна Кольского залива и условия ее существования // Зап. Имп. Академии Наук. – 1915. – Сер. 8, т. 34. – 819 с.

Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1979. – 60 с.

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНОГО МОРСКОГО ЕЖА (*STRONGYLOCENTROTUS NUDUS*) В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИМОРЬЯ

В.А. Павлючков, А.В. Попов
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, borilko@tinro.ru

Определение возраста гидробионтов, особенно у долгоживущих видов, является наименее изученной, но необходимой характеристикой при оценке промыслового запаса и расчета его пополнения.

Существуют различные способы определения возраста – от маркировки виниловыми трубками и миниатюрными излучателями электронных сигналов до окрашивания различными красками-маркерами (Ebert, 1968; Kobayashi, Taki, 1969; Gage, 1991; Agatsuma et al., 1995; Hagen, 1996).

Наиболее простой и результативный метод определения возраста ежей был предложен Йенсен (Jensen, 1969a). Он основан на непродолжительном прокаливании пластин интерамбулакralного ряда панциря в пламени спиртовки, с последующим просветлением в ксилоле, что приводит к проявлению на пластине чередующихся светлых и черных колец. Светлые участки соответствуют зимне-весенним, а темные – летне-осенним приростам пластинок, что подтверждает результаты, полученные Муром (Moore, 1935) для генитальных пластинок ежа. Как считает В.А. Брыков (1975), различие в окраске зон обусловлено изменением в течение года соотношений органического и минерального веществ, которые входят в состав пластинок.

Самое подробное исследование структуры, причин и механизмов возникновения чередующихся светлых и темных концентрических полос на пластинах скелета ежей принадлежит американским ученым (Pearse, Pearse, 1975), установившим, что светлые и темные полосы соответствуют периодам медленного и быстрого роста. На основании этого, можно точно сказать, что темные и светлые области формируются с годовой периодичностью (одна темная и одна светлая полосы за год).

Для определения возраста черного ежа (*S. nudus*), обитающего в южной части побережья Приморья, материал собирался в 2001-2002 гг. от мыса Поворотный до мыса Красная Скала и в зал. Петра Великого на участке от мыса Трамбецкого до мыса Поворотного.

На каждом разрезе выполнялись станции на глубине 5, 10, 15 и 20 м. С каждой станции выборку морских ежей проводили с одного квадратного метра дна в трех повторностях. У каждого ежа штангенциркулем измеряли диаметр и высоту панциря, без учета игл, с точностью до 1 мм. Вскрытые ежи очищались от мягких тканей, панцири помещали в насыщенный солевой раствор (3 литра воды на 1 кг соли), где они выдерживались в течение суток.

Первичная обработка материала показала, что важным этапом для использования вышеописанного метода определения возраста морских ежей является подготовка их панцирей к дальнейшей обработке, которая заключается в тщательной очистке панциря от игл, специфическом прокаливании и шлифовке центральной пластинки интерамбулакralного ряда.

Основным моментом при этом, является правильный выбор времени для прокаливании пластинки, так как перегрев ведет к значительному затруднению подсчета колец. Практическим путем установлено, что обжиг необходимо проводить до появления светло-коричневого оттенка на внутренней стороне пластинки. Для более «тонких» (0,5 мм) панцирей, время прокаливании должно составлять несколько секунд, а для более «толстых» (1,5 мм) оно увеличивается до одной минуты. При выработке определенных навыков прокаливании панцирей картина четкого проявления годовых колец достигается смачиванием мыльной водой (взамен предлагаемого ксилола).

Используя метод Йенсен с введенными нами поправками был определен возраст 1500 особей черного ежа с размерами от 16 до 100 мм.

Для характеристики возрастного состава черного морского ежа обычно используют следующую шкалу:

1 -3 года – неполовозрелые особи, в дальнейшем называемые «молодь»;

4 года – не полностью половозрелые особи, которые пополняют промысловую часть популяции через год, в дальнейшем называемые «пререкруты»;

5 – 9 лет – половозрелые особи, наиболее ценные для промысла, в дальнейшем называемые «промысловые»;

10 лет и более – половозрелые особи, частично участвующие в нересте и не имеющие так называемой «коммерческой» ценности, в дальнейшем называемые «старые».

Размерно-возрастная структура черного морского ежа.

Исследовано восемь поселений черного морского ежа. Численность черных морских ежей (экз. и %) в разных возрастных группах в исследованных скоплениях приводится в таблице.

Численность черных морских ежей (экз., %) в разных возрастных группах										
Мыс Поворотный – о. Скала Крейсер										
Возраст	5		10		15		20		от 5 до 20	
<3 лет	20	15	22	14	5	5	3	6	50	11
4 года	23	17	15	10	5	5	1	2	44	10
5-9 лет	79	58	96	63	75	71	29	62	279	63
10 и старше	14	10	20	13	20	19	14	30	68	16
Все воз. группы.	136	100	153	100	105	100	47	100	488	100
о. Скала Крейсер – мыс Сысоева										
<3 лет	11	14	2	5	1	3	2	17	16	10
4 года	6	8	1	3	2	5	8	66	17	10
5-9 лет	40	51	27	71	24	63	0	0	91	55
10 и старше	21	27	8	21	11	29	2	17	42	25
Все воз. группы	78	100	38	100	38	100	12	101	166	100
мыс Сысоева - мыс Якимова										
<3 лет	8	7	22	21	1	2	0	0	31	12
4 года	8	7	14	13	6	13	0	0	28	7
5-9 лет	38	34	48	45	19	42	2	50	107	40
10 и старше	59	52	22	21	19	42	2	50	102	38
Все воз. группы	113	100	106	100	45	100	4	100	268	100
мыс Обручева – мыс Разградского										
<3 лет	6	9	2	9	1	100	0	0	9	10
4 года	8	12	2	9	0	0	0	0	10	11
5-9 лет	28	42	7	32	0	0	0	0	35	39
10 и старше	25	37	11	50	0	0	0	0	36	40
Все воз. группы	67	100	22	100	1	100	0	0	90	100
мыс Разградского – мыс Красная скала										
<3лет	5	11	0	0	0	0	0	0	5	6
4 года	6	13	7	21	0	0	0	0	13	15
5-9 лет	15	33	9	27	4	57	0	0	28	34
10 и старше	19	42	17	52	3	43	1	100	40	45
Все воз. группы	45	100	33	100	7	100	1	100	86	100
мыс Козина – мыс Поворотный										
<3 лет	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 года	2	7	3	10	0	0	0	0	5	8
5-9 лет	23	79	17	57	0	0	0	0	40	68
10 и старше	4	14	10	33	0	0	0	0	14	24
Все воз. группы	29	100	30	100	0	0	0	0	59	100
мыс Грамбецкого – мыс Козина										
<3 лет	12	9	2	2	3	10	0	0	17	6
4 года	13	10	4	4	1	3	0	0	18	7
5-9 лет	82	61	68	75	16	55	3	43	169	65
10 и старше	28	21	17	19	9	31	4	57	58	22
Все воз. группы	135	100	91	100	29	100	7	100	262	100

мыс Трамбецкого – мыс Красная скала										
Возраст	5		10		15		20		от 5 до 20	
<3 лет	62	10	50	11	11	5	5	7	129	9
4 года	68	11	46	10	14	7	9	13	135	10
5-9 лет	305	51	273	58	138	62	34	48	709	53
10 и старше	170	28	106	22	63	28	23	32	360	28
Все воз. группы	605	100	475	100	225	100	71	100	1333	100

Анализ полученного материала показал, что с продвижением на север, по мере «свертывания популяции» (от мыса Трамбецкого до мыса Красная Скала), наблюдалось явное увеличение количества старших возрастных групп и уменьшение количества молоди. При сравнении полученных материалов по размерной структуре черных морских ежей с материалами, выделяя отдельно группы молоди по возрасту, пререкрутов и взрослых ежей, получена следующая картина. В первом случае на долю взрослых приходилось 58 %, пререкрутов и молоди 30 и 12 % соответственно, во втором – взрослые особи составляли 80 %, а рекруты и молодь по 10 %, что объясняется различными темпами роста ежа в различных скоплениях. В размерной группе до 40 мм (молодь) присутствовали истинной молоди – 69,2 %, пререкрутов – 14,3 % и взрослых 16,5 %. В размерной группе 40–50 мм (пререкруты) доминировали взрослые особи – 47,5 %, пререкруты – 31,4 % и молодь – 21,1 %. В размерной группе более 50 мм преобладали промысловые – 95 %, на долю молоди и пререкрутов приходилось 5 %.

Полученные данные по возрасту черного ежа в дальнейшем позволят более рационально определять нагрузки при его вылове на различных промысловых участках.

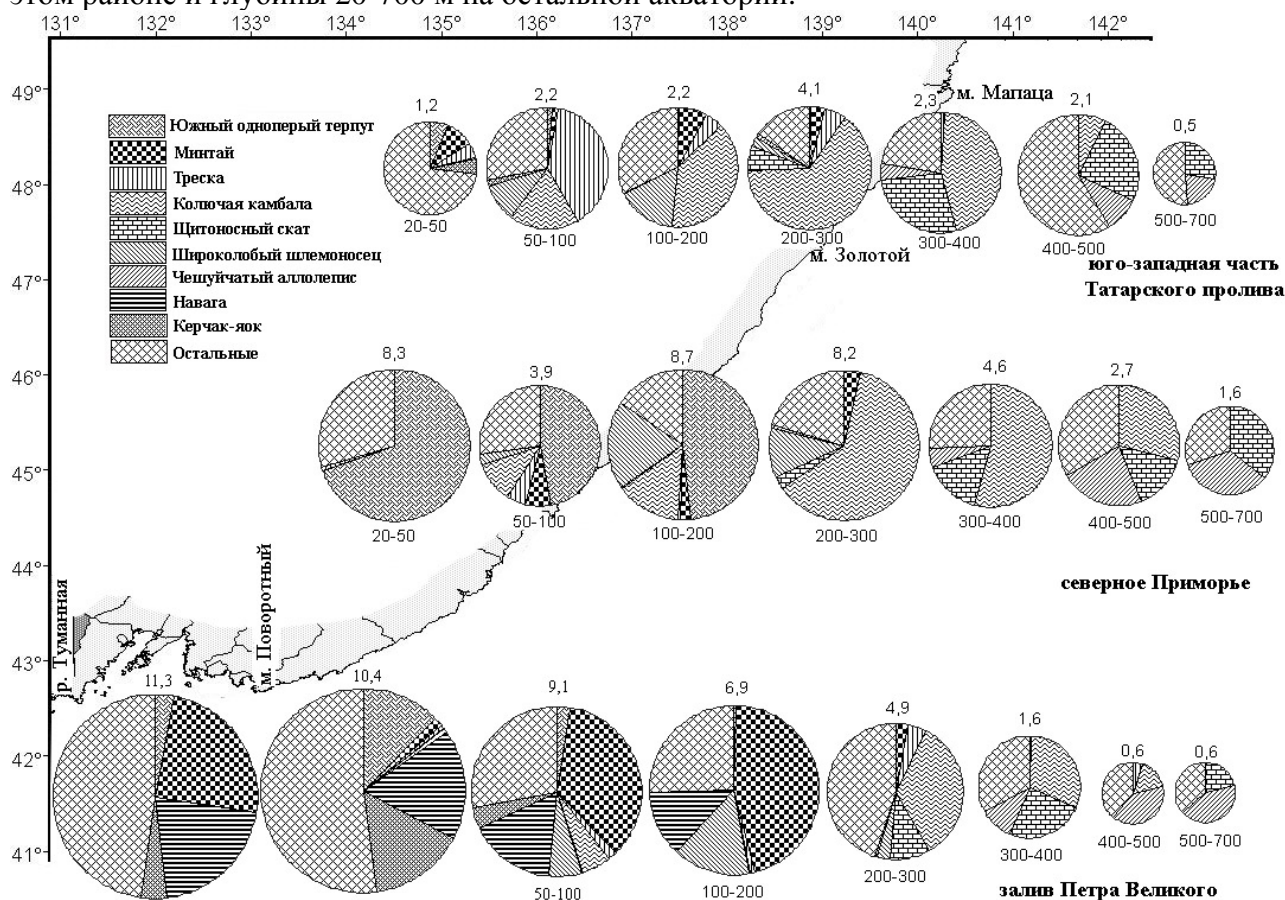
ЛИТЕРАТУРА

- Брыков В.А.** Об индивидуальном возрасте и продолжительности жизни некоторых видов морских ежей Японского моря // Биол. моря. – 1975. – № 2. – С. 39–44.
- Agatsuma Y., Sakai Y., Matsuda T.** (eds) Manual for transplantation of the sea urchin seed, *Strongylocentrotus intermedius*. // Otaru: Hokk. Central Fish. Exp. Station, 1995. 81 p.
- Ebert T.A.** Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abrasion // Ecology. – 1968. – Vol. 49. – P. 1075–1091.
- Gage J. D.** Skeletal growth zones as age-markers in the sea urchin *Psammechinus miliaris* // Marine Biology. – 1991. – Vol. 110. – P. 217 – 228.
- Hagen N.T.** Tagging sea urchins: a new technique for individual identification // Aquaculture. – 1996. Vol. 136. – P. 271–284.
- Jensen M.** Age determination of echinoids // Sarsia. – 1969a. – Vol. 37. – P. 41–44.
- Kobayashi S., Taki J.** Calcification in sea urchins // A tetracycline investigation of growth of the mature test in *Strongylocentrotus intermedius*. Calc.tissue res. – 1969. – Part 1, vol. 4. – P. 210–223.
- Moore H.B.** A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats // Mar. biol. ass. U.K. – 1935. – Part 2, vol. 20. – P. 109–128.
- Pears J.S., Pears V.B.** Growth zone in the echinoid skeleton // Amer. Zool. – 1975. – Vol. 15. – P. 731–753.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ РЫБ В ПОДЗОНЕ ПРИМОРЬЕ В 2007 Г.

В.В. Панченко, П.В. Калчугин, С.Ф. Соломатов, Д.В. Измятинский, Д.В. Антоненко
ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, Россия, vdovin@tinro.ru

В основу работы положены данные траловой съемки подзоны «Приморье», включавшей 330 тралений и проведенной в июне-августе 2007 г. на двух судах ТИНРО-центра: МРС-5005 и РКМРТ «Бухоро». На первом судне применялся 23-, на втором – 27-метровый донный трал. Подсчет запасов проводили площадным методом (Аксютин, 1968) по трем районам: зал. Петра Великого (от устья р. Туманная до мыса Поворотный), северное Приморье (от мыса Поворотный до мыса Золотой) и юго-западная часть Татарского пролива (от мыса Золотой до мыса Мапаца) (рис.) по диапазонам глубин 5-20-50-100-200-300-400-500-700 м. При расчетах придерживались стандартных коэффициентов уловистости (Гаврилов и др., 1988; Борец, 1997), несколько уменьшая их для молоди (Измятинский, 2002). На МРС обследовалась акватория зал. Петра Великого на глубинах от 5 до 125 м, на «Бухоро» – глубины 125-700 м в этом районе и глубины 20-700 м на остальной акватории.



Плотность и качественный состав уловов рыб по батиметрическим диапазонам в исследованных районах. Над диаграммами указана плотность (т/км²), под диаграммами – диапазон глубин

За период работ отмечено 130 видов рыб, относящихся к 31 семейству. В зал. Петра Великого встречено наибольшее количество видов – 113, далее следовало северное Приморье – 99, затем – Татарский пролив – 63 вида. Общими для трех районов оказались 56 видов, относящихся к 14 семействам. Наибольшим видовым разнообразием характеризовались рогатковые (25 видов), далее следовали стихеевые (15 видов), камбаловые и лисичковые (по 13 видов), бельдюговые (10 видов), липаровые (7 видов), круглоперовые (6 видов) и морские окуни (5 видов). Остальные семейства были представлены 1-3 видами.

Общая ихтиомасса в подзоне «Приморье» оценена в 294 тыс. т (табл.). Так как глубины менее 20 м были охвачены только в зал. Петра Великого (оценка биомассы здесь в диапазоне

5-20 м составила 13 % от биомассы для залива в целом), отсутствие исследований на малых глубинах севернее привело к недоучету запасов, хотя стоит оговориться, что мелководная зона там менее обширна, чем в заливе.

Учетная ихтиомасса (тонн) в различных районах подзоны «Приморье» по результатам съемки

Семейство	ЗПВ	СП	ТП	Итого
Squalidae (Катрановые)		267,539		267,539
Rajidae (Ромбовые скаты)	552,31	4595,71	1359,01	6507,03
Clupeidae (Сельдевые)	2624,48	6,88123	3,37304	2634,74
Engraulidae (Анчоусовые)	71,3408			71,3408
Cyprinidae (Карповые)	2269,54	58,7242		2328,26
Osmeridae (Корюшковые)	279,337			279,337
Salmonidae (Лососевые)		43,6176		43,6176
Salangidae (Лапша-рыбы)	0,15533			0,15533
Gadidae (Тресковые)	41823,2	6650,42	3919,92	52393,5
Sebastidae (Морские окуни)	107,327	2141,19	12,1333	2260,65
Gasterosteidae (Колюшковые)	0,01086			0,01086
Hypoptychidae (Короткоперые песчанки)	0,04193	0,31915		0,36109
Syngnathidae (Иглообразные)	0,03507			0,03507
Hexagrammidae (Терпуговые)	5820,27	63851,3	214,208	69885,7
Cottidae (Рогатковые)	24990,4	35890,7	3705,97	64587
Hemitripterae (Волосатковые)	1677,41	59,0288	43,8235	1780,26
Psychrolutidae (Психролютовые)	113,926	1878,5	139,736	2132,16
Agonidae (Лисичковые)	1260,6	389,764	26,1528	1676,52
Cyclopteridae (Круглоперовые)	57,2786	1166,65	261,272	1485,2
Liparidae (Липаровые)	338,524	4059,36	660,372	5058,26
Carangidae (Ставридовые)	1,63093			1,63093
Mugilidae (Барабулевые)	326,185			326,185
Bathymasteridae (Батимастеровые)	0,61733	1,27661		1,89394
Zoarcidae (Бельдюговые)	221,787	5053,06	1402	6676,85
Stichaeidae (Стихеевые)	1195,98	581,778	593,683	2371,44
Pholidae (Маслюковые)	0,64224			0,64224
Trichodontidae (Волосозубовые)	2433,71	3,60553		2437,31
Ammodytidae (Песчанковые)	23,8635	183,912		207,775
Gobiidae (Вьюновые)	0,46598			0,46598
Pleuronectidae (Камбаловые)	12634,8	45225,3	10605,6	68465,6
Tetraodontidae (Четырехзубые)		9,57459		9,57459
Общий итог	98825,8	172118	22947,2	293891

Примечание. ЗПВ – зал. Петра Великого, СП – северное Приморье, ТП – юго-западная часть Татарского пролива.

Основу ихтиоцены традиционно (Вдовин и др., 2004) составляли представители четырех семейств: терпуговые, камбаловые, рогатковые и тресковые (таблица).

Из терпуговых отмечено три вида, среди которых 99 % по биомассе пришлось на южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus*. Высокие уловы отмечены на традиционном для этого сезона участке – между 45° и 46° с.ш. на глубинах около 100 м. Прослеживаются две модальные группы рыб: длиной около 27 см и около 31 см. Обращает на себя внимание малое количество молоди первого и второго годов жизни длиной до 20 см. После многолетнего подъема, в настоящее время происходит спад численности терпуга. Полученные оценки биомассы (69,2 тыс. т) в два раза ниже оценок предыдущей съемки 2005 г., хотя и находятся на уровне среднемноголетних (Вдовин и др., 2004).

У камбаловых в Приморье в последние годы отмечена тенденция возрастания доли глубоководных камбал на фоне уменьшения обилия прибрежных (Антоненко, 2007). В семействе абсолютно доминировала колючая камбала *Acanthopsetta nadeshnyi* – две трети учтенной биомассы. Субдоминантные – малоротая *Glyptocephalus stelleri* и палтусовидная *Hippoglossoides dubius*. Стоит отметить, что у этих глубоководных камбал в период съемки проходил нерест и, в связи с нерестовыми миграциями, есть вероятность как недоучета, так и повторного учета части их запасов. Среди прибрежных лидировали желтополосая *Pseudopleuronectes herzensteini* и японская *Pseudopleuronectes yokohamae* камбалы.

У колючей камбалы особенно высокие уловы отмечались в районе 45-48° с.ш. на глубинах от 100 до 300 м. Созревают камбалы обычно при длине 21-22 см (Иванкова, 2004). По достижении длины около 20 см у камбал существенно повышается уловистость тралом (Вдовин, 2000). Несмотря на низкую уловистость рыб меньшей длины, доля их оказалась очень высокой – 48 %. В ближайшее время возможно продолжение роста запасов колючей камбалы в Приморье. Биомасса этого вида в 2007 г. оценена в 50,3 тыс. т, что выше данных прошлой съемки, проведенной летом 2005 г. (43,7 тыс. т), однако несколько ниже среднегодовых показателей (Вдовин и др., 2004).

У малоротой камбалы высокие уловы отмечены в центральных частях северного Приморья и залива Петра Великого на глубинах 50-100 и, в меньшей степени, 100-200 м. Если в 2005 г. доля пойманных особей малоротой камбалы длиной до 20 см была лишь 5 %, то в нынешней съемке – уже 28 %. Оценки запасов также несколько возросли (с 4,7 до 5,1 тыс. т), но ниже (в три раза) среднегодовых показателей.

Биомасса палтусовидной камбалы (4,9 тыс. т) оценена на уровне прошлой съемки и несколько превышает многолетние данные. Участки ее повышенной плотности чередовались с участками полного или почти полного отсутствия в уловах. Предпочитаемые диапазоны глубин – 50-100 и 100-200 м в центральной части залива Петра Великого и у мыса Золотой. В уловах преобладали особи длиной около 23-25 см; молодь длиной до 20 см составила 20 %.

Желтополосая камбала концентрировалась в основном на акватории зал. Петра Великого в диапазоне 20-50 м, значительная доля (около 20 % от учтенной биомассы вида) пришлась на диапазон 5-20 м. В уловах преобладали особи длиной около 23 см. Более трети от учтенных рыб составили особи длиной до 20 см. В нынешнем году запас желтополосой камбалы в оценен в 2,4 тыс. т, что ниже как данных прошлой съемки (3,3 тыс. т), так и среднегодовых показателей (Вдовин и др., 2004).

Основные скопления японской камбалы отмечены в северном Приморье на прилегающей к мысу Золотой акватории и в Амурском заливе в тралениях у 20-метровой изобаты. Следует отметить увеличение по сравнению с данными съемки 2005 г. доли в уловах мелкоразмерных особей с 6 % до 33 %. В целом биомасса японской камбалы оценена в 1,9 тыс. т, что гораздо ниже полученных в прошлой съемке оценок (5,2 тыс. т) и среднегодовых показателей.

У тресковых доля по биомассе минтая *Theragra chalcogramma* составила 56 %, наваги *Eleginus gracilis* – 32 %, трески *Gadus macrocephalus* – 12 %. Отметим, что летний период не является оптимальным для учета тресковых, особенно минтая (Шунтов и др., 1993) и трески (Калчугин, 2004). В это время скопления их разрежены и «подорваны» над грунтом.

Наиболее высокие уловы минтая были отмечены на акватории зал. Петра Великого в основном в диапазоне 50-100 м. Оцененная биомасса на порядок ниже среднегодовых данных, однако стоит отметить, что в Приморье впервые за последние годы произошел существенный рост оценок запасов минтая. Биомасса его в нынешнем году оценена в 29,3 тыс. т, что в два раза выше данных съемки 2005 г. Основу уловов составлял мелкий минтай урожайного поколения 2006 г. рождения, за счет которого и произошел рост.

Навага практически вся была сосредоточена в зал. Петра Великого в диапазоне глубин 50-100 м. В настоящее время навага в Приморье находится на подъеме численности. Оценка ее биомассы в нынешнем году (16,9 тыс. т) несколько превышает оценки съемки 2005 г. (13 тыс. т) и гораздо выше среднегодовых показателей. Основу уловов составляли особи длиной 17-21 см.

Сравнительно большие уловы трески отмечены в диапазоне 50-100 м в зал. Петра Великого и на прилегающем участке северного Приморья, а также в его северной и центральной части. В последние годы запасы трески находятся на низком уровне. По сравнению с данными съемки 2005

г. оценки биомассы снизились с 8,2 до 6,2 тыс. т. Ранее большой вклад в запасы трески Приморья вносили особи урожайного поколения 1998 г. В настоящее время количество рыб этого поколения в результате естественной смертности и влияния промысла существенно уменьшилось, что привело к снижению запасов. Наиболее высокой в уловах оказалась доля трески длиной 35-39 см 2004 г. рождения.

Среди рогатковых доминировал широколобый шлемоносец *Gymnocanthus detrisus* – 38 % от учтенной биомассы семейства. Субдоминантные виды – керчак-яок *Myoxocephalus jaok* – 11 %, а также дальневосточный шлемоносец *Gymnocanthus herzensteini* и многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus* – по 9 %.

У широколобого шлемоносца основные концентрации отмечены в диапазоне 100-200 м у мыса Поворотный и на севере Приморья. Однако и на других участках на предпочитаемых глубинах этот вид встречался обычно в значительных количествах. Оцененная биомасса (24,6 тыс. т) в два раза выше цифры, полученной в прошлой съемке и почти в два раза превышает максимальные многолетние оценки (Вдовин и др., 2004). Среди пойманных преобладали особи длиной 19-22 и 27-30 см.

Керчак-яок нагуливался в основном в зал. Петра Великого на глубинах 20-50 м. В последнее время запасы керчака-яока находятся на подъеме. Оценки биомассы как прошлой, так и нынешней съемок составили около 7 тыс. т и превысили среднемноголетние данные. Доминировали в уловах размерные группы рыб длиной 20-24 см и 35-38 см.

Сравнивая ихтиофауну трех районов на различных глубинах, напомним, что глубины менее 20 м мы имеем возможность описать только для зал. Петра Великого. Зал. Петра Великого, обладающий большой мелководной шельфовой зоной и расположенный на юге Приморья, является традиционным местом для летнего нагула многих рыб. В этом районе плотности рыб поступательно уменьшались по направлению от берега, начиная с минимальных глубин исследования (рис.). В двух других районах в целом также просматривается тенденция уменьшения плотности с увеличением глубины. Однако в северном Приморье плотность была наиболее высокой на 100-200 м, в Татарском проливе – на 200-300 м и лишь глубже постепенно стала понижаться.

В зал. Петра Великого на глубинах 5-20 м в уловах доминировали молодь минтая и наваги, на 20-50 м – навага, керчак-яок и южный одноперый терпуг, на 50-100 м – минтай и навага, а на 100-200 м, кроме этого – широколобый шлемоносец. В северном Приморье на глубинах от 20 до 200 м основу уловов в целом составлял южный одноперый терпуг. В юго-западной же части Татарского пролива на глубинах 20-50 м лидировала звездчатая камбала *Platichthys stellatus*, от 50 до 200 м – колючая камбала, широколобый шлемоносец и треска. Глубже состав доминирующих видов в районах был более сходен. На глубинах 200-300 и 300-400 м повсеместно доминировала колючая камбала. С понижением глубины значительная доля стала приходиться на щитконосного ската *Bathyraja parmifera* и чешуйчатого аллолеписа *Bothrocara hollandi* (рис.).

Межрайонные различия в соотношениях рыб в диапазонах глубин во многом связаны с различиями их гидрологических режимов. К сожалению, у нас отсутствуют данные о температурном режиме вод по тралениям, проведенным на МРС-5005 в зал. Петра Великого, т.е. по глубинам менее 125 м, где был сосредоточен основной запас рыб. По северному Приморью и Татарскому проливу наиболее резкие различия в температуре придонных вод проявились на минимальных исследованных здесь глубинах, в диапазоне 20-50 м: в первом районе средняя температура превысила 8 °С, тогда как во втором не достигла 4 °С. Именно в этом диапазоне наиболее сильно, в несколько раз, плотность рыб в северном Приморье превышала таковую в юго-западной части Татарского пролива. Существенной разницы температур была в диапазоне 50-100 м и 100-200 м. Отсутствие в юго-западной части Татарского пролива на малых глубинах высоких концентраций терпуга и других рыб может быть обусловлено неблагоприятным температурным режимом. Температурный режим в этом районе в верхней части шельфа в период съемки 2007 г. оказался близок к таковому в 2004 г., когда также не было отмечено больших концентраций рыб на шельфе юго-западной части Татарского пролива (Калчугин и др., 2006). В прошлой же съемке 2005 г., когда температура воды здесь была выше, лучшей была и заселенность рыбами этого района.

Основной запас рыб в весовом выражении был сосредоточен в северном Приморье (таблица), площадь которого гораздо больше, чем площади двух других районов. Учтенные запасы в

юго-западной части Татарского пролива были самыми низкими. Необходимо сказать, что по последнему району мы располагаем и весенними данными по распределению рыб, так как в апреле-мае совместно с СахНИРО был проведен рейс по изучению сырьевых ресурсов Татарского пролива на НПС «Дмитрий Песков». Тралениями тогда была охвачена практически вся акватория пролива как с островной, так и с материковой сторон. Учетный весной запас в юго-западной части Татарского пролива был более чем в два раза ниже летнего, что вполне закономерно, так как в период весенних исследований здесь еще сохранялся зимний характер распределения рыб. Зимовальные же скопления рыб в Татарском проливе традиционно приурочены не к материковому побережью, а к островному склону западного Сахалина на глубинах более 200 м (Ким Сен Ток, 2001).

В нынешней летней съемке оценки запасов рыб в зал. Петра Великого были выше, чем в прошлой, в основном за счет подъема запасов минтая. В северном же Приморье, напротив, оценки запасов несколько снизились, что произошло в основном за счет падения запасов терпуга. В юго-западной части Татарского пролива падение запасов было более существенным также в основном за счет терпуга, чему мог способствовать суровый температурный режим этого года в указанном районе. В целом же говоря о состоянии запасов рыб в подзоне «Приморье», его можно охарактеризовать как удовлетворительное. Оценки запасов двух последних съемок 2005 и 2007 гг. находятся на одном уровне: оценки прошлой съемки менее чем в 1,1 раза превышают оценки нынешней.

ЛИТЕРАТУРА

Аксютин Э.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 289 с.

Антоненко Д.В. Многолетняя динамика видового состава и обилия камбал в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиол. – 2007 – Т. 47, № 2. – С. 188-195.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – 217 с.

Вдовин А.Н. Динамика уловистости рыб донным тралом в зависимости от размерного состава и плотности скоплений // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 137-148.

Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. Основные результаты исследований рыб морского прибрежного комплекса Приморья // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 168-190.

Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф., Стрельцов М.С. Состав и биомасса донных и придонных рыб экономической зоны СССР Японского моря // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО, 1988. – С. 37-55.

Измятинский Д.В. Ихтиофауна верхней сублиторали залива Петра Великого (Японское море) // Дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2002. – 187 с.

Иванкова З.Г. Глава 12. Распределение, миграции и динамика численности камбал в северо-западной части Японского моря // Проект «моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Японское море. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – Санкт-Петербург: Гидрометиздат, 2004. – Т. 8, вып. 2. – С. 202-210.

Калчугин П.В. О перспективах промысла трески в подзоне «Приморье» // Вопр. рыбол. – 2004. – Т. 5, № 1(17). – С. 95-102.

Калчугин П.В., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф., Антоненко Д.В., Нуждин В.А., Панченко В.В. Состав и биомасса донного ихтиоцена у материкового побережья западной части Японского моря в летний период // Вопр. рыбол. – 2006. – Т. 7, № 3 (27) – С. 464-480.

Ким Сен Ток. Зимние миграции шельфовых рыб в зону материкового склона юго-западного Сахалина // Вопр. ихтиол. – 2001 – Т. 41, № 5. – С. 593-604.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО, 1993. – 426 с.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПЛАНКТОННЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ: ПОЛЕВЫЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Л.А. Паутова¹, В.А. Силкин², А.С. Микаэлян¹, В.Б. Титов², В.И. Буренков¹

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия, larisapautova@yahoo.com

² Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Геленджик, Россия, vsilkin@mail.ru

Отмечающиеся в последние годы серьезные изменения в черноморской экосистеме, причины которых еще предстоит установить, не могли не коснуться ее фотосинтезирующего звена. Предпринятые в 2004–2007 гг. исследования современного состояния фитопланктона открытых и шельфовых вод северо-восточной части моря свидетельствуют о том, что трансформация структуры весенне-осенних фитоценозов происходит на уровне лидирующего комплекса видов. Это выражается, прежде всего, в усилении роли кокколитофориды *Emiliania huxleyi*, а в диатомовой компоненте – замене традиционных для моря доминант прежних лет (*Pseudosolenia calcar-avis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum*) на виды, ранее не достигавшие сколь-либо существенного развития или вовсе отсутствовавшие в водах моря, – мелкоклеточные *Chaetoceros subtilis* var. *abnormis* f. *simplex*, 2004, 2005 гг., *Chaetoceros minimus*, 2005, 2006 гг. (Mikaelyan et al., 2005; Паутова и др., 2007). Только в 2007 г. нам удалось наблюдать развитие традиционного для моря вида *Chaetoceros curvisetus* в составе лидирующего комплекса фитопланктона.

Очевидно, что подобные изменения не могли не сказаться на продукционных характеристиках фитопланктонного звена пелагической экосистемы. Действительно, по нашим наблюдениям, в 2004 – 2005 гг. в северо-восточной части Черного моря уровень сырой биомассы фитопланктона был в пределах 0,2–1,7 г/м³, а в 2007 г. – 0,1–3,8 г/м³ с максимумами в районе склона и абсолютным максимумом на шельфе над глубиной 50 м на траверзе г. Сочи (см. таблицу). Таким образом, от года к году продукционные характеристики шельфовых вод могут резко меняться, увеличиваясь или уменьшаясь практически вдвое. В этой связи особую значимость приобретает выявление механизмов формирования структуры планктонных фитоценозов и, прежде всего, лидирующего комплекса видов.

В замкнутых водоемах, к числу которых относится Черное море, ведущую роль играют как климатические, так и антропогенные факторы. Очевидно, что продукционные возможности автотрофного звена пелагической экосистемы зависят от гидрохимических показателей, которые, в свою очередь, определяются гидрологической структурой и динамикой вод в изучаемом районе. Для гидрологического режима из всего комплекса климатообразующих факторов имеют решающее значение температура воздуха, направление и скорость ветра. Разработанная в ЮО ИО РАН классификация термических условий (Титов, 2003, 2007) выделяет различные типы зим (от аномально теплых до аномально холодных) с учетом преобладающих ветров. В холодные и аномально холодные зимы северные ветра способствуют циклонической циркуляции и подъему глубинных вод в центре моря и опусканию их на периферии. Именно в зимний период формируется холодный промежуточный слой (ХПС), характеризующийся повышенной концентрацией биогенных элементов. В холодные и аномально холодные зимы ХПС достигает наибольшей толщины. В умеренно холодные зимы конвекция достигает только верхней границы основного пикноклина и, как следствие, наблюдается слабая вентиляция ХПС. Он обновляется незначительно в умеренно теплые зимы. В теплые и аномально теплые зимы вентиляции ХПС не наблюдается.

Согласно предложенной классификации, зимы 2004–2007 гг. были теплыми (2004, 2005 гг.) и умеренно теплыми (2006, 2007 гг.). Максимальное развитие кокколитофорид отмечено в июне 2004 и мае 2006 гг. (до 6×10^6 кл/л, слой 0 – 10 м) в пятнах «цветений» в водах склона и открытого моря при высоко залегающем (7 – 10 м) остроградиентном сезонном термоклине

(Burenkov et al., 2005; Mikaelyan et al., 2005, наши неопубликованные данные). В условиях относительно низких концентраций элементов минерального питания в верхнем продуцирующем слое воды кокколитофориды демонстрировали высокую конкурентоспособность по отношению к диатомовым – их «цветению» в этих условиях сопутствовало лишь умеренное развитие крайне мелкоклеточных форм центральных диатомей (*Chaetoceros subtilis* var. *abnormis* f. *simplex*, *Chaetoceros minimus*) и мелкой пеннатной диатомовой водоросли *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*. При этом максимумы численности кокколитофорид и диатомовых, прослеженные как по акватории, так и по вертикали, практически никогда не совпадали.

В мае 2005 г. при штормовой погоде уровень максимального развития кокколитофориды *Emiliania huxleyi* был более чем в два раза ниже (до $2,5 \times 10^6$ кл/л). Популяция рассеивалась в верхнем перемешанном слое и верхней части слоя скачка. По окончании шторма и установлении стратификации в условиях резкого прогрева при штилевой погоде водоросль вновь концентрировалась в поверхностном слое воды.

В июне 2007 г. нами зафиксирован резко пониженный по сравнению с предшествующими годами уровень количественного развития *Emiliania huxleyi* как в открытых водах, так и в водах шельфа и склона. В условиях глубоко залегающей верхней границы сезонного термоклина (17–20 м) и его относительно большой протяженности (до глубины примерно 35 м) популяция практически равномерно распределялась в верхнем перемешанном слое и слое скачка, ее численность не превышала $7,0 \times 10^5$ кл/л у поверхности воды и $9,0 \times 10^5$ кл/л у верхней границы сезонного термоклина. Одновременно в водах шельфа и склона развивалась центральная диатомея *Chaetoceros curvisetus* – традиционная доминанта 70–80-х гг. прошлого века, когда экосистема Черного моря подвергалась существенному эвтрофированию за счет терригенного стока.

В июне 2007 г. нами отмечены самые высокие за весь исследованный период показатели сырой биомассы фитопланктона (см. таблицу). Так, в водах склона они превышали $2,0 \text{ г/м}^3$, достигая максимальной величины в сочинском районе на разрезе от берега к центру моря ($2,8 \text{ г/м}^3$). Абсолютный же максимум биомассы ($3,8 \text{ г/м}^3$) зарегистрирован на срединном шельфе в районе г. Сочи, где отмечалось «цветение» *Chaetoceros curvisetus* ($1,0 \times 10^6$ кл/л), что, по-видимому, было связано с дополнительным воздействием терригенного стока. Вклад диатомовой компоненты в сырую биомассу фитопланктонного сообщества достигал в это время 80 %. Следует отметить, что в 2007 г. мелкоклеточные диатомеи *Chaetoceros subtilis* var. *abnormis* f. *simplex* и *Chaetoceros minimus* не были отмечены в составе фитопланктона.

Пределы колебаний биомассы фитопланктона (г сырого веса/м³) северо-восточной части Черного моря

Годы	Шельф	Склон	Открытое море
2004	0,2 – 1,4	1,4 – 2,3	0,3 – 1,4
2005	0,2 – 0,5*	1,0 – 1,3 *	–
	0,4 – 0,8**	1,1 – 1,7**	–
2006	–	–	1,4***
2007	0,2 – 3,8	2,8	0,2 – 0,8
	0,1 – 0,4***	2,0***	0,4***

* Вдольбереговой разрез по линии Геленджик–Туапсе.

** Вдольбереговой разрез по линии Туапсе–Сочи.

*** Геленджикский разрез от берега к центру моря; без обозначений – сочинский разрез от берега к центру моря.

Таким образом, проведенные полевые наблюдения за структурой современных планктонных фитоценозов открытых и шельфовых вод северо-восточной части Черного моря свидетельствуют о ее зависимости не только от типа предшествующей зимы, но и от гидрологических условий, складывающихся в весенний и весенне-летний период – «цветению» кокколитофориды *Emiliania huxleyi* благоприятствует резкая стратификация в верхнем продуцирующем слое при высоко залегающем сезонном термокline. В этих условиях обеспечен-

ность кокколитофорид элементами минерального питания осуществляется за счет диффузии через термоклин, а также за счет процессов адвекции. Шторма рассеивали популяцию по столбу воды, снижая количественные показатели вида. При глубоко залегающем протяженном сезонном термклине и, как следствие, более высокой скорости поступления элементов питания из нижележащих слоев воды в верхний продуцирующий слой, уровень развития кокколитофорид характеризовался как умеренный, в сообществе доминировали традиционные для моря диатомовые доминанты прежних лет (*Chaetoceros curvisetus*). При наложении антропогенного фактора наблюдалось дальнейшее увеличение численности этого вида до уровня «цветения», что, до определенной степени, было аналогично ситуации 70–80-х гг. прошлого века.

Проведенные нами в 2005–2007 гг. параллельно с полевыми исследованиями экспериментальные работы (как на борту корабля, так в условиях береговой лаборатории) подтверждают сделанные выше выводы. В экспериментах с добавками основных элементов минерального питания, проведенных на природных популяциях фитопланктона, показано, что восполнение дефицита азота и фосфора приводит к массовому развитию в сообществе традиционных для моря доминант (*Chaetoceros curvisetus*, шельфовые воды, 2007 г). Установлено, что «цветение» *Emiliania huxleyi* в Черном море (до $6,0 \times 10^6$ кл/л) происходит в лимитированной фосфором водной массе при отношении азота к фосфору, равному 2. Выявлены соотношения азота и фосфора, оптимальные для роста диатомовых доминант современных планктонных фитоценозов - *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, *Chaetoceros subtilis* var. *abnormis* f. *simplex* и *Chaetoceros minimus*, а также доминант прежних лет – *Pseudosolenia calcar-avis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Skeletonema costatum*, *Dactyliosolen fragilissimus*, что может способствовать прогнозированию структуры лидирующего комплекса фитопланктона и, как следствие, уровня продуктивности вод.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Российского Фонда Фундаментальных Исследований №06-05-64844 и №05-05-64234.

ЛИТЕРАТУРА

Паутова Л.А., Микаэлян А.С., Силкин В.А. Структура планктонных фитоценов шельфовых вод северо-восточной части Черного моря в период массового развития *Emiliania huxleyi* в 2002-2005 гг. // Океанология. – 2007. – № 3. – С. 408-417.

Титов В.Б. О связи между сезонными атмосферными условиями и параметрами гидрологической структуры в северо-восточной части Черного моря // Океанология. – 2003. – Т. 43. – С. 347-355.

Титов В.Б. Прогностический расчет межгодовой изменчивости температуры воздуха, определяющей гидрологическую структуру Черного моря // Вестник южного научного центра РАН. – 2007. – Т. 3, № 2. – С. 39-51.

Burenkov V.I., Kopelevich O.V., Pautova L.A., Prokhorenko O.V., Rusakov V.Yu., Sheberstov S.V. Possible causes of the increased content of suspended particles in the North-eastern part of the Black sea in June // Oceanology. – 2005. – Vol. 45, Suppl. 1. – P. 39-50.

Mikaelyan A. S., Pautova L.A., Pogosyan S.I., Suchanova I.N. Summer bloom of coccolithophorids in the northeastern Black Sea // Oceanology. – 2005. – Vol. 45, Suppl. 1. – P. 127-138.

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ АККЛИМАТИЗАНТА ПИЛЕНГАСА В АЗОВСКОМ МОРЕ И ЕЕ ПРОМЫСЛОВЕЕ ОСВОЕНИЕ

Ю.В. Пряхин

Южный научный центр РАН, г. Ростов на Дону, Россия, ocean@geo.kubsu.ru

Как следствие увеличивающегося негативного антропогенного влияния во второй половине XX столетия произошло снижение рыбохозяйственной продуктивности и ухудшение качественного состояния многих водных объектов. Было отмечено уменьшение видового разнообразия планктонных и бентосных сообществ. В целях пополнения ихтиофауны, восстановления экологического равновесия и подбора объектов для товарного и пастбищного выращивания в Азово-Черноморском бассейне, наряду с рыбоохранными и воспроизводственными мерами, были проведены значительные научные исследования и акклиматизационные работы. Одним из наиболее успешных достижений стало вселение дальневосточной кефали пиленгас, которая не только натурализовалась в новых условиях, но и за короткий период стала одним из наиболее ценных и массовых промысловых объектов.

Выбор объекта интродукции не был случайным. Помимо стремления заполнить экологическую нишу сокративших свою численность бентосных рыб и, в частности, черноморских кефалей, учитывались высокая эврибионтность и хорошие товарные качества пиленгаса. Ожидалось, что вселенец с характерной для него направленностью питания будет способствовать утилизации излишнего органического вещества и тем самым способствовать предотвращению хронических заморных явлений, которые в Азовском море распространялись почти на 70 % дна моря (Карпевич, 1975; Бронфман, Хлебников, 1985).

В связи с имевшим место мнением, что нормальное развитие зародышей пиленгаса, возможно только в воде с соленостью близкой к океаническим значениям (Дехник, 1951; Ильина, 1951; Звягина, 1961), пополнение популяции в основном предполагалось за счет заводского воспроизводства. В этой связи помимо экспериментальной базы АзНИИРХ на Молочном лимане, предусматривалась организация еще нескольких подобных центров заводского воспроизводства пиленгаса и, в частности, в Джанхоте и в Тамани.

Начало отсчета эффективного размножения пиленгаса в естественных условиях принято с 1989 г., когда сеголетки высокоурожайного поколения численностью, по разным оценкам, от 50 до 300 млн шт., практически заполнили все море, многие придаточные водоемы и пресные водотоки. Наблюдаемое количество молоди пиленгаса не шло ни в какое сравнение с объемами искусственного воспроизводства, и факт естественного нереста был сразу же принят как неоспоримый. Следует заметить, что последующие фоновые съемки Азовского моря и анализ возрастной структуры пиленгаса показали наличие поколений от естественного воспроизводства еще двух предшествующих лет. Однако в силу своей не столь большой численности и распределения в прибрежье, недоступном для судов, проводящих учетные траловые съемки, особи этих поколений на первых порах не облавливались, а по визуальным наблюдениям в прибрежье определение видового состава косячков молоди было затруднено.

В новых условиях, близких по солености к эстуариям Дальнего Востока, в биологии вселенца произошел ряд адаптивных изменений (Пряхин, 1992, 1995, 1996, 1997, 2001, 2004). Большая продолжительность нагульного периода наряду с высокими температурным фоном и кормкостью слабосоленого водоема способствовали увеличению темпов линейно-массового роста и полового созревания. Отмечены некоторые изменения и генеративной системы. В частности наблюдалось увеличение размеров гонад и объема жировой капли икры. В то же время произошло уменьшение диаметра икры и удельного веса жира, фракционный состав которого находится в прямой зависимости от жирно-кислотных соотношений в кормовых организмах водоема (Акулин, 1969; Болгова и др., 1980; Чеботарева, 1967). Все это в совокупности способствовало увеличению общей плодовитости, повышению положительной плавучести икры и выживаемости развивающихся личинок. В итоге вопреки самым смелым ожиданиям естественный нерест в условиях слабосоленого водоема у пиленгаса не только состоялся, но и полностью обеспечил стабильное пополнение формирующейся популяции с большими перспективами.

Эффективность естественного воспроизводства пиленгаса в разные годы неодинакова и зависит от многих факторов (Пряхин и др., 2001). В качестве нерестового ареала пиленгас освоил большую часть морской акватории и многие прибрежные придаточные водоемы. Однако, несмотря на прохождение нереста практически повсеместно, за исключением участков с соленостью ниже 5 ‰, доминирующую роль играют морские нерестилища, общая площадь которых несоизмеримо больше лиманных. Наиболее высокая выживаемость икры в зонах турбулентности воды и постоянных течений или ветровой активности. Такие погодные условия в период нереста в мае-июне, как правило, составляют не менее 50 % его общей продолжительности (Гидрометеорологический справочник, 1962). Среди отрицательных факторов, влияющих на эффективность нереста в придаточных водоемах, следует отметить ветровой снос икры в зону заплеска, создание напряженных пищевых отношений и эпизоотий младшевозрастных особей вследствие повышенной плотности рыб на ограниченной площади придаточных водоемов (Зайцев, 1960; Старушенко, 1998; Мальцев, 1997).

Сроки нереста в лиманах в связи с их более быстрым прогревом в весенний период раньше, чем в открытой части моря. Популяционная плодовитость пиленгаса оценивается в пределах 0,5 до 6,25 млн шт. при среднем значении 2,4 млн шт. икринок. Это значительно выше, чем на Дальнем Востоке, где она варьирует от 0,3 до 1,1, составляя в среднем 0,65 млн шт.

Следует отметить также, что если в первые годы обитания в Азово-Черноморском бассейне генеративный цикл пиленгаса носил явно выраженный характер, свойственный морским рыбам с быстрым весенним созреванием, то сейчас все больше отмечаются случаи более раннего созревания. Особи на III, III–IV стадиях зрелости половых продуктов встречаются уже во второй половине ноября и в декабре, а уже в марте почти у 50 % самок пол становится очевиден, почти как у судака, без вскрытия (Пряхин, 2001).

В отличие от Дальнего востока, где нерест пиленгаса порционный, в Азово-Черноморском бассейне протяженность его сроков и разреженность хода производителей во многом объясняется не многократным икрометанием, а растянутыми сроками созревания. В связи с неоднородностью сроков и условий нереста каждое поколение пиленгаса состоит из нескольких генераций отличающихся размерно-массовыми показателями особей. Возрастной состав популяции представлен с разной степенью мощности особями 10–11 возрастных групп. Наиболее массово в промысловой части популяции (являющейся одновременно и нерестовой), как и в нативном ареале, представлены особи 5–8 лет. Вследствие высокой флуктуации вида появление урожайных поколений нерегулярно и промысел, как правило, в течение нескольких лет базируется преимущественно на особях одного поколения. Положительным моментом, способствующим сохранению популяции, является отмеченное ранее раздельное распределение рыб разных размеров и возраста, в результате чего прилов молоди в промысловых орудиях лова не характерен и наблюдается преимущественно в прибрежье на глубинах до 5 м.

При понижении температуры воды ниже 8 °С большая часть пиленгаса сбивается в стаи. Однако, несмотря на снижение активности в холодный период года, распределение пиленгаса непостоянно и может меняться под воздействием складывающихся температурных и гидрологических условий. Установлено, что пиленгас реагирует не только на резкие колебания температуры воды, но и на тенденции к ее изменению. Даже при слабом росте температуры воды в зимний период активность рыбы повышается, а скопления становятся менее устойчивыми. В большей степени это касается рыб во второй половине зимовки (февраль-март), когда внутривисцеральные жировые запасы снижаются как в результате вынужденной голодовки, так и происходящей генеративной перестройки организмов в преддверии нереста.

Окончательный распад промысловых скоплений пиленгаса происходит при стабильном переходе температуры воды в центральной части Азовского моря через 6 °С. Миграции производителей к местам нереста проходят в нескольких направлениях. Помимо распределения по Азовскому морю и захода в придаточные водоемы, часть производителей ежегодно мигрирует через Керченский пролив в Черное море и пополняет Черноморское стадо. В зависимости от темпов теплонакопления нерестовый ход начинается в середине или в конце апреля при температуре воды 9–10 °С. Окончание хода наблюдается во второй половине июня. Максимум интенсивности миграции, как правило, при температуре 14–20 °С со второй половины мая до начала июня. С развитием

активного промысла пиленгаса в зимний период, базирующегося на нерестовой части популяции, интенсивность и мощность весенней миграции в Черное море значительно снизилась.

Распределение пиленгаса в период нагула весьма широко. Особи разновозрастных групп отмечаются как в открытой части моря, так и в прибрежье, в придаточных водоемах и в устьях малых и крупных рек (Матишов, Пряхин, 2005). С понижением температуры воды до 10–8 °С у рыб происходит снижение активности, повышается плотность концентрации и происходит явная перегруппировка в стаи со сравнительно близкими физиологическими характеристиками и линейно-возрастными признаками (Пряхин, 1996). Сеголетки и часть наиболее мелких двухлеток обычно заходят на зимовку в пресные водотоки, большая часть двух и трехлеток держится в прибрежье моря и в отдельных лиманах, а основная часть крупных особей сосредотачивается в открытых районах моря. В теплые зимы распределение сеголеток значительно более широко и в мористых районах количество их значительно возрастает. Характерно, что если раньше крупная рыба отмечалась преимущественно в центральной и в западной частях моря, то теперь скопления наблюдаются и на более мелководной восточной акватории.

Сравнения массы и длины разновозрастных особей из разных районов азово-черноморского бассейна и известных данных по характеристике пиленгаса на дальнем востоке подтверждают более высокий линейно-массовый рост рыбы в водоеме вселения. Превышение темпа роста прослеживается по всем возрастным группам. В новых условиях пиленгас сохраняет высокий линейный рост до шестилетнего возраста и лишь, потом наблюдается его снижение. Приросты массы остаются стабильными в течение всего периода жизни, но в распресненных районах значительно выше, чем на участках с повышенной минерализацией воды.

Хорошие условия нагула благоприятно отражаются на физиологических и линейно-массовых показателях. Так, если на дальнем востоке жирность в разные сезоны варьирует от 4–5 % до 9–10 % (Казанский и др., 1968), то в новых условиях в конце нагула она составляет 10–12 %, а в ряде случаев и 16–17 %.

По визуальной оценке в конце вегетационного периода у рыб, прошедших нагул в опресненных районах, ожирение внутренностей на 1–2 балла выше. Неоднородность физиологических показателей рыб в разных скоплениях хорошо видна даже без вскрытия по экстерьерным показателям. По многочисленным наблюдениям, прекращение питания пиленгаса отмечается при понижении температуры воды до 5–4,5 °С.

В Черном море в пределах нашей экономической зоны лов пиленгаса из-за неразвитой шельфовой зоны и обилия рекреационных сооружений большого значения не имеет. Исключение составляет северо-восточный район моря от Керченского пролива до Бугазского гирла Кизилташских лиманов.

Изучение биологии вселенца в новых условиях позволило отработать методику прямого учета применительно к пиленгасу. По данным учетных съемок в начале и в конце зимовки промысловый запас в разные годы может варьировать от 25 до 55 тыс. т при численности учтенной части популяции от 13 до 38 млн шт.

Наиболее успешно промысел пиленгаса развивается на местах зимовок в центральной и в западной частях Азовского моря обкидными орудиями лова при температуре воды, не превышающей 3,5 °С. Кроме того, пиленгаса относительно успешно ловят кефалевыми ставными неводами и заводами в периоды нерестовых миграций. Зимний промысел, несмотря на высокую результативность уловов (до 100 т за один замет кольцевого невода), эпизодичен и подвержен большой зависимостью от погодных условий и льдообразования на части или всей акватории Азовского моря.

Общий официальный вылов всеми рыбодобывающими организациями в различные годы варьирует в пределах 3–8 тыс. т. Однако, даже не принимая во внимание любительское рыболовство, неучтенный вылов, по самым скромным экспертным оценкам, не менее официального. Таким образом, общее ежегодное промысловое изъятие пиленгаса, по видимому, как минимум в два раза большее.

ЛИТЕРАТУРА

Акулин В.Н. Жирно-кислотный состав фосфолипидов мышц и печени красной *Oncorhynchus nerca* и зоопланктона из о. Дальнего // Вопр. ихтиол. – 1969. – Т. 9. – С. 1094–1103.

- Болгова О.М., Сидоров В.С., Чеченков А.В.** Зависимость жирокислотного состава липидов молоди семги от характера пищи // Рыб. хоз-во. – 1980. – № 1. – С. 74–75.
- Бронфман А.М., Хлебников Е.Н.** Азовское море. Основы реконструкции. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 271 с.
- Гидрометеорологический справочник Азовского моря / под ред. А.А. Аксенова. – Л., 1962. – С. 31.
- Дехник Т.В.** Икра пиленгаса и ее развитие // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 34. – С. 262–26.
- Зайцев Ю.П.** Особенности размножения кефалей (*Mugillidae*) в Черном море // Зоол. жур. – 1960. – Т. 39, вып. 10. – С. 1537–1543.
- Звягина О.А.** Распределение икры скумбрии (*Rheumatophorus japonicus* (Houttuyn)) и пиленгаса (*Mugil so-iuy* Basilevsky) в заливе Петра Великого // Тр. ин-та океанол. – 1961. – Т. 40. – С. 328–326.
- Ильина П.В.** Икринки и личинки рыб, собранные в Уссурийском заливе // Изв. ТИНРО. – 1951. – Т. 35. – С. 189–194.
- Казанский Б.Н., Королева В.П., Жиленко Т.П.** Некоторые черты биологии угая (дальневосточной красноперки) - *Leuciscus brandti* Dybowski и пиленгаса *Lisa* (*Mugil*) *so-iuy* (Basilevsky) // Учен. записки дальневосточного университета. – Владивосток, 1968. – Т. 15, вып. 11. – С. 3–46.
- Карпевич А.Ф.** Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищепромиздат, 1975. – 432 с.
- Мальцев В.Н.** Некоторые паразитологические аспекты интродукции дальневосточного пиленгаса (*Mugil so iuy* Basilevsky) в Азово-Черноморский бассейн // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. в молодых ученых. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – С. 49–51.
- Матишов Г.Г., Пряхин Ю.В. Экология дальневосточного вселенца пиленгаса (*mugil so-iuy* Basilevsky) в Азовском море // Докл. РАН. – 2005. – Т. 401. – С. 845–847
- Пряхин Ю.В.** О биологии вселенца-пиленгаса в бассейне Азовского моря // Проблемы изучения и рационального использования биологических ресурсов окраинных и внутренних морей СНГ: Мат-лы Второй Межгос. конф. – Ростов-на-Дону, 1992. – С. 108–110.
- Пряхин Ю.В.** Промысловое освоение дальневосточной кефали пиленгаса, акклиматизированной в бассейне Азовского моря // Тез. докл. VI Всерос. конф. по проблемам промыслового прогнозирования. Мурманск: ПИНРО, 1995. – С. 122–123.
- Пряхин Ю.В.** Пиленгас в Азово-Черноморском бассейне: биология, уловы // Мат-лы совещания «Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России». – М.: ВНИРО, 1996. – С. 262–264.
- Пряхин Ю.В.** Поведение и распределение пиленгаса в Азовском море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна: Сб. науч. тр. АЗНИИРХ. – Ростов-на-Дону, 1996. – С. 188–191.
- Пряхин Ю.В.** Зимовка молоди пиленгаса в бассейне Азовского моря // Рыб. хоз-во. – 1997. – № 2. – С. 50.
- Пряхин Ю.В., Воловик С.П., Баландина Л.Г.** Некоторые черты поведения и особенности оценки запаса азовской популяции пиленгаса // Изв. высших учебных заведений. Северо – Кавказский регион. – Ростов-на-Дону, 2000. – № 1. – С. 97–100.
- Пряхин Ю.В., Корниенко Г.Г., Баландина Л.Г., Рак С.Н., Галкина О.А.** Особенности биологии и поведения кефали пиленгаса, акклиматизированной в Азово-Черноморском бассейне в условиях изменения климатических факторов // Тез. докл. VIII съезда гидробиол. общ-ва. – Калининград: АтлантНИРО, 2001. – С. 55–56.
- Пряхин Ю.В.** Об акклиматизации пиленгаса в Азовское море. Биология и промысловое использование // Комплексный мониторинг среды и биоты Азовского бассейна. Российская академия наук - Кольский научный центр - Мурманский морской биологический институт, Апатиты. – 2004. – Т. 4. – С. 177–192.
- Пряхин Ю.В.** Качественная характеристика нерестового стада пиленгаса в экологических условиях Азовского моря // Экосистемные исследования Азовского, Черного, каспийского морей, Российская академия наук - Кольский научный центр - Мурманский морской биологический институт. – Апатиты, 2004. – Т. 8. – С. 192–200.
- Пряхин Ю.В., Корниенко Г.Г., Баландина Л.Г., Рак С.Н., Галкина О.А.** Особенности биологии и поведения кефали – пиленгас, акклиматизированной в Азово-Черноморском бассейне в условиях изменения климатических факторов // Тез. докл. VIII гидробиол. общ-ва РАН. – Калининград, 2001. – Т. 11. – С. 55–56.
- Старушенко Л.И.** Пиленгас может решить проблемы лиманного рыболовства // Рыб. хоз-во. Сер. Аквакультура. Информ. пакет. Аквакультура: проблемы и достижения. – 1998. – Вып. 6. – С. 2–20.
- Чеботарева М.А.** Состав жирных кислот фосфолипидов мозга красной на разных стадиях ее жизненного цикла // Эволюционная биохимия и физиология. – 1967. – Т. 3. – С. 167–370.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАРОСЛЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *LAMINARIA JAPONICA* ARESCH. У ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД. ПОДХОДЫ К ПРОГНОЗУ ПРОМЫСЛОВОГО ЗАПАСА

Е.В. Ревенко, В.Н. Кулепанов
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Бурая водоросль ламинария японская имеет продолжительность жизненного цикла два года, это создает сложности в прогнозировании, поэтому важен сбор дополнительной информации по состоянию зарослей ламинарии. В прибрежных водах Приморья ежегодно в осенний период проводится водолазная съемка по оценке запасов морских ежей (Планирование..., 2005). Морские ежи обитают в тех же экологических условиях, что и водоросли. Комплексный подход к этим съемкам позволяет получить информацию и о состоянии макрофитобентоса, в частности по ламинарии.

Сбор материала проводился на НИС «Потанино» в 1998–2006 гг. от мыса Поворотного до мыса Туманного (административная граница Приморского и Хабаровского краев). В ходе гидробиологических съемок разрезы располагались перпендикулярно берегу на расстоянии 400–1800 м друг от друга. На каждом разрезе на глубинах от 5 до 20 м выполнялось от 3 до 5 станций, в зависимости от уклона дна и характера грунта. Проективное покрытие (ПП) дна растительностью оценивалось визуально. Пробы водорослей и трав отбирались с рамки площадью 0,25 м². Частота встречаемости видов определялась как отношение количества станций, где вид встречен, к общему количеству выполненных станций, выраженное в процентах (Грейг-Смит, 1967).

К осени у водорослей второго года вегетации формируется спороносная ткань, происходит спороношение, после чего слоевища ламинарии разрушаются (Гайл, 1935). Величины массы и размеры ламинарии второго года вегетации осенью как раз и отражали процесс разрушения водорослей. Так, в 1998 г. масса слоевищ ламинарии второго года вегетации в среднем была 319–414 г, максимальная до 670 г. Более крупные слоевища отмечены на севере побережья (мыс Бакланий), длина водорослей была в среднем 110–120 см, тогда как летом этого же года средние показатели для тех же районов по биомассе составляли – 500–1000 г, по длине слоевища – 240–300 см.

Длина, ширина и масса слоевищ ламинарии первого года вегетации в осенний период изменяется в широких пределах (см. таблицу).

У мыса Туманного в октябре средняя длина слоевищ была 136 см, ширина 5 см, масса 63 г, у мыса Елагина в ноябре 163 см, 10 см и 252 г соответственно. В южных районах побережья масса слоевищ выше, чем на севере. Данные 2003 г. и 2006 г. также подтверждают эту тенденцию: средние размеры и масса слоевищ на юге Приморья больше, чем на севере. Возможно, это связано со смещением времени взятия проб. Северные станции выполнялись в сентябре, южные в октябре-ноябре.

В 2000 г. и 2006 г. длина, ширина и масса слоевищ ламинарии была заметно меньше, чем в другие годы. В эти годы водоросли были в угнетенном состоянии.

Заросли ламинарии первого года вегетации вдоль побережья распределены неравномерно и приурочены, как правило, к открытым районам, мысам, где существует хорошая динамика вод и имеется скальный грунт. При проведении водолазных съемок по стандартным разрезам в зависимости от мощности развития зарослей частота встречаемости ламинарии менялась. Учитывая, что ценопопуляции ламинарии у побережья северного Приморья разделены по районам на три группы (Иванова, Гусарова, 2005), анализ частоты встречаемости проводился отдельно по районам в пределах произрастания этих трех групп: 1 – мыс Туманный – мыс Белкина, 2 – мыс Белкина – зал. Ольги, 3 – зал. Ольги – мыс Поворотный. В 2000 и 2002 гг. от мыса Белкина до мыса Туманный частота встречаемости ламинарии была минимальной (3,6 и 2,3 % соответственно). В 2003 г. ламинария первого года вегетации встречена на каждой третьей станции (35,5 %). В районе от зал. Ольги до мыса Белкина частота

встречаемости ламинарии была также наибольшей в 2003 г. Минимальная встречаемость ламинарии первого года вегетации в этом районе была в 2001 и 2002 гг. От мыса Поворотного до зал. Ольги наибольшая частота встречаемости была в 1999 г., в 2001 г. первогодней ламинарии в этом районе не было отмечено (рис. 1).

Изменчивость размеров и массы слоевищ ламинарии первого года вегетации у побережья Приморья

Год исследования	Район	Длина слоевища, см	Ширина слоевища, см	Масса, г
1998	мыс Белкина - мыс Туманный	$\frac{7-249}{118,4}$	$\frac{1-12}{6,7}$	$\frac{1-240}{90,4}$
	зал. Ольги - мыс Белкина	$\frac{13-326}{111,9}$	$\frac{2,5-17}{5,9}$	$\frac{3-460}{91,5}$
	мыс Поворотный – зал. Ольги	$\frac{10-243}{117,2}$	$\frac{1,5-15}{7,4}$	$\frac{1-480}{114,6}$
2000	зал. Ольги - мыс Белкина	$\frac{4-160}{57,4}$	$\frac{1,5-12}{4,7}$	$\frac{2-290}{29,7}$
	м. Поворотный – зал. Ольги	$\frac{1-202}{62,2}$	$\frac{1-7,5}{6,8}$	$\frac{3-610}{63,6}$
2003	мыс Белкина - мыс Туманный	$\frac{10,5-219}{75}$	$\frac{3,5-7,5}{5,4}$	$\frac{1-250}{25}$
	зал. Ольги - мыс Белкина	$\frac{9-296}{126}$	$\frac{2,5-12,5}{6,5}$	$\frac{2-345}{95}$
	мыс Поворотный – зал. Ольги	$\frac{15-260}{127}$	$\frac{2,5-20}{8,7}$	$\frac{2-640}{132}$
2006	мыс Белкина - мыс Туманный	$\frac{5-138}{43}$	$\frac{1-7,5}{4,3}$	$\frac{2-125}{24,4}$
	зал. Ольги - мыс Белкина	$\frac{3,5-160}{54,6}$	$\frac{2-9,5}{5,5}$	$\frac{3-140}{42}$
	мыс Поворотный – зал. Ольги	$\frac{3-182}{52}$	$\frac{1-11}{5,8}$	$\frac{0,5-260}{50}$

Примечание: в числителе – минимальное и максимальное значение параметров, в знаменателе – среднее.

Как показатель обилия вида частота встречаемости активно применяется в гидробиологических исследованиях (Кафанов, Жуков, 1993), хотя величина этого показателя зависит от характера расположения станций и распределения растительности (Грейг-Смит, 1967; Песенко, 1982). Например, большее количество станций, расположенных на мелководье даст и большую долю встречаемости видов, растущих на таких глубинах, и наоборот. Так как сетка станций за весь период исследований была постоянной, можно утверждать, что в данном случае частота встречаемости объективно отражает величину обилия ламинарии первого года вегетации. Однако частота встречаемости вида не может быть использована для прогнозирования величины его запасов без привлечения каких-либо дополнительных параметров.

По данным пяти лет исследований, коэффициент корреляции между частотой встречаемости и запасами для района от мыса Поворотного до зал. Ольги составил 0,88. Для района от зал. Ольги до мыса Белкина – 0,75, а севернее мыса Белкина – 0,66. Ошибка коэффициента корреляции была соответственно 0,1 0,2 и 0,25. Таким образом, по частоте встречаемости ламинарии в осенний период в какой-то мере можно судить об объеме запасов этого вида в следующем году. Но частота встречаемости показывает только присутствие вида на станции, без каких-либо его количественных характеристик, т.е. величина частоты встречаемости не учитывает, растет ли ламинария на станции в виде отдельной куртины или большого поля. Обилие ламинарии можно оценить по величине ПП. Эта величина меняется в разные годы. Если в 1999 г. были участки, где первогодняя ламинария имела ПП более 50 %, то осенью 2000 г. ПП не превышало 40 %, а на большинстве станций ПП было менее 10 %. Следует отметить, что районы плотных зарослей ламинарии первого года вегетации в осенний пе-

риод совпадают с районами, где летом следующего года располагаются промысловые поля ламинарии (рис. 2). Поэтому данные осенних съемок о распределении зарослей ламинарии можно использовать при расчете запасов, но при этом необходимо знать, каковы будут приросты и процент гибели слоевищ за зимний и весенний периоды.

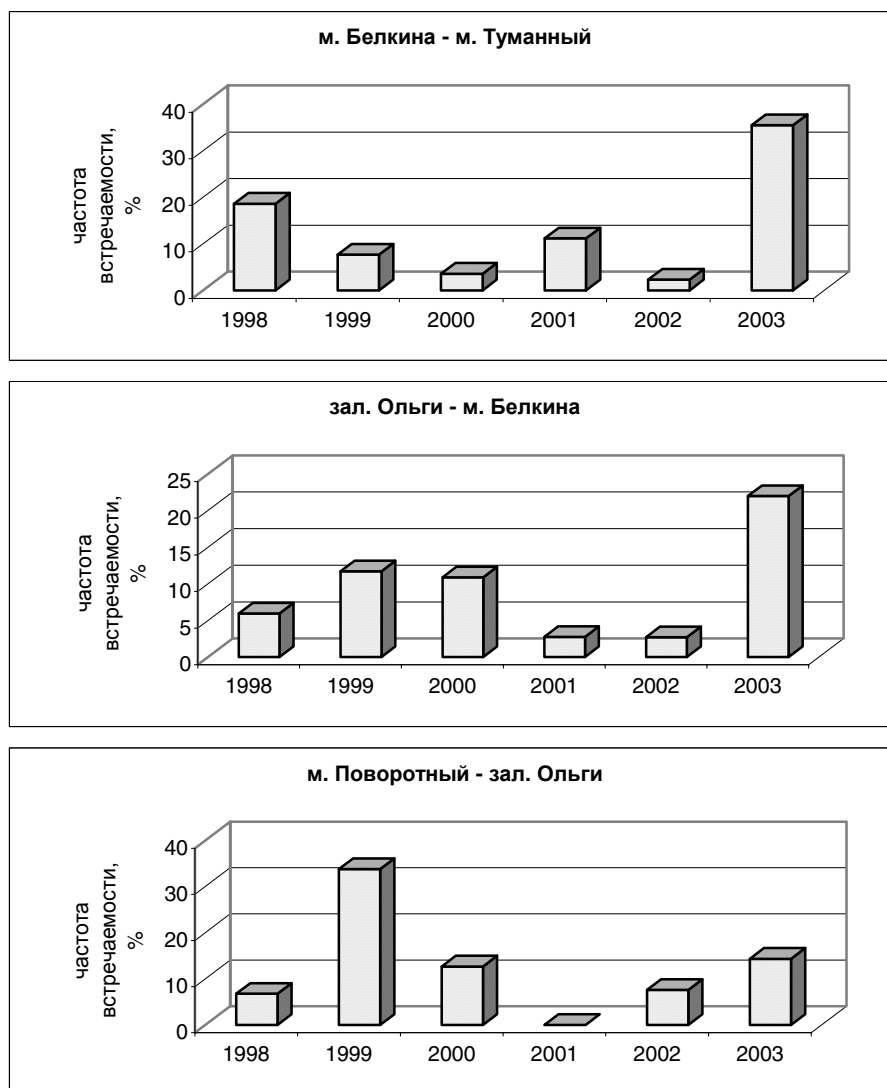


Рис. 1. Изменение встречаемости ламинарии первого года вегетации у побережья Приморья

Осень и начало зимы характеризуются вспышками диатомовых колониальных водорослей. Мощный диатомовый налет был отмечен у побережья от бухты Валентин до мыса Поворотного в 2000 г. Во многих местах колониальные диатомовые покрывали до 80 % твердого субстрата на глубинах до десяти метров. В другие годы такой вспышки диатомовых не было зафиксировано. Известно, что сильные обрастания диатомовых мешают прорастанию зооспор и развитию спорофитов ламинарии (Рябушко, Буянкина, 1982). Причиной этого явления могут быть гидрологические условия, которые, с одной стороны, вызвали вспышку диатомовых, с другой – крайне неблагоприятно повлияли на заросли ламинарии. Вероятно, как следствие этого, летом 2001 г. произошло резкое падение запасов ламинарии у побережья Приморья.

Таким образом, данные о состоянии зарослей ламинарии японской первого года вегетации в осенний период имеют важный практический интерес, так как они могут быть использованы в прогнозировании запасов. Районы плотных зарослей и частота встречаемости ламинарии осенью коррелирует с расположением промысловых районов и величиной запасов водорослей летом. При прогнозировании необходимо учитывать условия произрастания ламинарии в зимний и весенний период, когда она может быть выбита штормами.

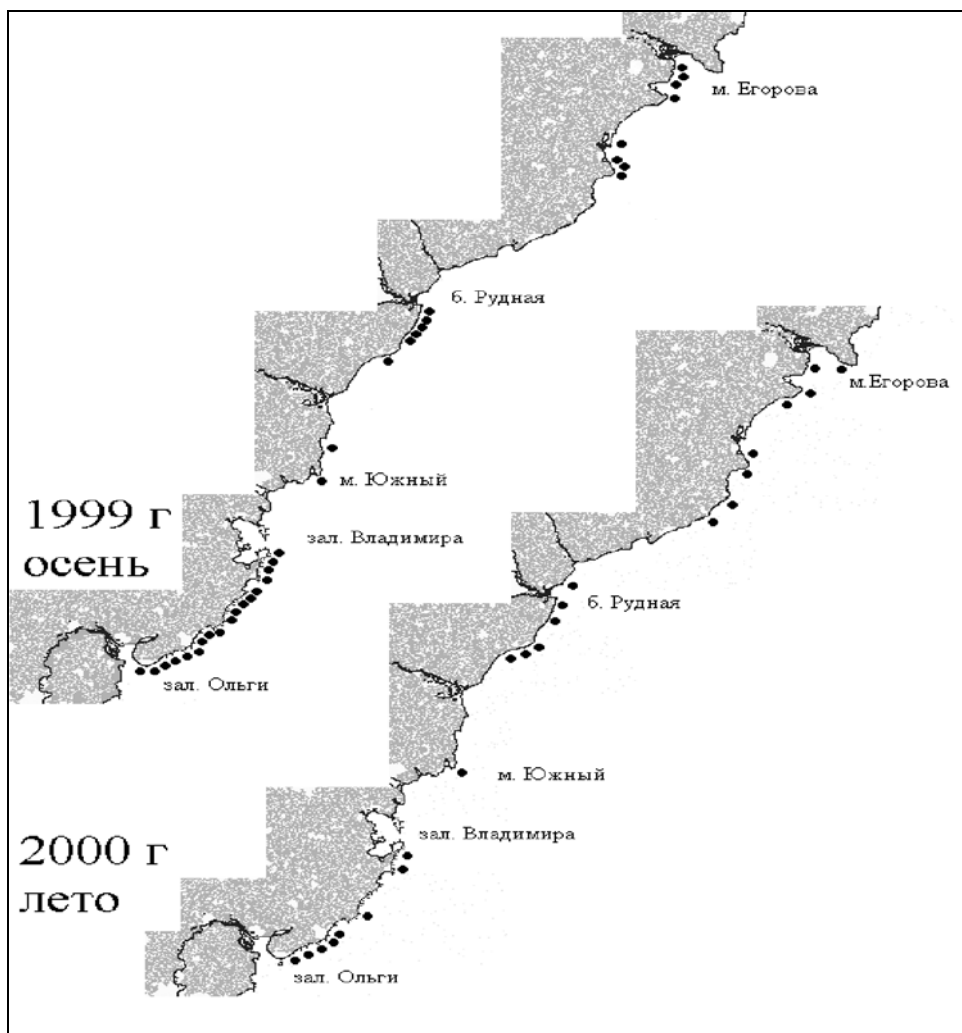


Рис. 2. Распределение зарослей первогодней ламинарии осенью 1999 г. и второгодней ламинарии летом 2000 г. у побережья среднего Приморья

ЛИТЕРАТУРА

Гайл Г.И. Цикл развития и динамика зарослей японской ламинарии // Тр. ДВФАН СССР. – 1935. – Т. 1. – Ботан. серия. – С. 275–286.

Грейг-Смит П. Количественная экология растений. – М.: Мир, 1967. – 360 с.

Иванова Н.В., Гусарова И.С. Морфологическая дифференциация *Laminaria japonica* Aresch. в сублиторали северного Приморья // Комаровские чтения. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – Вып. 51. – С. 198–209.

Кафанов А.И., Жуков В.Е. Прибрежное сообщество водорослей-макрофитов в заливе Посыета. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 154 с.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 288 с.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 231 с.

Рябушко Л.И., Буянкина С.К. Диатомовые обрастания ламинарии японской, культивируемой в Приморье // Тез. докл. Второй Всес. конф. по морской биологии «Биология шельфовых зон мирового океана». – Владивосток, 1982. – Ч. 3. – С. 91–92.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕЗОННЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОЙ ТРЕСКИ (*GADUS MACROCEPHALUS*, *GADIDAE*) В АНАДЫРСКОМ ЗАЛИВЕ И ПРИЛЕГАЮЩИХ ВОДАХ В СВЯЗИ С ЕЕ СЕЗОННЫМИ МИГРАЦИЯМИ

А.Б. Савин

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Тихоокеанская треска, *Gadus macrocephalus* (*Gadidae*), является придонно-пелагическим, а по характеру ареала - преимущественно бореальным тихоокеанским видом (Андрияшев, Чернова, 1994). Анадырский залив находится в северной части ее ареала, непосредственно вблизи северной границы ее распространения, проходящей по Берингову проливу (Андрияшев, 1954).

Исследования проводились в Анадырском заливе и прилегающих водах. За пределами залива район ограничивается меридианами 179° в.д. и 173° з.д., границей исключительной экономической зоны (ИЭЗ), а также широтой 60° с.ш. В работе использованы материалы донных траловых съемок периода с 1979 по 2005 гг. А также данные результатов промысла трески из системы «Рыболовство» за период с 1995 по 2006 гг. (Положение..., 1996). Всего материал обобщен по 16409 судосуткам.

Плотность распределения трески в районе рассчитывалась по уловам донных учетных съемок. Плотность и биомасса скоплений трески в районе исследований определялась по данным траловых съемок методом площадей (Аксютин, 1968). Коэффициент уловистости трески условно принят равным 0,4. Термин «Промысловая продуктивность» используется в значении, предложенном Денисовым (1971), как биомасса выловленной рыбы с единицы площади.

Биомасса концентраций трески в районе исследований, рассчитанная по материалам траловых съемок, менялась от 26,8 тыс. т в 1979 г. до 234,5 тыс. т в 1985 г. Средняя по всем девяти годам оценка составила 126,3 тыс. т.

Характер батиметрического распределения трески заметно различался в разные годы исследований. Он обычно в значительной степени зависит от того, в какое время миграционного цикла была проведена траловая съемка, а также от особенностей гидрологического режима, складывающегося в период ее проведения.

Среди проанализированных схем распределения трески, полученных благодаря донным траловым съемкам в летне-осенний период, треска отмечалась на наибольших глубинах, равных 203,1 м в начале сезона нагула с июня по август 1982 г. На наименьших средних глубинах – 109,6 м, она отмечалась в разгар нагула – с августа по сентябрь 2005 г.

Наиболее ранняя в течение года из представленных съемок была проведена в июле 1988 г. Концентрации трески были распределены у мыса Наварин, а также в центральной части залива. В то же время она почти не встречалась в районах акватории, расположенных у побережья западной, северной и восточной частей залива, от Анадырского лимана, зал. Креста, побережья Чукотского полуострова и далее на юго-запад вдоль границы ИЭЗ (исключительной экономической зоны).

В последующие месяцы с размыванием вод зимнего происхождения и с распространением наваринских водных масс в заливе происходило и дальнейшее распространение трески по направлению к Чукотскому полуострову. Тем не менее, до конца нагула оставались незанятыми ею, хотя и уменьшившимися по площади, участки в западной части Анадырского залива, на его севере – у залива Креста, а также в районе границы ИЭЗ.

В октябре-ноябре, по данным траловой съемки 1979 г. – наиболее поздней из представленных, характер распределения трески ясно показывал начавшуюся миграцию к местам зимовки. Концентрации средней плотности наблюдались только в юго-западном секторе района исследований – на участках, расположенных к югу и востоку от мысов Наварин и Коробицына. Начавшееся осеннее выхолаживание вод привело к освобождению треской обширных акваторий северной и северо-западной части залива. Отсутствовала треска и в районе северной части границы ИЭЗ.

Вылов трески в течение года испытывает значительные колебания. В холодный период года с января по апрель ее уловы минимальны – среднемноголетний вылов за месяц не превышает 41 т. Однако уже с мая этот показатель быстро растет, достигая своего максимума – 1890 т в июле. После чего следует столь же быстрый монотонный спад.

Распределение уловов трески определяется локализацией ее крупных скоплений и таким образом позволяет проследить сезонную изменчивость ее батиметрического и пространственного распределения.

Согласно батиметрическому распределению промысловых уловов трески, на наибольшие глубины она опускается в апреле, когда основная часть скоплений облавливается на глубинах от 100 до 250 м при среднем показателе, равном 230 м. В последующие месяцы происходит ее подъем по шельфу и заполнение Анадырского залива. Средние глубины с мая по август монотонно уменьшаются от 193 м до 86 м. Шесть месяцев – с июня по ноябрь – модальные глубины лова приурочены к диапазону 50 – 100 м. Это связано с тем, что на большей части собственно Анадырского залива – в части рассматриваемого района, лежащем севернее мыса Наварин, располагаются изобаты от 50 до 100 м. Глубины менее 50 м представлены на обширном мелководье у устья Анадырского лимана и у зал. Креста, где большую часть теплого периода года распространены холодные и соленые водные массы, избегаемые треской. В других частях ареала трески – с охотоморской и океанской сторон полуострова Камчатка – гораздо большая доля ее скоплений в летний период локализуется на глубинах менее 50 м (Савин, 2004, 2007).

С сентября начинается постепенный отход трески на сравнительно большие глубины. Если в этом месяце средние глубины лова составляют 89 м, то в феврале они равняются 178 м, а в марте – 193 м.

Внутригодовая динамика распределения промысловой продуктивности трески отображает сезонные миграции ее крупных скоплений в Анадырский залив на нагул и обратно за его пределы ко времени зимовки и нереста. Площадь акватории с промысловой продуктивностью более 1 кг/км² в течение года испытывает значительные колебания. Наименьших размеров она достигает в марте, составляя 1,5 тыс. км². В дальнейшем происходит ее монотонное увеличение до 91,4 тыс. км² в августе. После чего следует столь же равномерное ее уменьшение.

В апреле скопления трески, о чем свидетельствуют распределения промысловой продуктивности, локализируются на небольших участках на юге рассматриваемого района, расположенных западнее 179°30' в.д. В мае ее скопления распределены, как правило, южнее мыса Наварин, проникая на северо-восток до 177°30' з.д. В июне начинается ее массовое вторжение в Анадырский залив. На север вдоль западного побережья ее заметные концентрации проникают до 63°30' с.ш.

В июле происходит дальнейшее продвижение отдельных крупных скоплений в северном и северо-восточном направлении: вдоль западного побережья она достигает 64° с.ш., а вдоль границы ИЭЗ – до 176° з.д. В августе скопления трески распространяются на большую часть Анадырского залива, отсутствуя лишь вблизи северо-западного и северного побережий – примерно от 65° с.ш. вблизи Анадырского лимана и зал. Креста на восток до 175° з.д.

С сентября проявляется обратная миграция трески из залива. При этом общее поле ее распространения разбивается на несколько сравнительно изолированных участков. Первый, наиболее значительный, располагается на западе и юге района. Несколько других – на севере, ближе к центру, а также на северо-востоке – в районе мысов Беринга и Аччен. Сравнительно небольшое пятно локализовано у центральной части границы ИЭЗ.

В октябре на севере района отмечается отход трески от берегов. В ноябре большая ее часть концентрируется в юго-западном секторе района. В декабре отход от берегов проявляется и на юге района. Большая часть скоплений располагается южнее мыса Наварин от границы ИЭЗ до 179° в.д.

С января по март плотные скопления трески продолжают смещаться на большие глубины к югу от мыса Наварин.

По данным Моисеева (1953), в Анадырском заливе отнерестовавшая треска появляется в середине мая на глубинах 25–60 м, в изобилии встречаясь на участке, протянувшемся от мыса Наварин до устья реки Анадырь, где держится в течение всего теплого периода года. Осенью под влиянием происходящего охлаждения вод треска мигрирует с обширного анадырского мелководья на глубины 170–250 м, расположенные к юго-востоку от мыса Наварин, где, по предположениям этого автора, она зимует и нерестится.

Накопленная к настоящему времени информация позволяет уточнить, а в ряде случаев и скорректировать описанную схему миграций трески в Анадырском заливе.

Действительно, треска в теплый период года нагуливается в Анадырском заливе, а в холодный – мигрирует на внешний край шельфа и верхний отдел склона. Однако данные съемок свидетельствуют о предпочтении треской глубин более 50 м. В последующие месяцы вплоть до ноября она большей частью обитает на глубинах 50–150 м. Избегание треской обширных мелководий с глубинами менее 50 м, располагающихся на северо-западе и севере Анадырского залива, легко объяснимо локализацией там до второй половины сентября холодных вод зал. Креста (Хен, 1999), характеризующихся пониженной биопродуктивностью.

Нуждается в некоторой корректировке и схема Моисеева летних миграций трески внутри Анадырского залива. Согласно схеме, она мигрирует вдоль побережья от мыса Наварин на север к Анадырскому лиману и далее на северо-восток к зал. Креста и на восток к побережью Чукотского п-ова. Материалы траловых съемок, а также внутригодовая динамика распределения промысловой продуктивности трески свидетельствуют в пользу постепенного распространения трески в водах Наваринского течения. По мере того, как происходит летнее потепление вод, а указанное течение размывает образовавшиеся в зимний период холодные водные массы, она заполняет в июне юго-западную часть Анадырского залива в районе мысов Наварин и Коробицына и далее распространяется на север, примерно до 64° с.ш. и северо-восток через центральную часть залива. К августу часть ее скоплений выходит к его северо-восточному побережью в район, прилегающий Чукотскому п-ову (см. рисунок). Массовые же миграции трески, проходящие непосредственно через мелководья у северо-западного и северного побережья, занятого холодными водными массами зал. Креста, маловероятны.

На внешней части шельфа и верхнем отделе склона у мыса Наварин в холодный период года к настоящему времени крупных зимовальных скоплений трески не обнаружено. И хотя в ноябре-декабре в этом районе при общей низкой плотности распределения трески встречаются отдельные сравнительно плотные ее концентрации, их общая биомасса явно не соответствует летней – нагульной биомассе трески в Анадырском заливе. Так, сравнивая схемы Вершинина (1987), описывающие распределение трески в Анадырско-Наваринском районе в ноябре-апреле и мае-октябре 1968-1980 гг., отметим, что ее скопления равноценной плотности в холодный период года относительно теплого периода года имеют существенно меньшую площадь, а соответственно и меньшую биомассу.

Некоторые другие факты также могут свидетельствовать об уходе большей части трески из района Анадырского залива. Так, для февраля-апреля вылов трески в этом районе крайне незначителен. К тому же косвенные данные говорят об отсутствии здесь ее массового нереста: поимок сеголеток у мыса Наварин значительно меньше, чем, например, в районе Карагинского залива (Балыкин, 2002).

ЛИТЕРАТУРА

Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. – М.: Пищ. пром-сть, 1968. – 288 с.

Андрияшев А.П. Рыбы северных морей СССР. – М.;Л.: АН СССР, 1954. – 221с.

Андрияшев А.П., Чернова Н.В. Аннотированный список рыбообразных и рыб морей Арктики и сопредельных вод // Вопр. ихтиол. – 1994. – Т. 34, вып. 4. – С. 435–456.

Балыкин П.А. Распределение сеголеток тресковых рыб и сельди в западной части Берингова моря // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2002. – Т. 130. – С. 1188–1198.

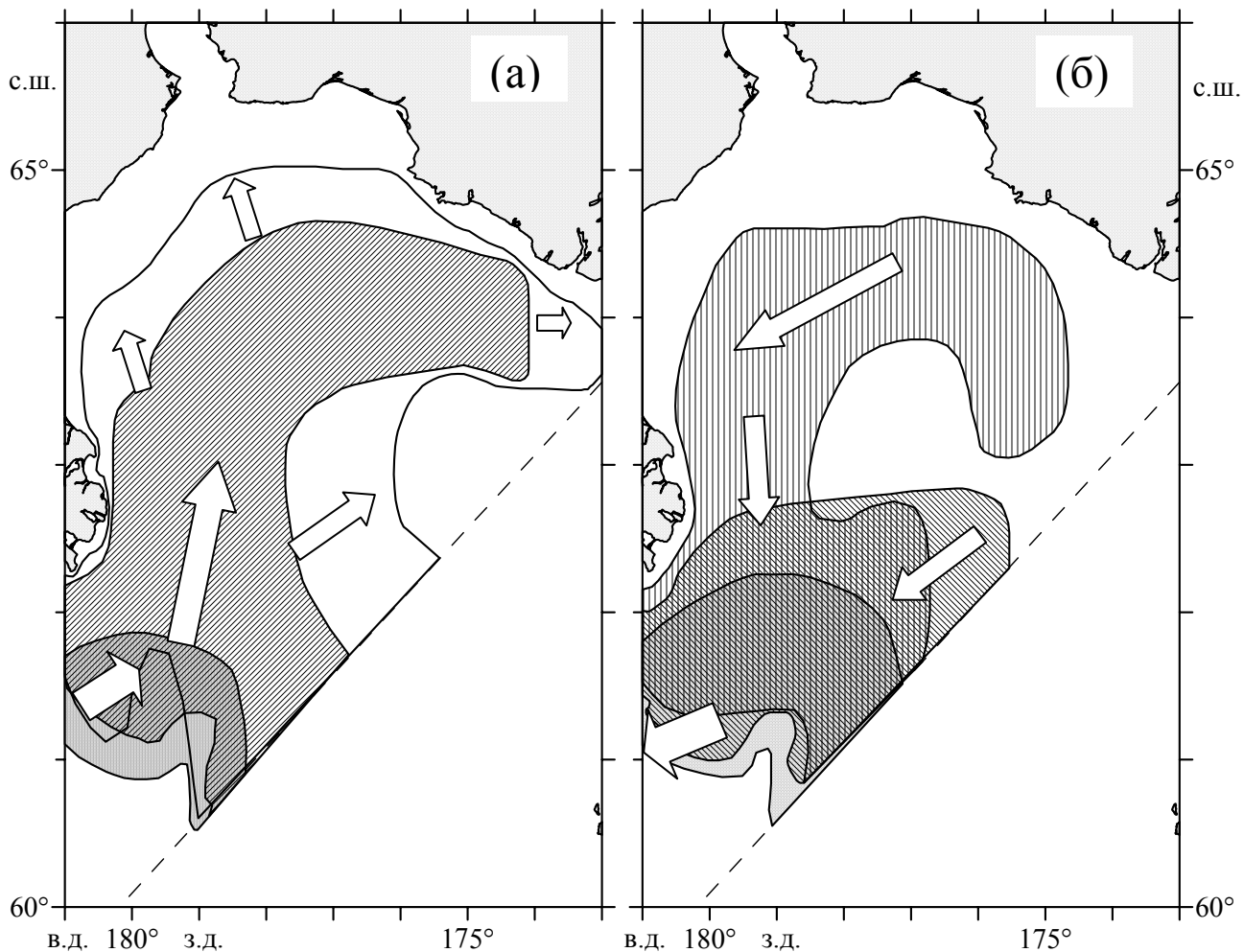
Вершинин В.Г. О биологии и современном состоянии запасов трески северной части Берингова моря // Биол. рес. Арктики и Антарктики. – 1987. – С. 207–224.

Денисов Л.И. О рыбохозяйственной терминологии // Рыб. хоз-во. – 1971. – № 12. – С. 21–22.

Моисеев П.А. Треска и камбалы дальневосточных морей // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 1953. – Т. 40. – 288 с.

Положение по функционированию отраслевой иерархической информационно-аналитической автоматизированной системы управления использованием водных биоресурсов (информационная система «Рыболовство»). – М.: ВНИЭРХ, 1996.– 78 с.

Савин А.Б. Сезонная изменчивость распределения тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus*, Gadidae на западнокамчатском шельфе в связи с ее миграциями в Охотском море и за его пределы // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2004. - Т. 138. – С.154–167.



Распределение трески по меся-


	- апрель		- октябрь
	- июнь		- декабрь
	- август		- февраль

Схема распределения и миграций трески в Анадырском заливе и прилегающих водах: **а** – с апреля по август; **б** – с октября по февраль; стрелками обозначены направления миграций

Савин А.Б. Сезонные миграции тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) у восточного побережья Камчатки // *Вопр. ихтиол.* – 2007. – Т. 47, № 5. – С. 657-667.

Хен Г.В. Пространственно-временная характеристика вод Анадырского залива и прилегающей области шельфа в летне-осенний период // *Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии.* – 1999. – Т. 126. – С. 587–602.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И РЕСУРСЫ ПЛОСКИХ МОРСКИХ ЕЖЕЙ В ПРИБРЕЖЬЕ ПРИМОРЬЯ

Л.Г. Седова, Д.А. Соколенко
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Отряд ПЛОСКИЕ МОРСКИЕ ЕЖИ (Clupeasteroidea) представлен многочисленными ископаемыми и современными формами.

В Японском море, включая зал. Петра Великого, встречаются лишь виды двух родов: скафехинусов (*Scaphechinus*) и эхинарахниусов (*Echinarachnius*), которые обитают в песчаных прибойных бухтах. Серый скафехинус (*S. griseus*) – зеленовато-серого цвета еж с очень плоской и тонкой по краю скорлупой, живет в песке на глубинах от 1 до 50 м. Скафехинус необыкновенный (*S. mirabilis*) – темно-фиолетового цвета с толстой скорлупой, встречается на глубинах от 0,5 до 125 м. Обыкновенный плоский морской еж (*Echinarachnius parma*) обитает от прибрежной зоны до глубины 150 м, хотя чаще всего встречается на глубинах 6-12 м. У этого вида края диска тонкие, окраска панциря – от коричневой до лиловой, иголки зеленоватые. В отличие от скафехинусов, у обыкновенных плоских ежей ветвление брюшных амбулакальных борозд начинается ближе к краю диска, чем к центрально расположенному ротовому отверстию. В местах совместного обитания с другими плоскими ежами наиболее глубоко зарываются в грунт, до 150 мм. Молодь обыкновенных плоских ежей, в отличие от скафехинусов, имеет более тяжелый скелет панциря.

Научно-исследовательские работы по оценке ресурсов плоских морских ежей проводили в 2000-2007 гг. в зал. Петра Великого и в прибрежье северного Приморья от мыса Поворотный до зал. Владимира водолазным способом. Разрезы располагали перпендикулярно береговой линии через 300-500 м друг от друга на глубинах 1-20 м. Всего было проанализировано более 5 тыс. станций.

S. mirabilis образует значительные поселения в юго-западной части зал. Петра Великого, включая акваторию южного участка Дальневосточного Морского Биосферного Государственного Природного заповедника, на глубинах 3-15 м, на этих же участках образует поселения и *S. griseus* на глубинах 1,5-15 м. Для этих двух видов характерно существование в одном биотопе, с различным вертикальным распределением в толще грунта. *S. mirabilis* обычно лежит на поверхности грунта и хорошо заметен, а *S. griseus* присыпан слоем грунта, виден лишь его силуэт (Левин, Коробков, 2003). Молодь серого плоского ежа трудно поддается водолазному учету, лишь просеивание грунта через сита может дать достоверную картину численности животных, однако это очень трудоемкий процесс, и нами он не производился. Таким образом, показатели плотности его поселений в наших исследованиях занижены.

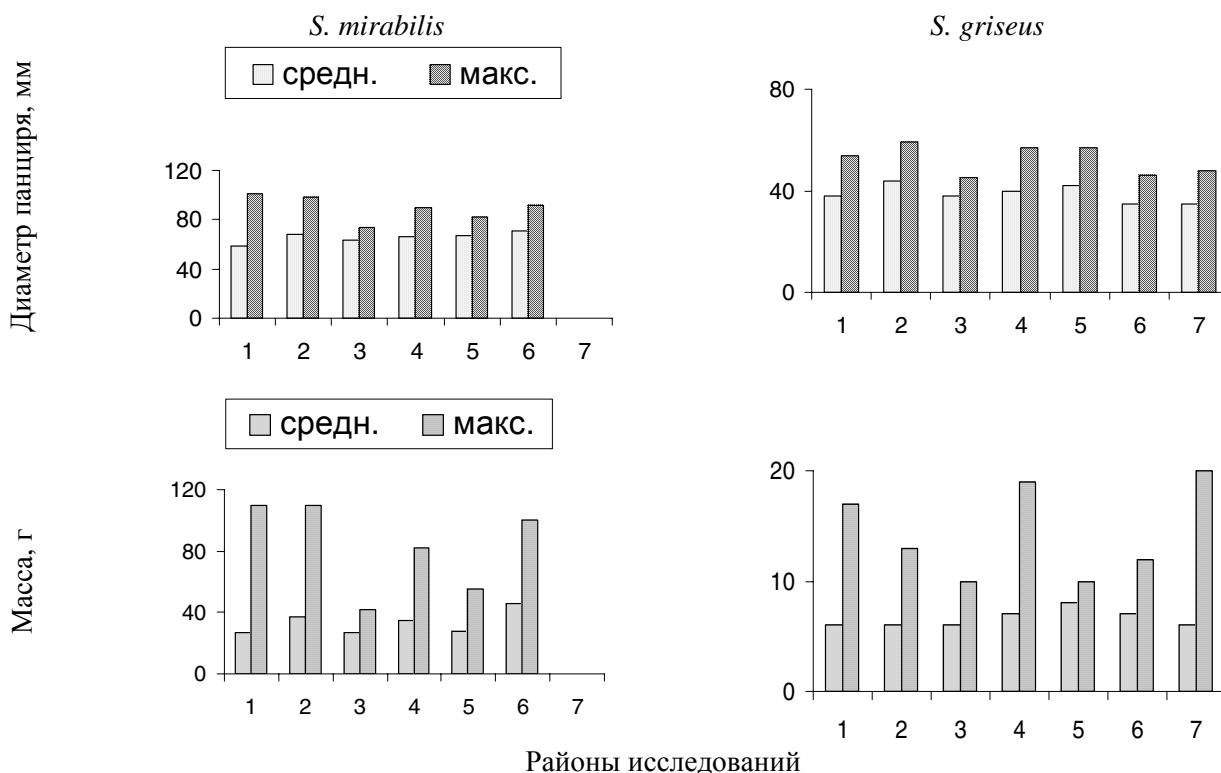
В районе от устья р. Туманная до мыса Островок Фальшивый *S. mirabilis* встречается преимущественно с плотностью 1-19 экз./м² (максимальная – 188 экз./м²), *S. griseus* – с плотностью 1-8 экз./м² (максимальная – 44 экз./м²). Оба вида ежей отмечены с концентрацией 1-7 экз./м² в бухтах Сивучья, Калевала, в районе от о. Веры до мыса Деда на глубинах 3-10 м, в бухте Рейд Паллада, вдоль песчаной косы Назимова – с концентрацией 0,1-3 экз./м² (максимальная – 8 экз./м²) на глубинах 1,5-2 м. В зал. Петра Великого поселения *S. mirabilis* также обнаружены в зал. Китовый, бухтах Бойсмана, Лазурная, Пограничная, Рифовая, у о-вов Рикорда, Рейнеке и Путятин на глубинах 2-15 м с плотностью 1-5 экз./м²; *S. griseus* – на глубинах 1-7 м с плотностью 1-12 экз./м².

В районе северного Приморья выявили поселения трех видов плоских ежей (*S. mirabilis*, *S. griseus* и *E. parma*) (рис. 2). Как правило, места обитания указанных видов не перекрывались.

В районе от мыса Поворотный до бухта Немая поселения образуют *S. mirabilis* на глубинах 5-15 и *S. griseus* на глубинах 1-12 м. Наибольшее скопление по занимаемой площади и величине запаса *S. mirabilis* расположено на участке от мыса Островной до о. Бельцова, где плотность животных составляла от 1 до 5 экз./м². На участке от зал. Ольги до зал. Владимира обитает *E. parma* на глубинах 2-20 м с плотностью поселения 0,1-7 экз./м² (рис. 2). На этом же участке обитает и *S. griseus* с плотностью поселения от 0,1 до 10 экз./м² на глубинах 3-10 м.

В различных районах средние значения диаметра панциря у *S. mirabilis* колебались в пределах 59-71 мм, массы – от 27 до 46 г. Предельного размера особь, с диаметром панциря 101 мм, бы-

ла встречена на участке от р. Туманная до мыса Островок Фальшивый. Наибольшие средние размеры (диаметр панциря и масса особи) отмечены у *S. mirabilis*, обитающего в районе от мыса Поворотный до бухты Немая, наименьшие - в юго-западной части зал. Петра Великого (рис. 3). Средние размеры *S. griseus* в зависимости от районов различались незначительно и находились в пределах: диаметр панциря - 35-44 мм, масса – 6-8 г. Максимальные размеры отдельных особей обоих видов существенно варьировали (рис. 3). Средние размеры *E. parma* в районе от зал. Ольги до зал. Владимира составили: диаметр панциря - 70 мм, масса – 40 г, максимальные – 93 мм и 100 г соответственно.



Средние и максимальные значения параметров плоских морских ежей в различных районах: 1 – юго-западная часть зал. Петра Великого, включая зал. Посыета, 2 – бухта Бойсмана, 3 – бухта Пограничная, 4 – бухта Рифовая, 5 – мыс Козьмина – мыс Поворотный, 6 – мыс Поворотный – бухта Немая, 7 – зал. Ольги – зал. Владимира

Таким образом, в прибрежье Приморья значимые поселения образуют три вида плоских морских ежей: *Scaphechinus mirabilis*, *S. griseus*, *Echinarachnius parma*. Состояние их поселений стабильно и не претерпевает значительных изменений численности. Ресурсы этих видов на акватории от реки Туманная до зал. Владимира составляют порядка 5 тыс. т. Поселения с наибольшей площадью обитания и величиной запаса плоских морских ежей расположены в южной части зал. Петра Великого. В настоящее время осуществляется вылов преимущественно *S. mirabilis*, используемого для получения лекарственных препаратов серии «Гистохром», используемых в офтальмологии и кардиологии (Мищенко и др. 2004; Стоник, 2004).

ЛИТЕРАТУРА

- Левин В.С., Коробков В.А. Морские ежи России. Биология, использование, промысел. – СПб.: ДОРН, 2003. - 256 с.
- Мищенко Н.П., Федорев С.А., Догадова Л.П. Препарат гистохром для офтальмологии // Вестник ДВО РАН. - 2004. - № 3. - С. 111-119.
- Стоник В.А. Фундаментальные исследования в интересах медицины в Тихоокеанском институте биоорганической химии ДВО РАН и их прикладные результаты // Вестник ДВО РАН. - 2004. - № 3. - С. 11-23.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ Р. АМУР И ЧИСЛЕННОСТЬ ПРОМЫСЛОВЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ РЫБ

Н.Н. Семенченко

ХфТИНРО, г. Хабаровск, Россия, Ostrovkhv@rambler.ru

Известно, что гидрологический режим водоема является одним из основных факторов, влияющих на численность пресноводных рыб. От характера гидрологического режима зависит характер икротетания, выживаемость икры и молоди фитофильных рыб р. Амур (Вронский, 1965; Никольский, 1956; Крыжановский и др., 1951; и др.). Гидрологические факторы могут оказывать влияние на величину абсолютной плодовитости и величину гонад рыб (Иванков, 2001; Семенченко, Переводчикова, 2005).

Анализ динамики временного ряда среднемесячных величин уровня воды в р. Амур в летние месяцы показал, что, начиная с 70-х гг. прошлого века, уровневый режим Амура изменился (Семенченко, 2007). В это же время происходит и снижение величины годовых уловов всех пресноводных рыб. В связи с этим целью настоящей работы показать, как влияет гидрологический режим р. Амур на численность пресноводных рыб, а также показать как изменение гидрологического режима р. Амур повлияло на запасы пресноводных рыб.

Основными характеристиками водного режима р. Амур являются уровень и расход воды, на изменение которых в сильной степени влияет неравномерность осадков. В архиве ХфТИНРО собраны сведения по годовым уловам всех промысловых пресноводных рыб р. Амур за период с 1937 по 2006 г., а также сведения по величине среднемесячных стоков (1896–2001 гг.) и уровней воды (1936–2001 гг.) в р. Амур в районе г. Хабаровска. Анализ временных рядов уловов пресноводных рыб р. Амур показал, что интенсивность промысла пресноводных рыб наиболее высокой была в 40–60-е гг. прошлого века. При высокой интенсивности промысла величина годового улова отражает численность рыб, поэтому в качестве показателя численности пресноводных рыб были взяты годовые уловы рыб в период с 1936 г. по 1974 г. В эти годы основной промысел пресноводных рыб был сосредоточен на участке Амура от пос. Ленинское до г. Комсомольска-на-Амуре (Крыхтин, 1975). Сведения по динамике гидрологического режима в районе г. Хабаровска в среднем характерны для всего этого участка реки. Влияние водности р. Амур на численность пресноводных рыб изучали с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Динамику гидрологического режима – с помощью спектрального анализа временных рядов. Работа выполнена с помощью прикладных программ Excel и STATISTICA.

В результате анализа временного ряда значений стока воды в р. Амур с учетом изменений его в течение года по месяцам были выделены 5 основных периодов цикличности: (1) 350E8:0,0836 – 11,96 мес; (2) 101E8:0,0828 – 12,0 мес; (3) 310E7:0,250 – 4,0 мес; (4) 150E7:0,0844 – 11,85 мес и (5) 952E6:0,08 – 12,5 мес. Таким образом, основное значение в динамике стока воды р. Амур имеет сезонная составляющая. Продолжительность основного цикла – 12 мес. Р. Амур расположена в зоне действия муссонного климата. Основным источником, питающим реку и ее притоки, являются атмосферные осадки. С 1896 г. сток р. Амур за многолетний период колеблется в больших пределах. В районе г. Хабаровска за исследованный период минимальный зимний расход воды снижался до 165 м³/с, а в период осеннего паводка достигал 35,6 тыс. м³/с. В годовом объеме стока дождевое питание составляет 75-80 %, на долю грунтового питания приходится всего 5-8 %, остальные 15-20 % стока поступает в Амур от таяния снега. Во время крупных паводков происходит затопление поймы. В период паводков вода из Амура поступает в пойменные озера, при спаде уровня воды – вода из пойменных озер поступает в русло. Таким образом, происходит регулирование речного стока в течение года (Богатов, 1994).

У многих видов амурских рыб выработался механизм выживания в этих динамических условиях гидрологического режима. Этот механизм выражается в поочередном использовании отдельных участков р. Амур в течение года для проведения нереста, зимовки и нагула рыб. Для нереста рыбы используют как основное русло реки Амур и его крупные протоки

(рыбы, мечущие пелагическую икру), так и разливы и озера в период затопления наземной травянистой растительности, на которую рыбы откладывают икру. В период нагула молодь и взрослые рыбы используют участки поймы, залитые водой в период летнего и осеннего паводка, а также озера. Зимовка рыб в озерах невозможна из-за их промерзания. С наступлением зимы начинается осенняя миграция как молоди, так и взрослых рыб из мелководных заливов и озер в русло Амура. Войдя в основное русло осенью, большинство видов рыб прекращает питание и залегает на ямы (Никольский, 1956).

В Амуре обитает более 100 видов рыб, из которых 23 пресноводных вида (28 с учетом редких в настоящее время) являются промысловыми. Однако основу уловов составляют 7 видов рыб – сазан, сом амурский, амурская щука, карась, верхогляд, белый толстолобик, белый амурский лещ. Первые 4 вида откладывают икру на растительность, остальные мечут пелагическую икру. Для определения влияния гидрологического режима на динамику численности амурских рыб мы выбрали амурского сома, как представителя рыб-фитофилов и белого толстолобика, пелагофила. Основные факторы, которые мы учитывали при проведении анализа, были средние значения величины стока воды в р. Амур в разные периоды жизненного цикла рыб: в период нереста, в период нагула, в период зимовки. Было установлено, что численность как рыб-фитофилов, так и рыб-пелагофилов зависит от величины стока воды в реке. Результаты дисперсионного анализа представлены в таблице.

Нерест. В русле и больших протоках р. Амур из-за значительных колебаний уровня воды высшая водная растительность не развита. Нерест рыб-фитофилов в Амуре возможен только в период паводков, когда происходит затопление водой наземной растительности. Как и ожидалось, между величиной стока воды в период нереста сома амурского и величиной его уловов в последующие годы найдены зависимости. Чем выше уровень воды в Амуре, тем выше уловы сома в последующие годы. Причем наиболее урожайные поколения сома появляются в годы, когда уровень воды в этот период был более 2 м. Урожайные поколения прослеживаются в уловах на протяжении нескольких лет (см. таблицу). На численность белого толстолобика гидрологический режим в период нереста почти не оказывает влияния.

Нагул. Как было определено (таблица), наиболее важным периодом жизненного цикла рыб р. Амур для формирования их численности являются период нагула. Июль-сентябрь – время муссонных дождей. Гидрологический режим реки в этот период характеризуется наиболее высокими уровнями. Часто в это время происходит не только заполнение поймы Амура водой, но и Амур выходит из берегов, заливая водой прилегающие к пойме леса и луга. Однако даже такие большие паводки не являются катастрофическими. Они необходимы для жизни всей экосистемы в целом. В паводок, когда вода из Амура поступает в озера, на стыке речных и озерных вод, образуются зоны высокой продуктивности (Сиротский, 1991; Богатов, 1994). В связи с затоплением наземной растительности, количество кормовых объектов еще больше увеличивается. Значительно повышается кормность водоемов и размеры площади нагула, увеличивается и количество мест, где молодые особи могут прятаться от хищников. Все это благоприятно сказывается на росте, развитии и выживаемости не только молодых, но и взрослых рыб.

Зимовка. Зимний сток очень низкий. А к весне он снижается до минимальных значений. Однако, как показывают наши исследования, величина стока воды в этот период также играет довольно значительную роль в жизни пресноводных рыб (см. табл.). Чем выше сток воды в зимние месяцы, тем выше уловы рыб в последующие за зимовкой годы. В зимний период рыбы скапливаются в большом количестве в наиболее глубоких местах в русле р. Амур. Такие места называют зимовальными ямами. В этот период активность рыб очень низкая. При низких уровнях воды в зимний период часто отмечали гибель рыб от заморозов (Крыхтин, 1975). Основная задача – выжить в неблагоприятных условиях (при низкой проточности в условиях низкого содержания кислорода).

Таким образом, гидрологический режим Амура и жизненный цикл пресноводных рыб взаимосвязаны. Численность и соответственно запасы рыб тем больше, чем больше сток воды в течение года.

Изменение величины уловов сома амурского и белого толстолобика от величины стока воды в разные периоды жизненного цикла (результаты однофакторного дисперсионного анализа).

Фактор	Улов	Сом амурский			Белый толстолобик		
		Сила влияния, %	F	p	Сила влияния, %	F	p
Величина стока воды в период зимовки	В тот же год	42,4	11,04	0,00026	Нет влияния	-	-
	Через 1 год	44,0	12,18	0,00013	Нет влияния	-	-
	Через 2 года	51,0	16,64	0,00001	47,08	12,12	0,00025
	Через 3 года	49,1	14,00	0,00006	38,48	8,82	0,00143
	Через 4 года	42,7	10,78	0,00032	31,53	6,76	0,00491
	Через 5 лет	37,8	8,51	0,00130	37,13	8,38	0,00184
Величина стока воды в период нереста	Через 1 год	26,3	4,81	0,0164	Нет влияния	-	-
	Через 2 года	32,5	6,99	0,0033	49,40	10,74	0,00055
	Через 3 года	22,5	4,34	0,0221	Нет влияния	-	-
	Через 4 года	33,8	8,69	0,0009	Нет влияния	-	-
	Через 5 лет	31,7	7,91	0,00152	Нет влияния	-	-
Величина стока воды в период нагула	Через 1 год	19,9	3,36	0,0487	Нет влияния	-	-
	Через 2 года	30,9	6,03	0,0069	Нет влияния	-	-
	Через 3 года	38,8	8,87	0,0010	23,40	4,43	0,02097
	Через 4 года	27,4	6,43	0,0043	28,76	6,06	0,00617
	Через 5 лет	30,2	7,36	0,0022	31,39	9,38	0,00044
	Через 6 лет	Нет влияния			38,53	9,09	0,00086

В 70-х гг. прошлого века произошло перераспределение величины годового стока воды в р. Амур. В летние месяцы величина стока снизилась, а в зимние и весенние значительно увеличился (рис. 1).

Между уровнем воды и стоком воды найдена прямая зависимость, которая описывается уравнением:

$$Y = 0,0276 \times X - 190,81, \text{ где } Y - \text{уровень воды, см; } X - \text{сток воды, м}^3/\text{с. } R^2 = 0,9655.$$

Так как за последние годы (с 2002 по 2007 гг.) мы имеем данные только по уровню воды в весеннее – осенний период (период открытой воды), чтобы определить, как повлияло строительство Бурейской ГЭС на динамику гидрологического режима Амура, мы провели анализ временного ряда средних значений уровней воды по каждому месяцу этого периода. С введением в строй первой очереди Бурейской ГЭС средний уровень воды в р. Амур в летние месяцы еще снизился (рис. 2).

Таким образом, в настоящее время уровневый режим Амура изменился. Снижение летнего уровня воды в период нереста рыб–филофилов привело к уменьшению размеров нерестилищ этих рыб. Заполнение поймы водой и затопление водной растительности начинается

при уровне воды 80-100 см (Вронский, 1965). Самые высокие уловы наблюдаются от нереста рыб при уровне воды больше 2 м. Таким образом, численность рыб фитофилов в настоящее время не может достигнуть того уровня, которые были в середине прошлого века. Снижение уровня воды в летние и осенние месяцы, т.е. в период нагула и роста рыб, приводит к снижению первичной продуктивности Амура и как следствие к уменьшению пищевых объектов рыб. Снижается выживаемость и темп роста, ухудшается подготовка рыб к зимнему периоду. Все это приводит к снижению численности не только рыб фитофилов, но и пелагофилов.

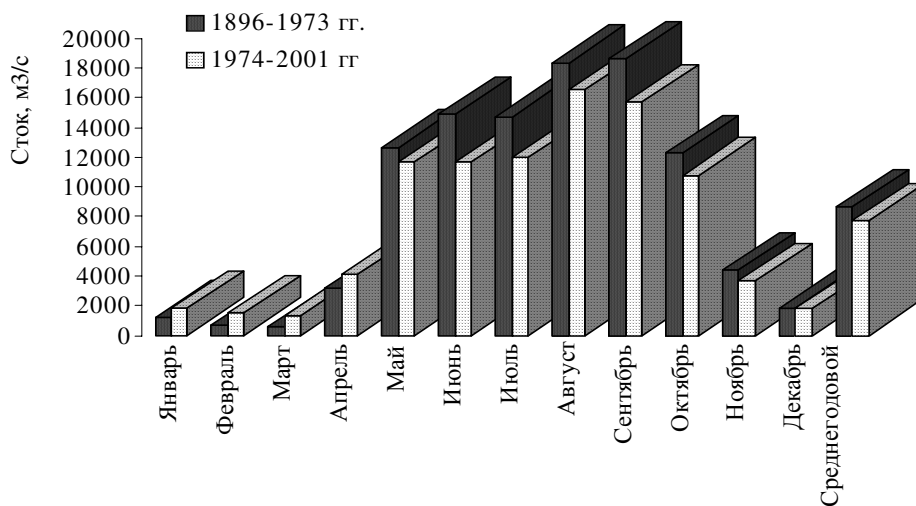


Рис. 1. Годовая динамика стока воды (м³/с) в р. Амур в периоды с 1896 г. по 1973 г. и с 1974 г. по 2001 г.

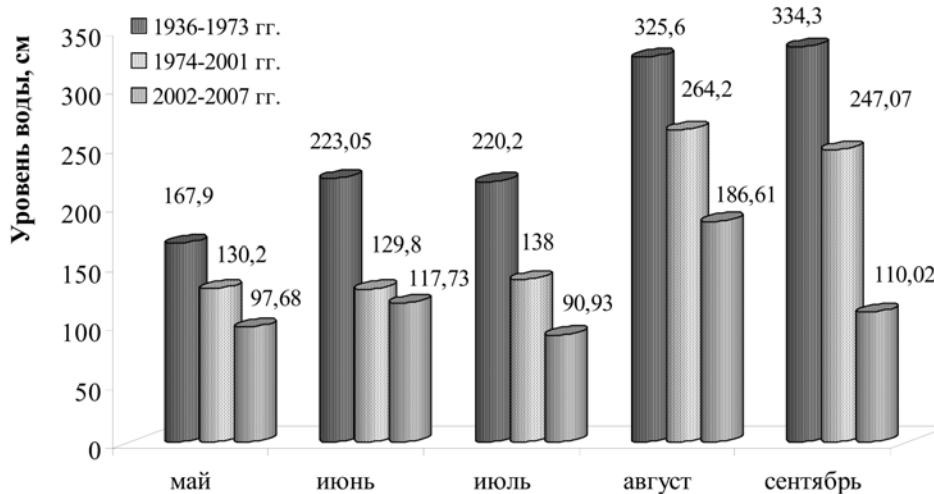


Рис. 2. Изменение уровня воды в р. Амур в период нереста и нагула пресноводных рыб

Зимний сток, увеличившиеся в результате работы ГЭС, оказывают благотворное влияние на выживаемость рыб, а значит и на их численность и запасы. Однако основными лимитирующими численность пресноводных рыб факторами на Амуре является обеспеченность рыб пищевыми объектами (Никольский, 1956), а также размеры нерестилищ. Благоприятное влияние увеличения стока воды в зимний период предотвращает, по-видимому, только заморы рыб, но в целом не может способствовать увеличению их численности. Таким образом, тот уровень запасов жилых пресноводных рыб р. Амур, который сформировался в последние годы, ограничен площадью нерестилищ и местами нагула рыб.

В результате перераспределения величины стока воды в р. Амур в течение года произошли следующие изменения:

1. Произошло перераспределение видового состава рыб с разной экологией нереста. Если в прошлом веке в уловах преобладали фитофилы – сом, щука, сазан, карась (Крыхтин,

1975), то в настоящее время на первое место в уловах выходят рыбы - пелагофилы – белый толстолобик, верхогляд, лещ, даже появились в большом числе желтощек и ауха (Семенченко, 2007).

2. Произошло снижение общего запаса промысловых рыб. В середине прошлого века, после значительного перелома пресноводных рыб в годы войны, численность рыб восстановилась к середине 50-х гг. В настоящее время численность рыб при почти полном отсутствии промысла в изучаемом районе все еще остается низкой, хотя видовой состав уловов восстановился (Семенченко, 2007).

Таким образом, введение в строй Зейской и Бурейской электростанций привело к нарушению функционирования сложной речной экосистемы р. Амур, в результате чего снизился уровень запасов пресноводных рыб. В ближайшее время РАО «ЕЭС России» планирует создать каскад из трех ГЭС на нижней Зее и вторую станцию на р. Бурей. Введение в строй все новых электростанций будет приводить к еще большим нарушениям гидрологического режима. Амур может остаться без рыбы, а население Хабаровского края без ценных пищевых объектов и работы.

ЛИТЕРАТУРА

Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. - Владивосток, 1994. – 218 с.

Вронский Б.Б. Влияние гидрологических и метеорологических условий на нерест некоторых фитофильных рыб Амура и выживаемость их икры и молоди // Вопр. ихтиол. – 1965. – Т. 5, вып. 1(34). – С. 111–126.

Иванков В.Н. Репродуктивная биология рыб. – Владивосток: ДВГУ, 2001. – 223 с.

Крыжановский С.Г., Смирнов А.И., Соин С.Г. Материалы по развитию рыб р. Амура. Тр. Амурской ихтиол. экспед. 1945-1949 гг. – 1951. – Т. 2. – С. 5-222.

Крыхтин М.Л. О периодических колебаниях численности жилых рыб Амура и их причинах // Вопр. ихтиол. – 1975. – Т. 15, вып. 5(94). – С. 919-922.

Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. – М.: АН СССР, 1956. – 551 с.

Семенченко Н.Н., Переводчикова Т.О. Абсолютная плодовитость и характер созревания икринок верхогляда р. Амур // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – Вып. 3. – С. 557-565

Семенченко Н.Н. Состояние запаса жилых промысловых рыб реки Амур // Экология и безопасность водных ресурсов: Мат-лы регион. науч.-практич. конф. – Хабаровск: ДВГУПС, 2007. – С. 151-160.

Сиротский С.Е. Первичная продукция и деструкция органического вещества бассейна Нижнего Амура: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Киев, 1991. – 26 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИДИИ ГРЕЯ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА (ОКТАБРЬ 2007 Г.)

Ю.В. Сидяков

Хабаровский филиал ТИНРО-центра, г. Хабаровск, chlamus@bk.ru

Двустворчатые моллюски представляют особый интерес как деликатесный продукт питания, а также благодаря высокому содержанию микроэлементов и биологически активных веществ, обладают высокой пищевой ценностью (Скарлато, 1981; Атлас ..., 2000). В Японии и ряде стран Юго-Восточной Азии ассортимент употребляемых в пищу двустворок несравнимо шире, чем в России. В начале 1990-х гг. появилась возможность экспортировать ряд видов двустворчатых моллюсков на внешний рынок. К сожалению, исследования по оценке запасов, распределению и биологии представителей класса *Bivalvia* в прибрежной части Хабаровского края до последнего времени целенаправленно почти не проводились. Отдельные исследования касались лишь гребешков и охватывали глубины до 25 м. В то же время, по последним данным, в прибрежье Хабаровского края имеются значительные запасы мидии Грея, доступной для промыслового освоения.

Мидия Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker, 1853) - тихоокеанский, приазиатский, низководный, сублиторальный вид. Обитает на различных грунтах, прикрепляясь к субстрату биссусными нитями на глубинах 1-60 м. Промысловый размер – 100 мм по длине раковины.

Промысел мидий осуществляется с помощью драг или водолазным способом. В прибрежной зоне Хабаровского края промышленный лов не ведется, однако в последние годы наблюдается рост интереса к добыче данного объекта у рыбопромышленных организаций края.

5–6 октября 2007 г. проведена дражная съемка в прибрежье Советско-Гаванского района от мыса Золотой до мыса Мапаца на глубинах от 15 до 50 м с борта МРТР Алаушас. Выполнено 26 станций на 8 разрезах. Расстояние между разрезами от 5 до 20 миль. Скорость драгирования составляла 4 – 5 узлов, время траления 5–10 минут. Драга представляет собой сварную металлическую конструкцию из двух рам прямоугольной и треугольной формы и кутца. Прямоугольная рама шириной 4 м и высотой 0,5 м выполнена из полос стали толщиной 10 мм и шириной 100 мм. К ней спереди приварена треугольная рама длиной 2 м из стального прута диаметром 50 мм с рымом для крепления ваера. Кутец, составленный из металлических колец диаметром 10 см, с резиновыми амортизаторами в нижней части, прикреплен скобами к прямоугольной раме сзади. Вставка из дели с ячейей 200 мм закрывает отверстие в верхней части кутца (рис.1).

Весь улов сортировался по видам, обсчитывался, производилась выборка на биоанализ. У мидий измерялись длина, высота, ширина и масса, сопутствующие виды учитывались количественно. Также отмечался состав грунта.

Не имея данных по коэффициенту уловистости гребешковой драги данной конструкции для данного объекта и в целях недопущения завышения оценки запаса коэффициент при расчетах принимали равный 1. Плотность поселений мидии Грея получали по формуле:

$$p = \frac{q}{l \times w}$$

где q – улов, l – протяженность драгирования, w – ширина драги.

Обработка проводилась с помощью программы MapDesigner методом линейной интерполяции.

В результате съемки в прибрежье Советско-Гаванского района от мыса Золотой до м Мапаца были обнаружены скопления мидии Грея, доступные промыслу. При работе гребешковой драгой отмечались уловы от 12 до 880 экз., в среднем 195 экз. Рассчитанная плотность поселения на исследованном участке составила в среднем 0,03 экз./м² (от 0 до 0,33 экз./м²). Наибольшая плотность поселения отмечена в районе мыса Птичий (0,33 экз./м²), на глубине

35 м. Значимые скопления отмечены на двух участках: от мыса Птичий до мыса Крестовоздвиженский и в районе мыса Песчаный, на глубинах от 25 до 35 м. Распределение биомассы по глубинам неравномерно (рис. 1).

Результаты биоанализа мидии из уловов представлены в таблице. Промысловые особи в уловах составляли 58 % от общего количества и 98 % по массе. Размерный состав представлен на рис. 2.

Размерно-массовые показатели мидии Грея по данным дражной съемки в октябре 2007 г. на участке от мыса Золотой до мыса Мапаца

Показатель	Длина, мм	Высота, мм	Ширина, мм	Масса, г
Среднее	102,5	54,5	40,4	194,2
min	33	18	13	4
max	164	87	66	600
Кол-во промеров	62	62	62	31

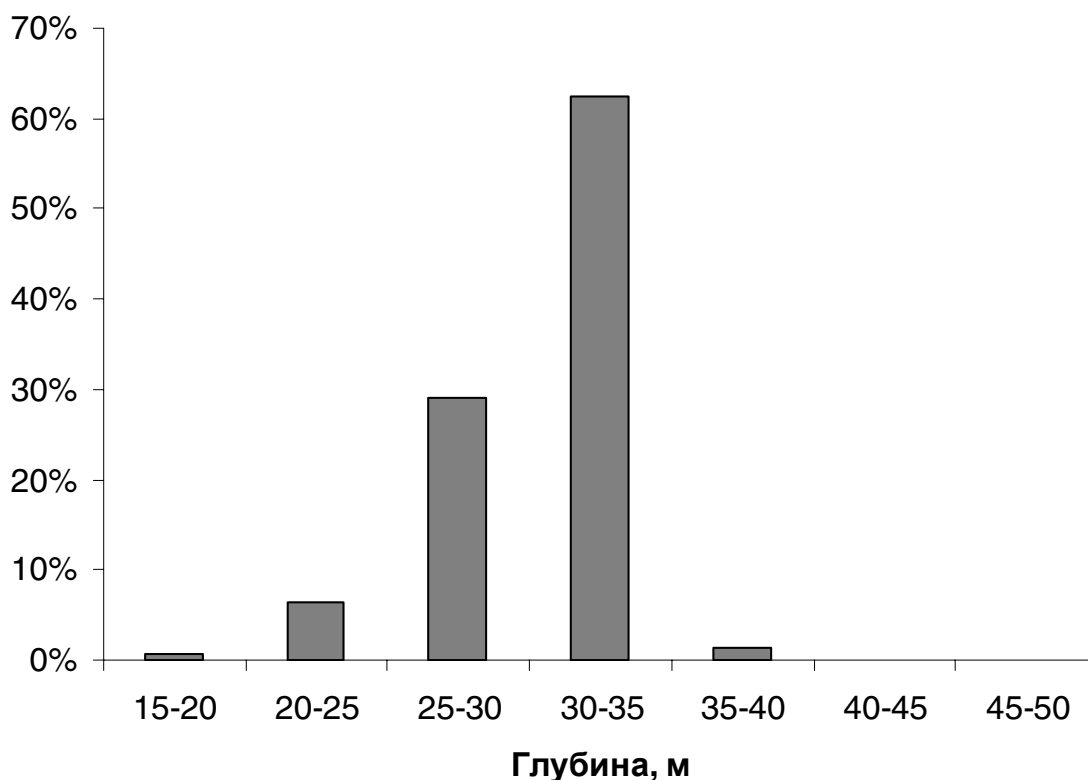


Рис. 1. Распределение биомассы мидии Грея в Татарском проливе на участке от мыса Золотой до мыса Мапаца, по глубинам

В составе уловов драги преобладают двустворчатые моллюски, значительно представлены морские ежи и голотурии (рис. 3). Сравнительно немного брюхоногих, головоногих и панцирных моллюсков, морских звезд и асцидий.

В прилове отмечены в значительных количествах кукумария японская и подоесмус макрохизма. Так, прилов кукумарии в среднем составляет 17,3 % от улова мидии и 21 % по массе. Таким образом, представляется целесообразным в ходе многовидового промысла в данном районе добывать одновременно мидию Грея и кукумарию японскую в соотношении 5:1 по массе.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать следующее:

- В результате съемки 5-6 октября 2007 г. в прибрежье Советско-Гаванского района на глубинах от 25 до 35 м обнаружены скопления мидии Грея, доступные для промыслового освоения.

- В рамках многовидового промысла представляется целесообразным в данном районе добывать одновременно мидию Грея и кукумарию японскую в соотношении 5:1 по массе.

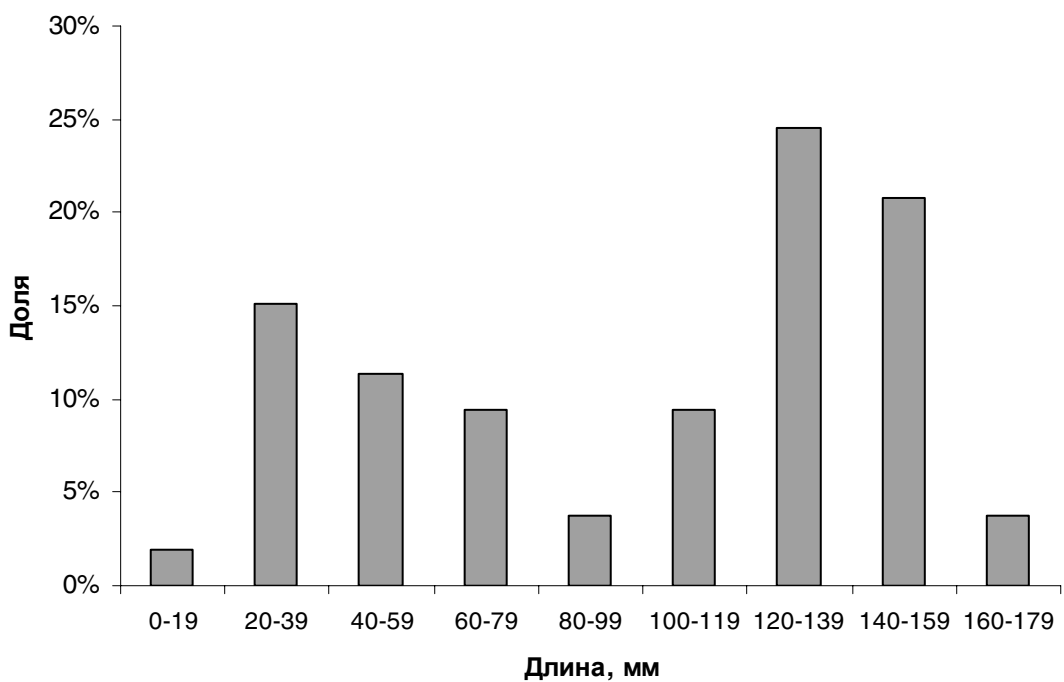


Рис. 2. Размерный состав мидии Грея в Татарском проливе на участке от мыса Золотой до мыса Мапаца, по данным 2007 г.

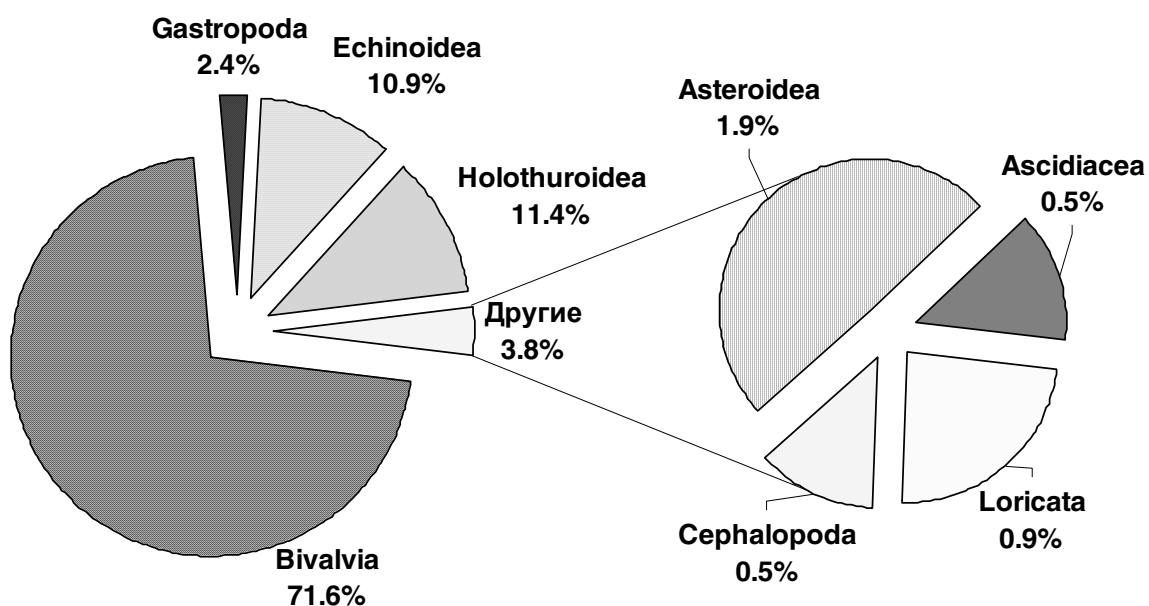


Рис. 3. Видовой состав донных беспозвоночных побережья Советско-Гаванского района на глубинах от 15 до 50 м по результатам дражной съемки в октябре 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России. – Владивосток, 2000.
 Скарлато О. А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. – Л.: Наука, 1981. – С. 479.

БИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ *UNDARIA PINNATIFIDA* (РНАЕОРНУТА) В ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

А.В. Скрипцова

Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
askriptsova@mail.ru

Undaria pinnatifida – эндемик тихоокеанско-азиатского региона, ее естественный ареал охватывает побережья Японии, Кореи, Китая. В 20-м столетии она была интродуцирована в Атлантику и южное полушарие. В настоящее время ундария встречается на атлантическом и средиземноморском побережье Франции, Венеции, Португалии, Новой Зеландии, Тасмании, Австралии, Аргентине, Калифорнии (цит. по Skriptsova et al., 2004). У российских берегов *Undaria pinnatifida* произрастает только на Дальнем Востоке в зал. Петра Великого Японского моря.

Ундария (торговое название «вакаме») традиционно используется в пищу в Японии, Корее, Китае. Ежегодное производство вакаме только в этих странах составляет около 500 тыс. т, незначительное количество собирается в Европе. В последнее десятилетие возрос интерес к этой водоросли, благодаря высокой биологической активности ее водных экстрактов (противоопухолевая, противовирусная, антитромботическая; Maquyama et al., 2003; Thompson, Dragar, 2004; Lee et al., 2004).

Undaria pinnatifida является одним из основных объектов марикультуры в странах юго-Восточной Азии. Есть перспективы для выращивания ундарии и в нашей стране. Однако для успешного введения в культуру любого объекта необходимо всестороннее изучение его биологии, экологии в каждой конкретной акватории, определение влияния различных экологических факторов среды на его рост, развитие и химический состав. Несмотря на большую практическую ценность ундарии, данных о ее биологии в зал. Петра Великого крайне мало. Ранее сведения о распространении, росте и развитии этой водоросли в наших водах были даны в работе В.Н. Кулепанова (2005), сезонная динамика роста и содержания альгинатов рассматривалась Скрипцовой с соавторами (Skriptsova et al., 2004).

В представленной работе приведены дополнительные и уточненные данные по биологии и физиологии *Undaria pinnatifida* в зал. Петра Великого Японского моря. Впервые приводятся сведения о морфологическом разнообразии и запасах ундарии в нашем регионе, а также данные об оптимальных условиях выращивания для разных стадий развития водоросли.

Распределение и условия обитания ундарии в зал. Петра Великого. В зал. Петра Великого ундария обитает в бухтах Соболев, Лазурная, у о-вов Энгельма, Лаврова, Желтухина, Рикорда, на мысе Клерка, мысах Скалистый, Таранцева, Михельсона, Андреева, Бутакова, прол. Старка и в зал. Восток у мыса Подосенова и мыса Елизарова. Ранее не было отмечено распространение этого вида в бухте Лазурная, у мыса Андреева и мыса Бутакова (Кулепанов, 2005).

Сведения об условиях обитания ундарии в зал. Петра Великого обобщены в табл. 1. Эта водоросль встречается в основном на южных, юго-западных и юго-восточных оконечностях мысов и участках бухт, обращенных к открытому морю, и, следовательно, наиболее подвергнутых действию волн. Ундария поселяется на относительно мелководных участках до глубины 3-5 м (максимально до 12 м в прол. Старка). Ранее также было показано, что ундария предпочитает селиться в местах с интенсивным водообменом и хорошей обеспеченностью элементами минерального питания на глубине от 0,5 до 6 м (Кулепанов, 2005).

Ундария в зал. Петра Великого не образует чистых зарослей. Она произрастает, как правило, совместно с *Costaria costata*, *Sargassum myabei*, *Desmarestia viridis*, *Tichocarpus crinitus*, *Phyllospadix ewatensis*. Биомасса ундарии в этих зарослях незначительна и составляет в среднем 2-4 кг/м² (табл. 2). Максимальная биомасса ундарии отмечена на мысе Бутакова – 12 кг/м². Проективное покрытие дна ундарией колеблется от 1 до 30 % в зависимости от

места обитания. Наименьшее проективное покрытие отмечено в прол. Старка на косе Дарагана – 1 %, максимальное – у мыса Андреева и мыса Таранцева (30 %). В среднем на большинстве исследованных участков проективное покрытие составляет 20–25 %, что согласуется с данными альгологической съемки, проведенной ТИНРО-центром в 1996 г.

Таблица 1

Условия обитания ундарии в зал. Петра Великого

Участок	Глубина обитания ундарии, м	Грунт	Доминирующие и массовые виды в сообществе	Примечание
мыс Таранцева, мыс Скалистый	0,5-3,0	Скалы	<i>Costaria costata</i> , <i>Desmarestia viridis</i>	Южная и юго-западная оконечность, обращенная к открытому морю
мыс Андреева	0,5-2,5 (5)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Palmaria stenogona</i>	Западная и юго-западная оконечность, обращенная к открытому морю
коса Дарагана прол. Старка	2 – 10	Песок с камнями, ракушь	<i>Ulva fenestrata</i> , <i>Desmarestia viridis</i>	Сильное течение
о. Энгельма, о. Лаврова	0,5 – 3	Скалы, скальные плиты, валуны	<i>Costaria costata</i>	Южная оконечность, обращенная к открытому морю
бухта Лазурная	0,5 – 4	Скальные плиты, песок с камнями	<i>Costaria costata</i> , <i>Phyllospadix ewatensis</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Chordaria flagelliformis</i> , <i>Palmaria stenogona</i> , <i>Ulva fenestrata</i>	Юго-восточная часть, обращенная к открытому морю
бухта Соболев	0,5 – 6 (9)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Ulva fenestrata</i> , <i>Desmarestia viridis</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i>	Юго-восточная часть
мыс Бутакова	0,5 – 4 (5)	Скалы, скальные плиты	<i>Costaria costata</i> , <i>Sargassum myabei</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i>	Юго-западная оконечность

Запасы ундарии в разных местах обитания в зал. Петра Великого оценены нами впервые (табл. 2). Наименьшие запасы (около 400 кг, площадь зарослей менее 400 м²) обнаружены в бухте Лазурная, наибольшие (53 т при площади зарослей более 7000 м²) у мыса Андреева. Всего в зал. Петра Великого по нашим данным сосредоточено около 92 т ундарии. Площадь зарослей составляет около 24000 м². Приведенные цифры являются заниженными, так как нам не удалось определить биомассу ундарии в ряде мест обитания из-за их труднодоступности. По данным ТИНРО-центра, на этих участках ундария также не образует больших зарослей. Однако даже с учетом неучтенных данных, запасов ундарии в зал. Петра Великого недостаточно для ее промышленной добычи, но эти природные популяции могут быть использованы для получения посадочного материала при промышленной культивировании.

Биологические особенности ундарии в зал. Петра Великого. Анализ морфологии талломов ундарии, произрастающей в разных участках зал. Петра Великого, показал высокое морфологическое разнообразие этой водоросли у берегов Приморья. Оценка степени сходства-различия растений с разными морфологическими признаками позволила объединить их в 5 основных групп (рис. 1). Ундария, произрастающая в Уссурийском заливе (бухта Лазурная, бухта Соболев; рис. 1, Б), отличается от растений из других исследованных мест обитания узкой пластиной (в среднем 28-35 см против 48-63 см с остальной акватории). Характерной особенностью ундарии, поселяющейся на косе Дарагана в прол. Старка (рис. 1, В), является малая длина талломов (не более 40 см) при ширине пластины более 60 см, а также слабая

рассеченность пластины. Близкие по морфологии талломы формируются у ундарии, произрастающей на о-вах Энгельма и Лаврова (рис. 1, Г), однако они характеризуются значительно большей длиной таллома (в 2 раза по сравнению с растениями с косы Дарагана). В южной часть зал. Петра Великого у мыса Бутакова (рис. 1, Г) найдены максимальные по длине растения (средняя длина таллома более 1 м, против 50-70 см из других мест обитания) с длинным стволиком (до 40 см длиной). Водоросли, произрастающие в районе бухта Троица (мыс Таранцева, мыс Андреева, мыс Михельсона), не имеют четко выраженных признаков, отличающих их от растений из других мест обитания, однако совокупность всех проанализированных признаков свидетельствует об их явной морфологической обособленности от ундарии из других мест обитания (рис. 1, А, Е). Фенотипическая дифференциация слоевищ ундарии, по-видимому, обусловлена действием комплекса гидрологических и гидрохимических факторов, основными из которых является интенсивность водообмена и уровень освещения в месте ее произрастания.

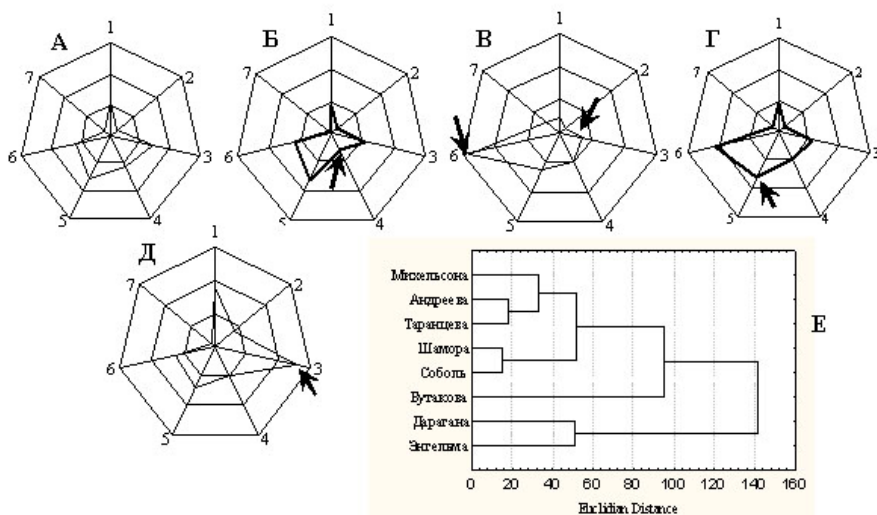


Рис. 1. Морфометрические показатели (А-Д) и дендрограмма сходства-различия (Е) слоевищ *Undaria pinnatifida*, собранных в разных местообитаниях в зал. Петра Великого: А – район б. Троицы; Б – Уссурийский залив; В – пр. Старка коса Дарагана; Г – о-в Энгельма, о-в Лаврова; Д – м. Бутакова; 1 – длина пластины, см; 2 – длина стволика, см; 3 – длина таллома, см; 4 – ширина пластины, см; 5 – отношение длины пластины к длине таллома, %; 6 – ширина нерассеченной части пластины, см x 10; 7 – отношение ширины к длине пластины. Стрелками показаны отличительные признаки растений из разных мест обитания

Появление первых проростков водорослей зафиксировано в начале октября, когда температура воды в заливе опускается ниже 17 °С (рис. 2).

Таблица 2

Запасы ундарии в зал. Петра Великого

Участок	Проективное покрытие дна ундарией	Биомасса, г/м ²	Площадь участка, м ²	Запасы, т
мыс Таранцева	30	4200	2000	8,4
прол. Старка	1	988	10000	9,88
бухта Лазурная	10	1114	400	0,445
о. Энгельма	25	4475	554	2,48
бухта Соболя	25	2533	2500	6,333
мыс Бутакова	25	12878	840	10,817
мыс Андреева	30	7092	7500	53,190
Всего в заливе:			23794	91,545

В это время средняя масса талломов составляет менее 1 г, длина не превышает 8 см (рис. 3). В феврале 50 % популяции представлены ювенильными растениями, у 10 % которых по бокам стволика начинают формироваться спорофиллы. В мае в популяции по-прежнему преобладают ювенильные растения (80 % популяции), до 10 % составляют фертильные взрослые растения. В июле все исследованные растения имели сформировавшиеся спорофиллы с развитыми сорусами. В это время средняя длина растений составляет 58,7 см (максимальная 124 см), масса талломов – более 100 г (максимально 600 г). Полученные значения близки к данным В.Н. Кулепанова (2005), который отмечал, что средняя длина талломов ундарии в бухте Соболя в июне составляет 76 см, масса растения - 420 г. В июне-июле проис-

ходит выход спор из спорангиев и начинается интенсивное разрушение пластины. В начале августа в зал. Петра Великого можно найти только стволыки ундарии с полуразрушенными спорофиллами.

С октября по июль по мере роста и развития ундарии происходит изменение соотношения частей ее таллома (рис. 4). Так, в апреле–мае в период максимального роста водоросли (Skriptsova et al., 2004) относительная масса пластины составляла 67 и 73 % от массы таллома соответственно, доля спорофилл не превышала 6–14 % от массы таллома. В июне с началом спороношения водоросли массовая доля пластины практически не изменялась и достигала 68 % от массы таллома, в это время доля спорофилл увеличивалась до 17 % от общей массы таллома. К концу июля относительная масса пластины уменьшилась до 20 %, основную массу таллома в этот период составляет спороносная ткань – до 76 % от массы таллома. Массовая доля ребра и ризоидов в течение всего периода роста ундарии изменялась незначительно. Учитывая, что разные части таллома водоросли имеют разное содержание полезных веществ (альгинаты, фукоиданы и др.) и пищевую ценность (Skriptsova et al., 2004), сведения о сезонных изменениях соотношения частей таллома могут иметь практическое значение при определении срока сбора урожая.

Влияние факторов среды на рост ундарии.

Основной фактор, лимитирующий распространение ундарии у берегов Приморья, - это температура воды. Для развития сорусов и созревания спор *Undaria pinnatifida* требуется температура выше 15 °С. Оптимальной для роста спорофитов ундарии является температура 5 °С, скорость роста ювенильных и взрослых растений в этих условиях может достигать 7 и 3 % в сутки соответственно (рис. 5, А). По литературным данным, оптимальной для роста гаметофитов и формирования репродуктивных органов, а также для развития и роста проростков является более высокая температура – 15-20 °С (Morita et al., 2003a, b).

Уровень светового насыщения роста проростков ундарии составляет 90-100 мкЕ/м²с⁻¹, дальнейшее увеличение освещенности вызывает ингибирование роста водоросли. Для роста ювенильных и взрослых спорофитов оптимальной является освещенность 240-300 мкЕ/м²с⁻¹ (рис. 5, Б). В этих условиях скорость роста взрослых особей достигает 1,5 % в сутки, молодых талломов – 4 % в сутки.

Добавка нитратного азота в культивационную среду мало влияет на скорость роста проростков и в то же время существенно стимулирует рост ювенильных и взрослых растений ундарии (рис. 5, В). Не было отмечено ингибирующего действия нитратов на рост водорослей во всем исследованном диапазоне концентраций.

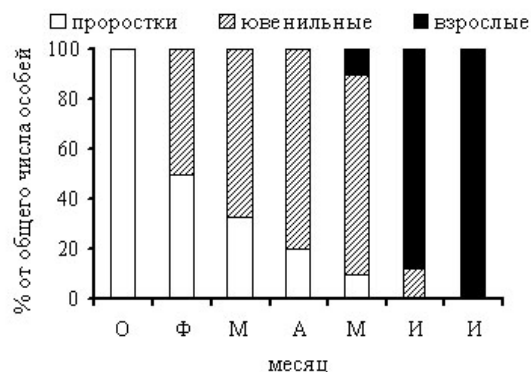


Рис. 2. Сезонные изменения соотношения числа особей на разных стадиях развития ундарии в б. Соболев

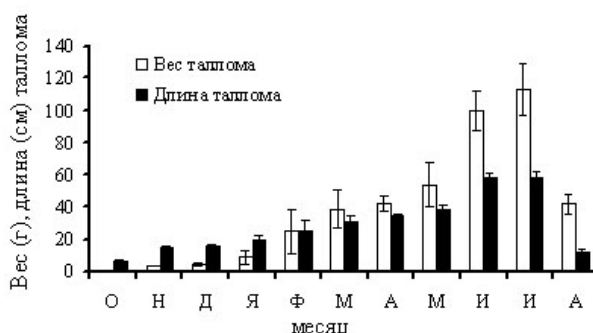


Рис. 3. Сезонные изменения среднего веса и длины талломов *Undaria pinnatifida* в б. Соболев (зал. Петра Великого, Японское море)

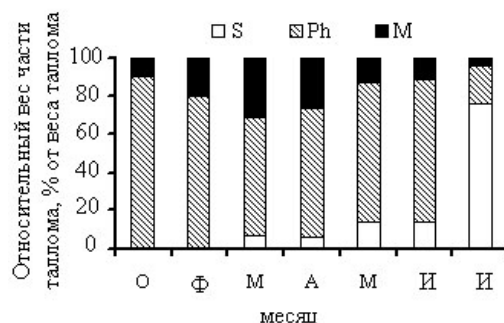


Рис. 4. Сезонные изменения относительного веса разных частей таллома ундарии в зал. Петра Великого. S – спорофиллы, Ph – пластина, М – ребро.

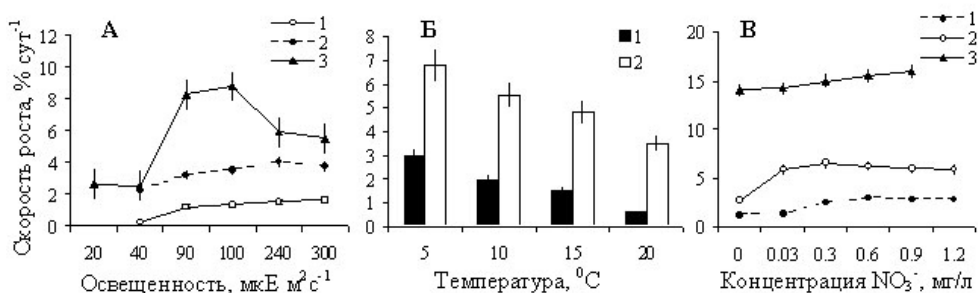


Рис. 5. Влияние освещенности (А), температуры (Б) и концентрации нитратов (В) в среде на рост разных стадий ундарии. 1 – взрослые растения, 2 – ювенильные растения, 3 – проростки.

В результате проведенного исследования уточнены данные по биологии вида в зал. Петра Великого, показано, что в нашем районе ундария вегетирует с октября по август, а не с конца ноября, как считалось раньше. Найдены новые места обитания водоросли у берегов Приморья (мыс Андреева, бухта Лазурная, мыс Бутакова), впервые оценены ее запасы. Сделан вывод, что в зал. Петра Великого *Undaria pinnatifida* не имеет промыслового значения, но может быть перспективна как объект культивирования.

С целью введения ундарии в культуру изучено влияние основных факторов внешней среды на рост разных стадий водоросли. Показано, что оптимальными для роста проростков ундарии являются: температура воды – 15-20 °С, освещенность – 90-100 мкЕ м² с⁻¹, добавка нитратного азота не влияет на рост проростков. Наилучший рост ювенильных и взрослых растений наблюдается при температуре 5 °С, интенсивности света – 240-300 мкЕ м² с⁻¹, концентрации нитратов – выше 0,9 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

- Кулепанов В.Р.** Рост и развитие *Undaria pinnatifida* (Laminariaceae) в заливе Петра Великого (Японское море) // Раст. ресур. – 2005. – Вып. 3. – С. 32-39.
- Lee J.-B., Hayashi K., Hashimoto M., Nakano T., Hayashi T.** Novel antiviral fucoidan from sporophyll of *Undaria pinnatifida* (Makabu) // Chem. Pharm. Bull. – 2004. – Vol. 52(9). – P. 1091-1094.
- Maruyama H., Tamauchi H., Hashimoto M., Nakano T.** Antitumor activity and immune response of Makabu fucoidan extracted from sporophyll of *Undaria pinnatifida* // In vivo. – 2003. – Vol. 17(3). – P. 245-249.
- Morita T., Kurashima A., Maegawa M.** Temperature requirements for the growth of young sporophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae) // Phycol. Res. – 2003a. – Vol. 51. – P. 266-270.
- Morita T., Kurashima A., Maegawa M.** Temperature requirements for the growth and maturation of gametophytes of *Undaria pinnatifida* and *U. undarioides* (Laminariales, Phaeophyceae) // Phycol. Res. – 2003b. – Vol. 51. – P. 154-160.
- Skriptsova A.V., Khomenko V.A., Isakov V.V.** Seasonal changes in growth rate, morphology and alginate content in *Undaria pinnatifida* at the northern limit in the Sea of Japan (Russia) // J. Appl. Phycol. – 2004. – Vol. 16. – P. 17-21.
- Thompson K.D., Dragar C.** Antiviral activity of *Undaria pinnatifida* against herpes simplex virus // Phytother. Res. – 2004. – Vol. 18(7). – P. 551-555.

О СМЕШИВАЕМОСТИ СЕВЕРООХОТОМОРСКИХ СЕЛЬДЕЙ В НАГУЛЬНЫЙ ПЕРИОД В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

А.А. Смирнов, С.Л. Марченко

ФГУП «Магаданский НИИ рыбного хозяйства и океанографии», г. Магадан, Россия,
smirnov@magniro.ru

В последние годы опубликован ряд работ, в которых говорится о том, что в северной части Охотского моря в период нагула и зимовки происходит смешение североохотоморских стад сельди (Воробьев, 2001; Мельников, Воробьев, 2001; Мельников, 2002; Семенистых, Смирнов, 2002; Melnikov, Loboda, 2004; и др.). По нашим данным, осенью 1999 г. в Притауйском районе доля особей со счетными морфометрическими признаками, характерными для гижигинско-камчатской сельди, составляла около 20 % (Смирнов, 2001). В среднем доля гижигинско-камчатской сельди в смешанных нагульных скоплениях варьировала от 22 % в Ионо-Кашеваровском до 45 % в Притауйском районе (Radchenko, Melnikov, 2001; Чернышев и др., 2002). Очевидно, что в ходе осенней сельдевой путины в Ионо-Кашеваровском и Притауйском районах ежегодно изымаются рыбы, принадлежащие к различным стадам.

Основой для настоящей работы послужили материалы МагаданНИРО, собранные в осенне-зимний период 2001 г. в период морского нагула сельди в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря из уловов пелагических тралов НИС «Зодиак» и ЗРС «Загорский», а также данные анализов сельди, взятых в нерестовый период из уловов ставных и обкидных неводов. Невода выставлялись на северо-западном (пос. Охотск), северном (Тауйская губа) и северо-восточном (пос. Эвенск) участках побережья Охотского моря. Для проведения морфометрического анализа пробы замораживались при температуре минус 18 °С и доставлялись в МагаданНИРО, где после дефростации все измерения были проведены одним оператором.

Сбор и обработка материалов проводились в соответствии с общепринятыми в ихтиологии методиками (Правдин, 1966; Лакин, 1980), а также с привлечением методов многомерного анализа (Лапач и др., 2001).

Кластеризация морфометрических материалов, собранных в осенне-зимний период 2001 г., наглядно показала наличие в Притауйском районе Охотского моря, как минимум, 2 группировок сельди, четко различавшихся по морфометрическим признакам (рис. 1).

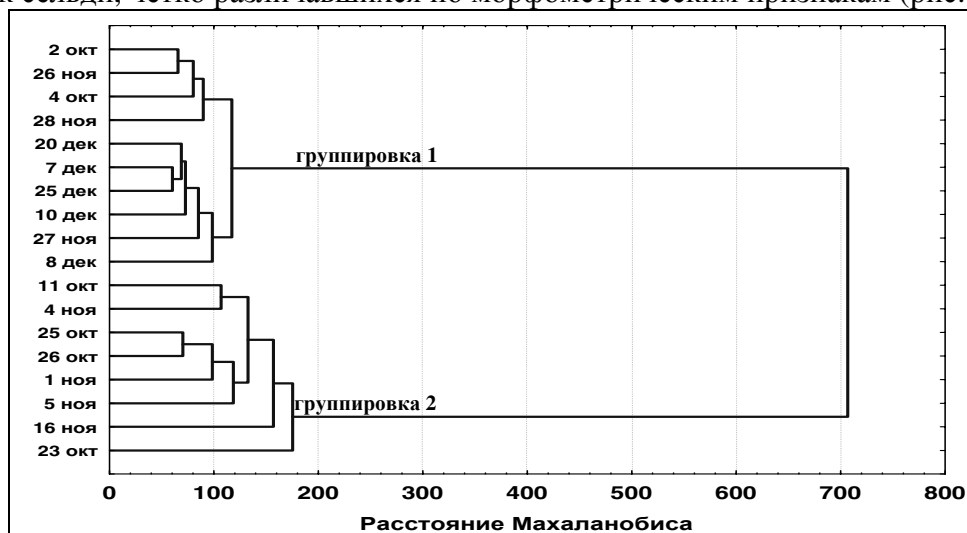


Рис. 1. Дендрограмма сходства сельди в северной части Охотского моря в осенне-зимний период 2001 г. по экстерьерным признакам, построенная по значениям квадрата расстояний Махаланобиса непарно-групповым методом (UPGMA)

Основной вклад в разграничение группировок вносили такие пластические признаки как наибольшая высота спинного плавника и ширина лба. Вероятно, что в основе их разли-

чий лежат условия воспроизводства: об этом наглядно свидетельствуют отличия по меристическим признакам и возрастному составу.

Смешанные скопления сельди наблюдались исключительно в Притауйском районе, в то же время скопления, выявленные в конце октября - начале ноября южнее п-ова Онацевича и в конце ноября - декабре в районе банки Кашеварова, были представлены рыбами одной группировки.

Таблица 1

Некоторые меристические признаки выявленных группировок нагульной сельди

Признак	Сельдь		Значения критерия Стьюдента
	группировка 1	группировка 2	
Позвонков	$\frac{52,9 \pm 0,18}{51-54}$	$\frac{54,3 \pm 0,09}{52-55}$	6,96*
Тычинок на первой жаберной дуге	$\frac{66,4 \pm 0,11}{65-67}$	$\frac{65,5 \pm 0,12}{63-67}$	5,53*

* Различия значимы при $p < 0,001$.

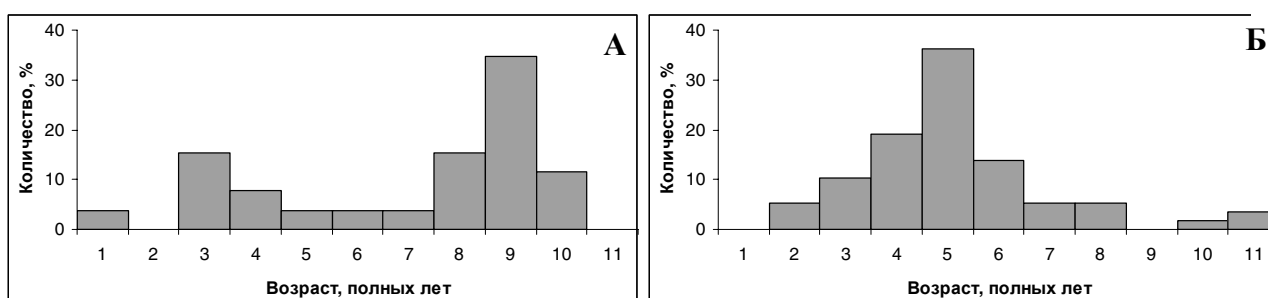


Рис. 2. Возрастной состав сельди группировки 1 (А) и группировки 2 (Б)

Таблица 2

Линейно-весовые показатели группировок сельди

Группировка	Длина тела по Смитту, см	Масса тела, г
1	$\frac{27,4 \pm 0,1}{15,7-32,8}$	$\frac{236,1 \pm 3,1}{98,0-381,0}$
2	$\frac{25,9 \pm 0,3}{22,8-32,6}$	$\frac{192,9 \pm 8,5}{105,0-390,0}$
t_{st}	4,77***	4,74*

Примечание: t_{st} – расчетные значения критерия Стьюдента; * – различия значимы при $p < 0,001$.

Выявленные группировки сельди, помимо пластических признаков, различались по меристическим характеристикам – количеству позвонков и тычинок на первой жаберной дуге (табл. 1), возрастному составу (рис. 2) и биологическим показателям (табл. 2).

Точная идентификация принадлежности рыб выявленных группировок к тому или иному стаду североохотоморских сельдей довольно затруднительна. Сравнение реперных данных с береговых неводов по нерестовой сельди с характеристиками сельди нагульных группировок свидетельствуют о том, что сельдь группировки 1, вероятно, соответствует охотскому или тауйскому стадам, а сельдь группировки 2 ближе к жигинско-камчатскому стаду.

Таким образом, на основе полученных результатов мы можем говорить о том, что в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря нагуливаются 2 группировки сельди, четко отличающиеся по основным биологическим показателям (длина, масса, возрастной состав) и экстерьеру.

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев П.В. Особенности распределения сельди в северной части Охотского моря в 1998-2000 гг. // Рыбохозяйственная наука на пути в XXI век: Тез. докл. Всер. конф. молодых ученых. – Владивосток: ТИНРО, 2001. – С. 11-12.

Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1980. – 293 с.

Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel. 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: МОРИОН, 2001. – 408 с.

Мельников И.В. Результаты оценки запаса сельди в северной части Охотского моря по траловым съемкам 2000 г. // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 1098-1114.

Мельников И.В., Воробьев П.В. Распределение и миграции неполовозрелой сельди в северной части Охотского моря // Вопр. рыбол. – 2001. – Т. 2. – С. 403-421.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 376 с.

Семенистых Ю.Г., Смирнов А.А. Особенности распределения и промысла охотской и гижигинско-камчатской сельди в смешанных нагульных скоплениях осенью 2001 г. в Притауйском районе Охотского моря // Тез. докл. Всерос. конф. «Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов мирового океана в свете морской доктрины Российской федерации на период до 2020 года». – М., 2002. – С. 167-168.

Смирнов А.А. Современное состояние запасов и перспективы промысла гижигинско-камчатской сельди // Вопр. рыбол. – 2001. – Т. 2. – С. 287-298.

Чернышев Д.Ю., Смирнов А.А., Марченко С.Л. Распределение сельди в смешанных скоплениях северной части Охотского моря в осенний период // Тез. докл. на V регион. конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых Дальнего Востока России. – Владивосток: ДВГУ, 2002. – С. 124.

Melnikov I.V., Loboda S.V. Interannual variation of the pacific herring stocks in the Okhotsk Sea // PICES Sci. Rep. – № 26. – 2004. – P. 127-131.

Radchenko V.I. and Melnikov I.V. Present State of Okhotsk Herring Population after Large-Scale Fishery Resumption // Herring: Expectations for a new Millennium. Alaska Sea College Program. – 2001. – P. 689-702.

РЕСУРСЫ СПИЗУЛЫ САХАЛИНСКОЙ В ВОДАХ СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ

Д.А. Соколенко

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, sokolenko@tinro.ru

Спизула сахалинская (*Spisula sachalinensis* (Schrenck, 1862)) занимает заметное положение среди инфаунных моллюсков верхней сублиторали прибрежья Приморья, часто являясь руководящим видом биоценоза.

Материалом для данного исследования послужили результаты водолазных и дражных съемок, выполненных сотрудниками «ТИНРО-центра» в период 2002-2007 гг. Всего было выполнено свыше 3000 водолазных и 120 дражных станций на глубинах от 1 до 25 м.

По биогеографической классификации спизула сахалинская – тихоокеанский, приазиатский низкорореальный вид. Южная граница ареала – побережье Кореи, на севере – Татарский пролив, зал. Анива и Терпения и южно-Курильское мелководье (Скарлато, 1981; Атлас..., 2000).

В водах Приморья южная граница распространения вида совпадает с его географической границей – устьем р. Туманная. Северной границей распространения долгое время считался зал. Владимира (Разин, 1934; Соколенко, Седова, 2005). Сравнительно недавно вид был обнаружен в бухтах Инокова, Голубичная и Серебрянка (Колпаков, 2002, 2006). По нашим сведениям, моллюски эпизодически встречаются до бухты Сквородка (рис. 1).

Основными факторами среды, влияющими на формирование и состояние поселений спизулы, являются: наличие открытого или полузакрытого песчаного побережья и мелководья, подверженного прибойному воздействию, с активной гидродинамикой и повышенным содержанием кислорода, песчаные или илисто-песчаные грунты, заросли zostеры (Разин, 1934), а также присутствие пресного водотока неподалеку.

Основной ресурсный потенциал вида в водах Приморья сосредоточен в зал. Петра Великого, тогда как к северу от мыса Поворотный существует лишь несколько сопоставимых по запасам поселений (рис. 2). Площадь поселений спизулы в зал. Петра Великого составляет порядка 2700 га, а в северном Приморье – 900 га, общий запас около 12100 и 840 т соответственно.

Дражные съемки, выполненные в сентябре 2006 и июне 2007 гг., показали, что спизула встречается практически во всех подходящих для обитания вида песчаных бухтах от мыса Поворотный до бухты Озера. Не исключено, что при дальнейшем исследовании будут обнаружены новые поселения спизулы.

Наиболее значимые скопления вида расположены в бухтах Киевка, Рудная и Озера, суммарно составляющие 78 % от величины общего запаса спизулы северного Приморья (рис. 3). Доля непромысловой части (моллюски с длиной раковины до 70 мм) в этих поселениях также достаточно высока (до 25 %), что свидетельствует о наличии их собственного воспроизводства. Максимальные показатели биомассы характерны для бухт Валентина, Соколовская, Киевка и Рудная (рис. 4) при средних значениях массы особей. В большинстве исследованных бухт показатели плотности поселения и биомассы незначительны. Основные ресурсные характеристики поселений спизулы представлены в таблице.

Значительное влияние на состояние поселений спизулы оказывают сильные шторма и тайфуны, приводящие к выбросу большого количества моллюсков с прибрежного мелководья на берег (Раков, Кучерявенко, 1977; Соколенко, Седова, 2006).

Ретроспективный анализ состояния поселений показал, что местообитания спизулы от мыса Поворотный до зал. Владимира остались практически неизменными (Разин, 1934), однако наблюдается уменьшение плотности поселений и как следствие – снижение запасов. Различия в оценке ресурсов можно объяснить как применением разных методик учета, так и факторами природного и антропогенного генезиса, имевшими место за столь длительный срок.

Совмещение водолазного и дражного методов учета позволит получить наиболее достоверную картину распределения моллюсков на акватории северного Приморья.

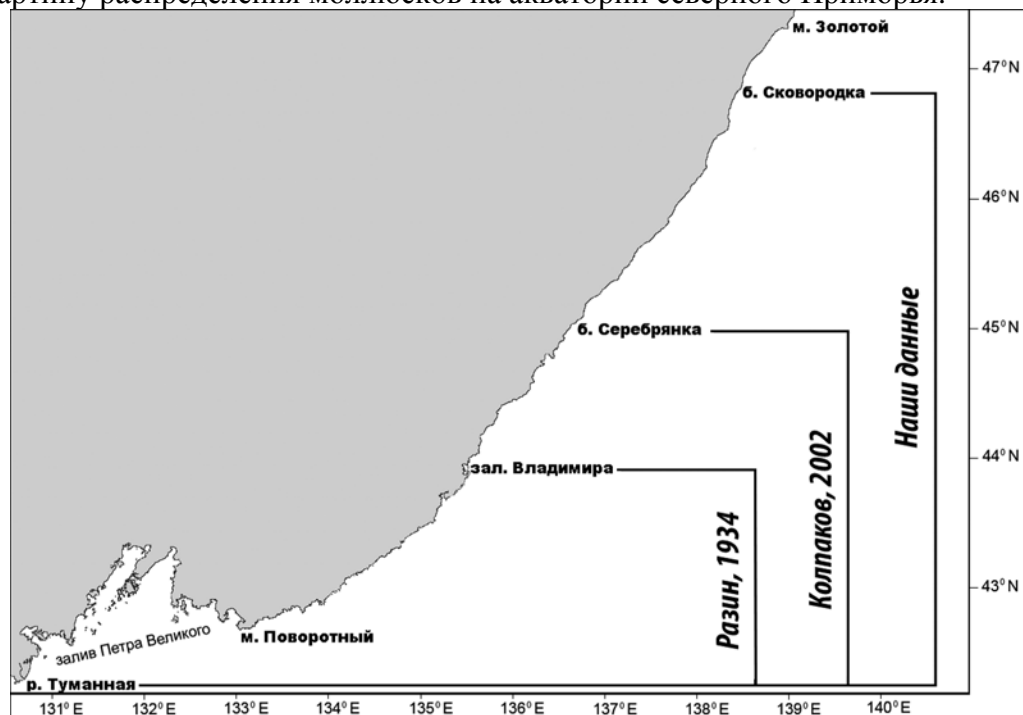


Рис. 1. Карта-схема распространения спизулы сахалинской в водах Приморья

Ресурсные показатели поселений спизулы сахалинской северного Приморья

Район	Глубина, м	Плотность поселения, экз./м ²	Средняя масса особи, W, г	Удельная биомасса, г/м ²	Непромысловая часть, %	Площадь, га	Запас	
							Промысловый, т	Общий, т
мыс Гранитный	2-12	0,01	270	2,1	0	3,3	0,07	0,07
бухта Трехозерье	1,5-6	0,03	84	3,8	30	9,7	0,26	0,37
бухта Успения	6-8	0,01	300	3,2	0	3,4	0,11	0,11
бухта Киевка	1-12	0,74	180	158,6	12	203,3	283,8	322,5
бухта Соколовская	2-5	1,15	156	180,4	15,4	9,9	15,2	18
бухта Валентина	2-10	1,16	213	247,0	0	10	24,7	24,7
бухта Ежовая	1-6	0,02	51	1,1	20	18,7	0,16	0,2
бухта Чернореченская	1-8	0,06	79	6,3	30	25,4	1,13	1,61
бухта Неприметная	1-5	0,12	107	16,1	20	38,5	4,96	6,2
бухта Белая Скала	1-6	0,09	164	19,2	20	54,6	8,4	10,5
бухта Милоградовка	1-7	0,14	88	14,7	15	65,8	8,23	9,7
бухта Матросская	1-7	0,01	219	2,3	12,5	7,8	0,16	0,18
бухта Моряк-Рыболов	1-12	0,07	132	11,2	12,5	54,9	5,4	6,2
бухта Евстафия	1-5	0,46	126	66,7	12,5	79,9	46,6	53,3
зал. Ольги	1-5	0,30	183	55,3	11,1	22,1	10,9	12,2
бухта Лидовка	1,5-15	0,20	227,5	45,5	9,5	95,8	39,4	43,6
бухта Рудная	2-10	1,10	190,6	209,7	22,5	120	195,0	251,6
бухта Озера	2-6	0,50	191	95,6	25	84	60,2	80,3
Итоговые значения						907,1	704,4	841,2



Рис. 2. Карта-схема местоположения основных поселений спизулы сахалинской в водах северного Приморья

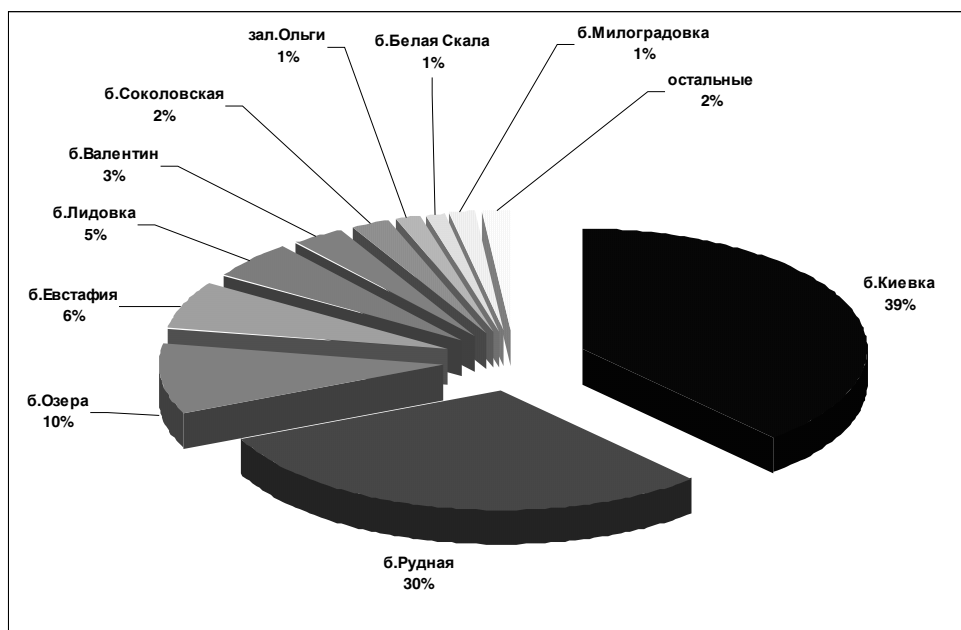


Рис. 3. Процентное соотношение величины общего запаса спизулы в северном Приморье по районам

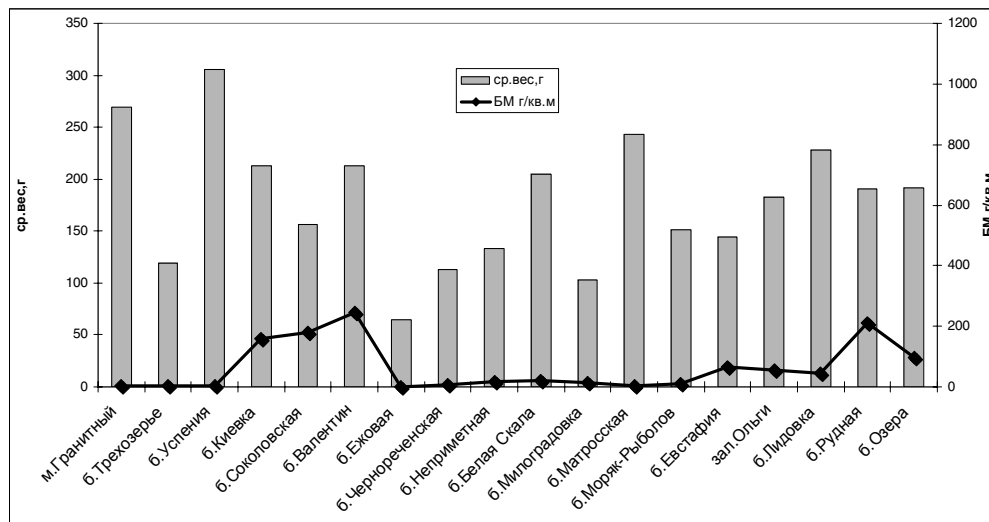


Рис. 4. Показатели удельной биомассы и среднего веса спизулы сахалинской из различных поселений северного Приморья

В связи с тем, что в обна-

руженных поселениях недостаточно изучены процессы пополнения, динамика воздействия различных факторов среды на состояние скоплений и продукционный потенциал, рекомендуется их освоение лишь в режиме ресурсных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2000. – 167 с.

Колпаков Е.В. Рост двустворчатого моллюска *Spisula sachalinensis* в водах северного Приморья // XXI век - перспективы развития рыбохозяйственной науки: Мат-лы Всерос. Интернет-конф. молодых ученых. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – С. 39-43.

Колпаков Е.В. Таксономический состав морских двустворчатых моллюсков Сихотэ-Алинского заповедника (северное Приморье, Японское море) // Бюллетень дальневосточного малакологического общества. – 2006. – Вып. 10. – С. 29-36.

Разин А.И. Морские промысловые моллюски Южного Приморья. – М.: ОГИЗ. ДАЛЬГИЗ-Хабаровск, 1934. - 110 с.

Раков В.А., Кучерявенко А.В. Влияние тайфуна «Френ» на донную фауну залива Посьета (Японское море) // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. – 1977. – Вып. 8. – С. 22-25.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных вод северо-западной части Тихого океана. – Л.: Наука, 1981. – 480 с.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г. Распространение закапывающихся двустворчатых моллюсков в прибрежной зоне Японского моря от залива Посьета до залива Владимира // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Мат-лы Второй Междунар. науч.-практич. конф. – М.: ВНИРО, 2005. – С. 95-97.

Соколенко Д.А., Седова Л.Г. Характеристика поселений спизулы сахалинской *Spisula sachalinensis* (Jay) в заливе Петра Великого (Японское море). VII Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова): Тезисы докладов. – М.: ВНИРО, 2006. - С. 253-255.

ВЕРТИКАЛЬНАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОННЫХ РЫБ В ВОДАХ СЕВЕРНОГО ПРИМОРЬЯ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

С.Ф. Соломатов

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, vdovin@mail.ru

Разработанная А.И. Андрияшевым (1939) для Берингова и Чукотского морей схема батиметрического распределения видов рыб с некоторыми дополнениями и изменениями использовалась многими исследователями дальневосточных морей (Шунтов, 1963; Федоров, 1973; Шейко, 1983; Дударев, 1996; Борец, 1997; Орлов, 1998). Выделение трех основных биотопов бентали - сублиторального (0-50 м), элиторального (50-200 м) и мезобентального (200-800 м) (Шейко, Федоров, 2000) - связано в первую очередь с особенностями рельефа дна и распределением водных масс (поверхностной, подповерхностной и глубинной) (Парин, 1988; Кафанов, Кудряшов, 2000). Однако рыбы, являясь одной из наиболее мобильных частей нектобентоса, зачастую обитают в нескольких биотопах, меняя свои предпочтения в течение года. В водах северного Приморья этому способствуют узкая материковая отмель (ширина ее варьирует от 11 км в районе мыса Поворотного до 34-38 км в районе мыса Золотого, в среднем составляя 15-20 км) и крутой материковый склон. Благодаря этому биотопы теснее расположены друг к другу, чем в районах с развитым шельфом, что облегчает переход рыб между ними. Кроме того, в Японском море нет древнеглубоководных видов рыб (Андрияшев, 1953) и отсутствие конкуренции с их стороны способствует проникновению шельфовых видов рыб на материковый склон. В соседнем Охотском море подобного явления не наблюдается, так как истинно глубоководные рыбы доминируют здесь по биомассе на склоне (Ким Сен Ток, 2001, 2004). Для северной части Японского моря характерны интенсивные вертикальные движения вод, приводящие к образованию на материковом склоне придонных слоев воды с повышенным содержанием кислорода и стабильным температурным режимом (Леонов, 1960). Это приводит к возможности обитания многих рыб и беспозвоночных за пределами шельфа, на материковом склоне (Ким Сен Ток и др., 1999; Ким Сен Ток, 2001, 2004). Большая часть местных видов, ведущих донный, придонный и придонно-пелагический образ жизни, в течение года совершает значительные батиметрические миграции. Таким образом, обитание рыб, как правило, не лимитируется границами одного биотопа. Зоны батиметрического распространения видов черепацеобразно накладываются друг на друга (Шунтов, 1963). Поэтому при характеристике вертикального распределения морских рыб северного Приморья возникла необходимость выделения дополнительных группировок. В настоящей работе предпринята попытка охарактеризовать распределение рыб согласно предпочитаемым ими глубинам в течение года.

В основу работы положены материалы донных траловых ихтиологических съемок, собранные в экспедициях ТИНРО-центра на акватории от мыса Поворотного до мыса Золотого (северное Приморье) в 1978-2005 гг. Тралениями была охвачена почти вся прибрежная акватория северного Приморья, за исключением глубин менее 20 м и более 720 м, что было связано с техническими возможностями судов. Всего было сделано 1850 тралений.

Для характеристики принадлежности вида к той или иной группировке для каждого отмеченного в уловах донного, придонного и придонно-пелагического вида были построены графики распределения биомасс и частот встречаемости по семи диапазонам в зависимости от гидрологического сезона. Для эпизодических и не отмеченных в уловах донного трала рыб, а также для оценки степени связи вида с дном привлекались литературные данные (Борец, 2000; Новиков и др., 2002; Антоненко и др., 2003, 2004 а, 2004 б, 2005; Колпаков, Климин 2004; и др.). Данные по распределению рыб на ранних стадиях онтогенеза (икра, личинки, мальки) не использовались.

Принцип выделения нами группировок перекликается с тем, который использован в работе В.В. Федорова с соавторами (2003) применительно к рыбам северной части Охотского моря. Плюсами указанной классификации можно считать полноту отражения в названии

группировки диапазона обитания видов, минусами – громоздкость названия. Нами в названиях смешанных группировок, обитающих в основном в двух соседних биотопах, на первом месте ставился биотоп, предпочитаемый рыбами в большей степени.

Следует отметить, что распределение каждого вида рассматривалось по возможности в течение всего года и вид относился к той биотопической группировке, где его биомасса и частота встречаемости были максимальны. Распределение вида в какой-либо отдельный сезон может быть ближе к другой группировке.

Состав биотопов шельфа и свала глубин северного Приморья весьма разнообразен. Значительную долю в ихтиоценозе северного Приморья составляют донные виды рыб (Борец, 2000; Соломатов, 2002 а, 2002 б; 2004).

По биотопической принадлежности донных рыб шельфа и свала глубин, как правило, подразделяют на литоральных, sublиторальных, элиторальных, верхнебатиальных и нижнебатиальных (Федоров, 2000). В то же время отдельные виды, особенно элиторальной группировки, в водах северного Приморья широко представлены на всех обследованных глубинах, хотя по определению должны предпочитать элиторальный биотоп (50-200 м). А некоторые виды (например, колючая *Acanthopsetta nadeshnyi* и малоротая *Glyptocephalus stelleri* камбалы), относимые к элиторальной группировке и обитающие в более северных районах в пределах нижней части шельфа (Борец, 1997; Шейко, Федоров, 2000), в северном Приморье имеют гораздо более широкий диапазон батиметрических миграций, образуя скопления на глубинах более 500 м (Вдовин и др., 2001; Швыдкий, Вдовин, 2001). В холодный период года, когда многие виды откочевывают на большие глубины, представители sublиторальной группировки также могут в массе встречаться на максимальных глубинах.

То, что батиметрическое распределение рыб в северном Приморье имеет свои особенности, уже обращало на себя внимание исследователей. В частности В.А. Дударев с соавторами (2000) выделяли, кроме sublиторальной (30-200 м) и мезобентальной (200-500 м) группировок, эврибатную. При этом один и тот же вид в зависимости от времени года мог принадлежать к разным биотопам.

Классификация распределения массовых и обычных рыб в заливе Петра Великого в соответствии с распространением водных масс (Вдовин, Зуенко, 1997) также показала, что рыбы строго не придерживаются биотопов, выделяемых по диапазонам глубин.

При анализе сезонных особенностей вертикального распределения рыб на шельфе и островном склоне западного Сахалина Ким Сен Ток (2004) обращает внимание на то, что нижняя граница для элиторального биотопа должна проходить на глубине 350 м, то есть почти в два раза ниже традиционной – 200 м (Борец, 1997; Шейко, Федоров, 2000). Это связано с тем, что большую часть года (кроме летнего периода) рыбы этой группировки широко встречаются как на шельфе, так и в верхней части материкового склона.

Всего для донных и придонных видов по предпочитаемым биотопам нами было выделено восемь батиметрических группировок. Количество видов, входящих в ту или иную группировку, различно. *Циркумлиторальную* группировку составляют прибрежные виды, обитающие от приливно-отливной зоны до глубин 5-10, иногда до 20 м (*Alectrias cirratus*, *Pholis pictus* и др.).

Рыбы *сублиторальной* группировки обитают в основном на глубинах менее 50 м, с единичными поимками глубже этой изобаты. Эта группировка является одной из самых многочисленных по числу входящих в нее видов (*Hexagrammos otakii*, *H. octogrammus*, *Sebastes schlegeli*, *Myoxocephalus brandtii*, *M. stelleri*, *Stereolepis gigas*, *Lobotes surinamensis*, *Oplegnathus fasciatus*, *Bathymaster derjugini*, *Scatophagus argus*, *Diodon holocanthus*, *Liopsetta pinnifasciatus* и др.). Многие из них являются теплолюбивыми и отмечаются в наших водах эпизодически, проникая вдоль материка по узкой прогреваемой прибрежной полосе (Соколовский и др., 2004). Некоторые виды этой группировки способны обитать при пониженной солености, заходя в устья рек. Группировка *сублиторально-элиторальных* видов является самой многочисленной (*Hexagrammos stelleri*, *Sebastes minor*, *Cottiusculus gonez*, *Gymnocanthus pistilliger*, *G. herzensteini*, *Myoxocephalus jaok*, *Hemitripterus villosus*, *Agonomalus jordani*, *A. pro-*

boscidalis, Brachyopsis segaliensis, Davidijordania lacertina, Acantholumpenus mackayi, Ascoldia knipowitschi, Stichaeus nozawae, Anisarchus macrops, A. medius, Anarhichas orientalis, Lumpenus sagitta, Limanda punctatissima, Platichthys stellatus, Pseudopleuronectes herzensteini, Ps. yokohamae и др.). В теплый период года рыбы этой группировки обитают преимущественно на глубинах менее 50 м, а на зиму откочевывают к внешнему краю шельфа до глубин 200 м (иногда до 300 м). Схема подобного распределения характерна для многих камбал, рогатковых и др. (Фадеев, 1987; Калчугин, Панченко, 2004; и др.). *Элиторально-сублиторальные* виды, как и рыбы предыдущей группировки, обитают в пределах всего шельфа, однако предпочитают его нижнюю часть (*Sebastes steindachneri*, *S. taczanowskii*, *S. trivittatus*, *Alcichthys elongates*, *Myoxocephalus polyacanthocephalus*, *Enophrys diceraus*, *Hemilepidotus gilberti*, *Eumicrotremus pacificus*, *Liparis ochotensis*, *Stichaeus grigorjewi*, *Pleuronectes quadrituberculatus* и др.). Они обычны до глубин 300 м и эпизодически встречаются до 500 м. Летом для этих видов также характерно перемещение в сторону меньших глубин, а зимой – в сторону больших. *Элиторальная* группировка – одна из самых немногочисленных и включает рыб, обитающих на глубинах 20-300 м, но в основном придерживающихся элиторального биотопа (*Triglops jordani*, *Icelus gilberti*, *Eurymen gyrinus*, *Podothecus sturioides*, *Hypsogonus corniger* и др.). Рыбы *элиторально-мезобентальной* группировки обитают в широком диапазоне глубин (от 20 до 700 м), предпочитая элиторальный биотоп, но также являясь обычными в верхнем отделе материкового склона. В эту группу входят как совершающие сезонные батиметрические миграции, так и постоянно обитающие в столь широком диапазоне глубин виды рыб (*Sebastes glaucus*, *S. owstoni*, *Gymnocanthus detrisus*, *Icelus stenosomus*, *Taurocottus bergii*, *Triglops pingelii*, *Percis japonica*, *Sarritor leptorhynchus*, *Cleisthenes herzensteini*, *Lepidopsetta mochigarei*, *Limanda aspera* и др.). Камбалы этой группировки в теплый период года предпочитают шельф, однако они отнесены к элиторально-мезобентальным видам, так как их зимовальные скопления находятся на материковом склоне. *Мезобентально-элиторальная* группировка также распространяется от 20 м до глубин свыше 700 м, но входящие в нее рыбы предпочитают материковый склон. Группировка включает в себя многих массовых рыб северного Приморья (*Bathyraja bergi*, *B. parmifera*, *Gadus macrocephalus*, *Icelus cataphractus*, *I. rastrinoides*, *Triglops scepticus*, *Dasycottus setiger*, *Eumicrotremus asperrimus*, *Crystallias matsushimae*, *Tilesina gibbosa*, *Lycodes tanakae*, *Acanthopsetta nadeshnyi*, *Glyptocephalus stelleri*, *Hippoglossoides dubius* и др.). Некоторые из них (камбалы, треска) совершают протяженные батиметрические перемещения, другие подвержены миграционной активности в меньшей степени. Рыбы *мезобентальной* группировки лишь эпизодически встречаются на глубинах менее 200 м и в течение года предпочитают в основном материковый склон (*Malacocottus zonus*, *Careproctus colletti*, *C. rastrinus*, *C. trachysoma*, *Allolepis hollandi*, *Lycodes nakamurae*, *L. fasciatus*, *Petroschmidtia toyamensis*, *Lumpenella longirostris* и др.).

Отдельно выделяется группа *придонно-пелагических* видов. В нее входят рыбы, связанные с дном, но совершающие вертикальные миграции в толщу воды и способные находиться там продолжительное время. Для характеристики их распределения использовались данные донных и пелагических тралений, выполненных в северном Приморье (Нектон ..., 2004). В эту группировку вошли *Theragra chalcogramma*, *Pleurogrammus azonus*, *Eleginus gracilis*, *Squalus acanthias*, *Aptocyclus ventricosus* и другие.

Границы распространения рыб различных батиметрических группировок не являются строго привязанными к одному биотопу, поэтому группировки черепицеобразно «налегают» друг на друга. В некоторых биотопах, например элиторальном, обнаруживаются представители практически всех группировок. Разумеется, предлагаемая схема характеристики батиметрического распределения видов в определенной степени условна, она осредняет распределение вида в течение года, показывая глубины наиболее вероятного обитания вида. В разные сезоны года вид может предпочитать различные биотопы. Объединяя рыб в батиметрические группировки мы по возможности учитывали степень их эврибатности и сезонных перемещений. Поэтому названия группировок в большой степени отражают характер вертикального распределения. Наименее привязанными к какому-либо биотопу являются рыбы

придонно-пелагической группировки, особенно такие массовые, как минтай и южный одноперый терпуг.

Наибольшим количеством видов характеризуются группировки, представители которых предпочитают сублиторальный биотоп: сублиторальная и сублиторально-элиторальная. По-видимому, это связано с разнообразием ландшафтов, типов грунтов, наличием пояса водорослей и т.д., что позволяет обитать здесь различным группам видов рыб. Дополнительно увеличивают видовое богатство южные мигранты, проникающие сюда в теплый период года. Группировки материкового склона менее разнообразны по видовому составу в связи с большей однородностью по сравнению с шельфом, гидрологических структур, ландшафтов, грунтов и т.д.

Таким образом, видовое богатство, как правило, выше в группировках шельфа, по сравнению с группировками материкового склона. Обилие видов выше в смешанных, обитающих в нескольких биотопах, группировках, чем в несмешанных, в которые входят стенобатные виды, живущие в пределах одного биотопа.

ЛИТЕРАТУРА

Андряшев А.И. Очерк зоогеографии и происхождения фауны рыб Берингова моря и сопредельных вод. – Л.: ЛГУ, 1939. – 187 с.

Андряшев А.П. Древнеглубоководные и вторичноглубоководные формы рыб и их значение для зоогеографического анализа // Очерки по общим вопросам ихтиологии. – М.: АН СССР, 1953. – С. 58-64.

Антоненко Д.В., Соломатов С.Ф., Калчугин П.В. Об обнаружении северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* и окуня-бараменуки *Sebastes baramenue* в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиол. – 2003. – Т. 43, № 2. – С. 281-282.

Антоненко Д.В., Калчугин П.В., Соломатов С.Ф. О поимках новых для вод Приморья (Японское море) видов рыб // Вопр. ихтиол. – 2004а. – Т. 44, № 2. – С. 283-284.

Антоненко Д.В., Пушина О.И., Калчугин П.В. Распределение и некоторые черты биологии длиннорылого люмпена *Lumpenella longirostris* (Stichaeidae) в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиол. – 2004б. – Т. 44, № 6. – С. 799-804.

Антоненко Д.В., Пушина О.И., Калчугин П.В. Чешуйчатый аллолепис *Bothrocara hollandi* (Zoarcidae) в водах Приморья (Японское море) // Вопр. ихтиол. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 81-85.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. – Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. – 217 с.

Борец Л. А. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2000. – 192 с.

Вдовин А.Н., Зуенко Ю.И. Вертикальная зональность и экологические группировки рыб залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. – 1997. – Т. 122. – С. 152-176.

Вдовин А.Н., Швыдкий Г.В., Калчугин П.В. Сезонное распределение колючей камбалы *Acanthopsetta nadeshnyi* в северо-западной части Японского моря // Вопр. ихтиол. – 2001. – Т. 41, № 1. – С. 36-41.

Дударев В.А. Некоторые особенности структуры сообществ рыб и их сезонного распределения на шельфе северного Приморья // Изв. ТИНРО. – 1996. – Т. 119. – С. 194-207.

Дударев В.А., Измятинский Д.В., Калчугин П.В. Некоторые аспекты пространственной и временной изменчивости сообществ донных рыб северного Приморья // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 109-118.

Калчугин П.В., Панченко В.В. Особенности сезонного распределения и миграции рогатковых (Cottidae) в Приморье // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Японское море Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – СПб.: Гидрометеиздат, 2004. – Т. 8, вып. 2. – С. 234-238.

Кафанов А.И., Кудряшов В.А. Морская биогеография. – М.: Наука, 2000. – 176с.

Ким Сен Ток, Бирюков И.А., Пометеев Е.В. Видовой состав, распределение и структурные изменения в сообществе камбал Татарского пролива в период промысла 1994-1997 гг. // Вопр. ихтиол. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 469-477.

- Ким Сен Ток.** Зимние миграции шельфовых рыб в зону материкового склона юго-западного Сахалина // *Вопр. ихтиол.* - 2001. - Т. 41, № 5. – С. 593-604.
- Ким Сен Ток.** Сезонные особенности вертикальной структуры ихтиоценов западносахалинского шельфа и островного склона // *Вопр. ихтиол.* - 2004. - Т. 44, № 1. – С. 77-88.
- Колпаков Н.В., Климкин А.Ф.** Особенности биологии стихеев Григорьева *Stichaeus grigorjewi* и Нозавы *S. pozawae* (Stichaeidae) в водах северного Приморья // *Вопр. ихтиол.* – 2004. - Т. 44, № 5. – С. 637-644.
- Леонов А.К.** Японское море // Региональная океанография. – Л.: Гидрометеоиздат, 1960. – Ч. 1. – 765 с.
- Нектон** северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: Изд-во ТИНРО-центра, 2004. – 226 с.
- Новиков Н.П.,** Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. – 552 с.
- Орлов А.М.** Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // *Биол. моря.* - 1998. – Т. 24, № 4. - С. 146-160.
- Парин Н.В.** Рыбы открытого океана. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
- Соколовский А.С.,** Соколовская Т.Г., Епур И.В., Азарова И.А. Вековые изменения в составе и числе рыб – южных мигрантов в ихтиофауне северо-западной части Японского моря // *Изв. ТИНРО.* - 2004. – Т. 136. – С. 41-57.
- Соломатов С.Ф.** Ихтиофауна придонных слоев морской акватории северного Приморья // Тез. докл. Всероссийской конф. молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рождения Н.М. Книповича. – Мурманск: ПИНРО, 2002а. - С. 181-182.
- Соломатов С.Ф.** Батиметрическое и пространственное распределение рыб на свале глубин северного Приморья в осенний период // *Изв. ТИНРО.* – 2002б. – Т. 131 – С. 156-163.
- Соломатов С.Ф.** Характеристика ихтиофауны морских вод северного Приморья (Японское море) // *Изв. ТИНРО.* - 2004. – Т. 138. – С. 205-219.
- Фадеев Н.С.** Северо-тихоокеанские камбалы (распространение и биология). - М.: Агропромиздат, 1987. - 175 с.
- Федоров В.В.** Ихтиофауна материкового склона Берингова моря и некоторые аспекты ее происхождения и формирования // *Изв. ТИНРО.* - 1973. - Т. 87. – С. 3-41.
- Федоров В.В.** Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских островов и прилегающих районах Охотского и Берингова морей в 1992-1998 гг. – М.: ВНИРО, 2000. – С. 7-41.
- Федоров В.В.,** Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 204 с.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н.** Сезонное распределение малоротой камбалы (дальневосточной длинной) *Glyptocephalus stellati* в северо-западной части Японского моря // *Океанология.* - 2001. - Т. 41, № 4. – С. 565-569.
- Шейко Б.А.** К познанию ихтиофауны залива Петра Великого // *Биол. моря.* - 1983. - № 4. - С. 14-20.
- Шейко Б.А., Федоров В.В.** Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Гл. 1 Класс Cephalospidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые Рыбы. Класс Holocerphali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные Рыбы. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. - С. 7-69.
- Шунтов В.П.** Особенности распределения ихтиофауны в юго-восточной части Берингова моря // *Зоол. журн.* - 1963. - Т. 42, вып. 5. - С. 704-715.

ДИНАМИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ПЕЛАГИЧЕСКОГО НЕКТОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

В.В. Суханов¹, О.А. Иванов²

¹Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток

²ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток

В настоящей работе осуществлен подробный разбор и статистическая обработка материалов (1981-2003 гг.) по пелагическому нектону северо-западной части Японского моря. Эти материалы были недавно опубликованы ТИНРО-центром (Нектон..., 2004; Атлас..., 2004). Цель данной работы состоит в анализе различных аспектов видовой структуры, обнаруживаемой в сообществах япономорского нектона.

Межвидовые корреляционные отношения. Общий список видов пелагического нектона насчитывает 4 класса, 19 отрядов, 48 семейств, 89 родов и 122 вида. Обсуждение корреляционных связей между видовыми обилиями производится только для пяти самых массовых видов нектона Японского моря, отмеченных в наших уловах: тихоокеанский кальмар (*Todarodes pacificus*), тихоокеанская сельдь (*Clupea pallasii*), дальневосточная сардина (*Sardinops melanostictus*), японский анчоус (*Engraulis japonicus*) и минтай (*Theragra chalcogramma*). Суммарная доля этих видов в общей биомассе япономорского нектона в среднем за все время исследований превышала 96 %.

Результаты корреляционного анализа показали, что статистические ошибки коэффициентов корреляции малы и колеблются в узких пределах: от 0,021 до 0,022. Это обстоятельство вызвано в первую очередь большим объемом выборки, использованной при расчетах ($N = 2074$). Действительно, при значительных объемах выборок и при небольших коэффициентах корреляции их ошибки примерно равны $1/\sqrt{N} = 0,022$ (верхняя оценка).

Взаимно не зависящая динамика обилия обнаружена только у двух пар видов: «кальмар–сардина» и «сельдь–анчоус». Остальные пары видов связаны достоверными корреляционными взаимозависимостями. Эти взаимосвязи оказываются и положительными, и отрицательными.

Отрицательные корреляции могут служить свидетельством того, что взаимосвязанные таким образом виды могут находиться в конкурентных отношениях друг к другу. В Японском море это пары видов «кальмар–сельдь», «кальмар–минтай», «сардина–минтай», «анчоус–минтай».

С другой стороны эти виды могут просто по-разному реагировать на динамику климато-океанологического режима. В каждую из этих пар входит как тепло-, так и холодноводный вид, и их реакция на флюктуации температуры вполне может быть противоположной. В пользу последнего предположения говорит также тот факт, что обилие всех этих пяти массовых видов закладывается во время размножения в разных местах и в основном в разное время. Отметим, что такая трактовка отрицательных взаимосвязей между массовыми видами предложена нашими коллегами (проф. В.П. Шунтов и канд. биол. наук Н.В. Колпаков, ТИНРО-центр). С этой трактовкой вполне можно согласиться.

Положительные корреляции могут так же нередко проявляться тогда, когда несколько видов – наоборот – схожим образом реагируют на колебания некоего мощного фактора внешней среды. Синхронизированные флюктуации обилия этих видов, причем, в одном и том же направлении, могут приводить к появлению межвидовых положительных корреляций в их биомассах и численностях (Несис, 1977; Суханов и др., 1994). В Японском море по нашим материалам это четыре пары видов: «кальмар–анчоус», «сельдь–сардина», «сельдь–минтай», «сардина–анчоус».

Проанализированы внутрисуточные, сезонные и межгодовые изменений обилия у массовых видов. И по численности, и по биомассе каждый отдельный вид демонстрирует практически синхронную динамику обоих показателей. Была осуществлена классификация этих пяти видов по сходству суточной, межсезонной и межгодовой динамики их биомасс,

осуществленная методом многомерного шкалирования. Все биомассы предварительно подвергались степенному преобразованию со степенью, равной 1/4.

Динамика интегральных показателей сообщества. Структура сообщества nekтона также демонстрирует отчетливые изменения в течение суточного цикла (рис. 1). Видовое разнообразие достигает максимума ночью, когда в верхнюю эпипелагиаль поднимаются виды из нижних горизонтов глубин. Скорость сукцессии имеет минимум между 6 и 14 часами дня и максимум в темное время суток, от 18 до 2 часов ночи. Суммарная биомасса nekтона фактически определяется суточной динамикой биомассы сардины (самого обильного вида), поэтому она достигает максимума между 8 и 16 часами дня и падает до минимума ночью.

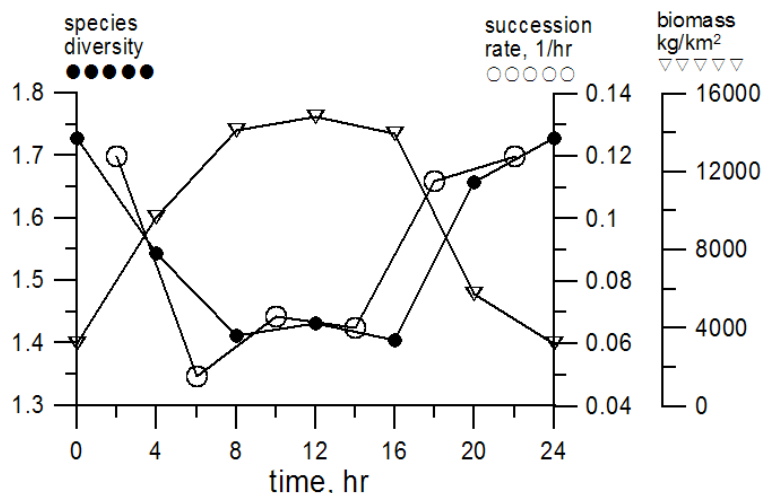


Рис. 1. Суточная динамика интегральных показателей nekтона: species diversity – видовое разнообразие, succession rate – скорость сукцессии, biomass – биомасса

Сезонная динамика. Суммарная биомасса nekтона (рис. 2) выходит на максимум дважды в году – тогда же, когда и два самых обильных вида Японского моря: в июле–сентябре (сардина) и в январе (минтай). Минимум суммарной биомассы приходится на февраль–март.

Скорость сезонной сукцессии имеет два максимума – в апреле и в октябре–ноябре. Видовое разнообразие достигает максимума также два раза в году (рис. 6). Первый пик – в апреле, второй – в ноябре.

Весенний и осенний пики видового разнообразия наблюдаются не только в сообществах nekтона. Они зафиксированы также в сообществе макрофитов из зал. Посыета Японского моря (Кафанов, Жуков, 1993; Суханов, Жуков, 2003). Этим водорослям свойственна высокая скорость сезонных изменений биомассы – от мощных кельпов («подводных лесов») в благоприятные периоды до почти полного распада слоевищ и переживания неблагоприятных периодов в виде спор и (или) не сгнивших остатков ризоидов.

Судя по всему, фитопланктон также демонстрирует аналогичные колебания видового разнообразия, по крайней мере, в весенний период. «Весна на большей части Японского моря является переходным периодом, если иметь в виду смену зимних и зимне-весенних видов на весенние и раннелетние. Замена эта происходит постепенно, и периоды активной вегетации различных видов значительно перекрываются, следствием чего является смешанный состав водорослей на каждый данный момент, т.е. в значительном количестве могут одновременно в различных сочетаниях встречаться представители различных сезонных комплексов» (Шунтов, 2001, с. 177).

Во всех этих случаях здесь действует, по-видимому, один и тот же механизм, существо которого состоит в следующем. В летнем периоде характеристики внешней среды изменяются с незначительной скоростью: температура находится в окрестности максимума, пищевые условия для гетеротрофов хороши, интенсивность солнечного света («кормовая база» для фотосинтетиков) тоже велика. В зимнем периоде изменения во внешней среде также протекают достаточно медленно: температура находится в окрестности минимума, кормовая база

бедна, интенсивность света низка. Летом и зимой внешняя среда как бы приостанавливается в своей динамике – так же, как качающийся маятник замирает на миг в одном из двух своих крайних положений.

В межсезонное время, весной и осенью, в окружающей среде происходят быстрые изменения (маятник с максимальной скоростью пролетает мимо положения равновесия). Температура переключается с холодного режима на теплый или обратно, с теплого на холодный. Кормовая база гетеротрофов переходит с низкого уровня на высокий или, напротив, с высокого на низкий. Интенсивность потока солнечной радиации за короткое время изменяется от малых значений к значительным или наоборот (вспомним, как быстро удлиняется или укорачивается день во время весеннего или осеннего равноденствия). Сообщества nekтона, макрофитов и фитопланктона реагируют на эти перестройки резким изменением своей видовой структуры: зимние виды сменяются летними или наоборот. Поэтому именно во время этих весенне–осенних перестроек скорость сезонной сукцессии круто повышается. В такие периоды происходят «пересменки» – весной, когда зимние виды еще не ушли, а летние виды уже пришли, и наоборот, осенью, когда зимние виды уже пришли, а летние виды еще не ушли. Нечто похожее можно увидеть на школьном дворе в полдень, когда у малышни уже закончились уроки и она высыпала во двор, смешавшись с солидными старшеклассниками, которые подтянулись к началу второй смены.

Таким образом, видовое разнообразие сообществ и скорость сезонной сукцессии в демисезонные периоды заметно возрастают. Механизм, объясняющий весенний и осенний подъемы этих показателей в сообществах, мы называем «межсезонной перетасовкой видов».

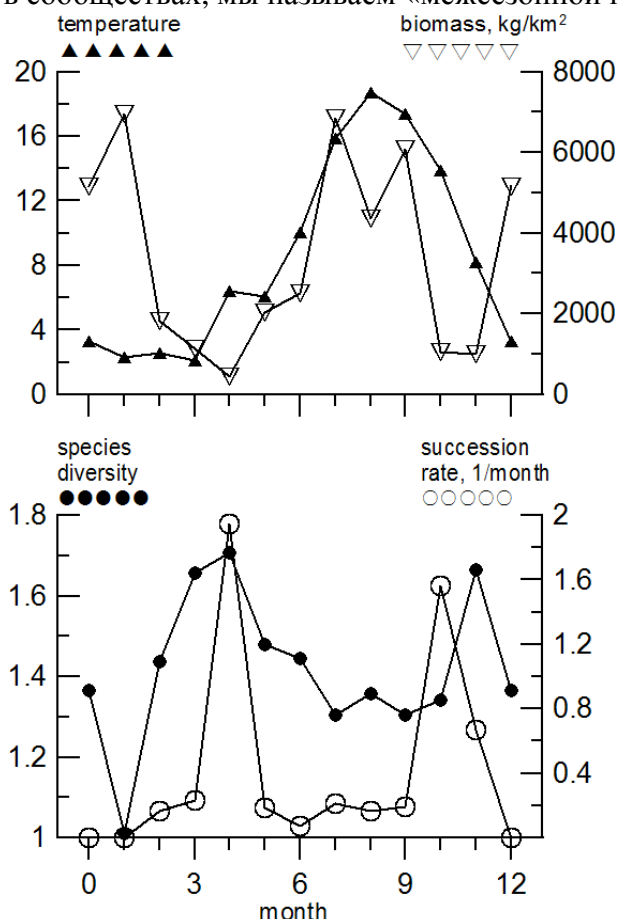


Рис. 2. Сезонная динамика интегральных показателей nekтона и температуры: month – номер месяца, temperature – температура поверхности воды, biomass – суммарная биомасса nekтона, species diversity – видовое разнообразие, succession rate – скорость сукцессии

Межгодовая динамика. Суммарная биомасса nekтона дважды достигала пиковых значений – в 1984 и 1989 гг. (рис. 3). После исторического максимума в 1984 г. общий тренд в суммарной биомассе пошел на неуклонное снижение. Начиная с 1991 г., суммарная биомасса

в целом находится на очень низком уровне. Видовое разнообразие nekтона показывало высокочастотные межгодовые колебания с неустойчивым периодом и слабым положительным трендом. Скорость сукцессии характеризовалась примерно такой же тенденцией.

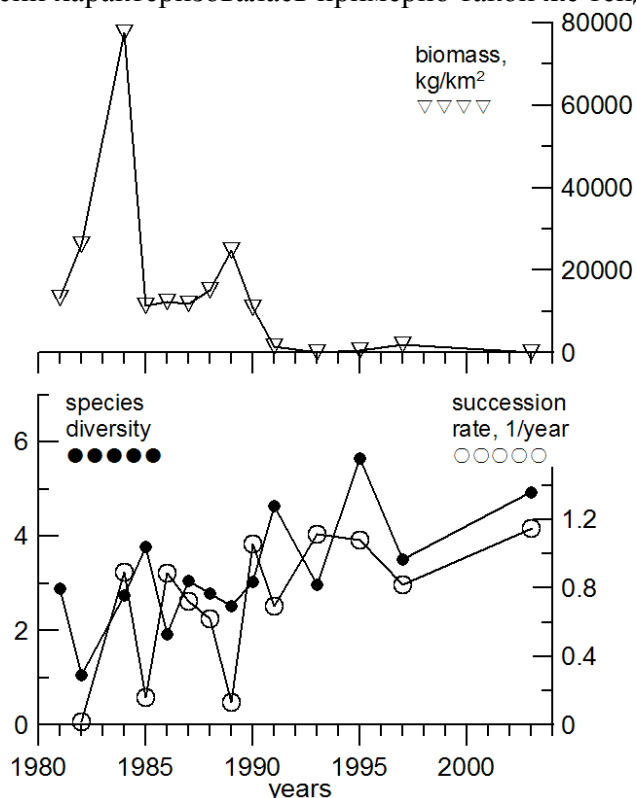


Рис. 3. Межгодовая динамика интегральных показателей nekтона: years – годы, biomass – суммарная биомасса nekтона, species diversity – видовое разнообразие, succession rate – скорость сукцессии

Взаимосвязи интегральных показателей. Остановимся на нескольких интересных взаимосвязях между интегральными показателями nekтона. На рис. 4 показана корреляция между выравненностью видовой структуры и видовым разнообразием nekтона, подсчитанная по всем не сгруппированным данным (2074 траления). Несмотря на сильный разброс точек, заметна положительная корреляция между этими показателями. Коэффициент корреляции $0,278 \pm 0,021$ хотя и невысок, но в высшей степени достоверно отличается от нуля. Причина возникновения обсуждаемой взаимосвязи очевидна. Чем более выровнена видовая структура сообщества, тем более равномерно распределена общая биомасса по отдельным видам. В предельном, идеальном случае максимальная выравненность равна единице, и все виды оказываются равнообильными. Тогда видовое разнообразие по Симпсону также достигает предельного максимума и становится равным видовому богатству пробы.

На рис. 5 показана еще одна интересная взаимосвязь, подсчитанная по всему материалу сразу. Это связь между общей биомассой траловой пробы и между выравненностью видовой структуры в этой пробе. Отрицательный коэффициент корреляции $-0,276 \pm 0,021$ здесь также невелик, но в высшей степени достоверен. При усреднении материала в группах по часам, сезонам и годам этот коэффициент корреляции существенно усиливается.

Динамика nekтона была изучена с точки зрения трех временных масштабов – внутрисуточного, сезонного и межгодового. В соответствии с этими масштабами времени при описании скоростей сукцессии использовались разные единицы: 1/час, 1/месяц и 1/год. Интересно сравнить средние скорости сукцессий у этих разномасштабных процессов. Для этого нужно привести их к единому масштабу времени. В качестве такого единого масштаба можно взять, например, один месяц. Тогда внутрисуточная сукцессия характеризуется средней скоростью, равной $3,253 \text{ мес}^{-1}$, сезонная сукцессия – средней скоростью, равной $0,497 \text{ мес}^{-1}$, а межгодовая сукцессия – средней скоростью, равной $0,060 \text{ мес}^{-1}$. В целом, этот очевидный

результат можно было бы предсказать заранее: процессы, управляемые медленно изменяющимися факторами внешней среды, по определению характеризуются более низкими скоростями, чем быстро протекающие процессы. Тем не менее, мы посчитали полезным для сравнения привести здесь конкретные значения этих усредненных показателей.

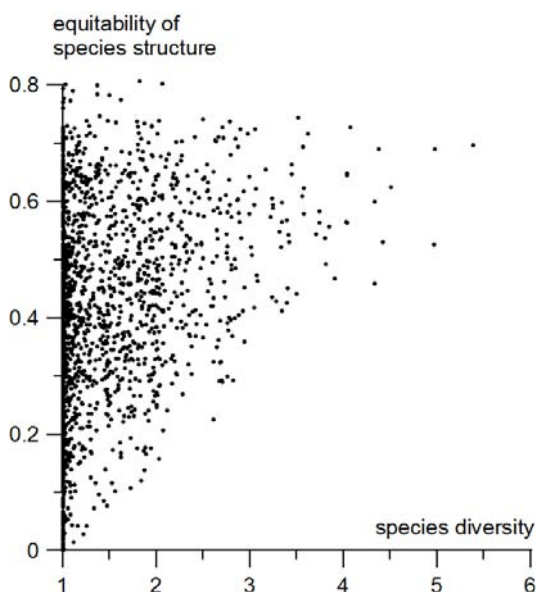


Рис. 4. Взаимосвязь между выравненностью видовой структуры nekтона (equitability of species structure) и его видовым разнообразием (species diversity)

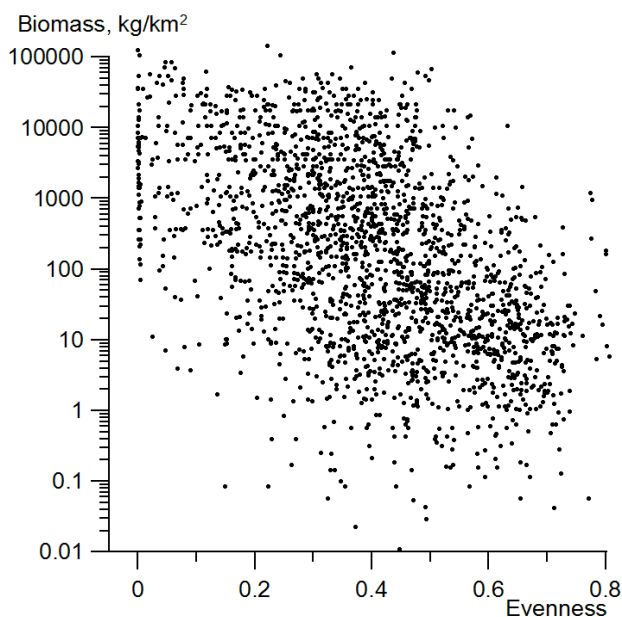


Рис. 5. Взаимосвязь между общей биомассой nekтона (biomass) и выравненностью его видовой структуры (evenness)

На рис. 6 показана взаимосвязь между скоростью сукцессии и видовым богатством. Эта связь представлена по отдельности для каждого из трех изучавшихся нами временных масштабов. Заметна положительная корреляция между этими двумя признаками ($R = 0,438 \pm 0,148$, $P = 0,006$), если скорость сукцессии представить в логарифмической шкале. Эта корреляция повышается, если рассчитать ее отдельно для суточного ($R = 0,947 \pm 0,042$, $P = 0,000$), сезонного ($R = 0,476 \pm 0,139$, $P = 0,006$) и межгодового ($R = 0,493 \pm 0,094$, $P = 0,001$) масштабов времени. Иными словами, повышение скорости сукцессии сопровождается ростом видового богатства.

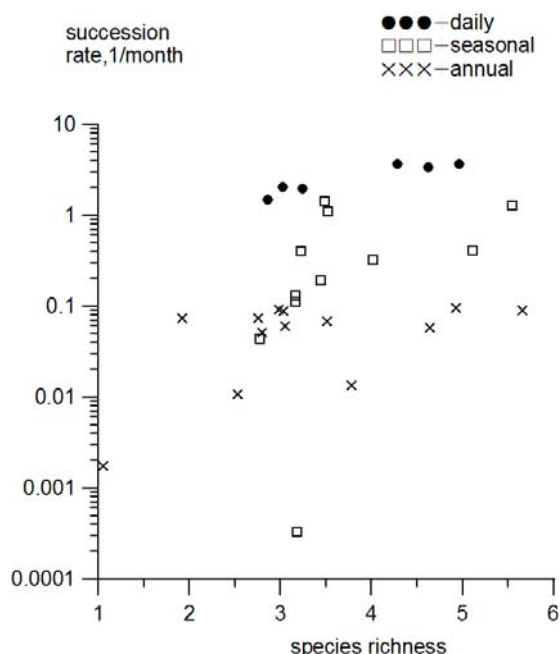


Рис. 6. Связь между скоростью сукцессии (succession rate) и видовым богатством (species richness) для разномасштабных по времени процессов: daily – суточный, seasonal – сезонный, annual – межгодовой

ЛИТЕРАТУРА

Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Японского моря / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – М.: Нац. рыб. рес., 2004. – 988 с.

Кафанов А.И., Жуков В.Е., 1993. Прибрежное сообщество водорослей – макрофитов залива Посьета (Японское море). Сезонная изменчивость и пространственная структура. – Владивосток: Дальнаука, 1993. – 156 с.

Нектон северо-западной части Японского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центра, 2004. – 226 с.

Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум / Биология океана. Биологическая продуктивность океана. – М.: Наука, 1977. – Т. 2. – С. 5–13.

Суханов В.В., Петропавловский Б.С., Чавтур Н.А. Структура растительных сообществ Сихотэ-Алинского заповедника. – Владивосток: Дальнаука, 1994. – 220 с.

Суханов В.В., Жуков В.Е. Закономерности в изменчивости видовой структуры прибрежного сообщества водорослей – макрофитов: модельный анализ // Журн. общ. биол. – 2003. – Т. 64, № 3. – С. 248–262.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – Т. 1. – 580 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДИНАМИКА УЛОВОВ РОГАТКОВЫХ РЫБ РОДА *HEMILEPIDOTUS* CUVIER, 1829 (COTTIDAE) В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ И ЮГО-ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ

А.М. Токранов¹, А.М. Орлов²

¹Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, tok@mail.iks.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Москва, Россия, orlov@vniro.ru

Рогатковые рыбы рода *Hemilepidotus* Cuvier, 1829, или получешуйники, широко распространены в северной части Тихого океана вдоль азиатского побережья от Кореи и Японии до Берингова пролива, включая акваторию Охотского моря, а вдоль американского – на юг до Калифорнии (Таранец, 1937; Peden, 1979; и др.). В отдельных районах своего обширного ареала получешуйники достигают относительно высокой численности, образуют плотные скопления и могут служить объектами промысла (Токранов, 1985; Фадеев, 2005). Из четырех представителей рода *Hemilepidotus*, достоверно зарегистрированных на сегодняшний день в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (Федоров, 2000; Шейко, Федоров, 2000), два – белобрюхий *H. jordani* и пестрый *H. gilberti* получешуйники – в данном районе относятся к сравнительно многочисленным, а еще один – чешуехвостый получешуйник *H. zapus* – к обычным видам рыб. Тем не менее, сведения об особенностях их распределения и динамике уловов на сегодняшний день довольно ограничены (Токранов, 1981, 1985; Орлов, 1998; Токранов и др., 2003 и др.).

В 1992-2002 гг. сотрудниками ВНИРО, КамчатНИРО и СахНИРО в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки выполнен ряд совместных научно-промысловых рейсов, во время которых получена информация, позволяющая охарактеризовать особенности распределения и динамику уловов белобрюхого, пестрого и чешуехвостого получешуйников в нижней части шельфа и верхней батииали этого района.

Материалами послужили результаты почти 11 тыс. донных тралений, выполненных в феврале-декабре 1992-2002 гг. в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки (участок от 47°50' до 52°10' с. ш.) на глубинах 76-850 м. Траления проводили круглосуточно донным тралом с горизонтальным раскрытием 25 м при средней скорости судна – 3,6 узла. Поскольку продолжительность тралений в период рейсов варьировала от 0,5 до 10 ч., в дальнейшем все уловы были пересчитаны на стандартное часовое траление. Распределение исследуемых видов получешуйников по глубинам и в зависимости от придонной температуры анализировали по их встречаемости (в %), которую рассчитывали по средним уловам за часовое траление.

Судя по частоте встречаемости и величине уловов в 1992-2002 гг., наиболее многочислен в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки белобрюхий получешуйник, доля которого в траловых уловах в течение всего периода исследований в нижней части шельфа и верхней зоне материкового склона (глубины 76-850 м) колебалась в среднем от 1,51 до 6,48 %, превышая в отдельных случаях 75 % от общего количества выловленных рыб в осенние и 67 % в зимние месяцы. Доля пестрого получешуйника в уловах составляла в среднем 0,41-1,17 %, достигая осенью (в сентябре-ноябре) иногда свыше 23, а зимой – почти 32 %. Реже, причем исключительно в южной части района (главным образом, на склонах подводного поднятия северного звена внешнего хребта Курильской гряды), в уловах встречался чешуехвостый получешуйник, средняя доля которого варьировала от 0,20 до 0,89 %. Правда, его относительное количество в отдельных уловах на склонах подводного поднятия в летний период достигало 30, а в зимний – 65 % от общего количества выловленных рыб. Следует отметить, что поскольку летом половозрелые особи белобрюхого и пестрого получешуйников смещаются на нерест в прибрежную зону (Токранов, 1985), результаты тралений, выполненных на глубинах свыше 76 м, по-видимому, дают заниженное представление об их фактической численности в тихоокеанских водах юго-восточной Камчатки и северных Курильских островов.

В феврале-декабре 1992-2002 гг. пестрый получешуйник постоянно встречался в уловах, главным образом, на участке с океанской стороны островов Парамушир, Шумшу и у юго-

восточной оконечности Камчатки. Здесь зарегистрированы его наибольшие уловы – свыше 2 тыс. экз. (или более 1000 кг) за часовое траление. Южнее Четвертого Курильского пролива за весь период исследований отмечено лишь несколько уловов этого получешуйника в весенние и осенние месяцы (величина двух из них, правда, составляла 262 и 280 экз.) на северо-западном склоне подводного океанического поднятия (48°25' - 48°50' с. ш.). Область распределения белобрюхого получешуйника была несколько шире, хотя чаще всего и в больших количествах он встречался на траверзе Четвертого Курильского пролива, с океанской стороны островов Парамушир, Шумшу и у юго-восточной оконечности Камчатки. Его отдельные уловы здесь в осенний период достигали более 6 тыс. экз. (или 4000 кг) за часовое траление. Несмотря на распространение по всему обследованному району, на участке южнее Четвертого Курильского пролива белобрюхий получешуйник в период наблюдений отмечался гораздо реже, а его уловы, как правило, не превышали 50-100 экз., хотя величина отдельных из них на склонах подводного поднятия составляла 760 и даже 1616 экз. за часовое траление. В отличие от двух этих видов, чешуехвостый получешуйник встречался лишь в южной части района исследований на участке до 50°10' с.ш., но его максимальные уловы (более 5-7 тыс. экз. или 500-700 кг за часовое траление) зарегистрированы исключительно на склонах подводного поднятия (от 47°50' до 48°40' с.ш.). В целом же в период наблюдений в пространственном распределении этого получешуйника хорошо прослеживалась закономерность, отмеченная нами ранее (Токранов и др., 2003). Высокая численность и плотные концентрации чешуехвостого получешуйника на склонах подводного океанического поднятия в течение лета и осени, по-видимому, обусловлены тем, что в августе-сентябре здесь, как было ранее установлено (Токранов и др., 2003), происходит его массовый нерест.

Редкая встречаемость в уловах белобрюхого и пестрого получешуйников южнее Четвертого Курильского пролива, на наш взгляд, объясняется тем, что данный участок района исследований является подводным поднятием с крутыми обрывистыми склонами и минимальными глубинами 90-100 м, где нет подходящих условий для нереста этих видов, который, в отличие от чешуехвостого получешуйника, у них протекает в зоне прибрежных скал и рифов, в основном, на глубинах менее 20-30 м (Токранов, 1985; и др.).

По современным представлениям, все три исследуемых вида получешуйников входят в состав элиторального ихтиоцена (Шейко, Федоров, 2000; и др.), причем белобрюхий известен с глубин 0-579, пестрый – 0-604, а чешуехвостый – 61-530 м (Токранов и др., 2003). Для них характерны сезонные вертикальные миграции: весной - в зону прибрежного мелководья (или на меньшие глубины), осенью – в верхнюю часть материкового склона (Токранов, 1985; Токранов и др., 2003). В феврале-декабре 1992-2002 гг. в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки пестрый получешуйник встречался в траловых уловах на глубинах от 79 до 535 м при придонных температурах от -1,0 до 4,25 °С. В связи с миграцией половозрелых особей в зону прибрежного мелководья в весенне-летний период его относительно высокие уловы наблюдались в двух батиметрических диапазонах: весной – на глубинах 101-150 и 201-250 м (в среднем 32 и 38 экз. за часовое траление), летом – 76-100 и 151-200 м (в среднем 40 и 72 экз.). По этой же причине распределение в зависимости от придонной температуры характеризовалось весной двух-, а летом - трехвершинностью, а максимальные уловы отмечались при значениях соответственно в первом случае минус 1,0-1,0 и 2,6-3,0 (в среднем 22 и 39 экз.), а во втором – 0,1-1,0, 1,6-2,0 и 2,6-3,0 °С (17, 22 и 25 экз.). Осенью значительная часть пестрого получешуйника (45 %) концентрировалась на глубинах менее 100 м, где наибольшие уловы, как и в предыдущие месяцы, наблюдались в двух диапазонах температур – минус 0,5-0,0 (99 экз.) и 3,1-3,5 °С (78 экз.). По мере охлаждения шельфовых вод начинался отход его особей к нижней границе шельфа, в связи с чем уже в декабре преобладающее большинство рыб отмечалось в диапазоне 101-200 м (69 %) при придонных температурах 1,1-2,0 °С (55,8 %).

Некоторые количественные показатели встречаемости в уловах белобрюхого, пестрого и чешуехвостого получешуйников в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки в 1992-2002 гг.

Белобрюхий получешуйник встречался в более широком батиметрическом диапазоне от 79 до 620 м. Весной большинство его особей (63 %) держалось в самой верхней зоне материкового склона в интервале 201-350 м при температурах менее 0,5 °С, причем значительная часть рыб

(около 50 %) попадалась при ее отрицательных значениях. В летний период относительно высокие уловы белобрюхого получешуйника зарегистрированы на глубинах менее 200 м (в среднем до 130 экз. за часовое траление), хотя около 25 % рыб, по-прежнему, оставалось в верхней части материкового склона в диапазоне 301-350 м. Очевидно, по этой причине его распределение в зависимости от придонной температуры характеризовалось двухвершинностью, а максимальные уловы отмечались при значениях 0,6-1,0 и 1,6-2,0 °С (соответственно в среднем 96 и 87 экз. за часовое траление). В осенние месяцы большинство особей белобрюхого получешуйника концентрировалось на глубинах менее 150 м (56,1 %). Но, как и летом, в распределении в зависимости от придонной температуры наблюдалось два пика уловов – один при значениях 1,1-2,0, другой – 2,6-3,5 °С (соответственно в среднем до 179 и 285 экз. за часовое траление).

Наиболее широкий батиметрический диапазон обитания характерен для чешуехвостого получешуйника, который отмечался на глубинах от 90 до 775 м (таблица), хотя преобладающее большинство рыб в течение всего года концентрировалось на изобатах менее 300 м. Весной более половины его особей (57,2 %) держалось в интервале 101-200 м, а относительно высокие уловы наблюдались при придонных температурах 0,6-1,0 и 2,1-3,5 °С (соответственно в среднем 394 и 187 экз. за часовое траление). В летние месяцы чешуехвостый получешуйник смещался на глубины менее 150 м, где в это время зарегистрировано около 65 % выловленных рыб, почти половина из которых (31,3 %) попадалась при значениях температур менее 0,5 °С. Осенью начинался его отход в зону верхней батиали, в связи с чем преобладающее большинство особей (84 %) встречалось на глубинах до 300 м. Но, как и летом, максимальные уловы этого получешуйника (в среднем 415 экз. за часовое траление) наблюдались в интервале 101-150 м при температурах 0,1-0,5 °С. И лишь в зимние месяцы основная часть чешуехвостого получешуйника (70,4 %) концентрировалась на глубинах 151-250 м, причем в распределении в зависимости от придонной температуры отмечалось два пика уловов – один при значениях 1,6-2,0, другой – 2,6-3,5 °С (соответственно в среднем до 192 и 125 экз. за часовое траление).

Анализ зависимости между глубиной поимки и средней массой выловленных рыб свидетельствует, что наиболее крупные особи белобрюхого получешуйника со средней массой тела 702 г держались на глубинах менее 100 м. С увеличением глубины в уловах возрастала доля мелких рыб, в связи с чем в интервале 251-450 м средние значения его массы тела уменьшались до 575 г. Еще глубже, у нижней границы обитания (свыше 450 м), вновь возрастало относительное количество крупных особей, и средняя масса тела составляла 611 г. В отличие от белобрюхого, наиболее крупные экземпляры пестрого и чешуехвостого получешуйников встречались в диапазоне глубин, соответственно, 201-300 (масса тела в среднем 464 г) и 301-350 м (132 г). Мельче и глубже, т.е. на изобатах до 200 и более 300 м, у первого и менее 300 и свыше 450 м у второго вида преобладали сравнительно мелкие особи со средней массой тела 448 и 409 и 108 и 120 г соответственно.

В период с 1992 до 2002 гг. встречаемость в уловах белобрюхого, пестрого и чешуехвостого получешуйников в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки изменялась сходным образом. В первые четыре года она снижалась до минимума в 1995 г. (соответственно, 12,5, 2,6 и 4,6 %). Затем наблюдался рост данного показателя, причем его наибольшие значения у всех трех видов отмечались в 1997 г. (29, 14 и 32 %). В дальнейшем (1998-2002 гг.) встречаемость получешуйников вновь стала сокращаться. В отличие от нее, величина уловов белобрюхого и чешуехвостого получешуйников, несмотря на некоторые колебания, с 1992 до 1997 г. постепенно нарастала (у первого в среднем от 51 до 255, а у второго – от 25 до 291 экз. за часовое траление), а в последующие годы стала сокращаться. Сходная, хотя и менее выраженная межгодовая динамика уловов, была присуща и пестрому получешуйнику. Обращает на себя внимание существенное увеличение значений этого показателя для всех трех получешуйников в 2001 г. (у белобрюхого – до 293, у пестрого – 62, а у чешуехвостого – до 400 экз. за часовое траление), причину которого, а также последующего резкого падения уловов в 2002 г. в настоящее время однозначно объяснить затруднительно.

Сезонная динамика и встречаемости, и величины уловов белобрюхого и пестрого получешуйников в период исследований носила сходный характер. От весны к лету величина этих показателей у обоих видов сокращалась, достигая минимума в июле-августе, что, вероятно, связано со

смещением половозрелых особей белобрюхого и пестрого лучешуйников на глубины менее 70-80 м. С началом осени и обратной миграцией этих представителей семейства Cottidae на большие глубины их встречаемость и величина уловов вновь возрастали. В отличие от белобрюхого и пестрого, сезонная динамика встречаемости и средних уловов чешуехвостого лучешуйника носила обратный характер. Начиная с марта, значения этих показателей возрастали, достигая максимума в августе, что, очевидно, связано с концентрацией чешуехвостого лучешуйника на вершине подводного океанического поднятия, где в это время происходит его массовый нерест. В последующие месяцы и встречаемость, и величина уловов этого вида постепенно снижались, что, по-видимому, обусловлено его отходом на зимовку в верхнюю зону материкового склона и рассредоточением на большей площади дна.

Встречаемость белобрюхого и пестрого лучешуйников в течение суток изменялась довольно незначительно: у первого - от 15,9 до 21,6, а у второго – от 5,4 до 10,1 %. В то же время величина уловов этих лучешуйников в утреннее (4-6 или 7-9 ч.) и дневное (13-15 или 16-18 ч.) время была заметно выше, чем в вечерние часы (19-21 или 22-24 ч.) соответственно 151 и 88 экз. за часовое траление у белобрюхого и 51 и 15 экз. у пестрого лучешуйников. В отличие от них, максимальная встречаемость (10,1 %) и величина уловов (371 экз. за часовое траление) чешуехвостого лучешуйника в период наблюдений зарегистрированы с 4 до 6 часов. Затем значения этих показателей резко снижались, достигая минимума (4,4 % и 26 экз.) в интервале 22-24 ч. Отмеченные колебания встречаемости и величины уловов всех трех лучешуйников, вероятно, отражают суточные изменения характера их распределения, которые могут быть обусловлены сменой физиологического цикла и поведения и, как следствие, различной доступностью рыб тралам в разное время суток.

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам ВНИРО, КамчатНИРО, СахНИРО и других институтов, принимавшим в 1992-2002 гг. участие в сборе материалов.

ЛИТЕРАТУРА

Орлов А.М. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Биол. моря. - 1998. - Т. 24, № 3. - С. 146-160.

Таранец А.Я. Краткий определитель рыб советского Дальнего Востока и прилежащих вод // Изв. ТИНРО. - 1937. - Т. 11. - С. 1-200.

Токранов А.М. Распределение лучешуйных бычков Джордана и Гильберта *Hemilepidotus jordani* Bean и *Hemilepidotus gilberti* Jordan et Starks (Cottidae) у восточного побережья Камчатки // Вопр. ихтиол. - 1981. - Т. 21, вып. 5. - С. 823-829.

Токранов А.М. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод: Автореф. дис ... канд. биол. наук. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. – 22 с.

Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А. Краткий обзор родов *Hemilepidotus* и *Melletes* (Cottidae) и некоторые черты биологии нового для фауны России вида – чешуехвостого лучешуйника *Hemilepidotus zapus* из тихоокеанских вод северных Курильских островов // Вопр. ихтиол. - 2003. - Т. 43, № 3. - С. 293-310.

Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 366 с.

Федоров В.В. Видовой состав, распределение и глубины обитания видов рыбообразных и рыб северных Курильских островов // Промыслово-биологические исследования рыб в тихоокеанских водах Курильских о-вов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992-1998 гг. / под ред. Б.Н. Котенева. – М.: ВНИРО, 2000. – С. 7-41.

Шейко Б.А., Федоров В.В. Класс Cephalaspidomorpha – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holoccephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы // Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. – С. 7-69.

Peden A.E. A systematic revision of the hemilepidotine fishes (Cottidae) // Syesis. - 1979. - Vol. 11. - P. 11-49.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕСУРСОВ ДОННОГО ЯРУСНОГО ПРОМЫСЛА В ЗАПАДНО-БЕРИНГОВОМОРСКОЙ ЗОНЕ И НОВАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТОВ ОДУ НА ОСНОВЕ СБЛОКИРОВАННЫХ КВОТ

В.Н.Тупоногов, М.А.Очеретянный
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, tuponogov@tinro.ru

Донный ярусный промысел в дальневосточных морях России в последнее десятилетие приобретает все большее значение. В ряде промысловых районов (в первую очередь – в западной части Берингова моря) освоение донных рыбных ресурсов ведется преимущественно ярусами. Это вызвано наличием устойчивой в многолетнем плане сырьевой базы ярусного рыболовства и особенностями рельефа, пригодного именно для проведения ярусных работ.

В последние годы появился ряд публикаций, освещающих различные вопросы биологии и промысла основных объектов ярусного лова, а также организации многовидового ярусного рыболовства в Беринговом море (Вышегородцев, 1997а; 1997б; Новиков 1997; Пальм, Чикилев, 1999; Чикилев, Пальм, 1999; Балыкин, Терентьев 2004; Ермаков, Бадаев, 2005; Терентьев, Василец 2005; Ермаков 2006; Балыкин, 2006; Терентьев, 2006; и др.)

Цель работы - дать анализ современного состояния ресурсов ярусного промысла в Западно-Берингоморской зоне - его сезонной и межгодовой динамики, а также рассмотреть качественный и количественный состав ярусных уловов при промысле основных видов, для выработки рекомендаций рыбной промышленности при организации многовидового рыболовства на основе сблокированных квот.

В работе использовались две независимые базы данных по ярусному промыслу в Западно-Берингоморской зоне: а) данные промысловой статистики информационной системы «Рыболовство» (ИСП) за 1996-2007 гг.; б) материалы по структуре и величине уловов, собранные наблюдателями ТИНРО-центра в 2003-2007 гг. при проведении контрольного лова и ресурсных исследований (1881 учетная ярусопостановка).

За исследуемый период в ярусных уловах на шельфе и материковом склоне Западно-Берингоморской зоны отмечено 57 видов рыб, принадлежащих к 18 семействам, что составляет около 15 % от всех описанных для Берингова моря рыб. По числу видов преобладали три семейства – камбаловые, рогатковые и ромбовые скаты. 83 % видов являлись представителями трех ихтиоценов – элиторального, мезо и батибентального.

Промысловые виды рыб ярусного лова в Западно-Берингоморской зоне можно условно разделить на несколько групп. Первая группа - виды, обладающие значительной биомассой, высокой рыночной стоимостью и спросом - это формирующие промысловые скопления на шельфе в теплый период года тихоокеанская треска и белокорый палтус, а на материковом склоне - черный палтус. Для таких рыб в части районов существует понятие «специализированный» ярусный лов, когда доля основного объекта в уловах превышает 50-70 %. Вторая группа - виды, уловы которых незначительны, но они являются весьма ценными объектами прилова (морские окуни, шипощеки, угольная рыба). Третья группа - виды, широко распространенные, обладающие высокой биомассой, но из-за экономических или технологических причин не используемые или недоиспользуемые промыслом (малоглазый макрурус, стрелозубые палтусы, скаты и бычки-керчаки). В настоящее время ярусный промысел ориентируется в основном на виды из первой группы.

Имеющиеся в литературе оценки межгодового изменения доли ярусного вылова за последние годы несколько отличаются. Так, для прикамчатских вод Д.А. Терентьевым (2006) указывалось, что «...вклад ярусного промысла в вылов по рыбопромысловым районам в 1999-2004 гг. оставался стабильным», «...в последние 6 лет изменений в качественной структуре уловов не наблюдалось», «...уловы практически всех морских рыб (исключая навагу) в западной части Берингова моря в этот период оставались высокими и стабильными».

При рассмотрении нами данных рыбопромысловой статистики за 1996-2007 гг., выяснилось, что структура ярусного вылова в Западно-Берингоморской зоне за последние 12

лет подвергалась существенным изменениям (рис. 1). С начала исследуемого периода до 2001 г. усилия ярусного флота были направлены преимущественно на добычу трески (которая доминировала в ярусном вылове, составляя от 74 до 93 % уловов, а суммарный годовой вылов вида в отдельные годы достигал 12 тыс. т) и палтусов (доля которых от общего ярусного вылова была относительно невелика 6-17 %, а годовой вылов, за исключением 1996 г., не превышал 1 тыс. т). С 1999 г. началось снижение ярусного вылова трески в зоне. В 2002-2004 гг. вылов ее вновь вырос с 5,2 до 10,2 тыс. т, но доля в общем вылове снизилась до 57-63 %. В последние три года годовой ярусный вылов трески составляет порядка 6 тыс. т, и по величине вылова она занимает второе место после малоглазого макруруса.

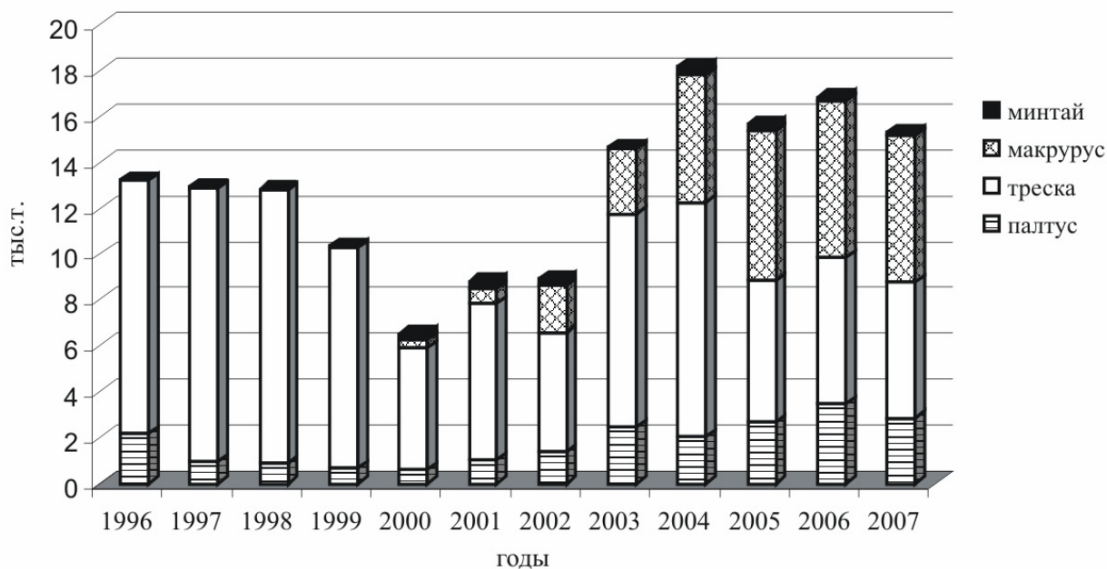


Рис. 1. Структура ярусного вылова в Западно-Беринговоморской зоне с 1996 по 2007 гг. (по данным ИС «Рыболовство»)

При рассмотрении вылова трески различными орудиями лова, можно отметить следующие изменения: если в начальный период доля ярусного вылова в среднем не превышала 30 %, то начиная с 2001 г. ярусный вылов трески составляет 41-51 % от общего вылова вида в зоне.

Ярусный вылов палтусов с 2001 г. постоянно повышался, достигнув в 2006 г. максимума за весь исследуемый период - 3,5 тыс. т (21 % от суммарного ярусного вылова в зоне). В настоящее время почти 90 % всех выловленных в зоне палтусов добываются донными ярусами.

Малоглазый макрурус до 1999 г. добывался в качестве незначительного (менее 1 %) прилова (как и окуни, скаты, минтай) при ярусном промысле палтусов и трески. Начиная со второй половины 2000 г. он стал занимать заметное место в ярусном вылове. К 2003 г. ежегодный вылов макруруса достигал 2-3 тыс. т, а в 2005-2007гг. - превысил не только вылов палтусов, но и трески, а доля его от общего вылова выросла до 40-41 %. В настоящее время макрурус при ярусном лове в Западно-Беринговоморской зоне занимает лидирующее положение. Причинами резкого увеличения ярусного вылова макруруса явились большие запасы вида, его высокие уловы и возросший за последние годы рыночный спрос на данный объект. Почти весь макрурус в Западно-Беринговоморской зоне добывается с использованием донных ярусных орудий лова.

Таким образом, межгодовые изменения доли ярусного от общего вылова донными орудиями лова в зоне за период с 1997 по 2007 гг. составляли 25-56 %. В настоящее время треть ОДУ по треске и макрурусам и более половины ОДУ по палтусам осваивается с помощью донных ярусов.

Шельфовая и мезально-батиальная фауны Западно-Беринговоморской зоны связаны сезонными, онтогенетическими, нагульными миграциями и перемещениями, вызванными

периодическими изменениями гидрологической и океанологической обстановки. Поэтому имеют место значительные сезонные и межгодовые колебания ихтиомасс как на отдельных участках, так и в целом по рассматриваемому району. Некоторые виды уже практически перестали быть промысловыми в связи с резким снижением численности и интенсивности воспроизводства под воздействием среды и антропогенных факторов. Поэтому очень важно осуществлять постоянный контроль за состоянием ресурсов и разрабатывать меры по рациональному регулированию промысла.

Рассмотрим сезонную и батиметрическую изменчивость уловов на усилии основных промысловых видов ярусного промысла (рис. 2). В теплый период года (июнь-октябрь) большая часть белокорого палтуса смещается в прибрежные районы, где образует промысловые скопления на глубинах 8-45 метров. Максимальные уловы вида отмечены на глубинах до 25 м, где можно осуществлять его специализированный лов.

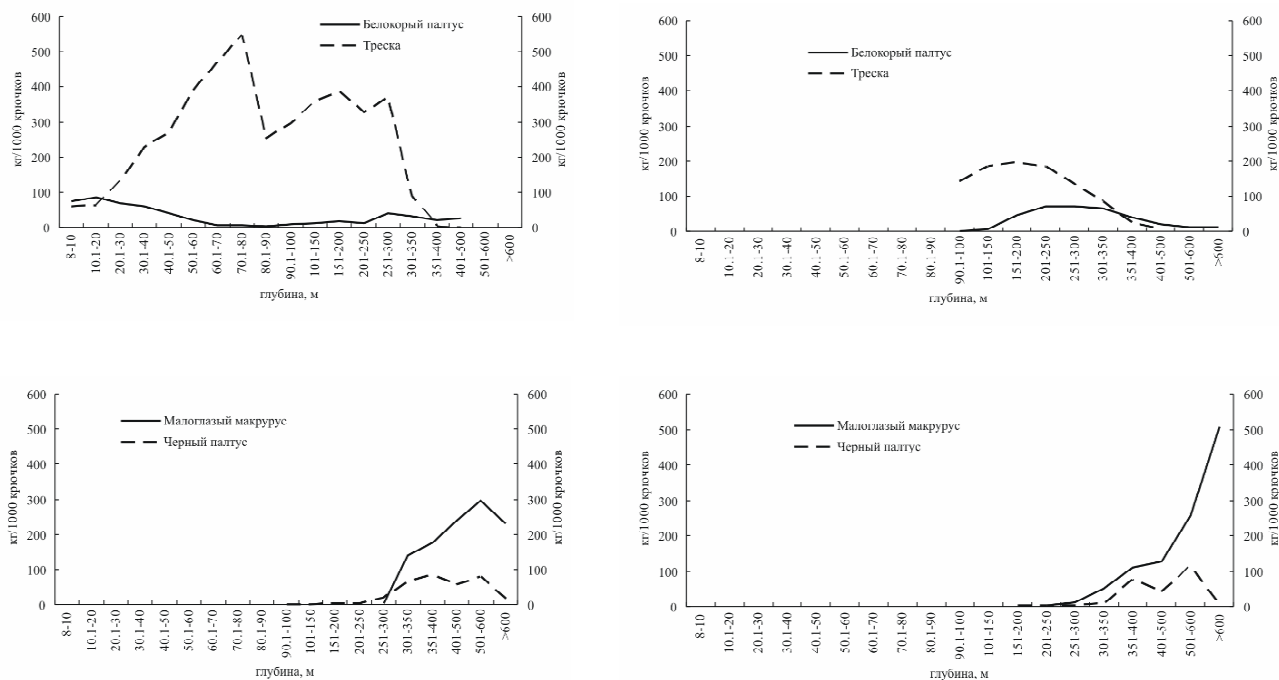


Рис. 2. Сезонная изменчивость уловов на усилии основных видов ярусного промысла в Западно-Беринговоморской зоне на глубинах 8-500 метров в июне-октябре (А) и ноябре-декабре (Б) 2003-2007 гг. (по материалам контрольного лова)

Промысловые скопления трески на изобатах 46-250 м в Западно-Беринговоморской зоне формируются за счет смещения зимовальной трески с участков материкового склона и за счет подходов трески на нагул из восточной части Берингова моря. В теплый период года из восточной части моря вдоль материкового склона на нагул в российские воды смещаются скопления черного палтуса и макруруса, максимальные уловы этих видов приходятся на диапазон глубин 280-600 м.

С началом осеннего выхолаживания прибрежных шельфовых вод и приближением периода нереста начинаются миграции промысловых видов на большие изобаты. В ноябре-декабре треска и белокорый палтус формируют максимальные по плотности скопления на глубинах 150-400 м. Причем, если уловы на усилии белокорого палтуса снижаются незначительно, то промысловые показатели трески уменьшаются в 2-2,5 раза, что связано, на наш взгляд, с отходом трески восточноберинговоморского происхождения.

Малоглазый макрурус в зимний период года формирует промысловые скопления с максимальными уловами глубже 600 м. Уловы на усилии черного палтуса в ноябре-декабре по сравнению с теплым периодом года снижаются незначительно.

Исходя из представленной выше схемы сезонного перемещения промысловых видов, можно выделить батиметрические диапазоны, оптимальные для проведения их специализированного промысла, а также рассмотреть временную и пространственную изменчивость в

составе уловов при промысле трески, малоглазого макруруса, белокорого и черного палтусов на различных участках шельфа и материкового склона Западно-Беринговоморской зоны.

Как уже отмечалось выше, в летне-осенний период возможно проведение специализированного промысла белокорого палтуса на глубинах до 25 м. В зависимости от района ведения промысла величина уловов и их структура существенно меняются (табл. 1).

Таблица 1

Структура ярусных уловов (% по массе) в Западно-Беринговоморской зоне на изобатах 8-25 м в июне-октябре 2003-2007 гг. (по данным контрольного лова)

Вид	Район													
	170-175E				175-178E				178-180E					
	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	
Тихоокеанская треска	25,4	30,4	62,5	53,0	3,5	18,6	41,1	39,4	10,1	28,7	44,5	45,8	61,4	
Бычки р. <i>Nemilepidotus</i>	1,0	30,6	2,4	38,8	0,3	+	+	0,1	0,1	+	+	0,1	+	
Белокорый палтус	1,9	13,2	14,5	1,4	94,2	75,8	52,4	53,9	65,6	62,7	43,9	37,3	27,3	
Бычки р. <i>Mucoxerphalus</i>	71,3	25,5	20,0	6,1	2,0	5,2	4,8	2,9	23,2	7,9	6,8	10,6	2,8	
Навага	0,5	0,3	0,6	+	0,70	-	-	-	-	+	-	-	-	
Скаты р. <i>Bathygaja</i>	-	-	-	-	-	+	+	0,3	1,1	0,5	0,1	0,2	0,3	
Звездчатая камбала	-	-	-	-	-	0,4	0,3	0,6	-	+	0,1	-	-	
Минтай	-	0,1	-	-	-	+	1,3	2,8	-	+	4,5	5,9	8,1	
Двухлинейная камбала	-	-	-	-	-	+	-	-	-	0,2	0,2	0,1	-	
Зайцеголовый терпуг	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Прочие виды	-	-	-	-	-	0,1	0,1	-	-	-	-	-	0,1	
Кол-во крючков (тыс. шт.)	12,5	24,75	42,1	6,3	22,75	617,75	935,425	422,25	67,6	123,35	666,425	654,7	62,5	
Ср. улов на усилие	186,2	380,1	287,3	1243,2	17,8	109,9	125,3	127,4	32,2	75,0	154,6	235,4	181,6	

Наиболее оптимальным для промысла белокорого палтуса является участок между 175-180° в.д. Здесь отмечается общая тенденция к снижению доли вида в уловах с июня по октябрь, связанная с возрастанием вылова нагульной трески в осенние месяцы. Средние уловы на усилие белокорого палтуса между 175-178° в.д. уменьшаются в период с июля по сентябрь, а на участке 178-180°, наоборот, возрастают.

Существенно иная картина в структуре ярусного вылова наблюдается в районе между 170-175° в.д. Здесь в уловах доминирует треска и рогатковые, соотношение которых варьируют в разные месяцы. Доля белокорого палтуса составляет 1,4-14,5 %, а максимальные уловы на усилие отмечены в июле – августе (41,7-50,1 кг/тыс. крючков).

Максимальные уловы трески в мае–октябре отмечены на глубинах 46-250 м. Для этого батиметрического диапазона экспертным путем были выделены два района – западнее и восточнее 178° в.д. (табл. 2). Западнее доля трески в уловах составляла свыше 88 % вылова по массе, а средний улов на усилие превышал полтонны. Максимальные доли отдельных видов прилова не превышали 3 %. На восточном участке треска также доминировала в вылове (78,2 % по массе), но средние показатели уловов на усилие снизились почти в 1,5 раза. Также значительно возросла доля в прилове ромбовых скатов (9,8 %) и минтая (5,6 %).

Более сложная структура уловов наблюдается при проведении лова черного палтуса и макруруса на глубинах 280-600 м (табл. 3). Здесь так же, как и для трески, нами были выделены два района – западнее и восточнее 178° в.д. Основная часть нагульных скоплений черного палтуса держалась в восточном районе, где доля и средние уловы на усилие вида в уловах незначительно снижались от 29,4 % и 91 кг/тыс. крючков (май-октябрь) до 21,8 % и 71,5 кг/тыс. крючков в ноябре–декабре. Восточнее 178° в.д. доля черного палтуса не превышала 1 % вылова.

Малоглазый макрурус в мае–октябре на всем протяжении материкового склона от 174° в.д. до 179° з.д. присутствовал в уловах, составляя 22,6-23,9 % общего вылова, при средних уловах на усилие 70-75 кг. В ноябре–декабре доля макруруса на западном участке резко сни-

жается (4,3 %), а на восточном - возрастает до 29,6 % (97 кг/тыс. крючков), что может быть связано со смещением основных скоплений на большие изобаты или с откочевкой в восточную часть Берингова моря.

Таблица 2

Структура ярусных уловов (% по массе) в Западно-Беринговоморской зоне на изобатах 46-250 метров в мае-октябре 2005-2007 гг. (по данным контрольного лова)

Виды	Май-октябрь	
	170–178E	178E–178W
Палтусы р. <i>Atheresthes</i>	0,3	1,7
Скаты р. <i>Bathyraja</i>	1,0	9,8
Тихоокеанская треска	88,3	78,2
Бычки р. <i>Nemilepidotus</i>	2,3	0,8
Белокорый палтус	2,3	1,3
Бычки р. <i>Myoxocephalus</i>	2,7	2,2
Минтай	2,4	5,6
Чёрный палтус	0,1	0,2
Полярная акула	0,7	–
Прочие виды	–	0,1
Кол-во крючков (тыс. шт.)	574,2	1242,4
Ср. улов на усилие	575,7	388,8

Таблица 3

Структура ярусных уловов (% по массе) в Западно-Беринговоморской зоне на изобатах 280-600 метров в мае-декабре 2003-2007 гг. (по данным контрольного лова)

Вид	Май-октябрь		Ноябрь-декабрь	
	Район		Район	
	170-178E	178E-178W	170-178E	178E-178W
Палтусы р. <i>Atheresthes</i>	5,2	11,4	5,4	7,3
Скаты р. <i>Bathyraja</i>	42,8	23,1	29,8	15,3
Тихоокеанская треска	9,0	3,3	7,1	10,9
Малоглазый макрурус	23,9	22,6	4,3	29,6
Угольная рыба	0,6	0,8	0,1	0,4
Белокорый палтус	5,6	5,3	28,2	5,8
Бычки р. <i>Myoxocephalus</i>	–	0,2	–	–
Окуни р. <i>Sebastes</i>	0,3	0,2	0,1	0,1
Окуни р. <i>Sebastobus</i>	0,5	0,1	0,5	–
Минтай	5,9	2,9	23,6	8,2
Чёрный палтус	4,5	29,4	0,9	21,8
Прочие виды	1,7	0,7	–	0,6
Кол-во крючков (тыс. шт.)	401,65	1501,2	938,752	682,263
Ср. улов на усилие	315,6	309,8	267,6	327,8

Из основных объектов прилова при промысле черного палтуса и малоглазого макруруса следует отметить ромбовых скатов, доля которых в западном районе вдвое выше, чем в восточном. В ноябре-декабре на участке 174-178° в.д. возрастает доля белокорого палтуса (28,2 %, 75,5 кг/тыс. крючков) и минтая (23,6 %, 63,2 кг/тыс. крючков), что вызвано сезонными смещениями этих видов на нерестовые участки материкового склона.

Таким образом, анализ полученных многолетних данных ярусного лова как ресурсных исследований, так и рыбопромысловой статистики позволяет отметить изменения в величине и структуре уловов в Западно-Беринговоморской зоне в зависимости от глубины, сезона и участков ведения промысла ярусным флотом. Это позволило выработать новую методику расчета ОДУ на основе заблокированных квот для многовидового рыболовства, давать кон-

кретные рекомендации рыбной промышленности при проведении специализированного или организации многовидового промысла трески, палтусов, макрурусов применительно к конкретному сезону и району работ. Чаще всего это будет не одно-, а многовидовой промысел, что следует принимать во внимание при выдаче квот и выписке рыболовных билетов. Но такие рекомендации надо давать только на ближайшие годы, с дальнейшей корректировкой выявленных нами особенностей распределения и соотношения разных видов в уловах.

ЛИТЕРАТУРА

Балыкин П.А. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря. – М.: ВНИРО, 2006. – 143 с.

Балыкин П.А., Терентьев Д.А. Организация многовидового промысла рыб на примере Каргинской подзоны // *Вопр. рыбол.* – Т. 5, № 3, 2004. – С. 489-499.

Вышегородцев В.А. Ярусный промысел и структура уловов трески в районе мыса Олюторского // *Рыбн. хоз-во.* - 1997. - № 6. - С. 47-49.

Вышегородцев В.А. Прилов рыб и беспозвоночных при ярусном промысле трески в северной части Берингова моря // *Первый Конгресс ихтиологов России: Тез. докл.* - М.: ВНИРО, 1997. - С. 63.

Ермаков Ю.К. К вопросу организации многовидового рыболовства в Дальневосточном бассейне // *Методические аспекты исследований рыб морей Дальнего Востока: Тр. ВНИРО.* – М.: ВНИРО, 2006. – Т. 146 – С. 310-321.

Ермаков Ю.К., Бадаев О.З. Исследование состава прилова при промысле донными ярусами в дальневосточном бассейне // *Вопр. рыбол.* – 2005. – Т. 6, № 13. – С. 86-97.

Новиков Р.Н. Некоторые результаты исследований белокорого палтуса у восточного побережья Камчатки // *Биомониторинг и рац. использ. гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых.* - Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. - С. 56-57.

Пальм С.А., Чикилев В.Г., Датский А.В. Биология, промысел и распределение черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря // *Изв. ТИНРО*, 1999, Т.126, Ч.1, С.252-261.

Чикилев В.Г., Пальм С.А. Распределение и биологическая характеристика белокорого палтуса *Hippoglossus stenolepis* на шельфе северо-западной части Берингова моря // *Изв. ТИНРО.* – 1999. – Т. 126, ч. 1. – С. 262-270.

Терентьев Д.А. Структура уловов морских рыбных промыслов и многовидовое рыболовство в прикамчатских водах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Владивосток: ТИНРО, 2006. - 24 с.

Терентьев Д.А., Василец П.М. Структура уловов на рыбных промыслах и организация многовидового рыболовства в северо-западной части Берингова моря // *Изв. ТИНРО.* – 2005. – Т. 140. – С. 18-36.

ОСНОВНЫЕ ВОДНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ТУГУРО-ЧУМИКАНСКОГО РАЙОНА: ПУТИ И ВОЗМОЖНОСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ

А.А. Услонцев¹, И.Е. Хованский^{1,2}

¹ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства» (ФГУ «Амуррыбвод»), г. Хабаровск, Россия, resurs27@yandex.ru

²Хабаровский филиал ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ХфТИНРО), г. Хабаровск, Россия, tinro@tinro.khv.ru

Тугуро-Чумиканский район отнесен к местностям, приравненным к районам Крайнего Севера. Площадь его составляет 96,1 тыс. км², это 12,2 % от территории Хабаровского края. В районе проживает около 2700 чел. (0,2 % от населения края). Плотность населения 0,03 человек на км². Территория района с востока омывается водами Охотского моря, на западе граничит с Амурской областью, на севере с Аяно-Майским, на юге с Николаевским районом и районом им. Полины Осипенко. Береговая линия вдоль Охотского побережья (более 1000 км) сильно изрезана многочисленными заливами. В состав района входят Шантарские острова. Транспортное сообщение развито слабо.

В настоящее время в Тугуро-Чумиканском районе промышленное рыболовство постоянно осуществляется девятью предприятиями. К объектам промышленного лова относятся следующие виды: кета, горбуша, мальма, кунджа, зубатая корюшка, малоротая корюшка, мойва, сельдь охотская, тихоокеанская навага, звездчатая камбала, четырехиглый бычок, треска, камчатский краб, синий краб, гребенчатая креветка, северная креветка, углохвостая креветка, шримс Дерюгина, козырьковый шримс, ламинария Гурьяновой. Однако далеко не все представленные виды осваиваются прибрежным ловом. К основным объектам промысла предприятий можно отнести лишь тихоокеанских лососей и зубатую корюшку.

Для решения вопроса о возможности рационального освоения ВБР Тугуро-Чумиканского района необходимо охарактеризовать современное состояние хозяйства, его биоресурсный потенциал, учитывая, что именно рыболовство во многом является основой жизнедеятельности населения данной территории. Публикации по состоянию водных биологических ресурсов Тугуро-Чумиканского района отрывочны (Лососи ..., 2005, 2006, 2007; Состояние ..., 2006).

При практически полном отсутствии промышленности в районе предприятия рыбохозяйственного комплекса Тугуро-Чумиканского района являются градообразующими. Однако настоящее состояние прибрежного рыбопромышленного комплекса Тугуро-Чумиканского района в значительной степени может характеризоваться как депрессивное.

Проблемы в рыбохозяйственной отрасли района обусловлены переплетением таких факторов, как удаленность территории, сложные природно-климатические условия, отсутствие промышленности, транспортной инфраструктуры, высокая стоимость тарифов за электроэнергию (15 руб. за кВт), несогласованность мер, принимаемых для развития рыболовства. Все вышеперечисленные факторы определяют повышенный риск хозяйственной деятельности.

Рыбодобывающие организации не всегда осваивают свои квоты ввиду слабой организации промысла, отсутствия точности прогнозов. В местах скоплений во время нереста в море тихоокеанских лососей, сельди, зубатой корюшки, наваги, наблюдается большая концентрация морских хищных млекопитающих тюленей и белух, достигающая нескольких тысяч экземпляров, вследствие чего рыбные запасы выедаются.

Для четкой картины охарактеризуем настоящее состояние запасов основных, перспективных водно-биологических ресурсов Тугуро-Чумиканского района.

Кета охотская (*Oncorhynchus keta*) – промышленный лов кеты в Тугуро-Чумиканском районе начинается в начале июля и заканчивается к 15 сентября, на следующих водных объ-

ектах – Удская губа, Тугурский залив, Ульбанский залив, зал. Николая, р. Тугур, р. Уда, р. Усалгин, р. Мухтеля.

На уловы лососей влияют приливоотливные течения. С началом прилива (9 м и более), кета, скапливающаяся в море, близ устья рек, устремляется в них. В этот момент она облавливается с помощью ставных сетей в море, а в реках закидными неводами. Наряду с промышленным ловом ведется лов для нужд коренных и малочисленных народов севера, научно-исследовательский, контрольный, любительский и спортивный (рис. 1).

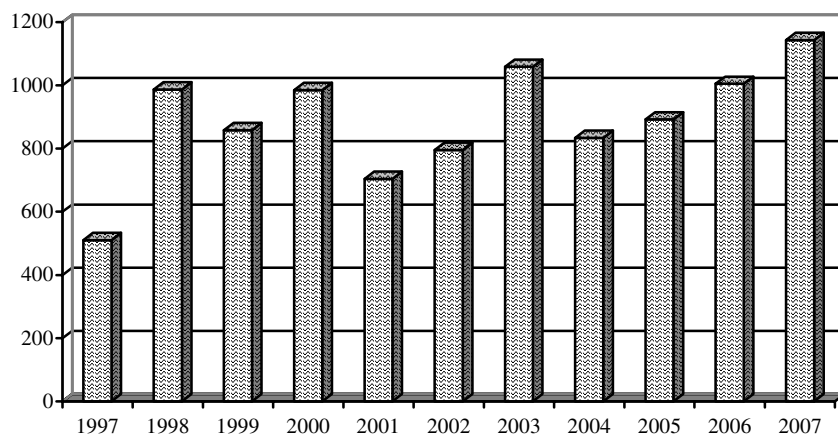


Рис. 1. Динамика выловов кеты в Тугуро-Чумиканском районе

Доля неофициального вылова велика и составляет по нашим расчетам около 100 % от официального. Общий запас кеты на 2007 г. был оценен в 5700 т при расчете ОДУ 1200 т и величины браконьерского вылова 15 % (Лососи..., 2007), реальный же вылов кеты при величине браконьерского вылова 100 % составил более 2000 т.

Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) – в Тугуро-Чумиканском районе промысел горбуши не имеет специализированного значения. Причиной этому являются следующие факторы: неразвитость рыбной промышленности, несвоевременная подготовка к промыслу, несвоевременное получение разрешений на добычу (вылов) горбуши. По данным ХфТИНРО, предполагалось, что она будет составлять существенную долю улова при промысле тихоокеанских лососей (Лососи ..., 2007). При ОДУ горбуши на 2007 г. в 350 т улов составил 266,688 т (рис. 2). Казалось бы, оценки по возрастанию уловов горбуши практически оправдываются, но на самом деле рыбодобывающие предприятия, получая квоты, не хотят нести убытки в виду отсутствия объемов вылова горбуши, закрывают ее вылов кетой. Это во многом объясняет рост объемов вылова за последние годы.

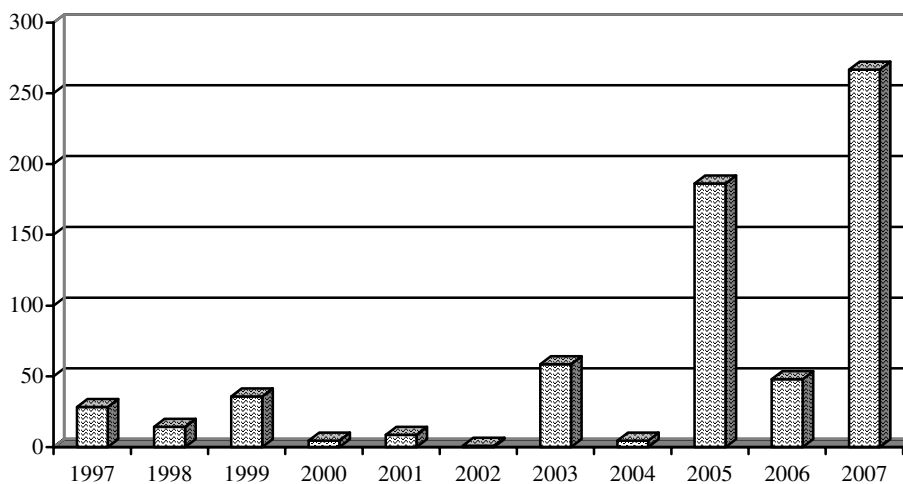


Рис. 2. Динамика выловов горбуши в Тугуро-Чумиканском районе

Охотская сельдь (*Clupea pallasii*) – популяция сельди данного района изучена слабо. В годы благоприятной ледовой обстановки сельдь в значительных количествах подходит на нерест в Удскую губу, Тугурский залив, зал. Николая. В настоящее время промышленный лов сельди прекращен, а вылов производится лишь местным населением для личного потребления (рис. 3).

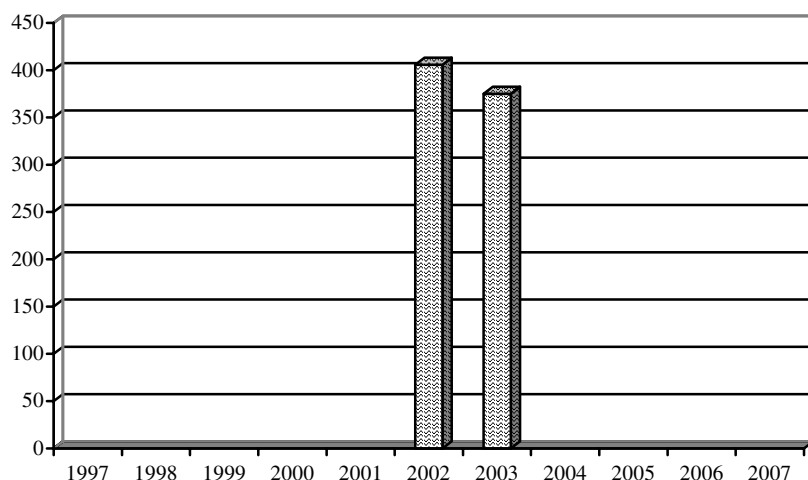


Рис. 3. Динамика уловов охотской сельди в Тугуро-Чумиканском районе

Зубатая корюшка (*Osmerus mordax dentex*) – в р. Уда и р. Тугур в мае-июне ведется лов нерестовой корюшки. Сложность ее промысла заключается в скоротечности нерестового хода: на р. Уда 3 – сут, на р. Тугур – до 8 сут.

По р. Уда в настоящее время запас оценен только экспертно, и составляет около 260 т. на 2007 г. (Состояние ..., 2006). В р. Тугур запас зубатой корюшки, по информации, полученной при организации спортивного и любительского лова, экспертно можно оценить в 60 т.

В освоении квот также, как и у других видов, наблюдается искаженная ситуация, когда рыбодобывающие предприятия, осваивая объемы вылова не полностью (ввиду слабой организации промысла), закрывают вылов, боясь потерять свою закрепленную долю, искажая данные.

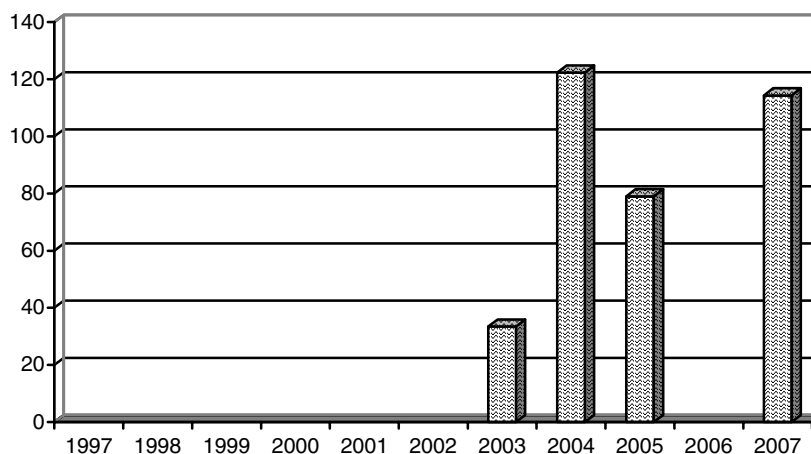


Рис. 4. Динамика уловов зубатой корюшки в Тугуро-Чумиканском районе

Тихоокеанская навага (*Eleginus gracilis*) – промышленный лов ограничен ввиду низкой рентабельности, сложной схемой доставки продукции к потребителю, отсутствием мощностей переработки, сложной ледовой обстановкой в районе. В весенне-летний период все мощности задействованы на промысле зубатой корюшки и лососей. В этом случае производство рыбодобывающих предприятий на навагу не ориентировано. Тем не менее

навагу ловят рыбаки любители в ноябре, или она присутствует в виде прилова во время промысла морских объектов в Удской губе, иногда в значительных количествах (рис. 5). Массовые подходы наваги наблюдались к местам нереста охотской сельди. Все желудки взятой на биоанализ наваги в этом случае были наполнены икрой сельди.

В целом, по району запас наваги не оценен. По всей Северо-Охотоморской подзоне он составляет не менее 1000 т (Состояние..., 2006). Необходимо заметить, что крупные скопления плотности наваги в пределах района отмечается в Удской губе, Тугурском заливе, у Шантарских островов, на глубинах 0-100 м.

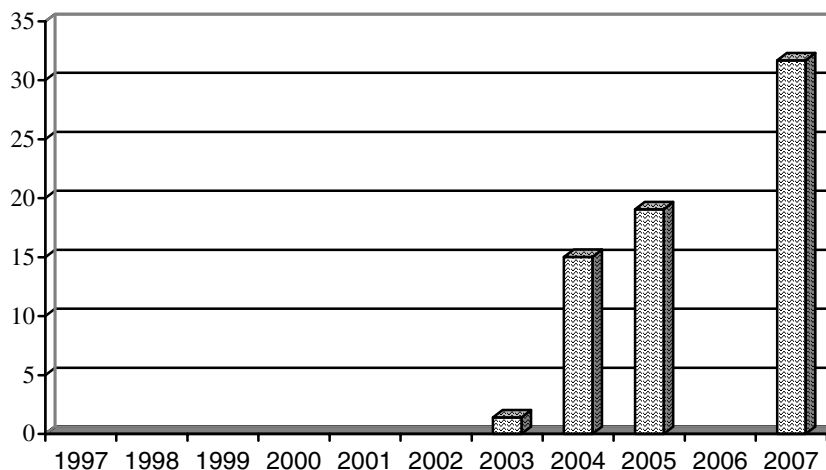


Рис. 5. Динамика уловов тихоокеанской наваги в Тугуро-Чумиканском районе (2006 г. – нет данных)

Треска (*Gadus macrocephalus*) – нагульные скопления трески встречаются в районе Шантарских островов. Настоящее состояние запасов оценено только экспертно, но оценки свидетельствуют о возможности открытия специализированного лова.

Камчатский краб (*Paralithodes camtschaticus*) – в данном районе представлена Аяно-Шантарская популяция камчатского краба. Промыслового освоения камчатского краба в данном районе прибрежными рыбопромысловыми организациями не ведется. В настоящее время промысел краба в районе носит экспедиционный характер организациями из других районов Хабаровского края, Приморского края и Магаданской области. Уровень браконьерства значителен. Лов ведется преимущественно в районе о-ва Большой Шантар.

Синий краб (*Paralithodes platypus*) – промыслового освоения синего краба в Тугуро-Чумиканском районе прибрежными рыбопромысловыми организациями в настоящее время нет. Для определения запаса синего краба требуется проведение исследований.

Гребенчатая, северная, углохвостая креветки (*Pandalus hypsinotus*, *P. borealis*, *P. goniurus*) – в настоящее время промысел креветок в Тугуро-Чумиканском районе не ведется, и требует уточнения состояния запасов. Все виды креветок здесь характеризуются небольшими размерами тела. В районе о-ва Большой Шантар встречаются крупные скопления гребенчатой креветки, в незначительных количествах шримс Дерюгина и козырьковый шримс.

Из всех представленных выше видов креветок, самым перспективным для промысла является углохвостая креветка (Бандурин, 2001). Настоящая величина запасов близ Шантарских островов оценена в 30800 т, в том числе в прибрежной части – в 4000 т (Состояние ..., 2006).

Бурые водоросли – промыслом не осваиваются. Современные сведения по состоянию запасов в районе отрывочные. Исследования запасов прошлого столетия говорит о значительном состоянии запасов в районе. Большие запасы ламинарии Гурьяновой встречаются в районе Шантарских островов, Тугурского залива и Удской губы. Согласно экспертной оценке, состояние промыслового запаса бурых водорослей Тугуро-Чумиканского района оценено в 35800 т (Состояние ..., 2006).

В целом, для развития прибрежного рыбохозяйственного комплекса Тугуро-Чумиканского района необходимо осуществить ряд неотложных мер, из которых следует выделить:

1. Стимулирование восстановления береговой инфраструктуры рыбодобывающей и рыбоперерабатывающей отрасли;

2. Принятие мер господдержки и компенсации затрат на топливо и электроэнергию, уменьшение налоговых ставок. Рыбодобывающим организациям из-за больших тарифов на электроэнергию и высокой стоимости ГСМ невыгодно перерабатывать и возить из этих районов низкорентабельные виды ВБР, продукты переработки рыбы (например, головы лососевых, субпродукты и др.);

3. В целях эффективного использования перспективных видов ВБР в прибрежной зоне необходимо провести ряд комплексных мероприятий по определению промысловых запасов, изучению биологии развития гидробионтов, технологии их переработки. Комплексные исследования помогут уточнить объемы промысловых запасов и перспективу их разработки;

4. При создании и закреплении рыбопромысловых участков в Тугуро-Чумиканском районе необходимо учитывать специфику обитания и условий лова конкретных видов ВБР. В настоящее время практически нет участков для целей любительского и спортивного рыболовства, а также специализированных участков для промышленного лова крабов, креветок, ламинарии и др.

Участки для рыболовства в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности КМНС не отвечают требованиям ведения на них рыболовства (размыты и заилены). Работа по формированию рыбопромысловых участков в настоящее время ведется, часть участков уже проходит процедуру согласования, здесь учтены требования пользователей ВБР. Однако эффективного распределения среди рыбодобывающих организаций в настоящее время еще не произведено.

Для развития прибрежного рыболовства в Тугуро-Чумиканском районе имеется значительный биоресурсный потенциал. Комплекс отмеченных выше мероприятий является, как мы считаем, реальным условием рационального освоения ВБР Тугуро-Чумиканского района.

ЛИТЕРАТУРА

Бандурин К.В. Предварительные данные по особенностям биологии и состоянию запасов трех видов североохотоморских креветок (по материалам исследований 2000 г.) // Сб. науч. трудов Магаданского НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. – 2001. – Вып. 1. – С. 71-80.

Лососи 2005 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. – 95 с.

Лососи-2006 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 112 с.

Лососи 2007 (путинный прогноз). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – 131 с.

Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2007 г. (краткая версия). – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – 280 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОПЛЕНИЙ И ПРОМЫСЛА ТИХООКЕАНСКОЙ САЙРЫ В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В ПЕРИОД С 2004 ПО 2007 Г.

В.Н. Филатов

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, vicnikfil@mail.ru

Вся область распространения тихоокеанской сайры в северо-западной части Тихого океана находится под воздействием двух мощных течений - Куроисио и Ойясио, а также их ветвей. Взаимодействие течений создает сложную систему потоков, вихрей и фронтов между ними. Направление течений и их местоположение крайне изменчиво во времени. Течение Ойясио является частью западного потока циклонической циркуляции субарктических вод. Основной поток Ойясио следует вдоль южных Курильских островов. Меандрируя, он создает ветви потоков и вихрей, перемещающихся в южном направлении (рис. 1). По мере продвижения на юг воды основного потока Ойясио и его ветвей погружаются под воды Куроисио. Часть вод при встрече с водами Куроисио поворачивает на восток и формирует северную границу полярного фронта. Воды Ойясио, по сравнению с водами Куроисио, у поверхности намного богаче питательными веществами, способствующими интенсивному развитию фито- и зоопланктона, что обеспечивает активный нагул многочисленным популяциям рыб эпипелагического комплекса, в том числе и тихоокеанской сайры. Наибольшие концентрации планктона в водах Ойясио образуются у фронтальных разделов.

По существующим представлениям в Южно-Курильском промысловом районе выделяются следующие относительно устойчивые термические фронты, связанные с течением Ойясио (рис. 2):

- Курильский фронт (КФ) в северной части района, проявляющийся как граница сильно перемешанных вод, сформировавшихся в проливах;
- Океанический фронт Ойясио (фронт Ойясио), ограничивающий поток Ойясио от субарктических вод открытого океана (либо от субтропических трансформированных вод в случае их непосредственного контакта с водами Ойясио и от трансформированных вод Соя);
- Прибрежный фронт (ПФ), образуемый между трансформированными приливным перемешиванием прибрежными водами и водами северо-западной периферии Ойясио;
- Фронт Соя (ФС), формирующийся в прол. Екатерины и простирающийся в южном направлении через Южно-Курильский пролив в район о-ва Шикотан, образуется между водами течения Соя и водами других структур;
- Северный Субарктический фронт (ССАФ), отделяющий субарктические воды или воды Ойясио от трансформированных субтропических вод зоны смешения;
- Южный Субарктический фронт (ЮСАФ), отделяющий субтропические воды от трансформированных субтропических вод зоны смешения.

Сайра совершает очень протяженные миграции с мест нереста в районы нагула и обратно (Новиков, 1967; Филатов, 2007; Kosaka, 1986, 2000). Расстояние только в одну сторону может достигать 1500 миль. Активно нагуливаясь, в апреле-мае значительное количество косяков подростовой молоди и еще незрелой годовалой сайры оказывается у северной границы Субарктической фронтальной области и за ее пределами в наиболее богатых планктоном холодных субарктических водах, где происходит более интенсивный нагул. Из-за неоднородно-временного окончания икрометания переход сайры в эти воды продолжается в течение всего лета. Дальнейшее перемещение к северу и северо-западу происходит как в вихрях, отрывающихся от фронтальной зоны, так и в результате поиска косяками сайры участков с более богатым содержанием кормового зоопланктона. Так как наибольшие концентрации кормового зоопланктона с июля по октябрь формируются у фронтальных разделов субарктических вод с водами, вытекающими из Охотского моря через проливы Курильских островов, то наиболее интенсивный нагул происходит вдоль всех островов Курильской Гряды. В июле-августе сайровые косяки появляются у берегов Камчатки.

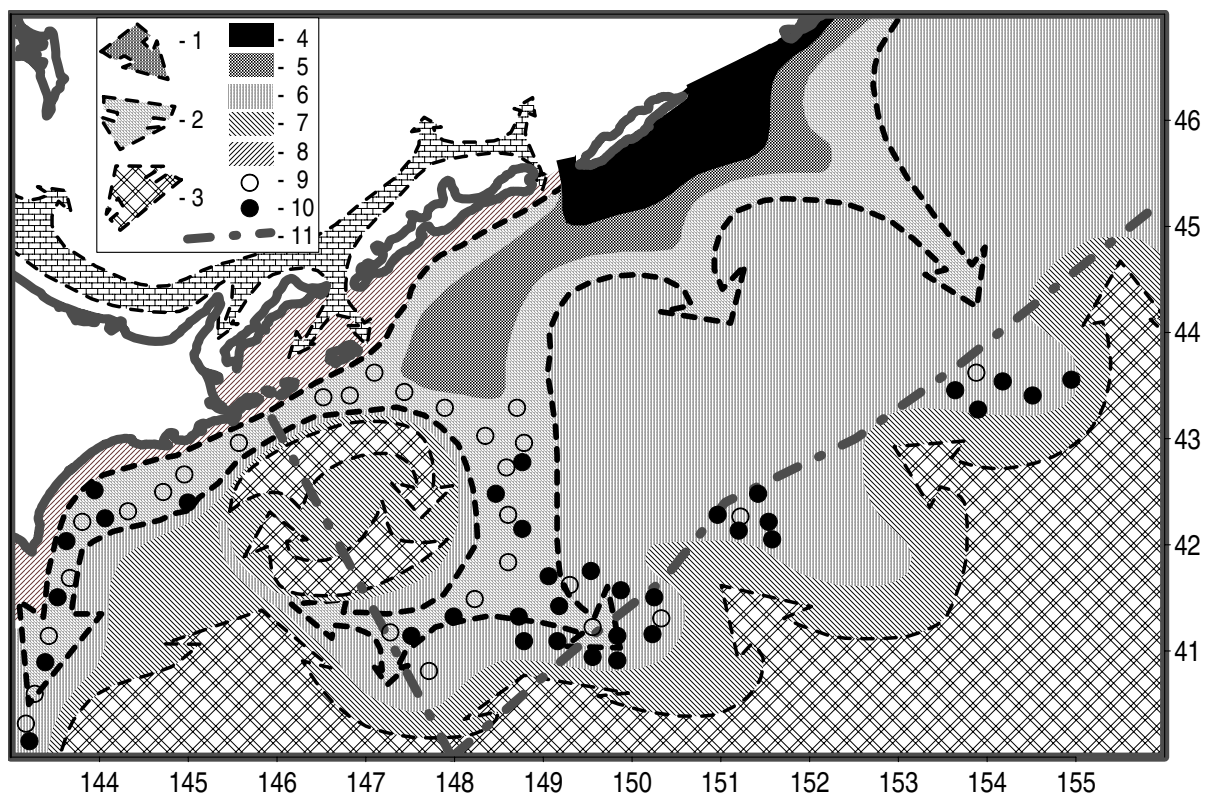


Рис. 1. Схема адвективных потоков тепла и холода в районе южных Курильских островов в октябре 2005 г.: 1- воды течения Соя, 2 - воды ветвей Ойясио и Камчатско-Курильского течения, 3 - субтропические воды, 4 – воды, сформированные в проливах, 5 - воды стрежня Ойясио, 6 - субарктические воды, 7 - трансформированные субтропические воды, 8 - воды прибрежной структуры и взаимодействия Соя-Ойясио, 9 - центры промысловых участков в октябре, 10 - центры промысловых участков в ноябре, 11 – граница экономической зоны России

В отдельные годы сайра в значительных количествах заходит в Берингово море, где достигает Алюторского залива. Значительное количество косяков сайры через северные проливы заходит в Охотское море. В дальнейшем преобладающая их часть оказывается в южной части Охотского моря. В сентябре с усилением течения Ойясио и Камчатско-Курильского течения сайра с их водами смещается в юго-западном направлении. При этом сайровые косяки продолжают нагул. В районе южных Курильских островов к ним присоединяются косяки сайры, нагуливавшиеся в Охотском море. Их выход в тихоокеанские воды осуществляется в основном через проливы Фриза и Екатерины. В дальнейшем косяки, нагуливавшиеся в водах первой ветви Ойясио, смещаются в районы основного нереста популяции тихоокеанской сайры у южной оконечности о. Хонсю, пересекая субарктическую фронтальную область, в то время как остальная часть популяции продолжает нагул у Курильских островов. Как нагульные, так и смещающиеся в районы основного нереста косяки сайры образуют плотные скопления, представляющие промысловый интерес. Первые скапливаются у фронтальных разделов вод Ойясио с водами, формирующимися в проливах и прибрежной зоне Курильских островов (Фронт Ойясио и Прибрежные фронты), у которых отмечаются наибольшие биомассы кормового зоопланктона. Вторые скапливаются у фронтальных разделов вод Ойясио и вод течения Соя, которые выходят из Охотского моря, через пр. Екатерины (Фронт Соя). В процессе нагула часть косяков с вихрями синоптического масштаба, дрейфуя в юго-западном и южном направлении, смещаются к фронтальному разделу вод ветвей Ойясио и субарктических вод (вторичный фронт Ойясио), а также к фронтальному разделу субарктических вод с водами зоны смешения (северный Субарктический фронт). Здесь также формируются скопления промыслового характера. В дальнейшем косяки сайры с вихрями, оторвавшимися от этого фронтального раздела, переходят в воды зоны смешения (Субарктическую фронтальную область).

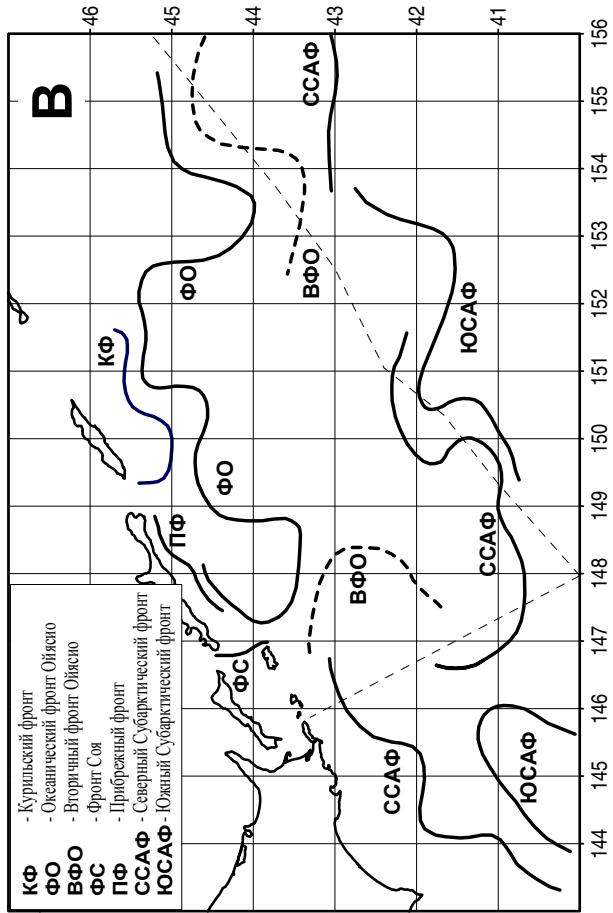
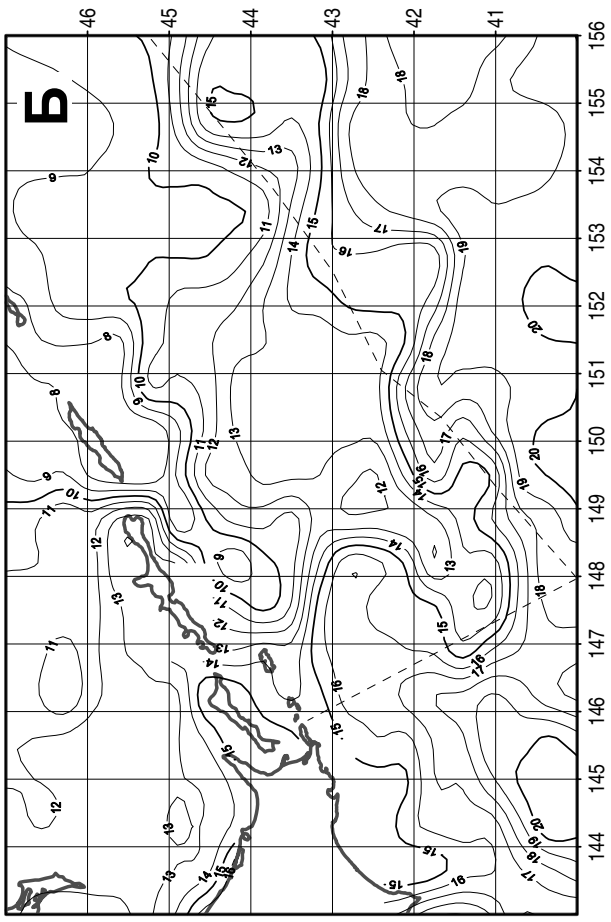
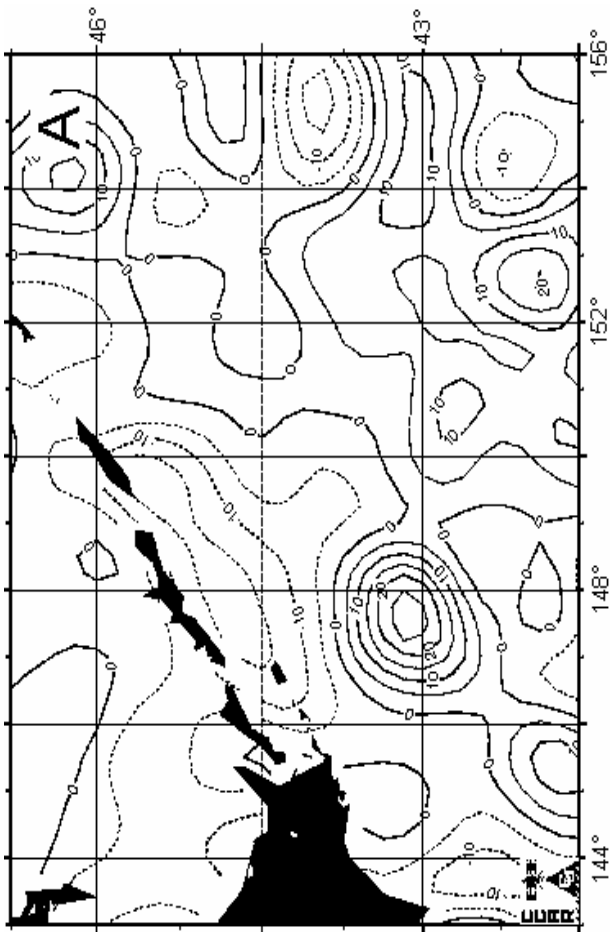


Рис. 2. Положение основных океанологических образований в районе южных Курильских островов во второй декаде октября 2005 г.: А - уровенная поверхность океана по данным спутниковых альтиметрических измерений, Б - распределение поверхностной температуры по данным судовых измерений, В - положение гидрологических фронтальных разделов на поверхности по данным судовых измерений

- КФ - Курильский фронт
- ФО - Океанический фронт Ойясино
- ВФО - Вернадский фронт Ойясино
- ФС - Фронт Соя
- ПФ - Прилобский фронт
- ССАФ - Северный Субарктический фронт
- ЮСАФ - Южный Субарктический фронт

Наиболее устойчивые скопления в водах течения Ойясио и его ветвях отмечаются со второй половины августа до середины декабря. В этот период косяки наиболее доступны для промышленного лова, который ведут Япония, Россия, Республика Корея и Республика Китай (Тайвань) (рис. 3). В последние годы после некоторого ослабления интенсивности сайрового промысла, произошедшего во второй половине 1990-х гг., наметился рост объемов вылова сайры всеми странами, в результате чего общий вылов в 2007 г. превысил 500 тыс. т. При этом объем российского вылова достиг 110 тыс. т, превысив рекордное значение, достигнутое в 2005 г. Такой рост объемов российского вылова произошел за счет роста эффективности промысла, которая в период с 2001 по 2007 гг. составила 28,5 т на судосутки лова и 18,7 т на судосутки промысла, превысив в 3 раза значения, достигнутые в период интенсивного развития отечественного сайрового промысла (1987-1995 гг.), характеризовавшегося освоением океанических районов, расположенных на удалении до 350 миль от берегов Курильских островов. По сравнению с этим периодом в последние годы не отмечено существенных изменений численности, размерно-возрастного состава, условий нагула, а также каких-либо принципиальных отличий в поведении косяков и характере их перемещений.

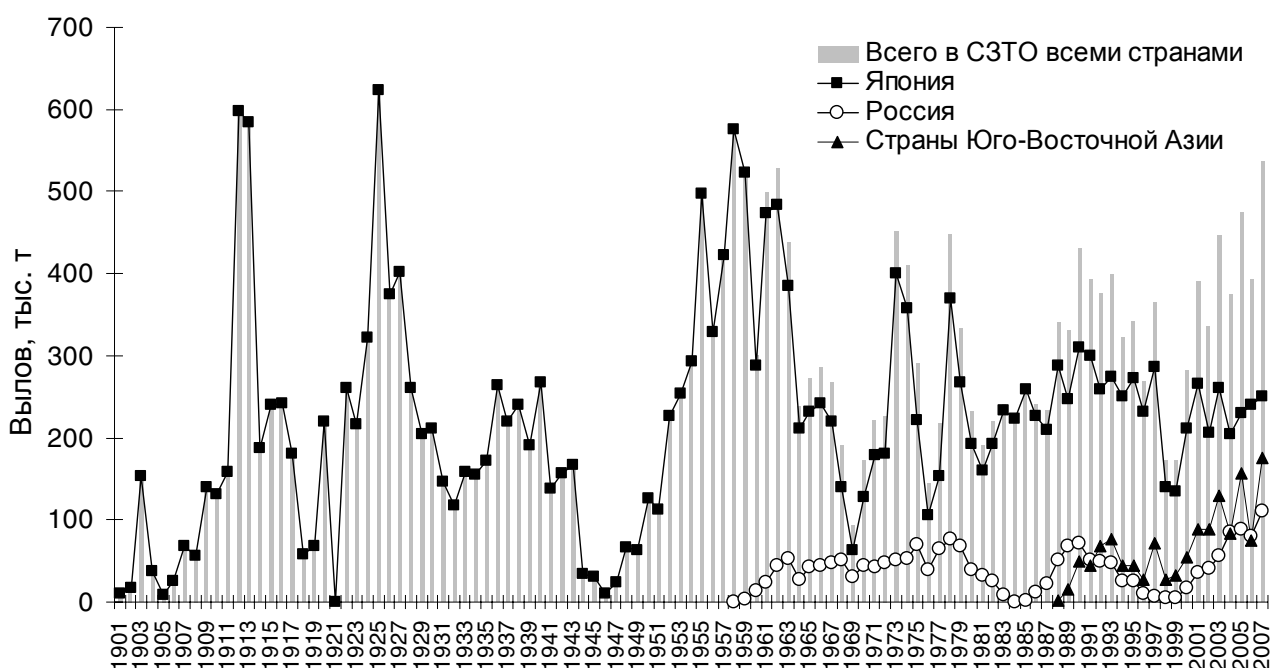


Рис. 3. Динамика вылова тихоокеанской сайры в северо-западной части Тихого океана

Многолетняя практика осуществления научного обеспечения сайровой путины, мониторинг фоновых условий и анализ особенностей распределения скоплений и результатов промысловой деятельности российских и иностранных судов позволили выявить основные причины, которые привели к такому результату. Главной особенностью гидрологической ситуации, определяющей характер сайрового промысла первого этапа, который ведется в зоне первой ветви Ойясио и в водах, прилегающих к южным Курильским островам, является наличие теплого антициклонического вихря и его удаленность от берегов Малой Курильской Гряды. Наличие вихря отклоняет часть вод первой ветви Ойясио к югу, формируя вторую ветвь. Его приближенность к берегам уменьшает площадь, занимаемую водами первой ветви, что ограничивает пространство для сайровых косяков, ведущих нагул в ее водах, и замедляет смещение их из вод российской экономической зоны в японскую (см. рис. 1, 2). Такая ситуация благоприятствует формированию плотных и устойчивых скоплений, что положительно сказывается на промысловых результатах с середины августа по середину октября, в течение которого берется около половины общего годового вылова. В период с 2004 по 2007 г. наличие вихря способствовало высокоэффективному промыслу в первую половину путины, особенно заметную в сентябре (см. таблицу). В течение второго этапа отечественный

флот ведет промысел в удалении от берегов в зоне второй и третьей ветвей Ойясио. В этот период промысел зависит от погодных условий и своевременного обнаружения скоплений на большом пространстве. При этом решающим фактором является качество и полнота научного обеспечения, которое включает организацию поисковых работ в удаленных районах и ежедневное информационное сопровождение отечественной сайровой флотилии. С 2001 г. научное обеспечение сайрового промысла ведется в полном масштабе, что почти полностью исключило непроизводительные затраты флота на поиски скоплений. Вдобавок настойчивые рекомендации специалистов ФГУП «ТИНРО-центра», осуществляющих научное обеспечение, вести промысел в удаленных океанических районах в ноябре-декабре и организацией ими поисково-промысловой деятельности объединенной российской флотилии, позволили увеличить продолжительность работы добывающих судов, а вместе с ним и существенно увеличить объем вылова. В некоторые предшествующие годы (1988, 1989, 1991 и 1994) также отмечались сходные фоновые условия, благоприятствующие промыслу сайры. Однако ограниченность или отсутствие полномасштабного научного обеспечения, располагающего данными современного спутникового зондирования океана, возможностями компьютерной обработки и визуализации данных, а также оперативной их передачи на суда, не позволяли в те годы достигнуть такой эффективности лова. Объем вылова в большей мере зависел от численности флота (рис. 4).



Рис. 4. Динамика российского вылова тихоокеанской сайры

Среднесуточный вылов (судосутки лова, т) российских судов на промысле сайры

Месяц	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Август	5,3	6,6	5,9	5,2	10,3	7,4	3,7	10,5	5,4	11,4	7,2	1,6	20,1	18,7	12,5	7,3	26,0
Сентябрь	10,2	8,0	12,5	17,3	14,9	10,7	15,2	8,6	14,9	13,7	24,4	9,3	26,4	35,4	36,3	43,3	36,9
Октябрь	11,8	16,1	20,8	14,9	19,8	5,0	10,6	1,2	9,2	17,2	16,6	21,5	25,5	47,6	48,8	23,7	37,3
Ноябрь	8,9	7,7	11,3	6,4	23,9					6,4	20,9	31,6	34,8	52,0	61,4	26,2	31,3
Декабрь	3,6												45,4		63,2	20,5	36,8

Определенную роль в повышении эффективности лова в последние годы сыграла модернизация судов как в части роста скорости выборки улова и увеличения объемов его раз-

мещения в трюмах после облова косяка, так и в применении усовершенствованных орудий лова и поиска косяков. В 2007 г. более 60 % добывающих судов были оснащены новой ловушкой с гибкой сигарой, не имеющей аналогов в мировой практике сайрового промысла. Вдобавок в последние три года возросло количество судов, оснащенных датчиками непрерывного измерения и визуализации температурных данных. Вместе с компьютерной обработкой и визуализацией данных итогов промысловой деятельности капитаны добывающих судов получают возможность адекватного сопоставления результатов своей деятельности с действиями всех судов сайровой экспедиции, оперативно менять тактику ведения поиска и облова косяков. В то же время на многих судах установлены устаревшие средства акустического поиска и недостаточно мощное световое вооружение, что снижает их возможности в получении высоких промысловых результатов.

Таким образом, существенное увеличение эффективности лова и достижение рекордных промысловых результатов отечественным флотом на промысле сайры в 2000-е гг. произошло в результате воздействия совокупности факторов - благоприятных океанологических условий, обеспечивших высокие результаты в первую половину путины, полномасштабного научного обеспечения, почти полностью исключившего непроизводительные затраты флота на поиски скоплений и обеспечившего стабильный промысел в удаленных океанических районах, а также технической модернизации судов, позволивших ускорить процесс обнаружения, облова и выборки улова.

ЛИТЕРАТУРА

Новиков Ю.В. Основные черты биологии и состояние запасов тихоокеанской сайры // Изв. ТИНРО. – 1967. – Т. 56. – С. 3-50.

Филатов В.Н. Состояние и перспективы промысла тихоокеанской сайры в 2000-х гг. // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 149. – С. 173-190.

Kosaka S. Relation of the migration of Pacific sauries to oceanic fronts in the North-West Pacific Ocean. – I.N.P.F.C.: // Bull. 1986. - № 47. – P. 229-247.

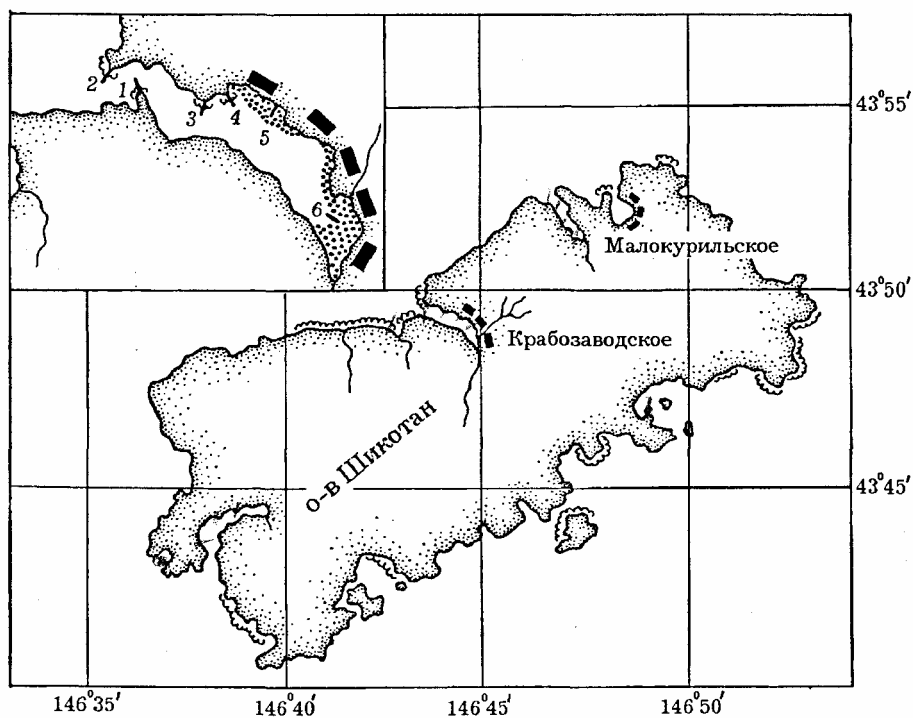
Kosaka S. Life history of Pacific saury *Cololabis saira* and consideration of resource fluctuation based on it // Bull. Tohoku Nat. Fish. Res. Inst. – 2000. - № 63. – 96 p.

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОБЕНТОСА НА ЛИТОРАЛИ БУХТЫ КРАБОВОЙ ОСТРОВА ШИКОТАН (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

А.П. Цурпало

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Остров Шикотан – самый большой остров малой Курильской гряды. Его береговая линия очень сильно изрезана. Бухта Крабовая находится на северо-западном берегу острова и вдается в него примерно на 3 км (карта).



Карта. Остров Шикотан и б. Крабовая. 1–6 – участки гидробиологических разрезов, проведенных в 1997 г.

Узкое горло постепенно расширяется в средней части бухты. В бухте встречаются различные типы литорали. У входных мысов (разрезы 1 и 2) берега скалистые с многочисленными ваннами и расселинами. После землетрясения 1994 г., когда остров на 0,5 м погрузился в океан, на скалистой платформе (разрез 2) образовался глыбовый навал (Кусакин и др., 1999), также глыбовый навал образовался на песке в средней части бухты (разрез 5). Скалисто-каменистые платформы расположены в средней части (разрезы 3 и 4) и сменяются илисто-песчаным пляжем в кутовой части бухты (разрез 6).

Материалом для работы послужили сборы литоральной экспедиции, проведенной сотрудниками Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН на о. Шикотан в 1997 г. Сбор материала проводили по ставшей уже традиционной методике хронологических исследований на литорали (Кусакин и др., 1974; Гульбин и др., 1987; и др.). Всего на литорали выполнено 6 гидробиологических разрезов, собрано 62 количественных и 13 качественных проб макробентоса.

На литорали бухты Крабовой нами выделено 21 сообщество макробентоса: 2 в верхнем горизонте литорали, 13 – в среднем, 6 – в нижнем. Некоторые из сообществ имеют поясное распределение.

Население верхнего горизонта литорали однообразно. Здесь выделяются два сообщества: *Littorina sitkana* и *Chthamalus dalli*. Растения для этих сообществ не характерны. На глыбах у мыса Северный Входной (разрез 2) биомасса *L. sitkana* достигает максимального значения (6586,0 г/м²), из животных здесь встречен только брюхоногий моллюск *Nucella heyseana*. В средней и кутовой части бухты биомасса литорины достигает 2030 г/м² и составляет 100 % от суммарной биомассы макробентоса. Сообщество *Ch. dalli* распространено на ска-

лах, валунах и глыбах на всех исследованных мысах, кроме кутовой части бухты. На долю доминирующего вида приходится не менее 97 % от суммарной биомассы макробентоса (1295,0 г/м²). Часто хтамалусу сопутствует литорина, биомасса которой составляет до 1/3 от суммарной биомассы макробентоса. У мыса Южного Входного (разрез 1), где биомасса хтамалуса незначительна - 564 г/м² (53,3 % от суммарной), субдоминантным видом является *N. heyseana* (36,8 %).

Средний горизонт литорали занимает пояс *Fucus evanescens*. На глыбах среди песка в средней части бухты (разрез 5) биомасса фукуса достигает 20 кг/м². На доминирующий вид приходится 97% общей биомассы. Из животных в сообществе по биомассе преобладают моллюски *N. heyseana*, *L. sitkana*, *Buccinum percrassum*, *Lottia pelta*, а в кутовой части бухты – равноногий рачок *Gnorimosphaeroma noblei*.

В верхней части среднего горизонта литорали встречается сообщество *Analipus japonicus*. Максимальная биомасса аналипуса в сообществе достигает 2405 г/м² на разрезе 1 (88 % от суммарной в сообществе), а минимальная - 540 г/м² на разрезе 4 (94 % от суммарной). В сообществе среди водорослей преобладают *Ulva fenestrata*, *Halosaccion hydrophorum*, *F. evanescens*, *Porphyra* sp. и др. Массовыми видами животных являются гастроподы *L. sitkana*, *Falsicingula kurilensis*, равноногий *Idotea ochotensis*, усоногий *Ch. dalli* и разноногие раки.

Кроме этого, в верхней части среднего горизонта литорали часто встречается довольно бедное по видовому составу сообщество *Porphyra* sp. Биомасса доминантного вида составляет 97,7 % (разрез 4) от общей биомассы макробентоса (1051,0 г/м²). Так же как и в сообществе *A. japonicus* здесь среди животных преобладают *L. sitkana* и *F. kurilensis*. Часто встречаются гастропода *Nucella heyseana* и равноногий рак *Idotea ochotensis*.

Сообщество зеленой водоросли *Ulva fenestrata* встречено почти на всех исследованных (кроме 6) разрезах. Биомасса доминантного вида достигает 98 % от суммарной биомассы макробентоса (708,0 г/м²) на 2 разрезе и 68 % при максимальной биомассе (1445,6 г/м²) на 5 разрезе. Нужно отметить, что состав сообщества более разнообразен в средней части бухты, чем на входных мысах. В сообществе из водорослей преобладают *Monostroma grevillei*, *Kjellmaniella gyrata*, много проростков *Laminaria* sp. Массовыми видами животных являются гастроподы *N. heyseana*, *L. sitkana*, *Epheria turrita*, *F. kurilensis*, изопода *I. ochotensis*.

В сообществе *Corallina pilulifera* среди животных многочисленны гастроподы *F. kurilensis*, *L. sitkana*, *Margarites pilsbryi*, *Lottia pelta* и полихета *Nereis ochotica*. На доминирующий вид приходится от 73,2 (разрез 3) до 97,1 % (разрез 1) от суммарной биомассы (418,0 г/м²).

В среднем горизонте ближе к входным мысам часто встречается сообщество *Halosaccion hydrophorum*. Суммарная биомасса сообщества довольно велика (2921,0 г/м²). Наиболее массовыми видами являются гастроподы *F. kurilensis*, *L. sitkana*, амфиподы.

Особенностью литорали в средней части бухты (разрез 5) является формирование сообщества мшанок с разнообразным населением (водоросли: *H. hydrophorum*, *Porphyra* sp., *U. fenestrata*, животные: *Cliamenella fraudatrix*, *I. ochotensis*, *Margarites pilsbryi*). Суммарная биомасса сообщества при этом составляет 372,0 г/м².

В нижней части среднего горизонта литорали на глыбах среди песка (разрез 5) отмечено сообщество *Mazzaella cornucopiae* + *Kjellmaniella gyrata* с суммарной биомассой сообщества 3939,6 г/м² (биомасса водорослей составляет соответственно 50,4 % и 46,3 % от суммарной) и *Palmaria stenogona* + *Ulva fenestrata* с суммарной биомассой сообщества 1591,0 г/м² (соответственно, 29,2 % и 28,6 % от суммарной). В последнем сообществе 40,7 % биомассы приходится на *Spirorbis* sp., которым обрастает пальмария. Здесь присутствуют *L. sitkana*, *F. kurilensis*, *I. ochotensis*, *Cliamenella fraudatrix*, *Chthamalus dalli*.

В сообществе *Neorhodomela larix*, встреченном на входном мысу (разрез 1), субдоминантным видом является *Mastocarpus pacificus*. Суммарная биомасса сообщества составляет 1157 г/м², на долю неородомелы приходится 72 %. Часто встречаются гастропода *L. sitkana* и полихета *Nereis ochotica*.

Сообщество *Pylaiella littoralis* (разрез 2) бедно как по биомассе (185 г/м²), так и по видовому составу (в нем встречаются *Idotea ochotensis* и Amphipoda). На этом же участке отмечено сообщество *Spongomorpha duriuscula* с довольно богатым видовым составом растений и животных (*F. evanescens*, *H. hydrophorum*, *U. fenestrata*, *Ch. dalli*, *L. sitkana*, *Cliamenella fraudatrix*, полихеты, амфиподы и т. д.).

Одним из наиболее богатых по видовому составу сообществ нижней части среднего горизонта литорали является сообщество *Phyllospadix iwatensis* (разрез 1) с довольно значительной суммарной биомассой макробентоса (7746,0 г/м²). Макробентос (всего здесь обнаружено 22 вида) представлен декаподами *Telmessus cheiragonus*, *Pagurus middendorffii*, двустворчатым моллюском *Protothaca euglypta*, сипункулидой *Phascolosoma japonicum*, асцидиями, мшанками, актиниями. В сплетениях корневищ филоспадикса много полихет: *Naineris jacutica*, *Chone teres*, *Nereis vexillosa* и др.

Для нижнего горизонта литорали характерны сообщества бурых водорослей с довольно богатым составом животных и растений. На входных мысах (разрезы 1 и 2) в нижнем горизонте литорали встречено сообщество *Alaria angusta*. Видовой состав его довольно богат. Суммарная биомасса макробентоса в этом сообществе на первом разрезе составляет 13579 г/м², на втором – 9214 г/м². На первом участке население животных более разнообразно, чем на втором. Здесь встречаются гастроподы *Lacuna minor*, *N. heyseana*, колониальные асцидии, мшанки, раки-отшельники.

Суммарная биомасса сообщества *Laminaria japonica* составляет 12577,2 г/м² на 2 участке и 33128,4 г/м² на 3 участке, причем более 99 % биомассы приходится на доминантный вид. Состав сообществ варьирует: у Входного мыса в сообществе преобладают гастроподы *F. kurilensis*, *Nucella heyseana*, *Lottia pelta*, а в средней части бухты – полихеты *Nereis ochotica*, *N. vexillosa*, *Harmothoe imbricata*.

Монодоминантное сообщество *Kjellmaniella gyrata* с суммарной биомассой 24135,2 г/м² отмечено на глыбах среди песка (разрез 5). Биомасса сопутствующих видов животных составляет менее 1 % от суммарной в сообществе, однако видовой состав разнообразен: гастроподы *F. kurilensis*, *L. sitkana*, *Margarites pilsbryi*, *Epheria turrata*, амфиподы, полихеты, двустворчатый моллюск *Turtonia minuta*.

Кроме того, на входных мысах отмечены сообщества *Chordaria flagelliformis* (разрез 1) и *Rhodoglossum japonicum* (разрез 2) с довольно богатым составом растений: *H. hydrophorum*, *Monostroma grevillei*, *Palmaria stenogona*, *Corallina pilulifera*, *Porphyra* sp. и животных: *N. heyseana*, *Buccinum percrassum*, *L. pelta*, *Lacuna minor*, *F. kurilensis*, *Idotea ochotensis*, *Halicystus* sp., *Cliamenella fraudatrix*, *Pagurus middendorffii*. Суммарная биомасса сообщества хордарии составляет 2662,4 г/м², родоглосума – 3159,2 г/м².

Сообщество морской травы *Zostera marina* отмечено на мелком песке (разрез 5) и илистом песке (разрез 6). Суммарная биомасса сообщества на разрезе 5 составляет 10436,2 г/м², а на разрезе 6 – 2611,6 г/м². На листьях зостеры встречены амфиподы, изопода *Idotea ochotensis*, гастроподы *L. sitkana*, *E. turrata*, а среди корневищ – разнообразные полихеты *Neobocardia perata*, *Anaitides groenlandica*, *Capitella capitata*, *Neanthes japonica*, *Mediomastus californiensis*, *Nereis vexillosa*, *Eteone longa* и др.

На литорали бухты Крабовой о-ва Шикотан обнаружено 35 видов растений и более 100 видов животных. Вертикальное распределение литоральных сообществ характерно для низкорееальной литорали с хорошо выраженными приливами (Кусакин, 1977; Кусакин и др., 1974). Для верхнего горизонта скалистой, скалисто-глыбовой и илисто-песчаной литорали характерны бедно населенные, почти лишенные растительности сообщества *Chthamalus dalli* и *Littorina sitkana*, имеющие поясное распределение. В среднем горизонте простирается поясобразующее сообщество *Fucus evanescens*. Верхнюю часть среднего горизонта, зачастую образуя пояса, занимают сообщества *Analipus japonicus*, *Porphyra* sp., *Ulva fenestrata*, ниже, отдельными поселениями, – сообщества *Halosaccion hydrophorum*, *Corallina pilulifera*. В нижней части среднего горизонта литорали среди почти сплошных зарослей фукуса пятнами распространены разнообразные по составу населения сообщества других водорослей: *Spon-*

gomorpha duriuscula, *Pylaiella littoralis*, *Neorhodomela larix*, *Palmaria stenogona*, *Mazzaella cornucopiae*. В нижнем горизонте литорали на скалах развиваются густые заросли ламинариевых водорослей, главным образом сообщества *Alaria angusta*, *Kjellmaniella gyrata* и *Laminaria japonica*. На входных мысах отмечены сообщества *Chordaria* sp. и *Rhodoglossum japonicum*, а ближе к вершине бухты на песчаном и илисто-песчаном грунте – сообщество *Zostera marina*.

Выделенный нами условно «градиент биоразнообразия» (Ivanova, Tsurpalo, 2007) хорошо прослеживается на примере распределения макробентоса на литорали бухты Крабовой: число видов макробентоса закономерно увеличивается от вершины бухты по направлению к открытым берегам. Так, в кутовой части (разрез 6) отмечено 18 видов макробентоса, в средней части бухты (разрез 3) – 38 и на одном из входных мысов (разрез 1) – 82. По составу и характеру распределения сообществ литораль бухты Крабовой имеет много общих черт с литоралью соседнего о. Кунашир. Наибольшее сходство наблюдается между северо-западным берегом о. Шикотан и восточным побережьем о. Кунашир. Как и на литорали о. Кунашир, в бухте Крабовой нами выделено сообщество *Chordaria flagelliformis*. В малоприбойных участках шикотанской литорали довольно обильно представлено поясообразующее сообщество *Fucus evanescens*, тогда как в сходных участках кунаширской литорали сообщество фукуса обычно не образует отдельного пояса. В наших сборах из бухты Крабовой не обнаружена бурая водоросль *Silvetia babingtonii*, в то время как на литорали о-ва Кунашир она была довольно хорошо представлена. Характерная для прибойной шикотанской литорали красная водоросль *Porphyra* sp. на литорали о. Кунашир встречается очень редко.

ЛИТЕРАТУРА

Гульбин В.В., Иванова М.Б., Кепель А.А. Поясообразующие группировки островной литорали Дальневосточного государственного морского заповедника // Исследования литорали Дальневосточного морского заповедника и сопредельных районов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 83-111.

Кусакин О.Г. Литоральные сообщества // Биол. океана. – М.: Наука, 1977. – Т. 2. Биологическая продуктивность океана. – С. 111-132.

Кусакин О.Г., Кудряшов В.Л., Тараканова Т.Ф., Шорников Е.И. Поясообразующие флорофаунистические группировки литорали Курильских островов // Растительный и животный мир литорали Курильских островов. – Новосибирск: Наука, 1974. – С. 5-75.

Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. Восстановление сообществ скалистой литорали после опускания берега в результате землетрясения // ДАН. – 1999. – Т. 366, № 6. – С. 846-848.

Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. On the bionomic typology of the intertidal zone as illustrated by the intertidal biota of Shikotan Island (Kuril Islands) // Biodiversity of the marginal seas of the Northwestern Pacific Ocean: Proceedings of the workshop, Institute of Oceanology CAS, Qingdao, China, November 21-23, 2007. – Qingdao. – 2007. – P. 12-15.

О ФОРМИРОВАНИИ ЗАПАСА АЯНО-ШАНТАРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ КАМЧАТСКОГО КРАБА

И.С. Черниенко

Хабаровский филиал ТИНРО-центра, г. Хабаровск, chis75@mail.ru

В настоящее время прогнозирование запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба осуществляется путем переноса оценки запаса выполненной в «текущем» году на два года вперед. Очевидно, что такой способ не может считаться достаточно надежным. Вместе с тем приходится использовать этот метод, поскольку возрастная структура аяно-шантарской популяции камчатского краба до сих пор остается неизученной, поэтому применение каких-либо моделей динамики численности популяции здесь невозможно. Тем не менее, имеется обширный материал по размерному составу этой популяции, пространственному количественному распределению, первые результаты дало мечение постоянными метками, которое проводится с начала 2000-х гг. Все это позволяет конкретизировать некоторые представления о процессах, происходящих в популяции краба.

Ранее уже указывалось на аналогии, существующие между популяциями аяно-шантарского и западно-камчатского районов (Родин, 1985). Так, было установлено, что размеры крабов увеличиваются по мере продвижения против господствующего течения (у аяно-шантарской с юга на север). В этом же направлении наблюдается поступательное падение численности самцов (Родин, Мясоедов, 1982; Переводчиков, 2004). Эти явления, очевидно, связаны с переносом личинок северо-охотоморским течением на юг и миграцией крабов в направлении противоположном переносу личинок. В настоящей работе сделана попытка использовать эту аналогию при анализе механизма формирования запаса.

Размерные ряды по ширине карапакса были разделены на 4 категории: молодь (до 110 мм), пререкрутов 2 (110-120 мм), пререкрутов 1 (120-130 мм) и промысловых самцов (130 мм и более). Далее при анализе размерно-пространственной структуры аяно-шантарской популяции камчатского краба были сделаны следующие допущения:

1. Крабы образуют несколько локальных скоплений, устойчивых в пространстве и времени. Подобное допущение выполнено по аналогии с пространственной структурой западно-камчатской популяции камчатского краба. Кроме того, на существование подобных скоплений указывалось ранее и для аяно-шантарской популяции (Родин, Мясоедов, 1982).

2. Прирост за линьку по ширине карапакса составляет примерно 10 мм. Такая картина наблюдается повсеместно, кроме того, это позволяют утверждать результаты мечения.

3. Пополнение происходит ежегодно, т.е., по крайней мере, до достижения промыслового размера самцы линяют ежегодно. Аяно-шантарская популяция камчатского краба является более тугорослой по сравнению с другими популяциями камчатского краба. Однако здесь мы проводим аналогию с группировкой краба из самого сурового по условиям хайрюзовского района. Указывалось, что мелкоразмерные самцы здесь линяют ежегодно, для самцов размерами 120-130 мм вероятность линьки составляет приблизительно 85 %.

4. Промысловый сезон крабы проводят на одном скоплении. Зимой часть крабов перемещается на соседнее, более северное скопление, часть остается в прежнем скоплении (Переводчиков, 2001).

5. В процессе работы обнаружилась нехватка, либо некорректность имеющихся данных, поэтому представленная работа основана, главным образом, на анализе пространственно-временной динамики долей категорий. При этом допускается, что доля категории отражает ее численность. Анализ динамики уловов на усилии в 3 квартале приводится ниже, в качестве иллюстрации.

В процессе обработки данных по пространственному распределению запаса за 1979-2007 гг. (рис. 2) было выделено 9 участков, на которых относительно стабильно наблюдались уловы камчатского краба, которые, по всей видимости, привязаны к грунтам и кормовой базе. Эти скопления мы назвали поселениями (Буяновский, 2004) и дальнейший анализ привязали к ним. Поселения были поименованы по местоположению (рис. 2, таб. 1). Была рас-

смотрена динамика размерного состава на этих поселениях в различные годы. Выяснилось, что на каждом наблюдается характерный для него размерный состав. Визуально наблюдается перемещение пиков из года в год от поселения к поселению. В качестве иллюстрации к интерпретации этого явления, изложенного в допущении 4, приведем схему перемещения краба, отловленного в 2007 г (рис. 1).

Помеченный краб переместился с поселения «Юго-запад» на «Северо-Восток 1» и за это время перешел из категории пререкрут 2 в промысловые самцы.

Таблица 1

Поселения самцов камчатского краба в аяно-шантарском районе и их сокращенные названия

Поселение	Сокращенное название
Большой Шантар	БШ
Юго-запад	ЮЗ
Юг	Ю
Север	С
Северо-восток 1	СВ1
Северо-восток 2	СВ2
Северо-восток 3	СВ3
Иня восток	ИВ
Иня запад	ИЗ

В 2005 г. наблюдалось максимальная доля пререкрутов 2 на поселении «Юго-запад», а в 2007 повышение (до максимальной) доли промысловых самцов на поселении «Северо-Восток 1». Повышение доли пререкрутов 1, когда отловленный краб, очевидно, перелинял в первый раз и перешел в эту когорту, наблюдались в 2006 г. на поселении «Юг» и отчасти на «Север» (хотя, повышение доли промысловых самцов здесь менее выражено).

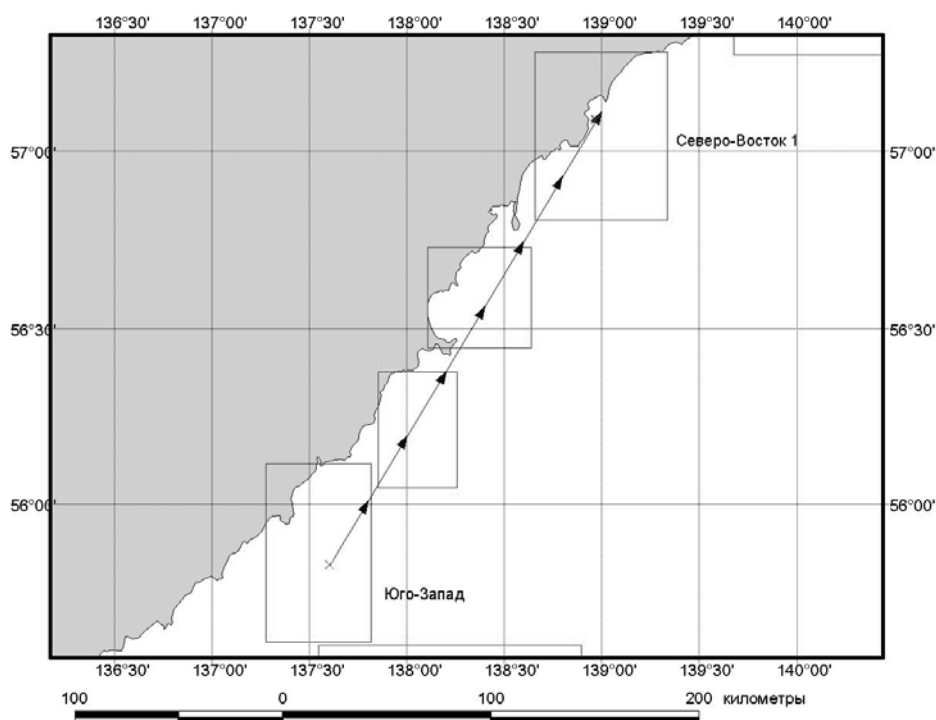


Рис. 1. Перемещение камчатского краба, помеченного 26.08.2005 при ширине карапакса 115,7 мм, отловленного 30.07.2007 при ширине карапакса 135 мм

Для проверки выдвинутой гипотезы были рассчитаны коэффициенты корреляции Пирсона и ранговой корреляции Спирмена между долями последовательных категорий на одних и тех же поселениях также со сдвигом в год, а также между последовательными категориями на соседних поселениях со сдвигом в год. Коэффициенты корреляции были рассчитаны для

всей совокупности за исключением поселений в районе устья р. Иня (где закономерностей в динамике размерного состава не наблюдается), а также по поселениям. Коэффициент корреляции Пирсона для всей совокупности по поселениям составил 0,5, Спирмена – 0,56, между поселениями, соответственно, 0,52 и 0,61. Коэффициенты корреляции, рассчитанные по поселениям и ранжированные по шкале Чеддока, представлены ниже в таблицах 2-3. Практически во всех случаях выявлена довольно высокая корреляция. Более того, при рассмотрении тенденции между последовательными поселениями видно уменьшение степени связи с юга на север, и, наоборот, при рассмотрении связи в долях категорий на одном и том же поселении виден рост корреляции по мере продвижения с юга на север. Окончательных выводов из этого делать пока не следует, поскольку анализ следует считать предварительным. Тем не менее, можно утверждать наличие связи между рассматриваемыми факторами и запасом. Полученные результаты позволяют надеяться на принципиальную возможность выявления взаимосвязей в пространственно-временной динамике размерного состава аяно-шантарской популяции камчатского краба путем регрессионного анализа и прогнозирования состояния запаса на этой основе.

Таблица 2

Корреляция между когортами в последовательные годы на поселениях

Поселение	r	p	Чеддок	ρ	p	Чеддок
БШ	0,59	0,04	заметная	0,64	0,03	заметная
ЮЗ	0,47	0,08	умеренная	0,39	0,15	умеренная
Ю	0,7	0	высокая	0,76	0	высокая
С	0,42	0,02	умеренная	0,47	0,01	умеренная
СВ1	0,78	0	высокая	0,84	0	высокая
СВ2	0,94	0,01	весьма высокая	0,77	0,07	высокая
ИЗ	0,01	0,97	слабая	0,14	0,73	слабая
ИВ	-0,05	0,91	слабая	-0,2	0,61	слабая

Таблица 3

Корреляция между когортами в последовательные годы на соседних поселениях

Поселение	r	p	Чеддок	ρ	p	Чеддок
БШ/ЮЗ	0,59	0	заметная	0,71	0	высокая
ЮЗ/Ю	0,6	0	заметная	0,69	0	заметная
Ю/С	0,51	0	заметная	0,6	0	заметная
С/СВ1	0,45	0,15	умеренная	0,41	0,19	умеренная
СВ1/СВ2	0,93	0,01	весьма высокая	0,99	0	весьма высокая

В качестве иллюстрации к вышесказанному приведем регрессионный анализ зависимости доли промысловых самцов на поселении «Север» от рекрутов на нем в предыдущий год и рекрутов на поселении «Юг» в предыдущий год, а также анализ зависимости улова промысловых самцов на одну ловушку на поселении «Север» от улова на ловушку рекрутов на поселении «Юг».

Частный корреляционный анализ зависимости доли промысловых самцов от рекрутов на поселении «Север» и «Юг» показал, что доля промысловых самцов на скоплении «Север» значимо зависит от доли рекрутов на поселении «Юг», коэффициент частной корреляции между долей пререкрутов 1 на скоплении «Север» и долей промысловых самцов на этом скоплении в последующий год незначим. Поэтому была построена регрессионная зависимость вида $y = a \cdot x + b$ между рекрутами на «Юге» и промысловыми на «Севере» через год. Кроме того, была построена регрессия удельных уловов промысловых самцов на скоплении «Север» на удельные уловы рекрутов на поселении «Юг» в предыдущий год. Несмотря на недостаток данных, получены достаточно высокие и значимые коэффициенты корреляции и детерминации (табл. 4).

По полученному уравнению были «восстановлены» удельные уловы промысловых самцов камчатского краба в те годы, когда данные по третьему кварталу отсутствовали (рис. 4).

Параметры регрессий долей пререкрутов 1 на доли промысловых самцов и удельных уловов пререкрутов 1 на удельные уловы промысловых самцов

Регрессия	a	b	r	R^2	p
Доля рекрутов на поселении «Юг» год i / Доля промысловых самцов на поселении «Север» в год $i+1$	$1,29 \pm 0,49$	$-0,07 \pm 0,1$	0,68	0,46	0,03
Удельный улов рекрутов на поселении «Юг» год i / Удельный улов промысловых самцов на поселении «Север» в год $i+1$	$0,29 \pm 0,05$	$0,44 \pm 0,7$	0,97	0,93	0,03

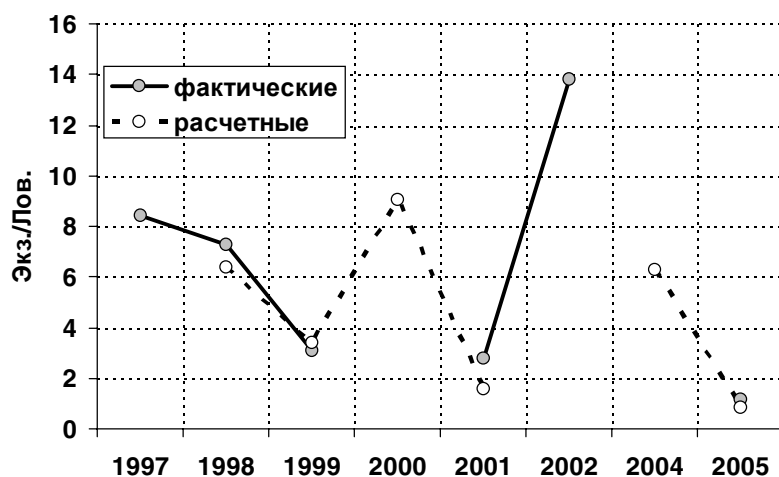


Рис. 4. Фактические и расчетные значения удельных уловов промысловых самцов камчатского краба

Рассмотренные зависимости позволяют надеяться на возможность прогнозирования состояния запаса на ближайшую перспективу. Из всего вышесказанного можно сделать осторожное предположение, что в 2008 г. доля промысловых самцов в уловах (и, видимо, запас) повысится или останется примерно на уровне 2007 г., а в 2009 г. будет наблюдаться некоторое снижение запаса.

ЛИТЕРАТУРА

- Буяновский А.И.** Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двусторчатых моллюсков, морских ежей и десятиногих ракообразных. – М.: ВНИРО, 2004.
- Переводчиков В.А.** Миграции камчатского краба *Paralithodes camtchatica* в аяно-шантарском районе Охотского моря // Изв. ТИНРО. – Владивосток, 2001. – Т. 128, ч. 2. – С. 663-665.
- Переводчиков В.А.** Аяно-шантарская популяция камчатского краба *Paralithodes camtchatica* (Tilesius) // Сб. науч. тр. Хабаровского отделения ТИНРО. – Хабаровск, 2004.
- Родин В.Е., Мясоедов В.И.** Биологическая характеристика популяции камчатского краба *Paralithodes camtchatica* (Tilesius) в северо-западной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 1982. – Т. 106. – С. 3-10.
- Родин В.Е.** Пространственная и функциональная структура популяций камчатского краба // Изв. ТИНРО. – 1985. – Т. 110. – С. 86-97.

ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ВЕРХОГЛЯДА *CHANODICHTHYS ERYTHROPTERUS* BAS. ОЗ. ХАНКА

М.Е. Шаповалов

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, barabanshchikov@tinro.ru

Верхогляд – представитель подсемейства уклееподобных, представители которого играют важную роль в ихтиоцене бассейна Амура. Однако особенности размножения этого вида в оз. Ханка ранее специально не рассматривались. Целью настоящей работы явилось описание экологии размножения верхогляда с учетом современных представлений о возрастной структуре популяции этого вида в оз. Ханка (Шаповалов и др., 2004). В задачи этой работы входили изучение особенностей формирования плодовитости и динамика биологических характеристик половозрелой части популяции в период нереста.

Материалом для работы послужили данные о плодовитости верхогляда оз. Ханка, собранные автором в период нереста в 1997–2007 гг., а также архивные материалы ТИНРО-центра за 1957–1991 гг.

• Оогенез. Верхогляд обладает характерными для уклееподобных особенностями гаметогенеза и строения ооцитов. Согласно исследованиям (Курдяева, 1998), большую часть года гонады верхогляда находятся на II, II – III стадии зрелости. Нижним температурным порогом для возобновления функциональной активности яичников является температура воды около 15 °С. IV и V стадии зрелости яичников, в течение которых осуществляется быстрый рост, а также созревание и овуляция занимают в годовом цикле довольно короткое время (июнь – начало июля). Процессу становления фонда потенциальной плодовитости у верхогляда свойственен асинхронный характер, приводящий к обособлению одной (у мелких самок) или двух (у крупных) групп икринок. При этом «догоняющие» группы ооцитов не реализуются в виде второй и третьей порций и резорбируются, что, по-видимому, является адаптационным механизмом, участвующим в регуляции плодовитости и численности вида (Курдяева, 1998; Семенченко, Переводчикова, 2005).

Таким образом, по характеру нереста верхогляд должен быть отнесен к единовременно нерестящимся видам рыб, но в отличие от типичных представителей данной группы ему свойственен непрерывный асинхронный рост ооцитов, продолжающийся вплоть до начала нереста.

• Созревание. С особенностью развития половых клеток связана разнокачественность в сроках созревания и ранняя половозрелость, отмеченная у самок верхогляда. Известно, что в оз. Ханка верхогляд созревает в возрасте 4+ - 5+ лет при длине 40–50 см (Никольский, 1956; Курдяева, 1998). В то же время анализ размерного состава нерестующей части популяции верхогляда оз. Ханка показал наличие двух размерных групп половозрелых рыб (рис. 1). Половозрелые рыбы длиной до 40 см рассматриваются нами как тугорослая форма верхогляда (по аналогии с тугорослыми формами карася) (Курдяева, 1998; Шаповалов и др., 2004). Эти рыбы созревают в возрасте 3+ лет при длине от 17 см. В среднем они составляют около 25 %.

• Плодовитость. Величина индивидуальной абсолютной плодовитости (ИАП) самок верхогляда колеблется от 10 400 до 694240 икринок. При этом значение ИАП наиболее всего связано длиной рыбы ($y = 0,1512x^{3,3911}$; $R_2 = 0,8862$), в меньшей степени с массой ($y = 26,723x^{1,1172}$; $R_2 = 0,8751$). Надо отметить слабую зависимость ИАП от возраста, т.к. для верхогляда характерна значительная разнокачественность индивидуального роста (Шаповалов, Шелехов, 2006). Плодовитость – видовое приспособление, обеспечивающее существование вида или популяции в определенных условиях среды (Никольский, 1974). Анализ изменений плодовитости верхогляда, по имеющимся у нас данным за 1957–2007 гг., показывает (рис. 2), что величина индивидуальной абсолютной плодовитости (ИАП) рыб из оз. Ханка значительных колебаний не испытывает.

По мнению В.П. Курдяевой (1998), существующие сведения о средней абсолютной плодовитости верхогляда (Никольский, 1956) не отражают действительности, так как не учитывают особей, созревающих при длине менее 40 см. На рис. 3 представлена зависимость плодовитости от длины тела верхогляда озера Ханка (1957–2007 гг.). Видно, что значения ИАП рыб длиной до 40 см группируются обособленно в левой части графика. Анализ показывает, что в наших сборах отсутствуют половозрелые рыбы длиной от 39 до 42 см. По-видимому, здесь мы имеем дело с предельными размерами половозрелых «тугорослых» рыб. Сообщений о наличии в Амуре «тугорос-

лых» рыб нет. Минимальная длина половозрелой самки в Амуре - 41,1 см (Семенченко, Переводчикова, 2005).

Рис. 1. Размерный состав верхогляда на двух основных нерестилищах в оз. Ханка

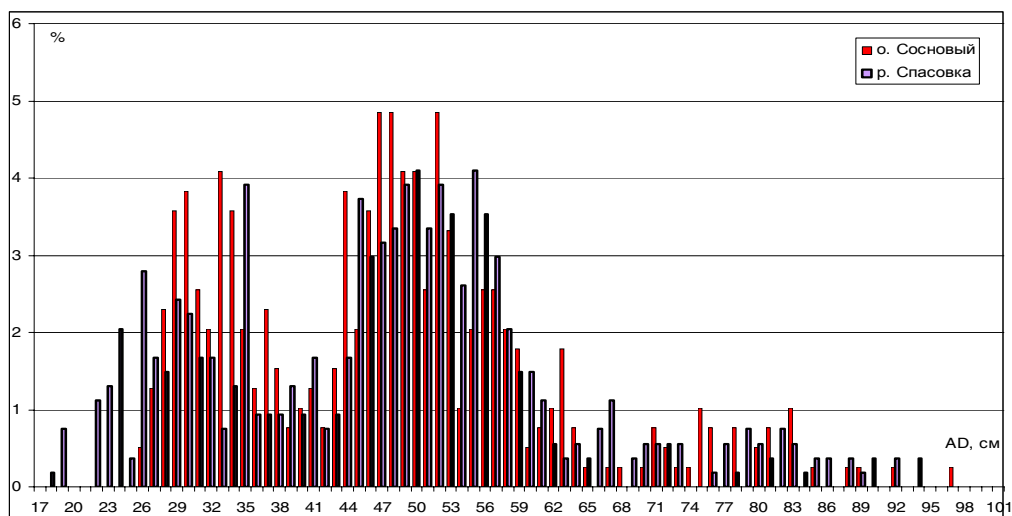


Рис. 2. Величина ИАП верхогляда оз. Ханка за 1957 – 2007 гг. (Никольский, 1956; Курдяева, 1998; наши данные) и р. Амур 1965 г. (Макеева и др., 1965); 1971, 2004 г. (Семенченко, Переводчикова, 2005)

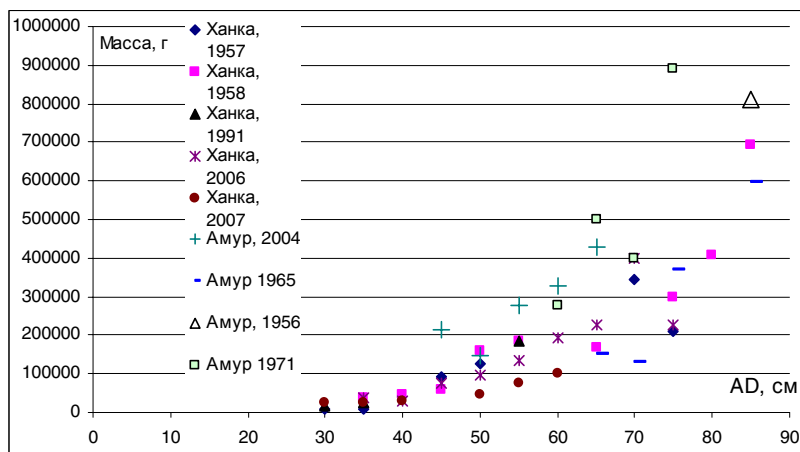
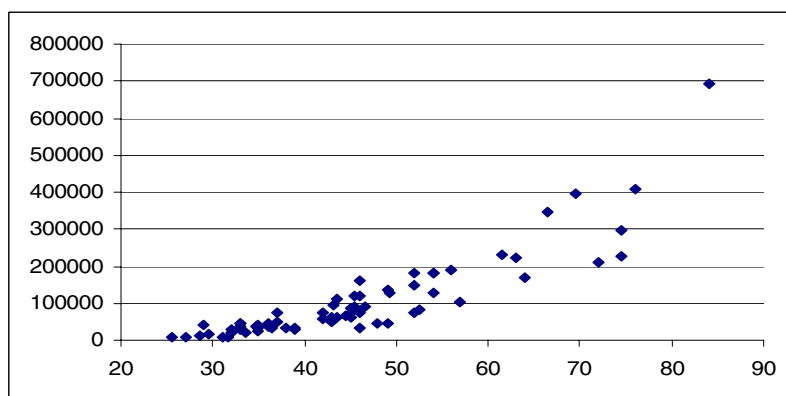


Рис. 3. Зависимость ИАП от АД верхогляда оз. Ханка (1957–2007 гг., 67 экз.)



Сравнение величин ИАП и ОП рыб длиной более 40 см показало, что и в этом случае эти показатели выше у рыб из р. Амур (рис. 4). Как видно из рисунков, средние величины абсолютной и относительной плодовитости верхогляда оз. Ханка значительно ниже, чем в бассейне нижнего Амура. Причем в последние годы наблюдается снижение значений ИАП для рыб озера Ханка, чего мы не отмечаем для верхогляда р. Амур.

• Коэффициент зрелости (КЗ). Макеева и др. (1965) отмечает, что вплоть до IV стадии КЗ составляет около 1 % (табл. 1). По данным КЗ возрастает постепенно со стадией зрелости гонад. То же самое отмечается и В.П. Курдяевой (1998), причем значения КЗ иногда несколько ниже, чем у амурского верхогляда. Там же указано значение КЗ для тугорослых рыб длиной 29,5–33 см.

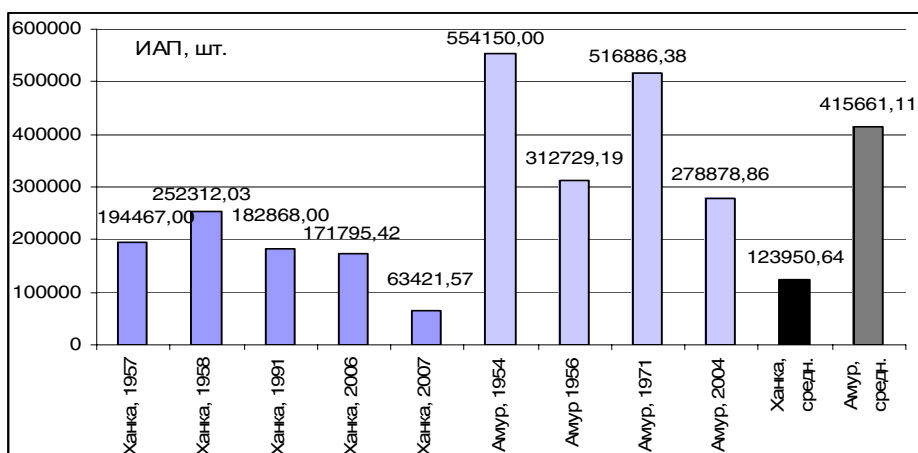


Рис. 4. Средние значения ИАП верхогляда длиной более 40 см из оз. Ханка и р. Амур

Таблица 1

Коэффициент зрелости верхогляда р. Амур и оз. Ханка по стадиям зрелости гонад.

Район	Стадия зрелости гонад, %							Автор	
	II	II - III	III	III - IV	IV	IV - V	VI - IV		VI
Амур									
1965	0,31-1,34		0,73-0,92		2,5-9,9			0,71	Макеева и др. (1965)
1971		1,8-2,8		2,9-6,7	4,6-8,4	9,9-13,1	2,3 - 4,1		Семенченко,
2004				1,8-6,6	5,4-10,6		2,6 - 4,6		Переводчикова (2005)
Среднее	0,3-1,34	1,8-2,8	0,73-0,92	1,8-6,7	2,5-10,6	9,9-13,1	2,3-4,6		
Ханка									
1957-1998		1,4-2,0	2-5		4-11	4-13			Курдяева (1998)
Тугорослые					4 - 5				Курдяева (1998)

• Размеры ооцитов. Особенностью формирования конечной плодовитости уклеподобных является, в частности, значительная вариабельность диаметра ооцитов у текучих самок. В литературе приводятся различные данные о числе групп и соотношении количества ооцитов (Никольский, 1956; Макеева и др., 1965; Иванков, 1985; Курдяева, 1998; Семенченко, Переводчикова, 2005). На материале, собранном в 2006–2007 гг. на нерестилище у о. Сосновый, проведена оценка размерного распределения ооцитов (табл. 2).

Таблица 2

Биологические характеристики самок верхогляда (июнь 2006 – 2007 гг.)

AD, см	Масса, г	Стадия зрелости гонад				ИАП, шт.	ОП. шт./г	% икры I порции	Возраст	N, экз.
		III- IV	IV	IV-V	V					
30	253			1	1	24194,6	94,06	46,50	4,5	2
35	418		1	3		28866,1	72,74	83,05	5,3	4
40	643		3			31072,5	49,10	81,45	7,0	3
45	1083		2	5		74301,2	68,61	59,90	8,4	7
50	1362	1	3	5		84013,9	62,77	70,50	7,6	9
55	1839		3	2		122115,6	66,12	89,30	8,2	5
60	2375			1	1	147122,4	61,42	90,30	9,0	2
65	3200			2		225874,3	70,68	84,20	9,5	2
70	4600			1		397110,0	86,33	77,70	11	1
75	5200			1		225700,0	43,40	91,00	10	1
Среднее	2097,277	1	12	21	2	136037	67,52	77,39	8,04	36

В среднем доля икры в первой порции (диаметр более 1 мм) у верхогляда оз. Ханка составила 77,4 % (табл. 3). Однако если рассматривать только рыб с еще не выметанной икрой (стадия IV, IV – V), то доля икры основной порции составляет 88,2 % (рис. 5).

В работе В.П. Курдяевой (1998) показано, что у верхогляда к моменту нереста не происходит сглаживания в асинхронности в росте ооцитов, предназначенных для реализации (Курдяева, 1998). Автором высказывается предположение, что вымет разноразмерной икры самками верхогляда, по-видимому, должен приводить к неравномерности роста молоди на первом году жизни, а в соответствии с этим и к неравномерности в темпе развития гонад. Та-

ким образом, делает вывод автор, сложная структура стада верхогляда, связанная со сроками наступления половой зрелости, заложена уже в самом характере роста и созревания ооцитов.

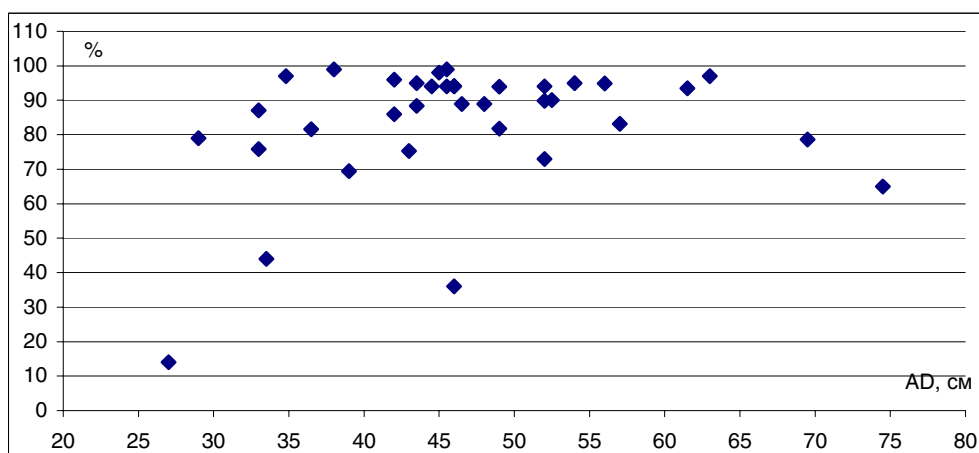


Рис. 5. Доля икры (%) основной порции ооцитов верхогляда оз. Ханка (2006–2007 гг.)

• Экология нереста. Нерест верхогляда в оз. Ханка имеет ряд особенностей. Размерно-возрастная структура популяции верхогляда в оз. Ханка представлена двумя формами – быстрорастущей и тугорослой. Нерест этих рыб происходит на одних и тех же нерестилищах, локализованных у восточного и западного побережий озера в течение июня – июля над песчаными косами на глубинах 1-4 м, при температуре 21-22 °С. Этот период характеризуется гомотермией воды (приблизительно одинаковые значения t °С на всей акватории озера) и частой повторяемостью ветровых течений, создаваемых ветрами южной четверти (Васьковский, 1978).

Индивидуальный нерест верхогляда единовременный, однако массовый нерест растянут в связи с неравномерностью созревания особей. Несмотря на гомотермию воды, нерест верхогляда у восточного побережья заметно более растянут, чем у западного. Нерест быстрорастущего верхогляда у о. Сосновый (западное побережье) имеет ярко выраженный пик в 3 декаде июня (рис. 6). Тугорослый верхогляд в этом районе имеет два пика нереста – во второй декаде июня и в первой декаде июля. Причем еще в начале июня гонады рыб в основном находятся в преднерестовом состоянии. К середине июля нерест завершается (рис. 7).

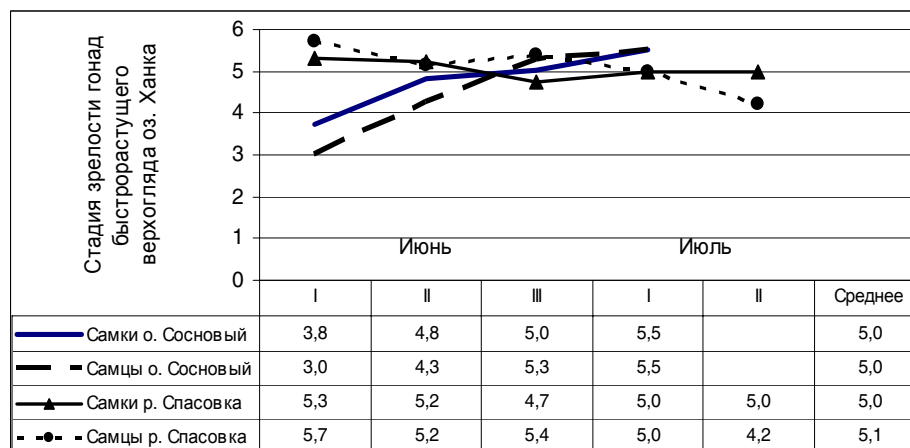


Рис. 6. Динамика стадий зрелости быстрорастущего верхогляда оз. Ханка (используются средние значения стадии зрелости за декаду)

У восточного побережья (район устья р. Спасовка) нерест тугорослого верхогляда, по видимому, может начинаться в конце мая и нарастать до второй декады июня, после чего интенсивность его снижается. Второй пик нереста наблюдается в первой декаде июля, а нерест в основном завершается к концу июля. Быстрорастущий верхогляд в исследуемом районе имеет два пика нереста - во второй декаде июня и в первой декаде июля. Причем текущие

производители встречались еще в первой декаде июля. Отсюда можно заключить, что первые рыбы у восточного побережья могут созревать уже в конце мая. Массовый нерест этих рыб завершается во второй декаде июля, а полностью заканчивается, видимо, к концу июля.

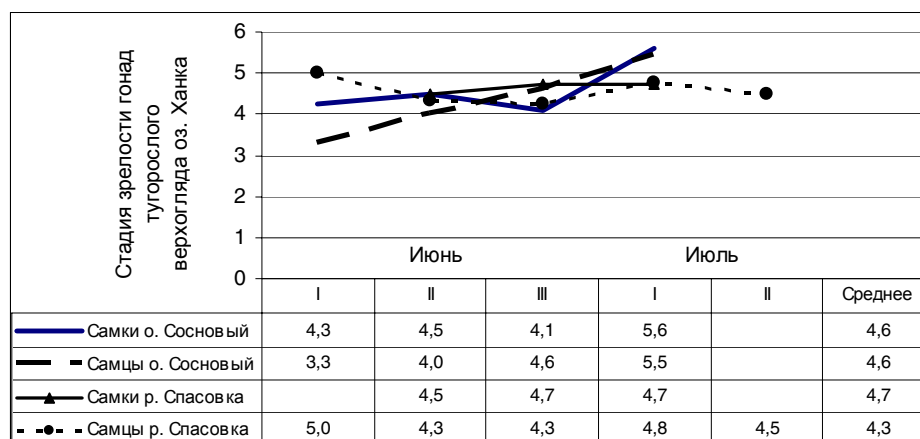


Рис. 7. Динамика стадий зрелости тугорослого верхогляда оз. Ханка

В результате проведенного исследования мы можем сделать несколько выводов:

- Верхогляд – одновременно нерестующий вид, обладающий особенностями оогенеза порционнонерестующих рыб.
- В оз. Ханка существует тугорослая форма верхогляда, отличающаяся скоростью созревания и плодовитостью.
- Индивидуальная, относительная плодовитость и коэффициент зрелости верхогляда в оз. Ханка в среднем ниже, чем в Амуре.
- У самок верхогляда оз. Ханка отмечается две порции икры. Основная порция содержит более 88 % икры.
- Нерест у восточного и западного нерестилищ протекает по-разному. У восточного побережья он более растянут и наблюдается два его пика, в отличие от западного.

ЛИТЕРАТУРА

- Васьковский М.Г.** Гидрологический режим озера Ханка. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 174 с.
- Иванков В.Н.** Плодовитость рыб. – Владивосток: ДВГУ, 1985. – 87 с
- Курдяева В.П.** Закономерности размножения верхогляда *Erythroculter erythropterus* (Basilewsky) и укляя *Culter alburnus* Basilewsky в озере Ханка // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 123. – С. 319–342.
- Макеева А.П.,** Попова Г.В., Потапова Т.Л. Созревание и размножение некоторых промысловых пелагофильных рыб Амура // Вопр. ихтиол. – Т. 5, вып. 1 (34) . – 1965. – С. 97–110.
- Никольский Г.В.** Рыбы бассейна Амура. – М.: АН СССР, 1956. – 551 с.
- Семенченко Н.Н.,** Переводчикова Т.О. Абсолютная плодовитость и характер созревания икринок верхогляда *Chanodichthys erythropterus* Basilewsky, 1855 (Pisces, Cyprinidae, Cultrinae) реки Амур // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2005. – Вып. 3. – С. 557 – 565.
- Шаповалов М.Е.,** Борисовец Е.Э., Борилко О.В. Структура популяции верхогляда *Chanodichthys erythropterus* (Basilewsky, 1855) в озере Ханка // Биоразнообразие рыб пресных вод реки Амур и сопредельных территорий. – Хабаровск: Магеллан, 2004. – С 154–161.
- Шаповалов М.Е.,** Шелехов В.А. Об определении возраста верхогляда *Chanodichthys erythropterus* Basilewsky, 1855 оз. Ханка // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка. – Спасск-Дальний, 2006. – С. 94–102.

ПРОМЫСЕЛ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ВЕРХОГЛЯДА (*CHANODICHTHYS ERYTHROPTERUS*, *CYPRYNIDAE*, *PISCES*) ОЗЕРА ХАНКА

М.Е. Шаповалов

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, barabanshchikov@tinro.ru

Верхогляд – крупная (до 1 м длины и массы до 10 кг) рыба, обладающая высококачественным мясом (Кизеветтер, 1942). В бассейне Амура верхогляд распространен в среднем и нижнем течении и в некоторых притоках и повсеместно дает значительные уловы (Никольский, 1956; Константинов, 1958), составляя в общем улове пресноводных рыб до 10 – 12 % (Кизеветтер, 1942). В оз. Ханка верхогляд является одним из ведущих объектов промысла (Каневец, Розов, 1934). Целью работы являлся анализ последствий многолетнего воздействия промысла на состояние популяции верхогляда оз. Ханка.

• Промысел. Годовой вылов верхогляда советскими рыбаками в оз. Ханка достигал 100–115 т, составляя в отдельные годы 20–25 % от общего вылова рыбы (рис. 1). В начале 2000-х гг. официально вылавливали не более 10 т, однако наши исследования показывают, что в последние десятилетия реальный вылов российских и китайских рыбаков значительно возрос и, вероятно, достигает 100 т и более (рис. 2).

Рис. 1. Доля *Cultrinae* и верхогляда в промысловых уловах в оз. Ханка

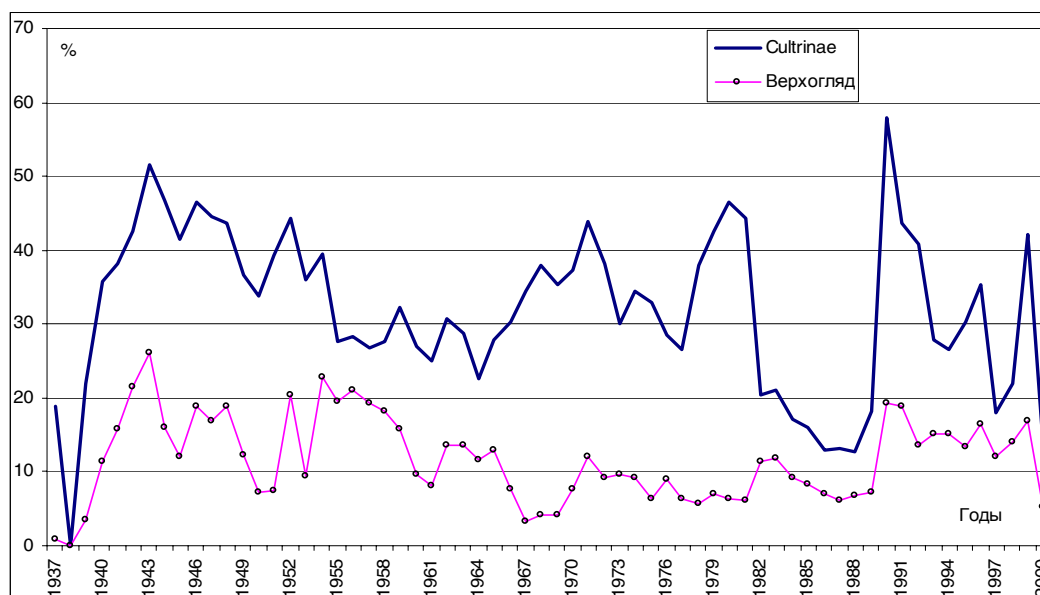
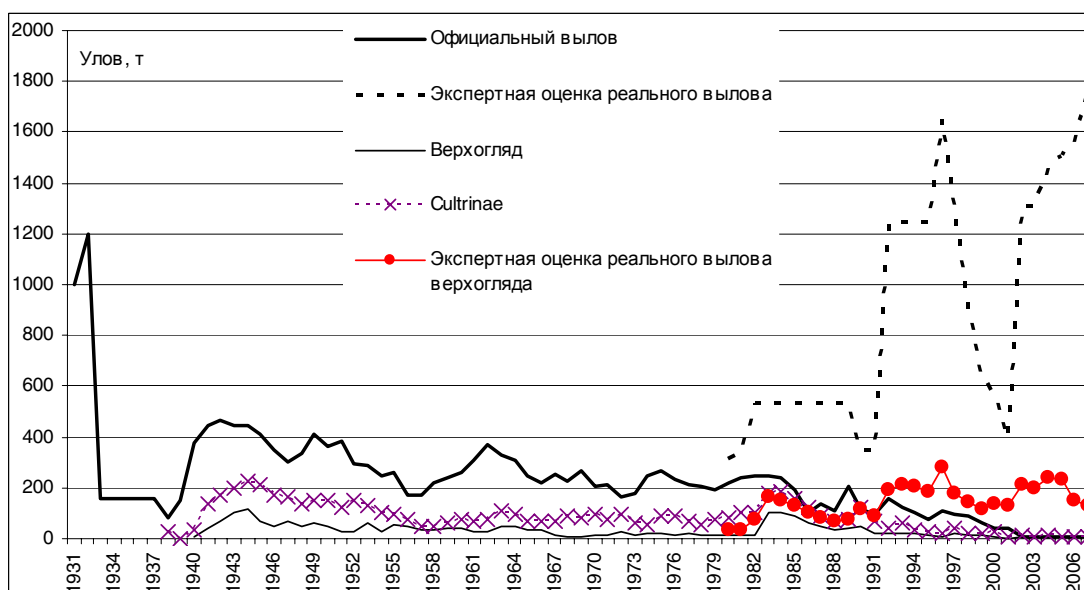


Рис. 2. Официальный вылов и экспертная оценка реального вылова рыб в оз. Ханка



Анализ изменений средних размеров (AD, см) верхогляда оз. Ханка (рис. 3) показывает, что в сетных уловах 1957–2007 гг. средний размер рыб составил 47,2 см и колебался в пределах 36,5–62 см. Низкие значения средней длины в некоторых случаях связаны, по-видимому, с преобладанием в материале рыб из уловов мелкочейных сетей или неводов.

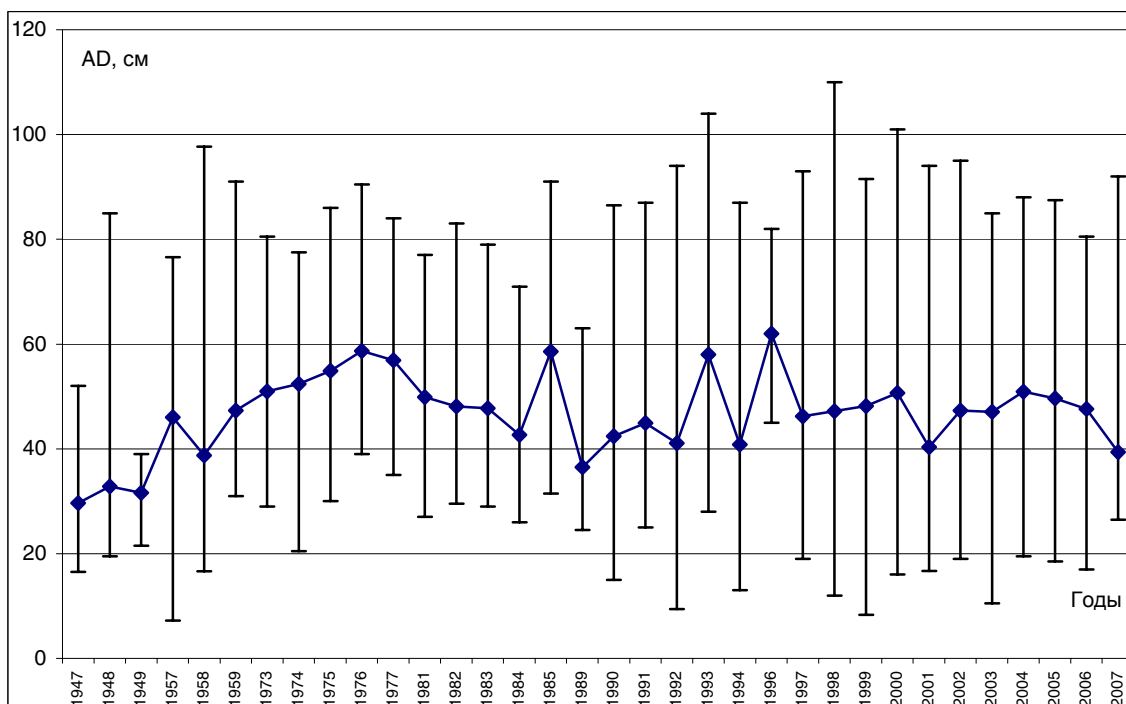


Рис. 3. Средние значения и размах колебаний длины (AD, см) верхогляда оз. Ханка (n = 8085 экз.)

Размерный состав уловов верхогляда в нашем материале довольно сильно зависит от применяемых орудий лова. Так, в 1930-40-е гг. прошлого века при промысле на оз. Ханка интенсивно использовались закидные невода, в связи с чем до 90 % вылова составляли рыбы длиной 20–40 см. В дальнейшем, видимо, со снижением интенсивности промысла средние размеры рыб возрастали, но к концу 80-х годов опять снизились. В этот период и до середины 90-х годов возросла интенсивность промысла ханкайского рыбокомбината, использовавшего как крупноячейные, так и мелкочейные ставные сети российского производства. Начиная с 1993 г. промысел мелкочейными сетями на озере был ограничен, что привело к преобладанию в сборах рыб средних и крупных размеров. В начале 2000-х гг. мы видим рост средних размеров, однако в последние годы мы наблюдаем эффект омоложения стада, когда уловы крупноячейных сетей состоят из рыб в основном средних размеров.

Известно (Курдяева, 1998; Шаповалов и др., 2004), что в популяции верхогляда оз. Ханка до четверти от числа всех рыб составляют особи тугорослой формы длиной 20–40 см, которые в период нереста составляют основу уловов мелкочейными сетями. Динамика биологических характеристик тугорослых и быстрорастущих рыб показана на рис. 4–5.

Размерно-возрастная структура тугорослой части популяции верхогляда оз. Ханка в течение всего периода наблюдений не претерпевала значительных изменений под воздействием промысла. Однако, как видим на рис. 4 и 5, средняя длина и возраст тугорослого и быстрорастущего верхогляда часто находятся в противофазе. Данное обстоятельство может говорить о каких-то внутренних взаимовлияющих факторах, связанных с изменением плотности той или иной формы верхогляда в озере.

Наибольшее влияние промысел оказывает на быстрорастущую часть популяции верхогляда, обладающую высокой коммерческой ценностью. При этом селективно выбираются рыбы с высоким темпом роста, раньше вступающие в категорию промзапаса. Таким образом, темп роста популяции может отражать уровень воздействия промысла на состояние популяции.

Наиболее низким темпом роста обладали рыбы конца 40-х годов (рис. 6), что, по нашему мнению, явилось следствием интенсивного промысла в годы ВОВ с использованием ак-

тивных орудий лова. Об этом говорят и низкие значения средней длины и массы при относительно высоких значениях среднего возраста.

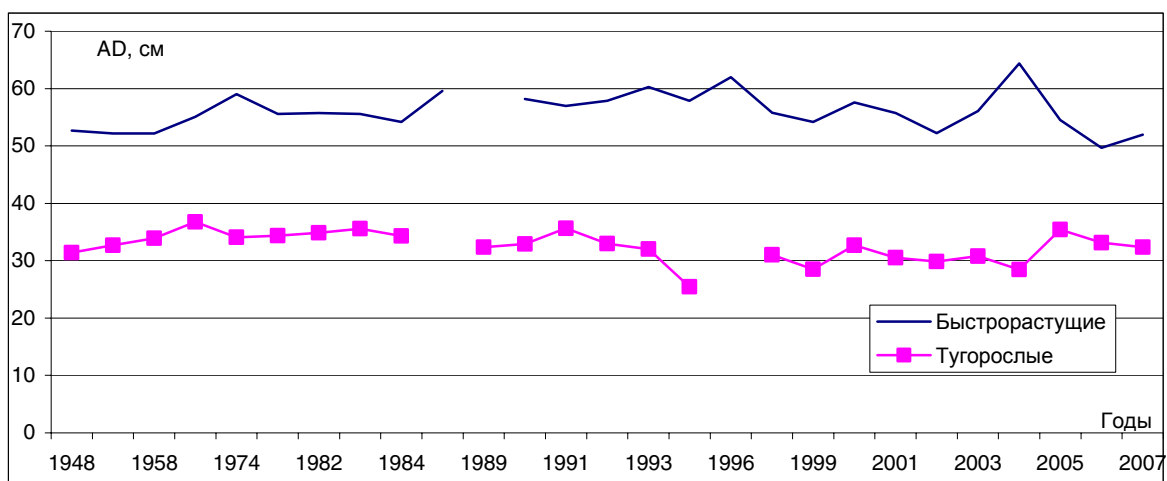


Рис. 4. Средняя длина тугорослого и быстрорастущего верхогляда оз. Ханка

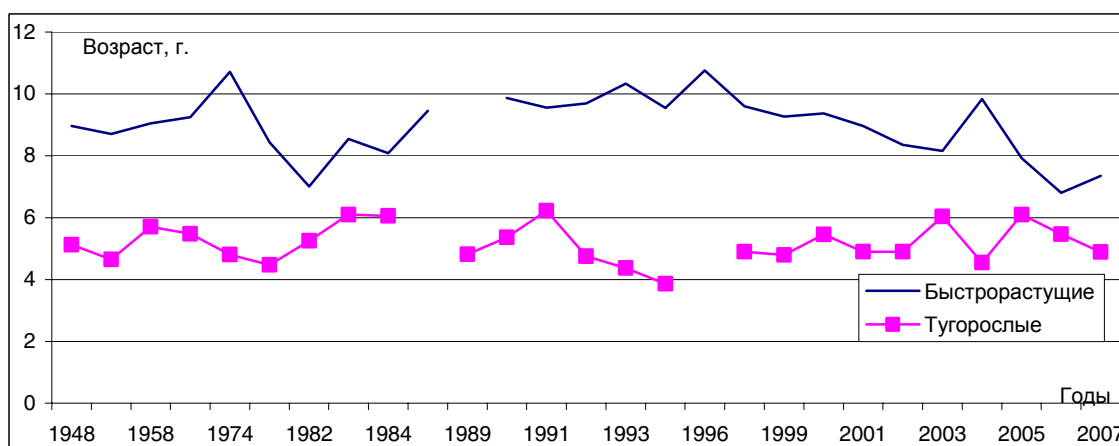


Рис. 5. Средний возраст тугорослого и быстрорастущего верхогляда оз. Ханка

В 50-е годы, по-видимому, в связи со снижением пресса промысла в популяции верхогляда оз. Ханка наблюдается увеличение средних размеров при сохранении значений среднего возраста на уровне предыдущего десятилетия (рис. 5), что может объясняться увеличением скорости роста, что мы и наблюдаем (рис. 6).

К середине 70-х годов значения средней длины и возраста возросли выше уровня среднемноголетних.

Последующие годы можно назвать самым благоприятным периодом в состоянии популяции верхогляда озера Ханка за весь период наблюдений. Значения средней длины и среднего возраста и массы за период 1980–1996 гг. находятся выше среднемноголетних, темп роста – значительно выше, чем в предыдущий период.

Резко возросший в середине 90-х годов пресс официального и неконтролируемого промысла уже к концу 90-х годов привел к значительному снижению значений основных биологических показателей – средней длины и возраста, которые к началу 2000-х гг. достигли практически минимальных значений (рис. 4, 5). Причем если в период с 1997 по 1999 гг. снижение темпа роста в старших возрастах свидетельствует о значительном прессе промысла на старшие возрастные группировки, то с 2000 по 2002 гг. промыслом активно используются средние и младшие возрастные группы, о чем свидетельствует снижение темпа роста в первые годы жизни рыб (рис. 6).

Неконтролируемый промысел привел к снижению запасов практически всех ценных промысловых видов рыб в оз. Ханка, что явилось причиной введения запрета на промыш-

ленный лов рыбы в 2002 г. сроком на 5 лет. Анализ наших материалов показывает, что в период с 2003 по 2007 гг. происходило снижение средней длины и среднего возраста (несмотря на случайные «скачки» этих показателей, например в 2004 г.) на фоне значительного увеличения темпа роста верхогляда (рис. 4, 5). По-видимому, введение запрета на промышленный лов, а так же благоприятная для нереста верхогляда гидрологическая обстановка (низкий среднегодовой уровень воды в озере) непосредственно перед началом запрета (Семькина, 2006) позволило к окончанию запрета вступить в промысел урожайным поколениям (рис. 7). Высокий темп роста объясняется низкой внутривидовой конкуренцией и обширной кормовой базой. Данная картина подтверждается низкими значениями средних всех биологических показателей, а также величины вылова на усилие в последние 2–3 года на фоне роста доли в уловах по численности (рис. 8).

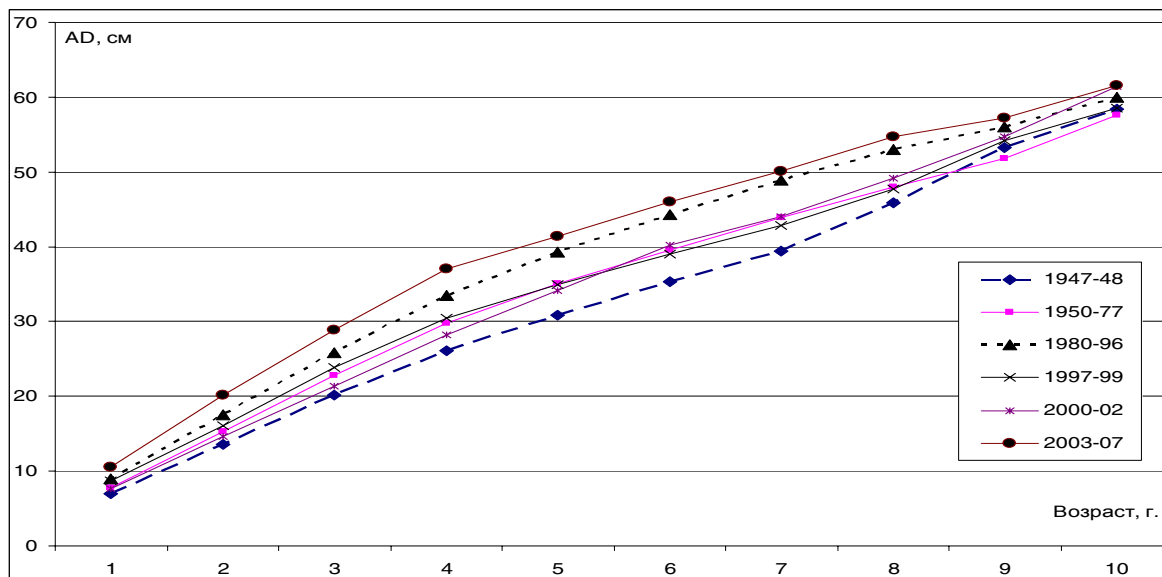


Рис. 6. Темп роста быстрорастущего верхогляда оз. Ханка



Рис. 7. Уровень воды в оз. Ханка (по: Семькина, 2006)

Выводы

- Наибольшей интенсивности промысловый лов в оз. Ханка достигал в 30-х годах прошлого века и в последние 15 лет. В последние 10 лет ведется, главным образом, селективный вылов крупноячейными орудиями лова крупных особей ценных видов.
- В оз. Ханка существует тугорослая форма верхогляда, которая совместно с быстрорастущей формой облавливается на нерестилище.
- Размерно-возрастной состав тугорослых рыб в связи со слабым промысловым прессом не подвергался значительным колебаниям.
- Динамика изменений размерно-возрастной структуры быстрорастущей части популяции верхогляда оз. Ханка в целом отражает изменения интенсивности промысла на озере.



Рис. 8. Уловистость верхогляда крупноячейными сетями (по численности)

- Самыми низкими размерными характеристиками обладали рыбы из уловов 40-х годов, когда велся наиболее интенсивный промысел с использованием активных мелкочейных орудий лова.
- Снижение пресса промысла в 50-е годы привело к увеличению темпов роста и средних размеров рыб до среднемноголетних значений, характерных для периода умеренного антропогенного воздействия, продолжавшегося до 70-х годов.
- Дальнейшее снижение интенсивности промыслового пресса в период с начала 80-х до начала 90-х годов весьма благоприятно сказалось на размерном составе. Темп роста верхогляда был наиболее высоким за всю вторую половину XX века.
- Резко усилившийся к концу 90-х годов селективный промысел крупноячейными орудиями лова привел к преобладанию в уловах рыб с более низким темпом роста в старшем возрасте, а в начале 2000-х гг. промыслом уже активно использовались рыбы средних и младших возрастных групп, о чем свидетельствует снижение темпа роста и в первые годы жизни рыб.
- Введение запрета на промышленный лов остановило стремительное падение запасов верхогляда в озере и дало возможность развиваться поколениям благоприятных для нереста 2000-2002 гг.

ЛИТЕРАТУРА

- Каневец Д.А., Розов В.Е.** Озеро Ханка как рыбохозяйственная единица // Рыбное хозяйство Дальнего Востока. – 1934. – № 1–2.
- Кизеветтер И.В.** Техно-химическая характеристика дальневосточных промысловых рыб // Изв. ТИНРО. – 1942. – Т. 21.
- Константинов К.Г.** Возраст и темп роста амурского верхогляда - *Erythroculter erythropterus* (Basilewsky) // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. – М.: МГУ, 1958. – С. 103–114.
- Курдяева В.П.** Закономерности размножения верхогляда *Erythroculter erythropterus* (Basilewsky) и укля *Culter alburnus* Basilewsky в озере Ханка // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 123. – С. 319-342.
- Никольский Г.В.** Рыбы бассейна Амура. – М.: АН СССР, 1956. – 550 с.
- Семькина Г.И.** Обзор состояния и загрязнения озера Ханка по материалам государственной сети наблюдений за загрязнением окружающей среды // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка. Труды второй международной научно-практической конференции 10 – 11 июня 2006 г. – Владивосток, 2006. – С. 190–200.
- Шаповалов М.Е., Борисовец Е.Э., Борилко О.В.** Структура популяции верхогляда *Chanodichthys erythropterus* (Basilewsky, 1855) в озере Ханка // Биоразнообразии рыб пресных вод реки Амур и сопредельных территорий. – Хабаровск: Магеллан, 2004. – С 154 – 161.

**МИКСОСПОРИДИИ РОДА *МУХОБОЛУС* BÜTSCHLI
(*МУХОБОЛИДАЕ: МУХОСПОРЕА*) – ПАРАЗИТЫ КЕФАЛЕВЫХ РЫБ
(*МУГИЛИДАЕ*) ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**

М.Б. Шедько¹, Н.Л. Асеева²

¹Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток, mshedko@ibss.dvo.ru

²ФГУП «ТИПРО-центр», г. Владивосток, aseeva_n@hotmail.com

К семейству кефалевых относится 16 родов, из которых *Mugil* и *Liza* имеют наиболее богатый видовой состав. В России и прилегающих странах кефалевые представлены 6 видами из этих родов. В дальневосточном регионе обитают 2 вида: лобан, *M. cephalus* (L.) и пиленгас, *L. haematocheila* (Temminck et Schlegel), ранее известный как *M. so-iyu* Basilewsky (Парин, 2003). Лобан встречается практически во всей области распространения семейства, обитает у берегов Европы, Азии, Африки, Австралии и Америки, а также у островов Океании; на Дальнем Востоке встречается в прибрежных водах от лимана Амура до Северного Китая. Пиленгас распространен от лимана Амура до Южной Кореи и является, по-видимому, наиболее эврибионтным видом кефалевых.

Кефали имеют немаловажное значение в морском рыболовстве, являются исключительно перспективным объектом аквакультуры, успешно приживаются в новых местах вселения (<http://www.internevod...>). В последние десятилетия отмечается всплеск интереса к изучению различных сторон биологии и экологии кефалей, в том числе и их паразитофауны. Паразитологические данные, помимо экономической, представляют и теоретическую значимость. Одной из наиболее интересных в этом отношении групп паразитов являются микспоридии рода *Мухоболус*. Большинство видов *Мухоболус*, отмеченных у кефалевых (34 вида), встречается у рыб родов *Mugil* и *Liza* (Шульман, 1962, 1966; Донец, Шульман, 1984; Landsberg, Lom, 1991; Bahri, Marques, 1996; Fomena, Vouix, 1997; Chen, Ma, 1998; Eiras et al., 2005, 2007 и цитированная здесь литература), 24 из которых описаны непосредственно с кефалевых, а 17 видов – с лобана или пиленгаса (см. таблицу).

Целью настоящей работы было изучение распространения миксоболусов у кефалей Дальнего Востока России (ДВР) на основе анализа собственных и литературных данных. Материалом для работы послужили паразиты, собранные при паразитологическом обследовании 40 экз. пиленгаса размером 30–45 см и 100 экз. лобана размером 30–49 см из разных водоемов континентальной части бассейна Японского моря в 2003–2007 гг.

В водах юга ДВР у кефалей зарегистрировано 5 представителей рода *Мухоболус*. Ниже приводятся сведения о местах их обнаружения и локализации на кефалях в пределах ДВР, сообщается о встречаемости их у кефалей в других регионах, а также о круге иных, нежели кефали, хозяевах и даются краткие замечания систематического характера.

***Мухоболус achmerovi* Schulman, 1966**

M. achmerovi Schulman, 1966: 251, рис. 304, А – из Ахмерова, 1960; Б – оригинал (жабры, плавники, брыжейка амурского сазана, лобана и пиленгаса, басс. р. Амур, Японское море – зал. Посьет); Ермоленко, 1992: 15 (жабры лобана и пиленгаса, р. Раздольная).

M. oviformis (nec) Thelohan, 1882: Ахмеров, 1960: 260, рис.22 (жабры и плавники сазана *Suiprinius carpio haemalopterus*, басс. р. Амур); *Мухоболус* sp. Schulman, 1962: 113, рис. 261 (те же данные). – Синонимизация по: Шульман (1966).

Распространение вида на ДВР ограничено указанными водоемами; найден в Китае у карповых (Chen, Ma, 1998).

Замечание. Описание вида, включая размеры спор, приводится Шульманом (1962, 1966) только по материалу Ахмерова (1960) с амурского сазана. Возможно, что на рис. 304, Б (Шульман, 1966) изображены споры от кефалей, но масштабная линейка отсутствует. Не указаны размеры спор и в работе Ермоленко (1992). Оригинальные размеры спор *M. achmerovi* приводят китайские исследователи (Chen, Ma, 1998: 370), однако этот вид у кефалей ими не найден. В связи с этим *M. achmerovi* не включается в сравнительный анализ при описании сходных с ним новых видов с кефалей (Lom, Dyková, 1994; Bahri, Marques, 1996). Подтверждение идентичности спор с кефалей и сазана требует переисследования.

Видовой состав микроспоридий рода *Mухobolus*, описанных (*) с кефалевых рыб родов *Mugil* и *Liza* и отмеченных у кефалей

Виды <i>Mухobolus</i>	Типовой*хозяин и хозяева-кефали	Локальность (типичная*)	Типовая локализация
<i>M. achmerovi</i> * Schulman, 1966	<i>Cyprinus carpio haemalopterus</i> *, <i>Mugil cephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i> *	Россия (Японское море, р. Амур)*, Китай	Жабры, плавники, брыжейка
<i>M. bizerti</i> * Bahari and Marques, 1996	<i>Mugil cephalus</i> *	Тунис*	Жаберные лепестки
<i>M. cephalus</i> * Iversen et al., 1971	<i>Mugil cephalus</i> *	США (Флорида)*	Мозг, жаберные дуги, рот*
<i>M. cheni</i> * Schulman, 1962	<i>Mugil cephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i> *	Китай (р. Ляохэ)*	Мышцы
<i>M. chungchowensis</i> * Chen, 1998 in Chen, Ma, 1998	<i>Mugil cephalus</i> *	Китай (провинция Хайнань)*	Кишечник
<i>M. dasguptai</i> * Haldar et al., 1996	<i>Mugil tade</i> *	Индия*	Жабры, мускулатура тела*
<i>M. episquamalis</i> * Egusa et al., 1990	<i>Mugil cephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i>	Япония*, Россия (Японское море), Израиль, Тунис	Чешуя
<i>M. goensis</i> * Eiras, D'Souza, 2004	<i>Mugil cephalus</i> *	Индия*	Жаберные тычинки
<i>M. goreensis</i> * Fall et al., 1997	<i>Mugil cephalus</i> *	Сенегал*	Жабры
<i>M. hani</i> * Faye et al., 1999	<i>Mugil curema</i> *	Сенегал*	Жаберные тычинки
<i>M. hannensis</i> * Fall et al., 1997	<i>Mugil cephalus</i> *	Сенегал*	Жаберные дуги и лепестки
<i>M. ichkeulensis</i> * Bahri, Marques, 1996	<i>Mugil cephalus</i> *	Тунис*, Украина (Черное море)	Жаберные дуги
<i>M. lizae</i> * Landsberg, Lom, 1991	<i>Liza macrolepis</i> *	Индия*	Внешние стенки кишки
<i>M. mugcephalus</i> * Landsberg, Lom, 1991	<i>Mugil cephalus</i> *	Индия*	Жабры
<i>M. mughello</i> * Landsberg, Lom, 1991	<i>Mugil chelo</i> *	Италия*	Мезентерий
<i>M. mugilii</i> * Haldar et al., 1996	<i>Mugil cephalus</i> *	Индия*	Жабры
<i>M. narasii</i> * Landsberg, Lom, 1991	<i>Mugil waigensis</i> *	Индия*	Эпителий кишки
<i>M. nile</i> * Eiras, Molnár, 2005	<i>Mugil cephalus</i> *	Египет*	Жабры
<i>M. parenzani</i> * Landsberg, Lom, 1991	<i>Mugil chelo</i> *	Италия*	Жабры*
<i>M. parvus</i> * Schulman, 1962	<i>Mugil cephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i> *, <i>L. aurata</i>	Китай (р. Ляохэ)*, Грузия (Черное море), Украина (Черное море)	Жаберные лепестки
<i>M. platanus</i> * Eiras et al., 2007	<i>Mugil platanus</i> *	Бразилия*	Селезенка
<i>M. raibauti</i> * Fall et al., 1997	<i>Mugil cephalus</i> *	Сенегал*	Печень
<i>M. rohdei</i> * Lom, Dyková, 1994	<i>Mugil cephalus</i> *	Австралия*	Почки
<i>M. spinacurvatura</i> * Maeno et al., 1990	<i>Mugil cephalus</i> *	Япония*, Австралия, Тунис, Украина	Мезентерий, мозг, селезенка
<i>M. bramae</i> Reuss, 1906	<i>Abramis brama</i> *, <i>Mugil cephalus</i>	Россия*, Украина	Жабры
<i>M. circulus</i> Akhmerov, 1960	<i>Cyprinus carpio</i> *, <i>Mugil cephalus</i>	Россия (р. Амур)*, Украина	Жабры
<i>M. exiguus</i> Thélohan, 1895	<i>Abramis brama</i> *, <i>Mugil capito</i> , <i>M. cephalus</i> , <i>M. chelo</i> , <i>Liza aurata</i> ,	Франция*, Тунис, Украина	Жабры
<i>M. follius</i> Shulman, 1962	<i>Pseudaspius leptcephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i>	Россия (Амур)*, Китай	Жабры
<i>M. improvisus</i> Izjumova in Shulman, 1966	<i>Leuciscus idus</i> *, <i>Liza aurata</i>	Украина*, Украина	Мышцы
<i>M. minutus</i> Nemeček, 1911	<i>Leuciscus leuciscus</i> *, <i>L. cephalus</i> *, <i>Liza haematocheila</i>	Германия*, Китай	Жабры
<i>M. muelleri</i> Bütschli, 1882	<i>Leuciscus cephalus</i> *, <i>Liza aurata</i> , <i>L. saliens</i>	Украина	Жабры и другие органы

***Myxobolus episquamalis* Egusa, Maeno, Sorimachi, 1990**

Myxosoma (sic) *acutum* (nec) Fujita, 1912 – Асеева, 1994: 157-158, рис. (чешуя лобана, зал. Петра Великого); – 2000: 603-604, рис. 13 (чешуя, реже – жабры, скелетная мускулатура лобана, пиленгаса, мыс Токаревский, реки Нарва; Аввакумовка, Киевка, Раздольная).

В последние годы *M. episquamalis* неоднократно отмечен нами у кефалей (в основном у лобана) в новых точках из указанных выше водоемов, кроме того, выявлен в реках Гладкая и Серебрянка, бухте Сивучья. По всей видимости, *M. episquamalis* встречается и в низовьях р. Амур, где, по личному сообщению Юхименко С.С. (ХфТИПРО, г. Хабаровск), ежегодно выявляются особи лобана со сходной этиологией.

M. episquamalis – специфичный паразит кефалей, распространенный в Япония – типовая локальность, Израиле (Egusa et al., 1990), Северной Африке – у средиземноморского побережья Туниса (Bahri, Marques, 1996), ДВР (настоящее сообщение).

Характерным для вида является локализация плазмодия – внешняя поверхность дистальной части чешуи (см. рисунок, а-в). Многоспоровые плазмодии цистообразные, округлые или неправильной формы, размером 0,6-1,3 x 0,3-1,0 мм, высотой 1,0-1,5 мм, с бугристой поверхностью. Чаще всего поражена чешуя на брюшной части рыбы. При сильном заражении поражены хвостовые плавники и головная часть рыбы. В мозге, мышцах, жабрах и на внутренних органах паразит не обнаружен.

Строение (см. рисунок, г) и размеры спор соответствуют таковым типового материала.

Замечания. Впервые для России этот паразит обнаружен Асеевой (1994) у лобана, выловленного в зал. Петра Великого в 1987 г. Однако он был ошибочно идентифицирован автором в этой и последующей (Асеева, 2000) работах с видом *Myxosoma acuta* (= *Myxobolus acutus*), известным как паразит жаберных лепестков, стенки кишечника (в печени – только споры) карасей *Carassius* spp. и змееголова *Ophicephalus argus* в водоемах Японии (Саппоро), в России (р. Амур) и в Китае (р. Ляохэ) (Ахмеров, 1960; Шульман, 1966). Таким образом, это первое сообщение об обнаружении *M. episquamalis* на территории России.

***Myxobolus exiguus* Thélohan, 1895**

M. exiguus: Асеева, 2000: 601-603, рис. 12 (сердце, жаберные дуги, глотка лобана, реки Нарва, Киевка).

При дополнительном исследовании рыб ДВР данный вид отмечен и у пиленгаса, найден и в других водоемах побережья Приморья (реки Гладкая, Артемовка, Аввакумовка, бухты Экспедиция, Сивучья).

Капсулы с многочисленными спорами *M. exiguus* обычно локализовались в сердечной мускулатуре. В головном мозге они были отмечены в виде плазмодиев в начальной стадии спорогонии, наблюдалось частичное разрушение мозга. Возможно, что массовая гибель кефалей в устьевых участках рек связана с этим паразитом.

M. exiguus известен из различных участков бассейнов Атлантического и Северо-Ледовитого океанов как паразит жабр, плавников, челюстей, стенок глотки и кишечника, брыжейки и почек ряда видов рыб различной систематической принадлежности; указывается и для кефалей из бассейнов Черного и Средиземного морей (Донец, Шульман, 1984; Юрахно, 2007; Fomena, Vouix, 1997). Для кефалей Черного моря известен как массовый и чрезвычайно патогенный паразит.

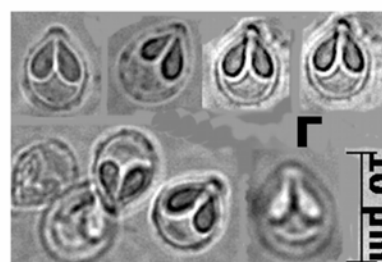
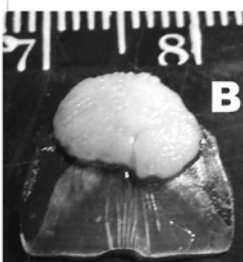
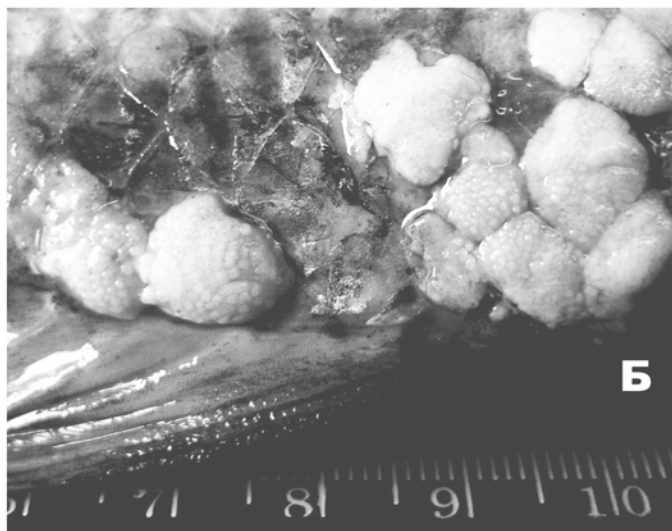
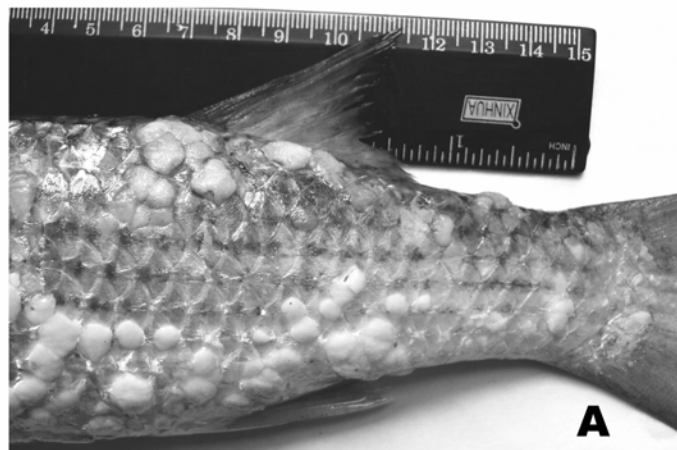
***Myxobolus muelleri* Bütschli, 1882**

M. muelleri: Ермоленко, 1992: 18 (печень лобана, р. Раздольная).

Нами не найден.

Широко распространенный в водоемах Евразии (включая бассейн Амура) паразит многих видов рыб различной систематической принадлежности. В частности, в реках зал. Петра Великого и в басс. р. Амур (бассейны оз. Ханка и рек Зeya, Уссyри) найден в мышцах, сердце, почках, печени, селезенке, на жабрах, плавниках и стенках кишечника у 12 видов рыб, в основном – карповых (Шульман, 1962, 1966; Виниченко и др., 1971; Донец, Шульман, 1984; Ермоленко, 1992). Отмечен у кефалей сингиля *L. aurata*, остроноса *L. saliens* в Черном море (Юрахно, 2004).

Mухоболус episquamalis с лобана *Mugil cephalus* из р. Раздольная: А–В – плазмодии на поверхности чешуи лобана, Г – отдельные споры



Mухоболус spinacurvatura
Maeno, Sorimachi, Ogawa, Egusa, 1990

M. spinacurvatura: Асеева, 2000: 600-601, рис. 11 (стенка кишечника, селезенка, печень и желчные протоки лобана, р. Нарва).

Обнаружен также в реках Амба, Раздольная, Аввакумовка, бухте Экспедиция.

По всей видимости, *M. spinacurvatura* является специфичным паразитом лобана. Отмечен у этого вида в эстуарных водах Японии – типовой локальности, в Австралии (Lom, Дукová, 1994), в Средиземном море у Туниса (Bahri, Marques, 1996), в Черном море в Украине (Юрахно, 2007).

Таким образом, в водоемах ДВР у лобана зарегистрировано все 5 видов *Mухоболус*, найденных у кефалей, а у пиленгаса – 3.

У кефалей в водоемах Дальнего Востока России вероятно обнаружение еще трех видов рода *Mухоболус*, описанных с кефалей Китая (табл.). Это *M. cheni* и *M. parvus*, описанные Шульманом (1962) с лобана и пиленгаса из бассейна р. Ляохэ и которые помимо кефалей найдены также в Китае у ряда других хозяев-рыб из семейств Cyprinidae и Siluridae (Chen, Ma, 1998).

Отметим, что *M. parvus* зарегистрирован уже и в бассейне Черного моря у кефалей остроноса, сингиля, лобана и вселенца-пиленгаса (Донец, Шульман, 1984; Юрахно, 2007). Третий вид миксоболуса – *M. chungchowensis* описан сравнительно недавно с кишечника лобана из провинции Хайнань (Chen, Ma, 1998).

У дальневосточных кефалей вполне вероятно обнаружение еще, по крайней мере, четырех видов *Mухоболус* (*M. bramae*, *M. follius*, *M. minutus*, *M. circulus*), для которых кефалевые указаны среди прочих в качестве хозяев за пределами ДВР (табл.), а в нашем регионе они зарегистрированы у рыб другой систематической принадлежности. Так, например, *M. bramae*, широко распространенный в водоемах Палеарктики паразит карповых рыб, однако найден недавно у лобана в бассейне Черного моря (Юрахно, 2004). В бассейне р. Амур (оз. Болонь, р. Зея) этот паразит обычно встречается на жабрах *Carassius auratus gibelio*, *Cyprinus carpio haematopterus* (Винниченко и др., 1971; Донец, Шульман, 1984). По данным этих же авторов, миксоболус *M. follius* известен как паразит жабр *Pseudaspius leptocephalus* в бассейне р. Амур (озера Хиванда и Болонь, р. Зея), но в Китае, помимо краснопера, обнаружен и у пиленгаса (Chen, Ma, 1998). *M. circulus*, описанный от *Cyprinus carpio* из р. Амур (Ахмеров, 1960), отмечается у лобана Черного моря (Донец, Шульман, 1984; Юрахно, 2004). *M. minutus*,

известный ранее только с карповых рыб из водоемов Европы, зарегистрирован у пиленгаса в Китае (Chen, Ma, 1998).

Для черноморских кефалевых рыб также отмечены описанные с карповых *Myxobolus improvisus* и не внесенные в таблицу *M. branchialis* (Markevich, 1932) и *M. rotundus* Nemeček, 1911, которые у рыб нашего региона не найдены.

В связи с появлением большого числа работ с описаниями новых видов паразитов с кефалей, включая и микроспоридий, необходимо проведение дополнительных исследований как для уточнения видового состава уже отмеченных для кефалей ДВР паразитов, так и для выявления новых.

ЛИТЕРАТУРА

Асеева Н.Л. Обнаружение *Myxosoma acutum* (Fujita, 1912) у пиленгаса в Японском море // Изв. ТИНРО. – 1994. – Т. 117. – С. 157-158.

Асеева Н.Л. Микроспоридии анадромных и морских прибрежных рыб северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 593-606.

Ахмеров А.Х. Микроспоридии рыб бассейна реки Амур // Рыбн. хоз-во внутр. водоемов ЛатССР. – 1960. – Вып. 5. – С. 239-308.

Виниченко Л.Н., Заика В.Е., Тимофеев В.А., Штейн Г.А., Шульман С.С. Паразитические простейшие рыб бассейна Амура // Паразитол. сб. Зоол. ин-та АН СССР. – Л.: Наука, 1971. – Т. 25. – С. 10-40.

Донец З.С., Шульман С.С. Тип Книдоспоридии – Cnidosporidia // Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические простейшие. – Л.: Наука, 1984. – Т. 1. – С. 88-251.

Ермоленко А.В. Паразиты рыб пресноводных водоемов континентальной части бассейна Японского моря. – Владивосток: ДВО РАН, 1992. – 237 с.

Парин Н.В. *Liza haematocheila* – правильное видовое название кефали-пиленгаса (Mugilidae) // Вопр. ихтиол. – 2003. – Т. 43, № 3. – С. 418-419.

Шульман С.С. Класс Книдоспоридии Cnidosporidia // Определитель паразитов пресноводных рыб СССР. – М.;Л.: АН СССР, 1962. – С. 47-129.

Шульман С.С. Микроспоридии фауны СССР. – М.;Л.: Наука, 1966. – 650 с.

Юрахно В.М. Фауна микроспоридий (Protozoa: Myxosporrea) черноморских рыб и сезонные и межгодовые аспекты ее изменчивости // Современные проблемы паразитологии и экологии: Мат-лы I и II междунар. чтений, посвящ. памяти и 85-лет. со дня рождения С.С. Шульмана. – Калининград: КГТУ, 2004. – С. 160-171.

Юрахно В.М. Тенденции многолетних изменений фауны черноморских микроспоридий // Мат-лы IV Всеросс. школы по теоретической и морской паразитологии. – Калининград: АтлантНИРО. – 2007. – С. 212-215.

Bahri S., Marques A. Myxosporean parasites of the genus *Myxobolus* from *Mugil cephalus* in Ichkeul lagoon, Tunisia: description of two new species // Dis. Aquat. Org. – 1996. – Vol. 27. – P. 115-122.

Chen Q.L., Ma C.L. Myxozoa, Myxosporrea. Fauna Sinica. – Beijing: Science Press. – 1998. – 993 p.

Egusa S., Maeno Y., Sorimachi M. A new species of Myxozoa, *Myxobolus episquamalis* sp. n. infecting the scales of the mullet, *Mugil cephalus* L. // Fish. Pathol. – 1990. – Vol. 25. – P. 87-91.

Eiras J.C., Molnar K., Lu Y.S. Synopsis of the species of the genus *Myxobolus* Bütschli, 1882 (Myxozoa, Myxosporrea, Myxobolidae) // Syst. Parasitol. – 2005. – Vol. 61 (1). – P. 1-46.

Eiras J.C., Abreu P.C., Robaldo R., Junior J. Pereira. *Myxobolus platanus* n. sp. (Myxosporrea, Myxobolidae), a parasite of *Mugil platanus* Günther, 1880 (Osteichthyes, Mugilidae) from Lagoa dos Patos, RS, Brazil // Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. – 2007. – Vol. 59 (4). – P. 895-898.

Fomena A., Bouix G. Myxosporrea (Protozoa: Myxozoa) of freshwater fishes in Africa: keys to genera and species // Syst. Parasitol. – 1997. – Vol. 37 (3). – P. 161-178.

Landsberg J.H., Lom J. Taxonomy of the genera of the *Myxobolus/Myxosoma* group (Myxobolidae: Myxosporrea) current listing of species and revision of synonyms // Syst. Parasitol. – 1991. – Vol. 18. – P. 165-186.

Lom J., Dyková I. Studies on Protozoan parasites of Australian fishes III. Species of genus *Myxobolus* Bütschli, 1882 // Eur. J. Protistol. – 1994. – Vol. 30. – P. 431-439.

http://www.internevod.com/rus/academy/bio/k_fish/mugilida.shtml. // Семейство кефалевые (Mugilidae).

ПЛОТНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА (*ERIOCHEIR JAPONICUS*) В ПЛАНКТОНЕ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Н.В. Щербакова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток

В последние годы одним из перспективных промысловых беспозвоночных становится японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonicus* (de Naan). В странах Юго-Восточной Азии этот вид является объектом марикультуры и промысла, биология его интенсивно изучается. В настоящее время в связи с малой изученностью и возросшим интересом к освоению его ресурсов в дальневосточном регионе России также проводится активное исследование биологии мохнаторукого краба. Важным этапом в исследовании данного вопроса является изучение планктонного периода жизни краба.

На акватории Амурского залива проводили еженедельные планктонные съемки на 13 станциях с июня по август 2006 г. и с мая по сентябрь 2007 г. (рис. 1). Вертикальный отбор проб осуществляли модифицированной сетью Апштейна с диаметром входного отверстия – 25 см, у которой размер ячеек капронового сита составил 100 мкм. Пробы отбирали от дна до поверхности, с одновременным измерением температуры и солености в поверхностном слое воды. Всего за период исследований было отобрано и обработано 276 планктонных проб. Пробы фиксировали 4 %-ным формалином и просматривали под биноклем и микроскопом. Для видовой идентификации личинок крабов и определения их возрастных стадий использовали работы разных авторов (Корниенко, Корн, 2005; Корниенко и др., 2007; Aikawa, 1929; Morita, 1974; Lai et al., 1986; Kim, Hwang, 1990). Пересчет общего количества личинок в пробе на 1 м^3 морской воды проводили согласно формуле: $N = n / \pi R^2 \times H$, где H – глубина лова (м), π – 3,14, R – радиус входного отверстия сети (м), N – количество личинок в 1 м^3 , n – количество личинок в пробе.

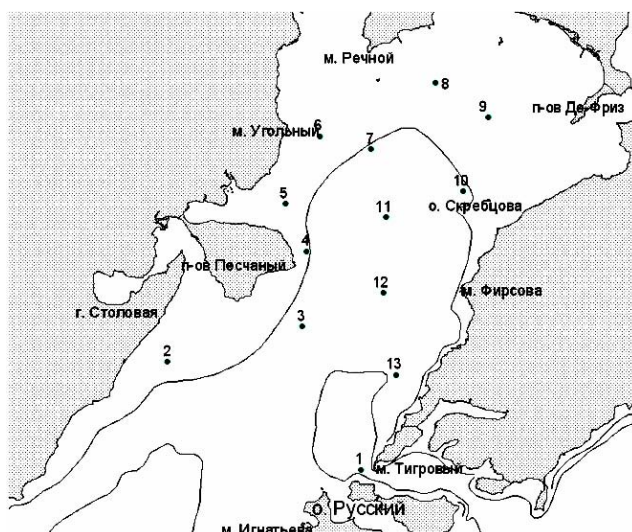


Рис. 1. Схема планктонных станций в Амурском заливе в 2006-2007 гг.

В Амурском заливе в 2006 г. зоэа мохнаторукого краба присутствовали в планктоне с конца июня и до конца июля, а в 2007 г. – с середины июня до середины августа (см. таблицу). За время работ обнаружены все стадии развития – от зоэа I до зоэа V.

В 2006 г. личинки мохнаторукого краба обнаружены на 7 станциях, над глубинами от 5 до 14 м, в основном на акватории, прилегающей к западному побережью Амурского залива, вблизи рек Барабашевка, Амба, Раздольная и п-ова Песчаный (рис. 2). Наибольшие плотности личинок разных стадий от 7,5 до 10,5 экз./ м^3 отмечены на трех станциях, расположенных севернее п-ова Песчаный, вблизи впадающей в залив реки Амба.

Стадии развития личинок мохнаторукого краба в планктоне Амурского залива летом 2006-2007 гг.

Год исследований	Стадия развития	Период наблюдения в планктоне	Диапазон плотностей экз./м ³ (средняя)	Диапазон температур в слое воды 0-0,5м, °С
2006	I	28,06 – 05,07	1,3-5 (3,8)	16,4 – 20,8
	II	28,06 – 05,07	3,0-10,6 (7,3)	16,4 – 20,8
	III	28,06 – 12,07	1,0-8,5 (4,0)	16,4 – 22,9
	IV	28,06 – 19,07	1,0-8,8 (3,1)	17,5 – 22,3
	V	12,07 – 25,07	2,2-4,4 (3,4)	21,6 – 22,3
2007	I	14,06 – 25,07	0,8-16,0 (4,4)	14,2 – 21,3
	II	28,06 – 08,08	1,0-20,0 (5,5)	17,5 – 22,8
	III	25,07 – 15,08	1,7-13,0 (4,1)	20,0 – 23,2
	IV	15,08	2	22,0 – 23,2
	V	15,08	1	22,0

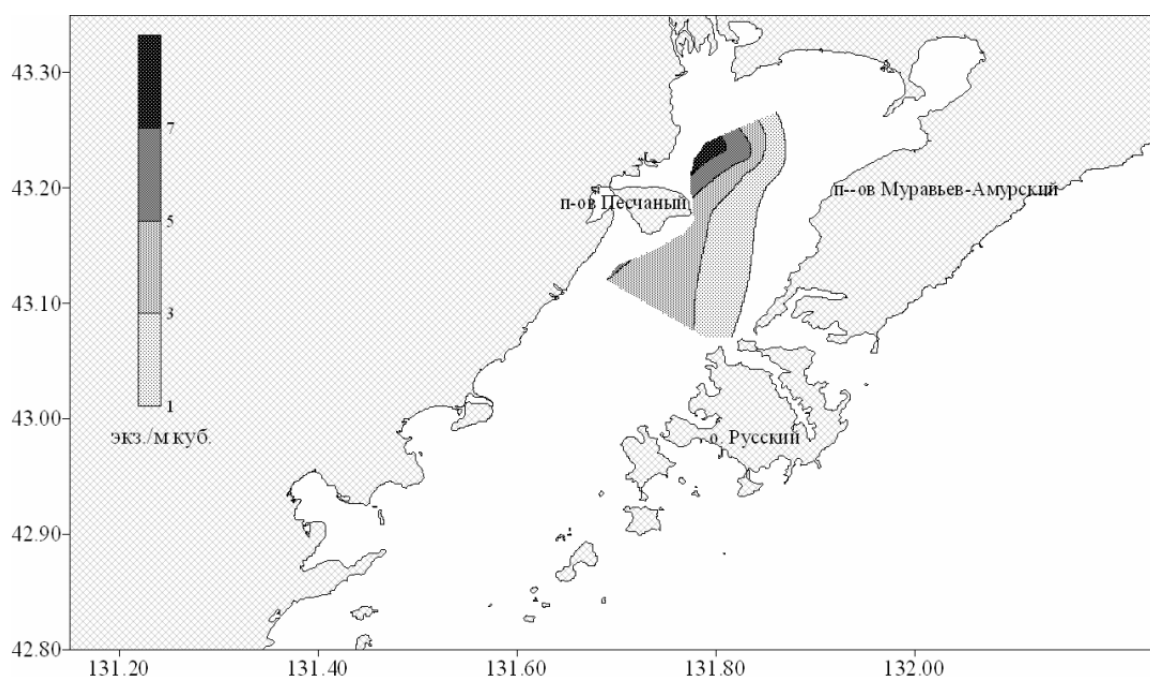


Рис. 2. Распределение личинок мохнаторукого краба в Амурском заливе летом 2006 г.

В 2007 г. личинок мохнаторукого краба наблюдали на всех 13 станциях, над глубинами до 26 м (рис. 3). Плотность личинок в два раза превысила максимальную концентрацию зоэа предыдущего года и варьировала в диапазоне от 0,8 до 20 экз./м³. Наибольшие плотности личинок (15-20 экз./м³) отмечены в северо-западной (кутовой) части залива, т.е. в более распресненной его области, вблизи эстуария р. Раздольная.

Температура воды в период развития личинок мохнаторукого краба в 2006-2007 гг. изменялась в пределах 14-23 °С, соленость поверхностного слоя воды – от 24 до 32 ‰. Причем наименьшие значения солености отмечены в основном в северной части Амурского залива.

Таким образом, по результатам планктонных съемок в 2007 г. личинок мохнаторукого краба наблюдали на всей акватории Амурского залива, тогда как в 2006 г. они были сосредоточены в основном в его западной части. При этом плотность личинок в 2007 г. вдвое превысила их концентрацию предыдущего года. Планктонное развитие краба в 2006 г. длилось 28-30 дней, тогда как в 2007 г. оно протекало около двух месяцев. По-видимому, в 2007 г., выпуск личинок был более растянутым, так как стадия зоэа I встречалась больше месяца. Основным районом скопления личинок мохнаторукого краба является акватория Амурского залива севернее п-ова Песчаный. По-видимому, стабильная концентрация личинок мохнато-

рукого краба в районе п-ова Песчаный обусловлена формированием здесь в летнее время циклонического круговорота.

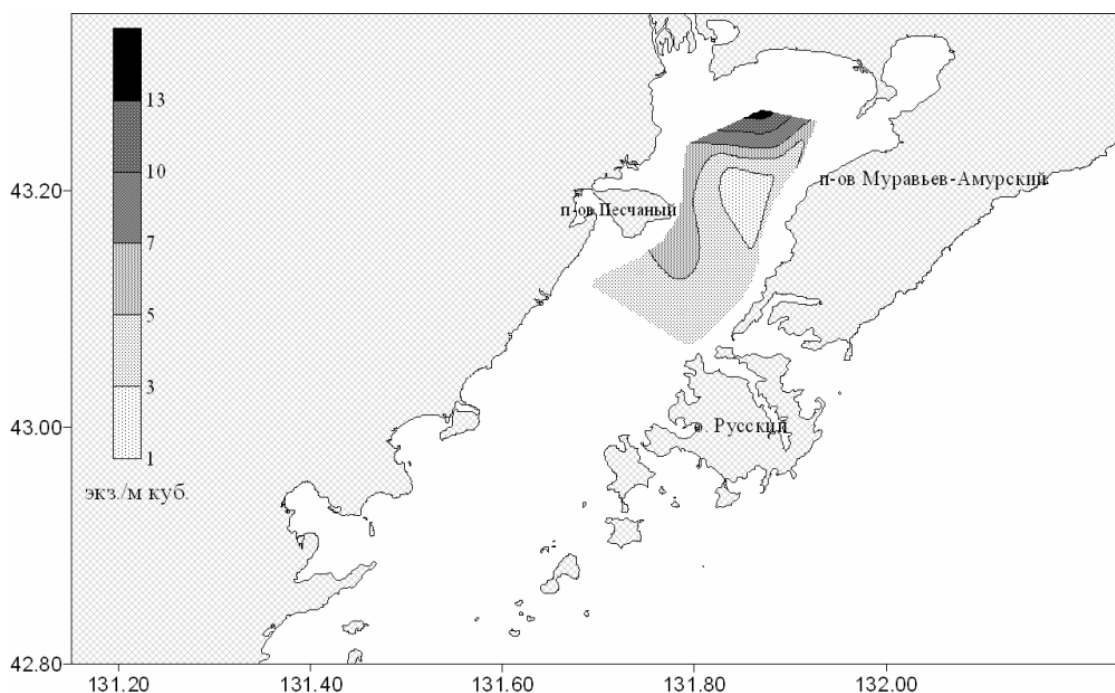


Рис. 3. Распределение личинок мохнаторукого краба в Амурском заливе летом 2007 г.

ЛИТЕРАТУРА

Корниенко Е.С., Корн О.М. Культивирование в лабораторных условиях и особенности морфологии личинок японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* (De Haan) // Изв. ТИНРО. –2005. – Т. 143. – С. 35-51.

Корниенко Е.С., Корн О.М., Кашенко С.Д. Сравнительная морфология личинок прибрежных крабов семейства VARUNIDAE (CRUSTACEA: DECAPODA) // Биол. моря. – 2007. – Т. 33, № 2. – С. 83-101.

Aikawa H. On larval forms of some Brachiura // Records of Oceanographic Works in Japan. – 1929. – Vol. 9, № 1. – P. 87-162.

Kim C.H., Hwang S.G. The complete larval development of the mitten crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853 (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory and a key to the known zoeae of the Varuninae // Crustaceana. – 1995. – Vol. 68, № 7. – P. 793-812.

Lai H.T., Shy J.Y., Yu H.P. Morphological observations on the larval *Eriocheir japonica* De Haan (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory // J. Fish. Soc. Taiwan. – 1986. – Vol. 13, № 2. – P. 12-21.

Morita T. Morphological observation on the development of larva of *Eriocheir japonica* De Haan // Zool. Mag. – 1974. – Vol. 83. – P. 24-81.

КОЛЕБАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ И ВОЗРАСТНОГО СОСТАВА ЭВФАУЗИИД БАРЕНЦЕВА МОРЯ В УСЛОВИЯХ ТЕПЛЫХ ЛЕТ

А.С. Юрко

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии
им. Н.М. Книповича, Мурманск, Россия, yualex@pinro.ru

Численность и жизненные циклы являются важными характеристиками состояния популяции животных. В Баренцевом море встречается 4 вида эвфаузиид – *Th. inermis*, *Th. raschii*, *Th. longicaudata*, *M. norvegica*; каждый из них обладает своим диапазоном температурной валентности, в пределах которой эти виды занимают определенные биотопы на акватории моря. Изменение теплового режима вод неизбежно сказывается на их воспроизводительной способности, влияет на процесс формирования численности популяций (Дробышева, 1994). В связи с этим анализ изменения возрастного состава и численности эвфаузиид, выполненных на основе сбора зоопланктона в Баренцевом море, представляет большой интерес.

В данной работе рассмотрены численность и возрастная структура сообществ эвфаузиид на северо-западе и западе Баренцева моря, испытывающих влияние атлантических вод и сделана попытка оценить изменчивость этих показателей на фоне аномально теплых лет.

Материал собран в октябре-ноябре 2004, 2005 и 2006 гг. в северо-западных и западных рыбопромысловых районах Баренцева моря. Орудием лова служила притраловая сеть (площадь входного отверстия 0,2 м², размер ячеек сита 564 мкм), которая облавливала придонный слой (10 м от дна). За показатель численности принята средняя арифметическая величина уловов (экз./ 1000 м³) за 1 ч траления. Пробы макропланктона фиксировались 10 % раствором формалина. В 2004 г. отобрано 225 проб, в 2005 г. – 154, в 2006 г. – 153.

В части проб проведена видовая идентификация рачков. Их размеры и видовая принадлежность определялась под биноклем МБС-10 при увеличении х8.

На рассматриваемой акватории в Баренцевом море в массовом количестве встречаются два вида Euphausiacea: *Th. inermis* и *M. norvegica*. Их популяционная структура представлена тремя возрастными группами: 0+ - сеголетки, 1+ - годовики, 2+ - двухлетки.

Средний возраст сообщества эвфаузиид определяли по формуле:

$$X_i = \frac{\sum N_i t_i}{n},$$

где N_i – численность i -й возрастной группы; t_i -возраст i -й возрастной группы, n - суммарное количество животных.

Ежегодные колебания численности баренцевоморских эвфаузиид в большой степени определяются зоогеографической и экологической разнокачественностью их видового состава. Выделяются две группы видов:

1. Атлантические – *Meganyciphanes norvegica* и *Thysanoessa longicaudata*, которые приносятся в Баренцево море атлантическими водами из Норвежского моря; их основная масса распространяется в западных районах.

2. Баренцевоморские местные виды – *Th. inermis* и *Th. raschii*. Первый вид широко распространен в разных водных массах, локализация его группировок в море в определенной степени зависит от адвекции атлантических вод, второй вид тяготеет к прибрежным районам, заливам, бухтам и подводным возвышенностям, где отмечается резкая сезонная смена температуры воды (Дробышева, 1982).

Анализ состояния сообществ эвфаузиид подтверждает возможность значительного пополнения баренцевоморской популяции *Th. inermis* за счет приноса рачков из Норвежского моря. *M. norvegica* является индикатором вод атлантического генеза. Известно, что Баренцево море является для него стерильной областью выселения, а совокупность ракообразных – псевдопопуляцией (Тимофеев, 1996). Значительное увеличение его численности в Баренцевом море может быть связано с усилением атлантической адвекции (Дробышева, 2003). Как видно из таблицы, абсолютная

численность этого рачка в 2004-2006 гг. варьирует. Средняя численность этого вида в 2004-2005 гг. практически не меняется, как и численность всех видов эвфаузиид. Однако наблюдается пространственное перераспределение (рис. 1) и изменение доли видов рачков в сообществе эвфаузиид на акватории Баренцева моря.

Численность эвфаузиид в Баренцевом море в 2004-2006 гг. (экз./ 1000 м³).

Параметр	2004			2005			2006		
	район		среднее	район		среднее	район		среднее
	Северо-запад	запад		Северо-запад	запад		Северо-запад	запад	
Эвфаузииды									
<i>X_{mid}</i>	501	332	452	657	259	517	2244	497	1479
<i>X_{min}</i>	11	22	11	15	52	15	12	46	12
<i>X_{max}</i>	6809	5239	6809	10993	1365	10993	49340	2384	49340
SE	62	81	50	116	32	78	694	55	396
CV, %	157	198	167	177	92	186	287	91	331
M.	14	36	21	28	22	25	40	40	40
<i>norvegica</i>	(2,8 %)	(11 %)	(4,6 %)	(4,2 %)	(8,4 %)	(4,8 %)	(1,8 %)	(8,1 %)	(2,7 %)

Примечание: *X_{mid}* – среднее значение, SE – ошибка средней, CV – коэффициент вариации.

В 2005 г. возросла численность *M. norvegica* в северо-западных районах моря и снизилась в западных районах. В 2006 г. абсолютная численность этого вида возросла в обеих частях моря в 2 раза, на фоне значительного увеличения общей численности эвфаузиид (см. таблицу). Нами найдена положительная зависимость между численностью *M. norvegica* и количеством сеголеток *Th. inermis* (коэффициент корреляции 0,51). Так как более 80 % рачков в западных и северо-западных частях моря приходится на *Th. inermis* и доля молоди в популяции этого вида в 2006 г. значительно возросла, можно предположить, что значительный вклад в пополнение баренцевоморской популяции *Th. inermis* пришелся за счет интенсивного выноса молоди из Норвежского моря, где у Лофотенских островов происходит мощный нерест этого вида (Einarsson, 1945; Wiborg, 1954).

Как уже отмечалось, абсолютная численность *M. norvegica* на всей акватории моря в 2006 г. существенно возросла (см. таблицу). Традиционно высокие концентрации этого вида отмечаются на западе моря (Дробышева, 1994), так как он приурочен к более теплым водам. Однако в 2006 г. существенный рост абсолютной численности *M. norvegica* наблюдается и в северо-западных районах моря (см. таблицу, рис. 2), на основании чего можно сделать вывод об усилении приноса рачков этого вида увеличившимся притоком атлантических вод.

Доля ювенильных рачков *M. norvegica* в 2004 г. на северо-западе моря, по сравнению с западной частью ареала, ниже (рис. 3). Вероятно, это обусловлено тем, что с водами Нордкапского течения на запад моря принеслось большое количество молоди этого вида эвфаузиид, по сравнению с 2003 г., что и отразилось на возрастном составе баренцевоморской группировки этого рачка. Аналогичная ситуация, хотя и менее выраженная из-за малого числа проб, взятых на биоанализ в этом районе, наблюдалась на западе моря в 2006 г., когда до 90 % *M. norvegica* на северо-западе пришлось на рачков 2-го года жизни, в то время как на западе подавляющее количество пришлось на сеголеток и рачков 3-го года жизни. Таким образом, на западе моря в 2004 и 2006 гг. средняя численность сеголеток *M. norvegica* оставалась на стабильно высоком уровне, в то время как на северо-западе моря в 2006 г. наблюдался существенный рост численности рачков 1-го года жизни (рис. 3).

Другим, широко распространенным на акватории моря рачком является аркто-бореальный неритический *Th. inermis*. Как видно из рис. 4, в 2006 г. произошло снижение среднего возраста его популяции на всей акватории по сравнению с 2004 г. Существенное (в 5 раз на северо-западе и в 1,5 раза на западе моря) увеличение численности рачков *Th. inermis* (см. рис. 2) на фоне роста доли молоди в популяции, как уже указывалось, вероятно, связано с интенсивным приносом этого вида из Норвежского моря в 2006 г. На подобную возможность указывала еще С. С. Дробышева (1994), когда в теплые годы заметно увеличивалась доля молоди на западе моря, что является явным признаком зависимости местной популяции и близости границы активной репродукции.

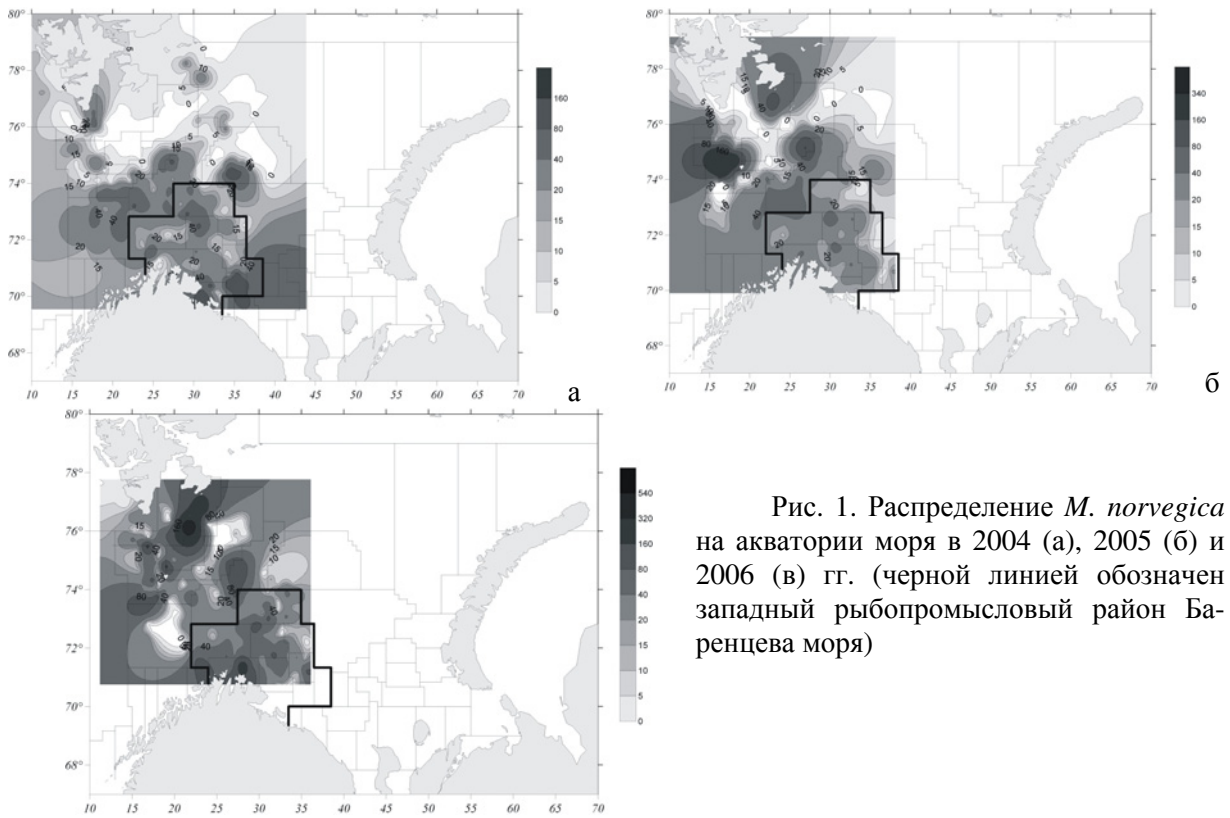


Рис. 1. Распределение *M. norvegica* на акватории моря в 2004 (а), 2005 (б) и 2006 (в) гг. (черной линией обозначен западный рыбопромысловый район Баренцева моря)

В

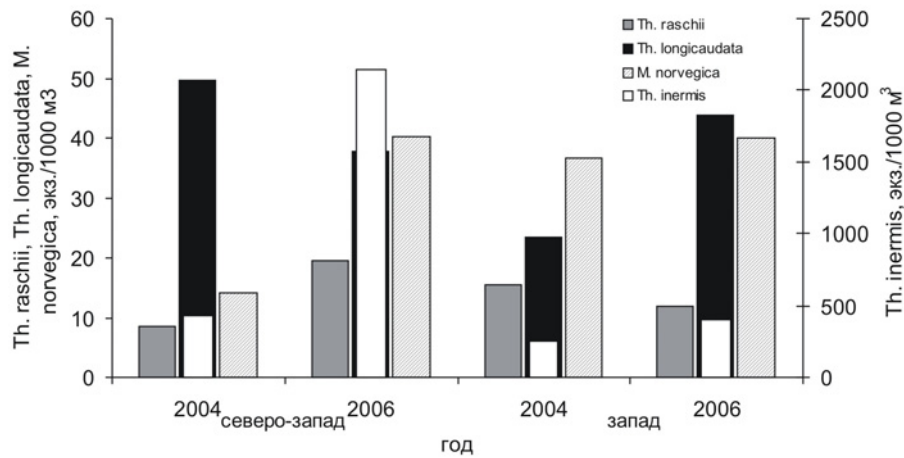


Рис. 2. Средняя численность эвфаузиид (экз./1000 м³) на акватории Баренцева моря в 2004, 2006 гг.

Средний возраст популяции *Th. inermis* на северо-западе моря в 2004 г., как и у *M. norvegica*, также был выше, чем на западе (рис. 4). Однако разницы численности ювенильных рачков в 2004 г., в отличие от 2006 г., между северо-западом и западом не наблюдалось (рис. 3). Омоложение популяции *Th. inermis* на западе моря в 2004 г. произошло за счет присутствия большого числа (82 %) рачков 2-го года жизни и меньшей численности, нежели на северо-западе, особей 3-го года, возможно, из-за выедания в этом году треской взрослой части популяции. Напротив, в 2006 г. численность и возрастной состав популяции этого вида на северо-западе и западе моря претерпевает характерные изменения, выражающиеся в существенном увеличении численности сеголеток, сходстве возрастного состава на всей акватории моря (рис. 3, 4).

Межгодовые колебания численности сеголеток 4-х видов эвфаузиид имеют свои характерные особенности (рис. 3, 5). Наибольшее количество сеголеток *Th. longicaudata* и *M. norvegica* в 2004 и 2006 гг. найдено на западе Баренцева моря (рис. 2, 3). Численность же сеголеток *Th. inermis* существенно возросла на северо-западе и западе моря только в 2006 г. По

всей видимости, это связано с тем, что численность рачков *Th. longicaudata* и *M. norvegica* в изученных районах полностью зависит от приноса с водами Норвежского течения и эта область является для них стерильной областью выселения, в то время как численность местной популяции *Th. inermis* слагается как из самостоятельного воспроизводства, так и приноса из Норвежского моря. Также различаются биотопы, к которым тяготеют эти виды. *M. norvegica* и *Th. longicaudata* предпочитают более теплые воды западной части моря, в связи с чем можно предположить, что более низкая численность сеголеток этих видов на северо-западе связана с их элиминацией в менее теплых водах этого района. Температурный диапазон *Th. inermis* шире, благодаря чему на фоне усиленной адвекции тепла на акватории моря в 2006 г. наблюдается синхронный рост численности сеголеток в обеих частях ареала.

Рис. 3. Колебания численности сеголеток (экз./ 1000 м³) *Th. inermis*, *Th. raschii*, *Th. longicaudata*, *M. norvegica* в северо-западных и западных районах Баренцева моря

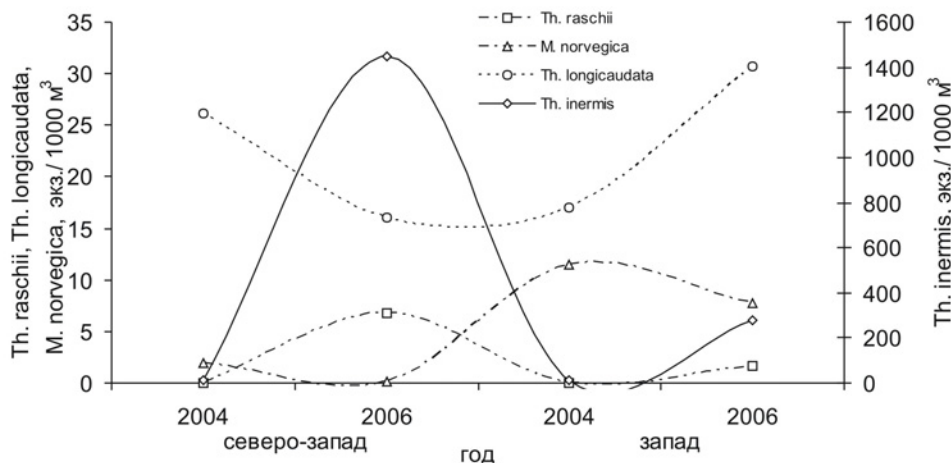
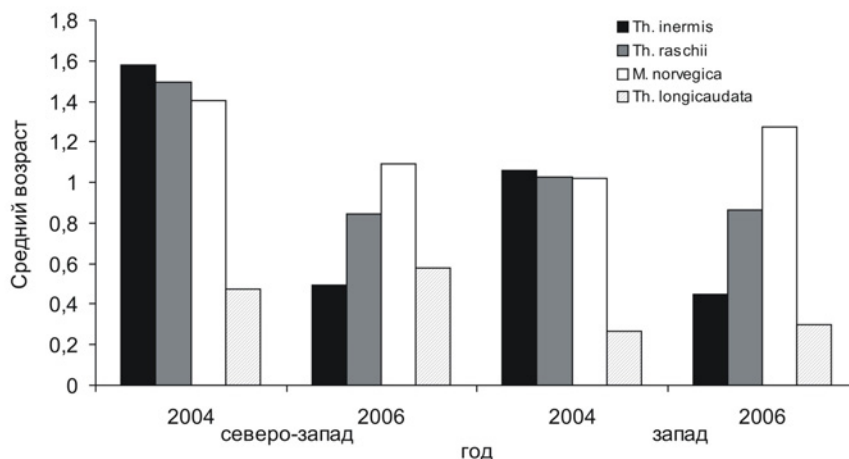


Рис. 4. Возрастная структура эвфаузиид на северо-западе и западе Баренцева моря в 2004, 2006 гг.



Th. raschii был малочислен на акватории северо-западного и западного районов Баренцева моря. Его северо-западные и восточные группировки разобщены

поток атлантических вод Северной ветви Нордкапского течения и совершенно не связаны друг с другом (Дробышева, 1994). Этот вид считается аркто-бореальным с большим диапазоном температурной валентности (Mauchline, Fisher, 1969). Приуроченность к прибрежным водам исключает массовый вынос *Th. raschii* за пределы зоны репродукции (Дробышева, 1994).

На фоне существенного роста численности *Th. inermis* и *M. norvegica* в 2006 г. на всей акватории наблюдается сокращение доли этого вида почти в 2 раза при отсутствии резких колебаний абсолютной численности. В 2006 г. в популяции *Th. raschii* на фоне сокращения его доли в сообществе эвфаузиид произошло некоторое увеличение абсолютной численности рачков в обоих рассматриваемых районах моря; в пробах планктона также найдены сеголетки этого вида. Так как численность норвежского скопления *Th. raschii* очень мала, эвфаузииды обитают в фиордах и не могут быть в массе увлечены атлантическими водами. Следовательно, подобные изменения, вероятно, обусловлены интенсивным разносом местных группировок течениями из прибрежных в мористые районы моря. Однако, несмотря на отмеченные изменения в популяции *Th. raschii*, этот вид, в отличие от *Th. inermis*, характеризуется

большей стабильностью численности и возрастного состава на акватории Баренцева моря в изученный период.

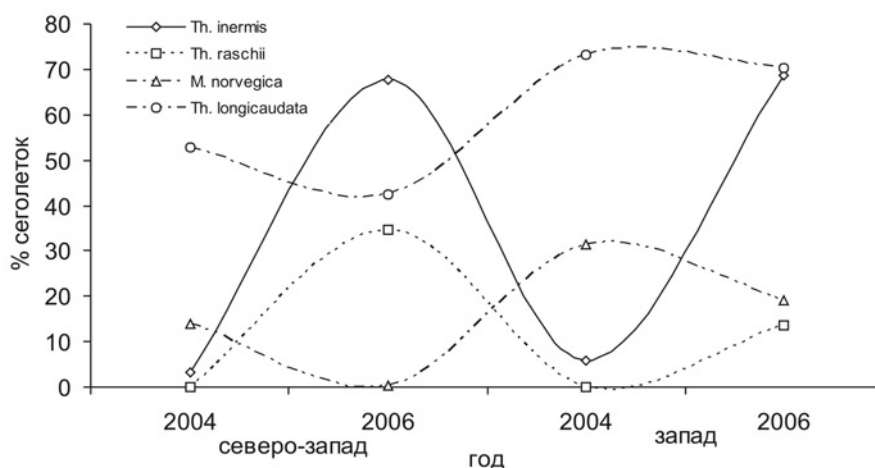


Рис. 5. Колебания численности сеголеток (%) *Th. inermis*, *Th. raschii*, *Th. longicaudata*, *M. norvegica* в северо-западных и западных районах Баренцева моря

Итак, в рассматриваемый период времени наблюдаются изменения структуры сообщества эвфаузиид в связи с изменением гидрологического режима Баренцева моря. На фоне усиления притока атлантических вод в 2004–2006 гг. наблюдается увеличение численности тепловодного вида *M. norvegica*, в 2006 г. существенно увеличилась численность *Th. inermis* на всей акватории моря. Доля ювенильных рачков приносных видов *M. norvegica* и *Th. longicaudata* остается стабильно высокой на западе моря без выраженных колебаний, в то время как численность сеголеток *Th. inermis* существенно возрастает в 2006 г., что может быть обусловлено как ростом численности местной популяции рачков, так и усилением приноса *Th. inermis* из Норвежского моря.

ЛИТЕРАТУРА

- Дробышева С. С. Эвфаузииды Баренцева моря и их роль в формировании промысловой биопродукции. – Мурманск: ПИНРО, 1994. -139 с.
- Дробышева С. С., Близначенко Т. Э. Размерно-возрастная структура популяций эвфаузиид южной части Баренцева моря // Планктон прибрежных вод Восточного Мурмана. – Апатиты: КФ АН СССР, 1982. - С. 75-89.
- Дробышева С. С., Нестерова В. Н., Никифоров А. Г., Жукова Н. А. Роль тепловодного компонента в формировании локальных скоплений эвфаузиид в южной части Баренцева моря // Вопр. рыб. бол. – 2003. – Т. 4, №2 (14). – С. 209-216.
- Тимофеев С. Ф. Экология онтогенеза эвфаузиидных ракообразных (Crustacea, Euphausiacea) северных морей. – СПб.: Наука, 1996. – 156 с.
- Einarsson H. Euphausiacea. I. Northern Atlantic species // Dana-Rep. Copenh. – 1945. - № 27. – 185 p.
- Mauchline J., Fisher L. The biology of euphausiids // Adv. Mar. Biol. – 1969. – № 7. – 454 p.
- Wiborg K. F. Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters of Western and North-western Norway with special reference to copepods // FiskDir. Skr., Ser. Havunder. – 1954. – Bd. 11, № 1. – 246 s.

СОСТОЯНИЕ ЗАПАСА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫСЛА ТРЕСКИ *GADUS MACROCEPHALUS* (GADIDAE) В СЕВЕРО-ОХОТОМОРСКОМ ПРОМЫСЛОВОМ РАЙОНЕ

Р.Р. Юсупов, А.И. Каика

Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (МагаданНИРО), г. Магадан, Россия, magadanniro@magadanniro.ru, yusupov@magniro.ru

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* Tilesius является одним из основных промысловых объектов северной Пацифики, входя в первую десятку видов по объему вылова в дальневосточных морях. Исследования биологических ресурсов Охотского моря показали, что в северной его части запасы трески также значительны. По оценкам специалистов, общая биомасса североохотоморской трески первоначально была оценена в 108,2-158,6 тыс. т (Борец, 1990; Чучукало и др., 1997). В то же время запасы трески в этой части Охотского моря оценивались В.А. Вышегородцевым (1998) скромнее и не превышали 34,9 т. Более поздние исследования послужили основанием для существенной корректировки ранее оцененной биомассы запаса трески в сторону снижения до 11,8 тыс. т (Ильинский, 2002). По результатам траловых съемок МагаданНИРО в 2003-2005 гг. общая величина биомассы трески в северной части Охотского моря восточнее 147° в.д., включая акваторию зал. Шелихова, близка к таковой, полученной ранее В.А. Вышегородцевым (1998), и составляет 33,2 тыс. т. В том числе в Северо-Охотоморской промысловой подзоне – 14,3 тыс. т.

Несмотря на высокую коммерческую ценность и востребованность на внутреннем и внешнем рынке продукции из трески, вылов ее в прошлом был небольшим. Даже в первые годы нынешнего века годовой вылов трески на шельфе и прибрежной части Магаданской области составлял 26-32 т, при среднегодовом – 30,5 т (рис. 1).

Ситуация изменилась с 2004 г. По данным промысловой статистики ФГУ «Охотскрыбвод», 2004 г. характеризовался активизацией промышленного освоения запасов рыб прибрежья. На конец 2004 г. общий вылов рыб (без учета вылова минтая и сельди) составил 3200 т, превысив среднемноголетние уловы в 5 раз, что в абсолютных значениях равнозначно суммарному вылову за все предшествующие годы (Юсупов и др., 2005). Общее увеличение валовой добычи произошло, главным образом, за счет ранее слабо осваивавшихся объектов, в том числе и трески. В 2004-2006 гг. ее годовой вылов возрос до 942-1598 т и в среднем составил 1284 т. Таким образом, за сравнительно короткий промежуток времени годовой вылов трески в северной части Охотского моря увеличился в 30-52, в среднем – 42 раза.

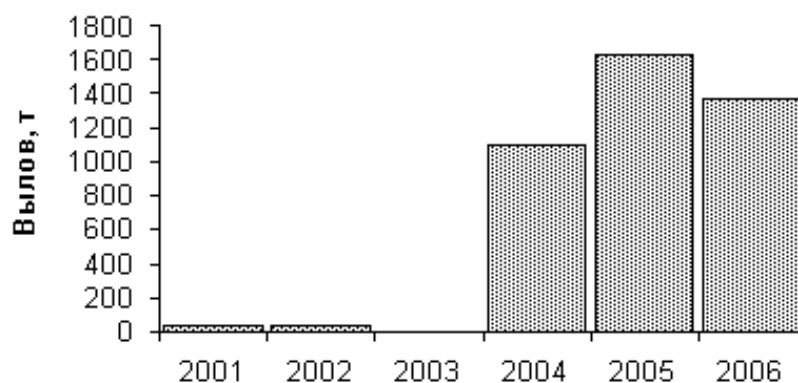


Рис. 1. Динамика добычи трески на шельфе и прибрежье Северо-Охотоморского промыслового района

Распределение и миграции. В северной части Охотского моря треска распространена повсеместно, но далеко не равномерно. Обитая в придонном слое воды на глубинах от 10 до 500 м, глубже 300 м она встречается единично.

Первые подходы трески на мелководье прибрежной зоны наблюдаются ранней весной в апреле-мае (Хованский, Скрылев, 2001) и связаны с периодом нереста. После короткого

периода нереста (10-20 дней) треска вновь откочевывает на шельф и материковый склон, где обитает до наступления лета.

Летние подходы трески в прибрежную зону на нагул происходят во второй декаде июня. Места ее повышенной концентрации отмечены в заливах Шельтинга и Бабушкина на глубинах 20-80 м. В первом районе уловы донным тралом колеблются от нескольких до 855 экземпляров на час траления, в среднем 150 экз. или 141 кг, во втором – 355 экз. или 333 кг (рис. 2). На этих участках нагула треска потребляет в основном молодь минтая и креветок. Сельдь как объект питания встречается в желудках трески крайне редко; в спектре питания она была отмечена лишь у трески на западных участках нагула. В начале октября треска мигрирует в открытую часть шельфа на глубины от 100 до 220 м. Здесь средний улов на час траления составлял 59 экз.

В целом, наши и литературные (Хованский, Скрылев, 2001) данные по распределению трески в северной части Охотского моря в разные годы наблюдений показывают пространственно-временную стабильность локализации основных скоплений трески в участках прибрежья и шельфа, находящихся на траверзе п-овов Кони и Пьягина.

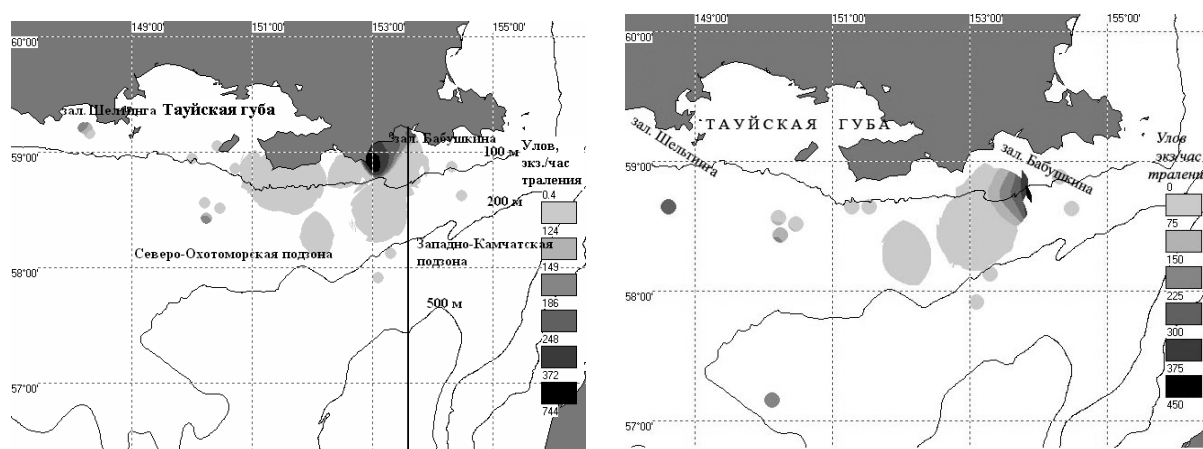


Рис. 2. Распределение трески в Северо-Охотоморском промысловом районе (слева – в августе-сентябре, справа – в октябре-ноябре)

Температурный диапазон обитания трески на шельфе довольно широк и колеблется от 2 °С до 6 °С. Наиболее результативными были уловы на придонных участках термической зоны – 3-4 °С (рис. 3). В суточной динамике вылова трески ярусом четко отслеживается 2 пика, проявившиеся в интервале времени с 10 до 12 и с 15 до 17 часов. По всей видимости, колебания уловов трески крючковой снастью связаны с ее суточной ритмикой питания.

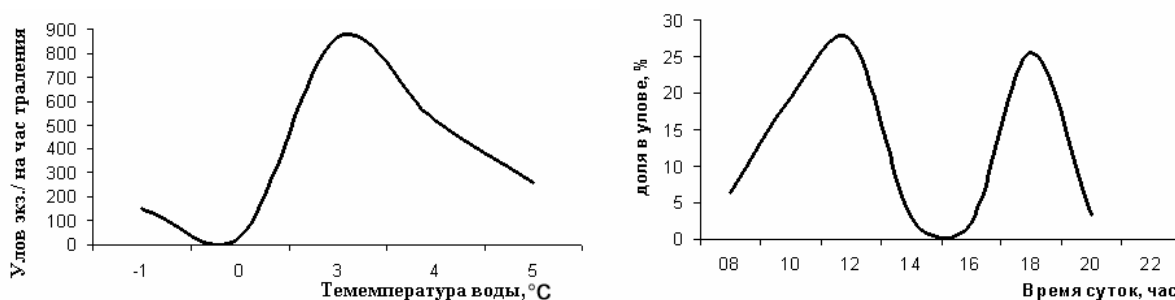


Рис. 3. Плотность поселений трески на участках с разной температурой придонного слоя воды (слева) и суточная динамика ее уловов (справа)

Размерно-весовой состав. В исследуемом районе уловы трески формируют особи размером от 20 до 90 см и больше. Крупные особи встречаются крайне редко. Так, в 2000 г. на траверзе зал. Бабушкина донным тралом была поймана самка трески длиной 102 см и полной массой 13,2 кг, возраст которой был определен И.Е. Хованским и С.В. Скрылевым (2001) в 11+ лет. Проведенный нами детальный анализ имеющегося шлифа отолита показал, что возраст этой особи на год больше и составляет 13 лет (12+).

Сравнительный анализ данных по биологическому состоянию трески северной части Охотского моря за семилетний период наблюдений показал, что с началом интенсивного освоения ее запаса в структуре популяции произошли изменения (рис. 4).

Согласно данным И.Е. Хованского и С.В. Скрылева (2001), в 2000 г. траловые уловы трески были сформированы особями 9 поколений возрастом от 4+ до 12+ лет. Их длина тела колебалась от 21 до 102 см; вес варьировал от 0,1 до 13,2 кг, в среднем 1,9 кг. Основную массу трески в северной части Охотского моря слагали особи в возрасте 5+–7+ лет – 83,4 %. Средний возраст особей в уловах составил 5,4 года. Учитывая, что массовое созревание североохотоморской трески происходит на 4 году жизни, высокая величина среднего возраста особей в уловах 2000 г. косвенно свидетельствует о хорошем биологическом состоянии и высоком уровне запаса североохотоморского стада трески.

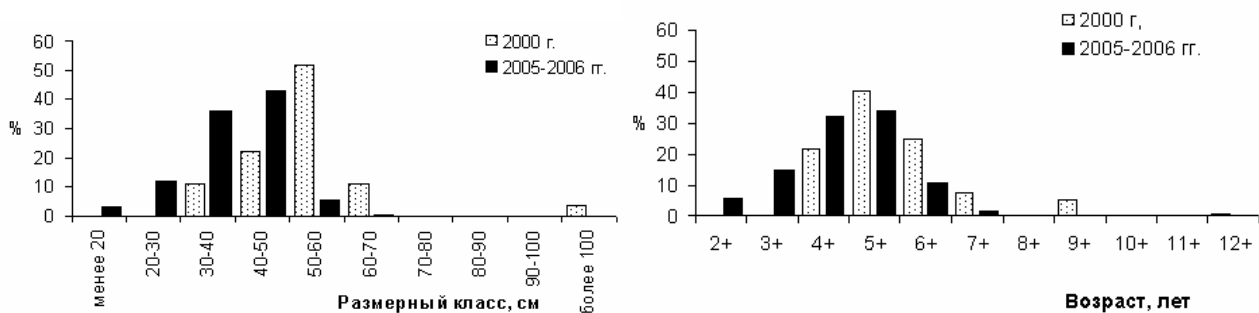


Рис. 4. Размерный (слева) и возрастной состав трески (справа) в уловах разных лет на акватории Северо-Охотоморского промыслового района

За 4 последние года интенсивного промысла линейно-возрастная структура стада трески претерпела видимые изменения. В первую очередь это отразилось на составе вылавливаемых рыб, представленных в уловах более широким рядом возрастных категорий. Наряду с особями среднего и старшего возраста до 11+ лет включительно, 15,1 % улова в штучном выражении составили молодые особи в возрасте 2+–3+ лет. Если в 2000 г. ярко (94 % от числа выловленных рыб) доминировали 5–8-летние особи, а средний возраст трески составлял 5,4 года, то из общего числа 1553 проанализированных нами рыб в 2005–2006 гг. – 92 % имели возраст 4–6 лет, а его средний показатель снизился до 4,4 года.

Сравнение наших данных с литературными (Хованский, Скрылев, 2001) показывает, что омоложение запаса трески проявляется и в снижении максимальных и средних значений линейно-весовых показателей вылавливаемых рыб. Соответственно возрастному составу, размеры рыб колебались от 20,8 до 82 см, в среднем составив 49,3 см; индивидуальная навеска – от 0,07 до 6,6 кг, в среднем 1,34 кг.

Для получения количественных показателей воздействия промысла мы провели оценку общей смертности и убыли стада. Для того чтобы нивелировать связанные со случайностью выборки отклонения в относительной численности поколений в возрастной структуре стада разных лет наблюдений, провели логарифмирование данных и их корректировку по полулогарифмической номограмме. Коэффициенты общей смертности (Z) и убыли стада (φ) рассчитали по формулам Ф.И. Баранова (Засосов, 1970).

Приведенные в таблице результаты расчетов в целом подтверждают данные статистики промысла трески в Северо-Охотоморской промысловой подзоне. Вместе с тем нельзя не отметить противоречие между статистическими данными по вылову трески 2000–2003 гг. и фактической убылью рыб, рассчитанной по данным возрастного состава 2000 г.

В годы слабого (по данным статистики промысла) освоения запаса трески, вплоть до 2003 г., фактическая величина убыли рыб в стаде 0,42 была хоть и ниже допустимой 0,62, но достаточно высокой, чтобы говорить о существенном влиянии промысла. С одной стороны, частично это может быть связано с небольшой выборкой возрастного состава трески (134 экз.), приводимой в работе И.Е. Хованского и С.В. Скрылева (2001). С другой стороны, это противоречие исчезает, если допустить недостаточную информационную обеспеченность

статистических данных, и фактическая величина изъятия трески в эти годы, возможно, была на порядок выше.

Базовые параметры расчета и коэффициенты общей смертности (Z) и убыли стада (φ) трески в Северо-Охотоморской промысловой подзоне северной части Охотского моря

Возраст, год	АС, см	$\ln N_1$	$\ln N_2$	Z_1	Z_2	φ	φ_1	φ_2
5,5	51,8	5,75	7,69	-	-	0,62	-	-
6,5	56,6	5,21	6,59	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
7,5	66,3	4,67	5,48	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
8,5	76,3	4,13	4,38	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
9,5	79,5	3,59	3,28	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
10,5	81,5	3,04	2,18	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
11,5	82,0	2,50	1,08	0,54	1,10	0,62	0,42	0,67
12,5	102	1,96	-	0,54	-	-	0,42	-

Примечание. $\ln N_1$ и $\ln N_2$ – число рыб в возрастных группах, выраженное в логарифмах; Z_1 и Z_2 – общая смертность трески в 2000 г. и 2005-2006 гг., соответственно; φ – расчетная допустимая убыль рыб в пределах удвоенного коэффициента естественной смертности (M) в возрасте массового созревания (Тюрин, 1972); φ_1 и φ_2 – фактическая убыль рыб в 2000 г. и 2005-2006 гг. соответственно,

В годы интенсивной добычи трески величина убыли стада 0,67 по своим значениям достаточно близко соответствует рассчитанной нами величине допустимой убыли 0,62. Из этого можно заключить, что осредненная величина годового вылова трески в Северо-Охотоморской промысловой подзоне в объеме 1284 т находится в пределах оптимума изъятия (незначительно его превышая), который по нашим расчетам составляет 1191 т и реализован в прогнозе общего допустимого улова этого объекта.

ЛИТЕРАТУРА

- Борец Л.А.** Состав и обилие рыб в донных ихтиоценозах шельфа северной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. – 1990. – Т. 111. – С. 162-171.
- Вышегородцев В.А.** Мойва и треска – резерв развития рыболовства в северной части Охотского моря // Расширенные тез. докл. регион. науч. конф. «Северо-Восток России: прошлое, настоящее, будущее». – Магадан, 1998. – Т. 1. – С. 82–83.
- Засосов А.В.** Теоретические основы рыболовства. – М.: Пищ. пром-сть, 1970. – 292 с.
- Ильинский Е.Н.** Современное состояние запасов и размещение трески и наваги в Охотском море // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 1097-1103.
- Тюрин П.В.** «Нормальные» кривые переживания и темпов естественной смертности рыб как основа регулирования рыболовства // Изв. ГОСНИОРХ. – 1972. – Т. 71. – С. 71-127.
- Хованский И. Е. Скрылев С.В.** Биологическая характеристика и перспективы развития прибрежного промысла тихоокеанской трески в северной части Охотского моря // Сб. науч. тр. Мгадан-НИРО. – Магадан, 2001. – № 1. – С. 174-183
- Чучукало Н.И.,** Лапко В.В., Кузнецова Н.А. и др. Питание донных рыб на шельфе и материковом склоне северной части Охотского моря летом 1997 г. // Изв. ТИНРО. – 1999. – Т. 126. – С. 24-57.
- Юсупов Р.Р.,** Ракитина М.В., Санталова М.Ю., Каика А.И. Структура уловов и ресурсы рыб в прибрежье Магаданской области // Наука Северо-Востока России – начало века: Тез. докл. Всерос. науч. конф., посвященной памяти академика К.В. Симакова и в честь его 70-летия. – Магадан, 2005. – С. 439-441.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛОРОТОЙ КОРЮШКИ *HYROMESUS OLIDUS*, *H. JAPONICUS* БУХТЫ ОССОРА И ЗАЛИВА КОРФА

И.Н. Янченко, Ю.Н. Амельченко

КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский, amelchenko.u.n@kamniro.ru

В водах п-ова Камчатка обитают представители двух видов малоротых корюшек, это *Hyromesus olidus*, *H. japonicus*. Морская малоротая корюшка *Hyromesus japonicus* впервые описана Бревортом в 1856 г. из водоемов Хоккайдо как *Osmerus japonicus* (Eschmeyer, 1998). Распространена вдоль азиатского побережья Тихого океана от Чиннамо (Корея) до залива Шелихова (Охотское море) и Карагинского залива (Берингово море), включая воды Хонсю, Хоккайдо, Сахалина и Курильских островов (Шмидт, 1950; Клюканов, 1975; Чуриков, Карпенко, 1987).

На Камчатке морская малоротая корюшка встречается в водах восточного побережья. Она обычна в Авачинской губе и расположенном рядом оз. Вилной, а также в оз. Калыгирь и Карагинском заливе. Нерест происходит на опресненных участках морских побережий с песчаным грунтом.

Проходная малоротая корюшка *Hyromesus olidus* впервые описана Палласом в 1811 г. из рек и озер Камчатки как *Salmo olidus* (Берг, 1948). Распространена в северной части Тихого океана и вдоль арктических берегов Азии и Северной Америки.

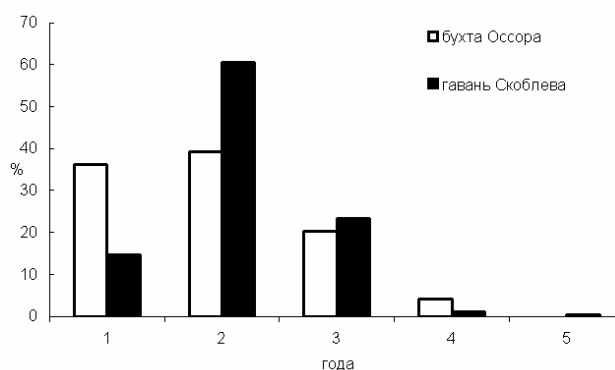
На Камчатке этот вид распространен довольно широко. Он встречается в Карагинском заливе, в бассейнах рек Камчатка, Большая (Западная Камчатка) и Хайрюзова (Крашенинников, 1949; Клюканов, 1975; Максименков, Токранов, 1993).

Материалы, собранные в период нагула корюшки в Карагинской подзоне; зал. Корфа (гавань Скобелева) и бухте Оссора сентябре-декабре 2007 г. показывают, что размеры малоротой корюшки в этих районах изменяются в основном в пределах 11-22 см, а масса тела – от 8 до 90 г, при средней длине 17,6 см (56,7 г) и 13,7 см (19,9 г) соответственно.

Анализ размерного-весового состава группировок корюшки из этих бухт показывает их разницу. Средняя длина самок и самцов в заливе Корфа гавань Скобелева составила 17,4 см и 17,6 см, в бухте Оссора 13,9 см и 13,7 см соответственно. Вес самок и самцов в заливе Корфа гавань Скобелева составил в среднем 54,1 г и 56,5 г, в бухте Оссора средний вес самок – 21,3 г, самцов – 19,9 г.

Популяции корюшки в этих районах состоит из особей в возрасте от 1 года до 5 лет и доминирует в ней самки. В зал. Корфа преобладали особи в возрасте 2-3 года, а в бухте Оссора – 1-2 года (см. рисунок).

Возрастной состав производителей корюшки в Карагинской подзоне 2007 г. (N=500 экз.)



ЛИТЕРАТУРА

- Берг А.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. – М.;Л.: АН СССР, 1948. – Ч. 1. – С. 466.
- Клюканов В.А. Систематика и родственные отношения корюшек родов *Osmerus* и *Hyromesus* и их расселение // Зоол. журн. - 1975. - Т. 54, вып. 4. - С. 590-596.
- Крашенинников С.П. Описание земли Камчатка. М.;Л.: Изд-во Главсевморпути, 1949. – С. 841.
- Максименков В.В., Токранов А.М. Питание малоротой корюшки *Hyromesus olidus* в эстуарии р. Большая (западная Камчатка) // Вопр. ихтиол. – 1993. – Т. 33, вып. 3. – С. 388-394.
- Чуриков А.А., Карпенко В.И. Новые данные о распространении морской малоротой корюшки *Hyromesus japonicus* (Brevoort) в водах СССР // Вопр. ихтиол. – 1987. – Т. 27, вып. 1. – С. 157-159.
- Шмидт П.Ю. Рыбы Охотского моря. – М.; Л.: АН СССР, 1950. – С. 370.
- Eschmeyer W.N. Catalog of fish. San. Francisco: Publ. Calif. Acad. Sci. – 1998. – P. 2905.

СЕКЦИЯ

«Тихоокеанские лососи в пресноводных, эстуарно-прибрежных и морских экосистемах»

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА СИМЫ *ONCORHYNCHUS MASU (BREVOORT)* НИЖНЕГО АМУРА И ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

В.Н. Базаркин

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия
bazarkin@iver.as.khab.ru

Тихоокеанские лососи используют для размножения различные участки водоемов, отличные по условиям воспроизводства. Абиотические особенности нерестилищ определяют особенности биологии развития каждого вида, его численность и эффективность воспроизводства. В настоящее время особенности экологии воспроизводства для всех видов тихоокеанских лососей достаточно изучены (Кузнецов, 1928, Леванидов, 1968; Рухлов, 1969, Леман, Кляшторин, 1987; Базаркин, 1991 и др.). Однако сима, в сравнении с другими видами тихоокеанских лососей, в силу своего наименее значительного распространения, низкой численности в этом плане изучена слабее, несмотря на то что отдельные авторы уделяли внимание изучению условий воспроизводства симы в некоторых частях ее ареала (Смирнов, 1975; Семенченко, 1989).

Задачами данной работы явилось проведение сравнительного анализа абиотических условий воспроизводства симы, нерестящейся в реках бассейна Амура и западной Камчатки, различающихся комплексом физико-географических условий, что, несомненно, дополнит имеющиеся сведения о биотопических особенностях распределения симы.

Материал и методика

Работы проводились в разные периоды нереста и инкубации икры (июнь–октябрь) на нерестилищах симы, расположенных в реках Утка (западное побережье Камчатки, 1986, 1989 гг.) и Бешеная (бассейн Амура, 2004–2006 гг.).

Изучались следующие элементы гидрологического режима: температура воды на поверхности и в грунте (на глубине до 25 см), глубины и скорости течения на нерестилищах, величины мутности, рН и содержание кислорода в воде (на поверхности и в грунте). Скорости течения определялись вертушкой ГР-55. Температуру воды на поверхности и в грунте измеряли с помощью термометра Т-5, модифицированного перфорированным навинчиваемым на корпус металлическим наконечником, позволяющим заглублять термометр на глубину закладки икры, до 25 см.

Проводили также выемку гравийно-песчаного грунта с последующим определением фракционного состава с использованием набора сит. Для диаметра частиц менее 1 см применялся набор почвенных сит с интервалом через 1,0 мм. Для более крупных частиц использовались сита с интервалом через 1,0 см (от 1 до 3 см). Определялось весовое и процентное содержание разных фракций (Справочное руководство гидрогеолога, 1979). За весь период были проведены промеры 13 проб грунта на р. Утка и 7 проб на р. Бешеной.

Мутность, величину рН, температуру воды и содержание кислорода в воде определяли гидротестером «Ногіва», модель U-7. Отбирались пробы с поверхности воды и из грунта. Из грунта вода отбиралась методом трубок (Крохин, 1960), заглубляемых на заданную глубину.

Гидрохимический анализ проб воды включал определение содержания гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, фосфатов, кальция, магния, натрия и калия. Пробы отбирались, фиксировались и анализировались по стандартным методикам (Госстандарт..., 1974). На

месте определялись показатели, измеряемые гидротестером, а гидрохимический анализ проводился в лаборатории ЦКГЛ (Камчатгеология) и ФГУ «Агрохимцентр». Всего отобрано и проанализировано 5 проб (3 из р. Утка и 2 из р. Бешеной).

Район исследований

Река Бешеная. В речном водосборе преобладает горный и предгорный рельеф, где и происходит основное формирование стока. Скорости течения на участках составляют 1,7–2,5 м/с (в среднем течении). Лишь в нижнем течении, в предустьевой части (на протяжении 3–4 км по руслу), река проходит по пойме с песчаными и аллювиальными отложениями. Скорости течения на данном участке снижаются до 0,1 м/с. Коэффициент развитости речной сети составляет 0,75 км/км², что является средней величиной для бассейна Нижнего Амура. Русло реки имеет свободное меандрирование. Поверхность территории бассейна сложена галькой, гравием, песком, супесями. В нижнем течении, в предустьевой части (на протяжении 5–6 км по руслу реки), река проходит по пойме с песчаными и аллювиальными отложениями. Основные нерестилища находятся в среднем течении, от 8–10 до 27–30 км вверх по течению.

Река Утка. Расположена в центральной части полуострова, впадает в Охотское море. Длина реки 86 км, площадь водосбора 763 км², средняя высота водосбора 190 м. Река в верхнем течении протекает по горной и предгорной местности и в низовье выходит на низменную часть, простирающуюся неширокой полосой, 4–10 км, вдоль Охотского моря. Ровная и плоская низменная часть покрыта болотами со сплошным торфяным покровом. Средний многолетний расход воды (в районе Уткинского наблюдательного пункта) 4,76 м³/с, средний модуль стока – 17,0 л/с·км². На термический режим отдельных участков реки существенное влияние оказывают выходы подземных вод с постоянной температурой 4,0–4,5 °С, в результате реки на таких участках имеют повышенную температуру воды (от 0,4 до 2,0 °С) в течение всего зимнего периода и пониженную – в течение летнего периода. Наиболее высокая летняя температура воды наблюдается в июле-августе (12–13 °С). Период с температурой воды выше 0,2° продолжается около шести месяцев (май-октябрь), осенний переход температуры воды через 0,2° происходит в конце октября – начале ноября, весенний переход – в конце апреля – начале мая. Продолжительность периода ледостава — 160–180 дней.

Результаты исследований

Геоморфология и гидрология нерестилищ

В р. Утка нерестилища симы расположены на участке впадения левобережной безымянной протоки, в 25 км выше устья р. Утка. Ширина протоки в месте слияния с руслом около 3 м, ширина реки – 15 м. Скорости течения в протоке составляют 0,2–0,3 м/с, средняя глубина – 0,4 м. Исследования проводились в конце июня, в период окончания нереста симы. Участки нереста в русле расположены локально и приурочены к местам выходов грунтовых вод, о чем свидетельствует разница значений температуры воды на поверхности ($T_{пов}$) и в грунте ($T_{гр}$) (табл. 1).

Таблица 1

Абиотические показатели на изучаемых нерестилищах симы

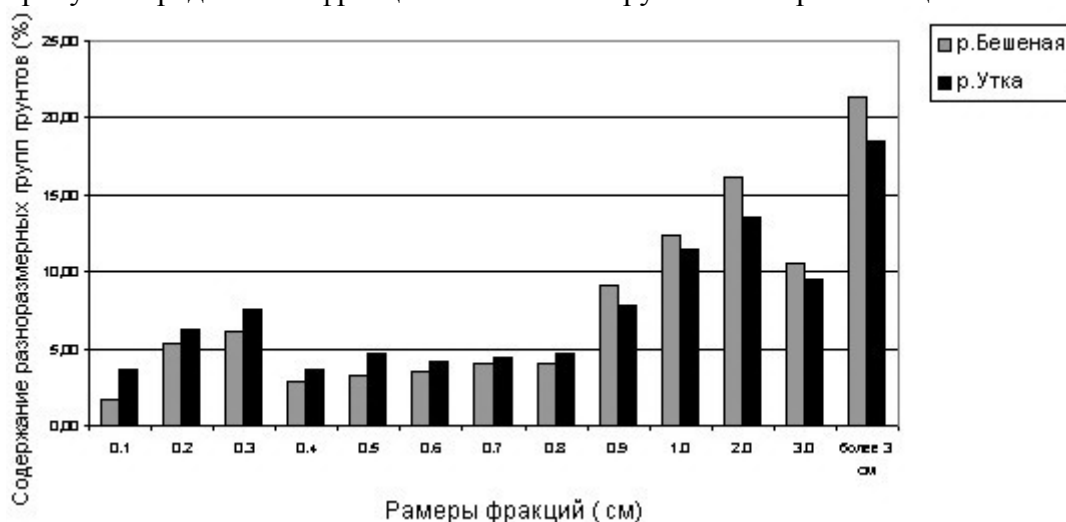
Исследуемое нерестилище симы	V, м/с	H, м	$T_{пов}$, °С	$T_{гр}$, °С	pH _{пов}	pH _{гр}	Конц. O ₂ , мг/л (пов.)	Конц. O ₂ , мг/л (грунт)
Р. Бешеная	<u>0,3–0,7</u> 0,5	<u>0,2–0,6</u> 0,5	<u>9,3–9,4</u> 9,3	<u>8,7–9,0</u> 8,9	<u>7,8–8,0</u> 8,0	<u>7,8–8,0</u> 7,9	<u>8,1–8,6</u> 8,4	<u>8,0–8,3</u> 8,2
Р. Утка	<u>0,2–0,5</u> 0,3	<u>0,3–0,7</u> 0,4	<u>8,5–9,0</u> 8,7	<u>7,8–8,2</u> 7,9	<u>6,7–7,1</u> 6,8	<u>6,5–6,8</u> 6,6	<u>8,0–8,5</u> 8,2	<u>7,5–7,9</u> 7,8

Примечание. Над чертой – пределы значений, под чертой – среднее значение.

В р. Бешеной нерестилища расположены в русле самой протоки и, так же как и в р. Утка, приурочены к местам выходов грунтовых вод. Часть нерестилищ расположена разреженно по руслу, а часть сконцентрирована на участке впадения в основное русло небольшой протоки, температура в которой на 0,2 °С ниже температуры воды в русле, что свидетельст-

вует о наличии выходов грунтовых вод в протоке. Но в самой протоке сима не нерестится, а нерестовые бугры располагаются на конусе выноса подземного стока протоки в основное русло. Глубины на участке нереста изменяются от 0,3 до 0,7 м. Температура воды на поверхности составляет 8,9 °С, $T_{гр}$ на 0,5–0,9 °С ниже, чем на поверхности. Таким образом, гнезда сими, так же как и на нерестилищах нерки, кижуча и кеты (Крохин, 1960; Базаркин, 1990; Леман, 1992; и др.), приурочены к выходам грунтовых вод. При этом интенсивность их выходов не так велика, как на нерестилищах нерки, когда разница $T_{пов}$ и $T_{гр}$ составляет до 3,5°С. Таким образом, по термическому режиму нерестилища сими сходны в большей степени с нерестилищами кеты и кижуча.

На рисунке представлен фракционный состав грунтов на нерестилищах.



Фракционный состав грунтов на нерестилищах сими в реках Бешеная и Утка

Грунты, слагающие нерестилища сими, состоят из следующих групп: гальки – крупной (50–100 мм), средней (25–50 мм), мелкой (10–25 мм); гравия – крупного (5–10 мм), среднего (1–5 мм), мелкого (0,5–1,0 мм); песка – грубого (1–2 мм), крупного (0,5–1,0 мм), среднего (0,25–0,50 мм), мелкого (0,10–0,25 мм); алеврита и пыли (менее 0,1 мм). На нерестилищах сими р. Утка отмечено более высокое содержание мелких фракций, чем на р. Бешеной. В целом для западнокамчатской сими ниже и рабочий диаметр грунта (средний диаметр, соответствующий 50 %-ной обеспеченности от общего веса грунта из нерестового бугра). Для нерестилищ сими реки Бешеная рассчитанный средний диаметр компонентов грунта составляет 11,2 мм, что больше, чем на нерестилищах реки Утка – 9,0 мм.

Скорости течения реки на участках нереста колеблются в пределах 0,2–0,5 м/с (р. Утка) и 0,3–0,7 м/с (р. Бешеная). При этом в самом сечении русла на участке нереста скорости изменяются от 0,1 м/с (у уреза воды, на глубине 10–15 см) до 1,2 м/с — на стрежне потока (на глубинах 0,6–0,8 м.).

Гидрохимический состав воды на нерестилищах

Для нерестилищ обеих рек величина рН в грунте нерестилищ и на поверхности (табл. 2) несколько различна (на 0,2–0,4 ед.), что свидетельствует о некоторой неоднородности вод поверхностного и грунтового притока на участке нереста.

Вода нерестилищ р. Утка характеризуется слабокислой реакцией, тогда как в р. Бешеной — слабощелочной. Следует отметить, что такой диапазон рН (от слабощелочной до слабокислой реакции) характерен в общем для нерестилищ разных регионов и видов тихоокеанских лососей (Смирнов, 1975; и др.) Содержание растворенного в воде кислорода колеблется для разных участков на нерестилищах обеих рек очень незначительно.

По данным гидрохимического анализа проб с поверхности из грунта нерестилищ (табл. 2) воды обеих рек относятся к мягким, слабоминерализованным, с преобладанием гидрокарбонатных ионов и ионов кальция.

Химический состав воды на исследуемых нерестилищах сима, мг/л

Место отбора проб	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	PO ₄ ³⁻	ΣU
Р. Утка (пов.)	18,2	1,1	67,7	5,1	5,0	0,45	0,08	105,9
Р. Утка (грунт)	18,7	1,2	66,7	7,0	10,8	0,43	0,06	103,8
Р. Бешеная (пов.)	11,2	0,8	85,1	4,5	8,8	0,50	0,06	111,0
Р. Бешеная (грунт)	8,7	1,8	86,0	4,8	9,1	0,45	0,05	110,9

Заключение

К особенностям экологии воспроизводства сима р. Утка и р. Бешеная, как и в целом для изучаемого вида, следует отнести приуроченность нерестилищ к выходам грунтовых вод.

Различия абиотических условий воспроизводства сима двух регионов выражены главным образом в отличии фракционного состава грунтов, скоростей течения и глубин нерестилищ.

В целом, по гидрохимическому составу вода на нерестилищах сима обеих рек сходна и относится к типу слабоминерализованных, мягких, гидрокарбонатного класса.

ЛИТЕРАТУРА

- Базаркин В.Н.** Особенности гидрологического режима различных типов нерестилищ нерки // Вопр. ихтиол. – 1990. – Т. 30, вып.3. – С. 463–468.
- Базаркин В.Н.** Воспроизводство и динамика численности нерки озера Азабачьего в связи с условиями среды на нерестилищах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1990. 26 с.
- Васильев И.С.** Водоснабжение нерестовых бугров летней кеты и горбуши // Биол. науки. 1958. № 3. — С. 26–31.
- Госстандарт**, питьевая вода (методы анализа). М: Наука, 1974. 204 с.
- Крохин Е.М.** Нерестилища красной // Вопр. ихтиол. 1960. Вып.16. — С. 109–121.
- Кузнецов И.И.** Некоторые наблюдения над размножением амурских и камчатских лососей: Изв. ТОНС. 1928. Т.2, вып. 3. 196 с.
- Леванидов В.Я.** О гидрологическом режиме нерестилищ кеты и горбуши // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 64. — С. 101–125.
- Леман В.Н.** Нерестовые станции кеты *Oncorhynchus keta* (Walb), микрогидрологический режим и выживаемость потомства в нерестовых буграх (бассейн р. Камчатки) // Вопр. ихтиол. 1992. Т. 32, вып. 5. — С. 120–131.
- Леман В.Н., Кляшторин Л.Б.** Методические указания по оценке состояния нерестилищ тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 1987. 28 с.
- Михайлов Л.Е.** Гидрогеология. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 263 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР.** Т. 1: Камчатка. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 366 с.
- Рухлов Ф.Н.** Материалы по характеристике механического состава грунта нерестилищ и нерестовых бугров горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (Walb.) и осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb) на Сахалине // Вопр. ихтиол. – 1969. – Т. 9, вып. 5. – С. 839–849.
- Семенченко А.Ю.** Приморская сима (популяционная экология, морфология, воспроизводство). – Владивосток: ДВО РАН СССР, 1989. – 192 с.
- Смирнов А.И.** Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 335 с.
- Справочное руководство гидрогеолога.** – Л.: Недра, 1979. – 807 с.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И ФЕНЕТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ КЕТЫ ONCORHYNCHUS KETA И ГОРБУШИ O. GORBUSCHA СЕВЕРО-ВОСТОКА РОССИИ

Л.Т. Бачевская, Г.А. Агапова

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, г. Магадан, Россия
gekki54@mail.ru

Возможность анализа генотипов рыб из природных популяций возникла после того, как был внедрен метод электрофоретического разделения белка в крахмальном и полиакриламидном гелях. С применением фенетического подхода расширились возможности популяционных исследований. Изучение тихоокеанских лососей на Северо-Востоке России с использованием методов биохимической генетики и фенетики проводилось на популяциях, которые воспроизводились естественным путем. В дальнейшем многие из них были подвержены влиянию искусственного воспроизводства. В процессе изучения генетической и фенетической структуры кеты и горбуши накоплен большой научный материал, на основании которого можно отметить некоторые особенности организации этих видов тихоокеанских лососей и остановиться на современном состоянии некоторых популяций. В работе использованы материалы, характеризующие кету и горбушу рек континентального побережья Охотского моря и Камчатки.

Кета. Уже на первых этапах исследований было отмечено, что многие популяции североохотоморской и камчатской кеты имеют свои генетические особенности (Викторовский и др., 1986; Бачевская, 1992). На основании показателей генетического сходства, рассчитанных для некоторых популяций кеты рек севера Охотского моря и Чукотки, было показано, что североохотоморская кета представляет собой компактную группу. В дальнейшем удалось выделить локальные группировки кеты, которые имели свои особенности внутривидовой структурированности. Например, в отличие от североохотоморских и камчатских популяций, имеющих высокий уровень внутривидовой генетической дифференциации, нерестовые скопления производителей кеты бассейна реки Анадырь были, практически, однородны (Викторовский и др., 1986).

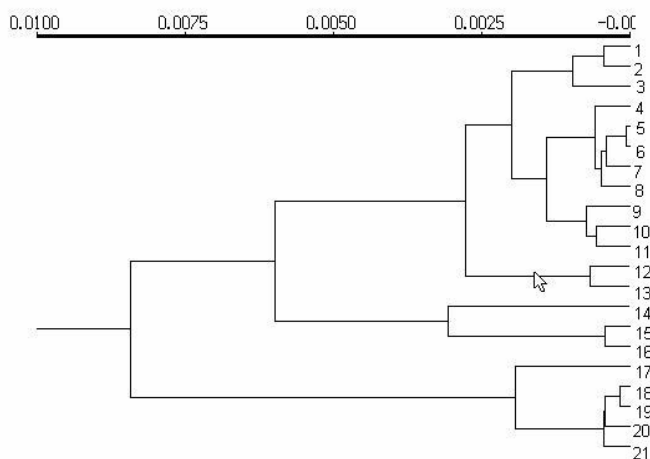
Исследование гетерозиготности в популяциях кеты на обширной территории позволило проследить за динамикой показателей их генетического разнообразия, наблюдаемого в течение ряда лет. Был сделан вывод о том, что уровень гетерозиготности не зависит от гетерогенности популяций. Генетическая гетерогенность характерна для ряда популяций кеты рек материкового побережья Охотского моря, Камчатки и Приморья. Достаточно часто наблюдалась дифференциация производителей кеты, заходящей для нереста в одни и те же реки, но в разные годы. В исследованных популяциях межгодовые флуктуации значений аллельных частот не всегда были синхронны (Бачевская, Пустовойт, 1996; Макоедов, 1999). У североохотоморской кеты также наблюдались межгодовые различия по фенетическим признакам, которые зачастую были на уровне популяционных (Агапова и др., 2002). Внутривидовые исследования кеты данного региона в дальнейшем были расширены (реки Яма, Тауй, Яна и Армань). Более детальное изучение кеты из этих популяций позволило определить высокую степень их генетической, а по ямской кете и фенетической неоднородности. Было показано, что наблюдаемая генетическая неоднородность в разных популяциях имеет не одинаковые причины. Например, у ямской и янской кеты разного времени нерестовой миграции генетическая дифференциация носит случайный характер, а не определяется обособленностью сезонных группировок. Напротив, генетическая неоднородность тауйской кеты вызвана наличием сезонных рас. По-видимому, выраженная дифференциация речного бассейна (в нашем случае – р. Тауй, образованная слиянием рек Кава и Челомджа) способствовала формированию устойчивых экологических группировок. В данном случае сезонные расы имеют не только временную, но и пространственную обособленность и их можно считать структурными элементами тауйской популяции (Бачевская, 2003; Бачевская, Велижанин, 2003; Бачевская и др., 2007).

Исследована связь уровня генетической изменчивости и биологической структуры анадырской кеты. Определен уровень гетерозиготности в разных возрастных группах самцов и самок. Отмечено, что по частотам аллелей локуса эстераза-D показатели генетического разнообразия заметно выше у самцов младшей возрастной группы (+2). У самок таких отличий не обнаружено, хотя и наблюдалась аналогичная тенденция (Викторовский и др., 1986). С помощью фенетическо-

го метода также проводилась сравнительная характеристика самцов и самок кеты некоторых североохотоморских популяций. Гетерогенность, обнаруженная по частоте какого-либо фена у самок, не всегда проявлялась по частоте этого же фена у самцов, т.е. выделенные фены не маркировали межполовые различия. Это позволило сделать вывод о том, что популяционно-фенетические исследования, с использованием описанных фенов, можно проводить без учета пола производителей (Агапова и др., 2002).

Генетические характеристики популяций кеты рек континентального побережья Охотского моря, Камчатки, Чукотки и Сахалина были использованы для построения дендрограмм генетического сходства, которые продемонстрировали в основном региональный характер кластеризации (Викторовский и др., 1986; Салменкова и др., 1986; Бачевская, 1992; Алтухов и др., 1997). Дальнейшее накопление генетического и фенетического материала позволило внести некоторые изменения в сложившиеся представления о дифференциации исследованных популяций кеты (Агапова и др., 2002; Бачевская, 2003). В результате анализа данных, построена дендрограмма, отражающая уровень генетического сходства популяций кеты рек Камчатки, континентального побережья Охотского моря, Чукотки (см. рисунок). Кета указанных регионов образует три кластера. Рассматривая состав первого и второго кластеров дендрограммы, было бы уместно вспомнить, что чаще всего генетическое сходство определяется принадлежностью популяций к одному географическому району, но бывают и исключения. В данном случае видно, что некоторые группы объединяют популяции кеты из разных географических районов (восточной, западной Камчатки или кету рек континентального побережья Охотского моря и Камчатки). В то же время другие представлены исключительно географически близкими популяциями. Следует отметить, что североохотоморские и камчатские популяции кеты имеют более высокий уровень сходства по сравнению с популяциями Анадырского бассейна и р. Пенжина, которые объединяются в третий кластер. С помощью различных методов было обнаружено сходство между кетой рек Анадырь и Пенжина (Клюков, 1976; Викторовский и др., 1986; Черешнев и др., 1992). Причины этого авторы оценивают неоднозначно. Высказывается предположение, что генетическая близость может либо носить случайный характер, либо отражать результат адаптации по исследованным генам (Алтухов и др., 1997). По нашему мнению, нельзя также полностью исключить возможности поиска причин сходства в четвертичной палеогеографии и истории развития гидросети и рельефа Северо-Востока Азии.

Дендрограмма генетического сходства нерестовых популяций кеты из рек материкового побережья Охотского моря и Камчатки. Обозначения: 1 – Охота, 2 – Жупанова, 3 – Воровская, 4 – Тауй, 5 – Яна, 6 – Армань, 7 – Яма, 8 – Ола, 9 – Хайрюзова, 10 – Воямполка, 11 – Палана, 12 – Гарманда, 13 – Камчатка, 14 – Ича, 15 – Большая, 16 – Авача, 17 – Пенжина, 18 – Анадырь, 19 – Белая, 20 – Еропол, 21 – Майн



Горбуша. Популяционно-генетическая структура горбуши исследуется уже более тридцати лет. Объективной причиной такого внимания являются неоднозначные взгляды на ее популяционную структуру. Основная часть отечественных генетических исследований выполнена на популяциях Сахалино-Курильского региона, в меньшей степени – п-ова Камчатка. До последнего времени наиболее слабо была изучена популяционно-генетическая структура горбуши североохотоморского побережья. С конца 80-х гг. прошлого столетия для исследования популяционной организации горбуши наряду с генетическим методом применялся фенетический подход. В качестве фенетических признаков у горбуши использовали рисунок на лучах и межлучевых перепонках хвостового плавника. (Макоедов, Агапова, 1991).

Геногеографический и фенетический анализ данных, собранных в период с 1982 по 2006 г. в 16 популяциях горбуши Северо-Востока России, показал следующее. Наиболее рельефно разли-

чия проявились между генерациями чётных и нечётных лет. Генетическое сходство популяций внутри каждой генерации не всегда определялось их географической близостью. Фенетические исследования показали, что в генерациях нечетных лет горбуша из рек материкового побережья Охотского моря была близка к горбуше западного побережья Камчатки, а в четные годы обнаруживала сходство с производителями из рек восточного побережья и некоторыми выборками западного (Агапова и др., 1992). Это объясняется низкой межпопуляционной генетической и фенетической дифференциацией горбуши, которая оказалась значительно меньше их межгодовых различий (Макоедов и др., 1993). Величина показателя генетической изменчивости некоторых популяций североохотоморской и камчатской горбуши была выше в нечетные годы (Пустовойт, 1999). Напротив, средние значения показателя фенетического разнообразия более высокими были в линии поколений четных лет. Исключение составила популяция горбуши р. Ола (Тауйская губа, Охотское море). Возможно, это связано с тем, что у горбуши ольской группы рек в 1984 и 2001 гг. происходила смена доминирующих по численности поколений (Голованов, Марченко, 2001; Агапова, 2006).

В некоторых популяциях была обнаружена генетическая гетерогенность выборок рыб разного времени нерестового хода. Она носила случайный характер (Макоедов и др., 1993). Фенетические исследования позволили выявить темпоральную дифференциацию практически во всех североохотоморских и камчатских популяциях (Агапова, 2002). Следует отметить, что популяции горбуши могут характеризоваться несовпадающей динамикой показателей генетического и фенетического разнообразия (Агапова, Пустовойт, 1999). В процессе дальнейших генетических исследований североохотоморской горбуши были отмечены различия в частотах генов и в уровнях генетического разнообразия у рыб раннего и позднего нерестовых подходов (Пустовойт, 1999). По фенетическим параметрам между горбушей раннего и позднего сроков анадромной миграции также обнаружена дифференциация (Агапова, 2006). Вопрос о самостоятельности североохотоморской горбуши раннего и позднего подходов, соответствующих «сезонным расам», их репродуктивной изоляции не может считаться окончательно решенным и требует дополнительных исследований.

Геногеографические исследования горбуши рек Камчатки и североохотоморского побережья позволили выделить североохотоморскую и камчатскую группировки, в пределах последней была отмечена дифференциация популяций рек западного и восточного побережий (Гагальчий, 1985; Макоедов и др., 1993). По фенетическим данным получены аналогичные результаты (Агапова, 2002). Одной из относительно изолированных группировок горбуши, выделяемых при районировании североохотоморского побережья, была тауйская (к ней относилась и ольская горбуша). Напротив, наши многолетние фенетические исследования показали стабильные различия между ольской и тауйской популяциями, что соответствует последним данным по определению границ локальных стад североохотоморской горбуши (Марченко, Голованов, 2001; Агапова, 2006).

Таким образом, у кеты и горбуши отмечена дифференциация, имеющая в большей степени региональный характер. Межпопуляционная дифференциация этих видов внутри каждого региона характеризуется наличием особенностей, которые, по-видимому, связаны с историей освоения ими территории. Внутривидовая дифференциация кеты и горбуши вызвана разными причинами: сезонной, темпоральной и пространственной разобщенностью их структурных компонентов. Каждая популяция исследованных видов характеризуется достаточно высоким уровнем стабильности генетического и фенетического разнообразия. У кеты и горбуши основная доля разнообразия сосредоточена в пределах выборок. Адекватная оценка их структуры, а также определение оптимального уровня разнообразия популяций обеспечивают рациональный подход к их эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

Агапова Г.А. Темпоральная дифференциация горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) из некоторых локальных нерестовых группировок северо-востока Азии по фенетическим признакам // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных (рыбы, птицы, млекопитающие): Тез. докл. междунар. сем. – Ростов-на-Дону: Изд. ООО «ЦВВР», 2002. – С. 7–10.

Агапова Г.А. Фенетическое разнообразие горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) из рек материкового побережья Охотского моря // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Матлы 8-й междунар. науч. конф. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2006. – С. 365–369.

Агапова Г.А., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П. Популяционно-фенетическая структура кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum), размножающейся в реках североохотоморского побережья // Изв. ТИНРО. – 2002. – Т. 130. – С. 838–847.

Агапова Г.А., Пустовойт С.П. Генетическая и фенетическая изменчивость популяций азиатской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Экология. – 1999. – № 1. – С. 42–48.

Агапова Г.А., Пустовойт С.П., Починов А.А., Макоедов А.Н. Изменчивость фенетических признаков горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) Северо-Востока Азии // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – С. 94–112.

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. – М.: Наука, 1997. – 288 с.

Бачевская Л.Т. Генетическая дифференциация кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) североохотоморского побережья и некоторых рек Камчатки // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – С. 42–52.

Бачевская Л.Т. Генетическое разнообразие кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) рек североохотоморского побережья // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – Вып. 2. – С. 500–506.

Бачевская Л.Т., Агапова Г.А., Усталкова Н.Н. Генетическая и фенетическая изменчивость кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) реки Яна (материковое побережье Охотского моря) // Вопросы рыболовства. – 2007. – Т. 8, № 2(30). – С. 313–325.

Бачевская Л.Т., Велижанин Е.С. Динамика популяционно-генетической структуры кеты реки Тауй (северное побережье Охотского моря) // Вопросы рыболовства. — 2003. – Т. 4, № 3 (15). – С. 504–514.

Бачевская Л.Т., Пустовойт С.П. Генетическое разнообразие популяций кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и его изменение в условиях естественного и искусственного воспроизводства // Вопросы ихтиологии. – 1996. – Т. 36, № 5. – С. 600–606.

Викторовский Р.М., Бачевская Л.Т., Ермоленко Л.Н. и др. Генетическая структура популяций кеты Северо-Востока СССР и проблемы рационального использования её запасов // Биол. моря. – 1986. – № 2. – С. 51–60.

Гагальчий Н.Г. Биохимический полиморфизм камчатской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walb.). Сообщение 1. Частоты аллелей полиморфных локусов в генерации нечетного года // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 5. – С. 854–860.

Голованов И.С., Марченко С.Л. Современное состояние запасов, биология, динамика численности и проблемы промысла горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* материкового побережья Охотского моря // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО, 2001. – Вып. 1. – С. 134–143.

Клоков В.К. Пространственная структура кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на северном побережье Охотского моря // Экология и систематика лососевых рыб. – Л.: ЗИН АН СССР, 1976. – С. 44–48.

Макоедов А.Н. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока. – М.: УМК "Психология", 1999. – 291 с.

Макоедов А.Н., Агапова Г.А. Методика популяционно-фенетического исследования горбуши по вариантам рисунка на хвостовом плавнике // Биол. моря. – 1991. – № 5. – С. 92–94.

Макоедов А.Н., Пустовойт С.П., Ермоленко Л.Н. и др. Популяционно-генетическое исследование горбуши, размножающейся в реках Северо-Востока России // Генетика. – 1993. – Т. 29, № 8. – С. 1366–1374.

Марченко С.Л., Голованов И.С. Локальные стада горбуши северного побережья Охотского моря // Состояние и перспективы рыбохоз. исслед. в бассейне северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО, 2001. – Вып. 1. – С. 144–151.

Пустовойт С.П. Генетическое разнообразие популяций североохотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиол. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 521–526.

Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П., Викторовский Р.М. и др. Генетическая структура популяций кеты, размножающейся в реках Дальнего Востока и Северо-Востока СССР // Журн. общ. биол. – 1986. – Т. 47, № 4. – С. 529–549.

Черешнев И.А., Штундюк Ю.В., Скопец М.Б. О некоторых особенностях биологии и родственных связях кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salmonidae) бассейна р. Пенжина // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – С. 81–93.

О РОЛИ СНЕНКИ В ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ЛОСОСЕВЫХ РЕК КАМЧАТКИ (ЗАПАДНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ, РЕКА БОЛЬШАЯ)

Т.Л. Введенская, Т.Н. Травина

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, vvedenskaya@kamniro.ru, travina.t.n@kamniro.ru.

Продуктивность камчатских лососевых рек определяется содержанием в них биогенных веществ, которые опосредованно, через фитопланктон и фитобентос, оказывают влияние на развитие донных беспозвоночных, составляющих кормовую базу молоди лососей.

Режим биогенных веществ определяется физико-химическими условиями среды конкретного водоема и зависит от поступления биогенных элементов с поверхностным и грунтовым стоками, с телами отнерестовавших лососей (сненкой), остатками наземной растительности, а также от внутриводоемных процессов. На внутригодовое распределение химических веществ в водотоках влияет динамика стока. Наибольшее количество биогенных веществ поступает в реки в весенне-летний и осенний периоды, когда сток формируют талые, дождевые и грунтовые воды. В зимний период обогащение реки биогенными элементами происходит за счёт грунтовых вод (Ресурсы..., 1973).

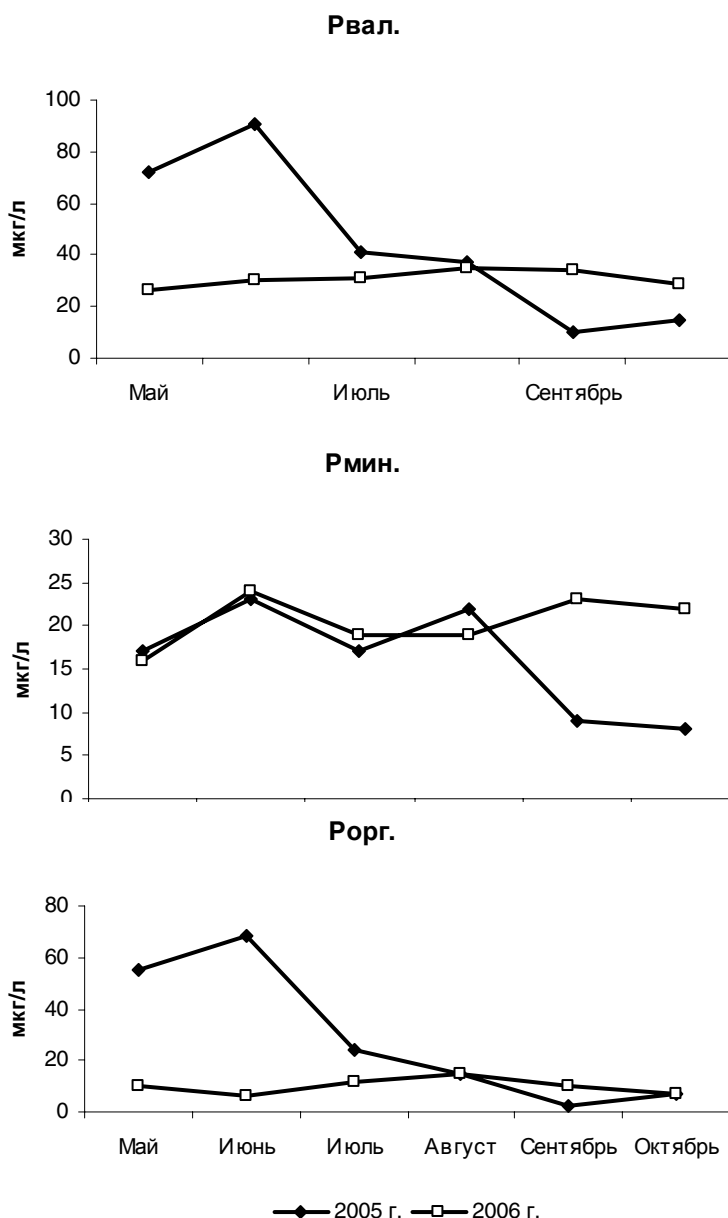
Общеизвестно, что минерализация органического вещества тел, отнерестовавших лососей (сненки), начинается сразу же после их гибели (Алекин и др., 1973; Справочник гидрохимика..., 1991). Пока нет единого мнения о времени разложения сненки. По мнению Риккера (Ricker, 1937), этот процесс требует нескольких лет. Е.М. Крохин (1967) считал, что минерализация сненки в оз. Дальнем происходит примерно в течение 6 мес. Результаты экспериментов на оз. Эри показали, что в течение трех недель разрушилось от 10 до 50 % рыбных костей, внесенных в поверхностный слой донных отложений озера (Nriagi, 1983).

Нерест всех видов тихоокеанских лососей в р. Большой охватывает период с июля по октябрь, и поэтому процесс разложения сненки на минеральные вещества, вероятно, в июле длится в течение текущей осени и зимы–весны следующего года. Осенью и зимой поступающие в воду биогенные вещества не выносятся потоком из реки, так как в это время наступает меженный период: водотоки бассейна покрыты льдом, уровень воды минимальный и течение очень замедленное. Химические вещества, поступившие в результате разложения сненки, накапливаются в грунте. В начале лета (июнь) во время прохождения половодья они вымываются из грунта в речные воды. Так, наибольшая концентрация минерального, растворенного органического и растворенного общего фосфора в речной воде отмечена в мае–июне (см. рисунок). Высокое содержание фосфора в это время обусловлено именно поступлением его от разложения сненки предыдущего года нереста, так как в мае–июне нерестовый ход у лососей только начинается и сненка в реке отсутствует (Введенская и др., 2006).

Включение сненки в трофическую цепь может происходить и по-другому. В 2005–2006 гг. были проведены исследования состава пищи молоди лососей и других видов рыб в реке в течение мая–октября. Пищевой спектр их в мае–июне, до появления сненки в реке, был представлен в основном насекомыми на разных стадиях развития: хирономидами, веснянками, поденками, ручейниками и др. С появлением в реке сненки у некоторых видов молоди лососей и других рыб в пищевом комке были обнаружены волокна мышечной ткани рыб. Сравнение ее с мышечной тканью сненки показало их идентичность. В 2005 г. сненка в желудках рыб была встречена в июле, августе, сентябре и октябре, а в 2006 г. — в августе и октябре. Особенно активно потребляла сненку молодь кижуча. Наиболее интенсивное потребление сненки этими рыбами было отмечено в октябре 2006 г., когда данный вид пищи составлял более трети пищевого комка. В 2005 и 2006 гг. потребление сненки молодь кижуча изменялось в пределах 10,0–36,4 % всей массы пищевого комка. Довольно значительное место в пищевом рационе сненка занимала у молоди гольцов. В октябре на долю сненки у этих рыб приходилось от 15,8 (2006 г.) до 22,0 % (2005 г.) от всей массы пищевого комка. Молодь нерки, чавычи и симы потребляли сненку не столь интенсивно, ее содержание в же-

лудках перечисленных видов изменялось в пределах 1,4–9,2 % всей съеденной пищи. Частота встречаемости сненки у всех перечисленных видов рыб в среднем составляла 30 %. У трех- и девятииглой колюшки сненка в пище не обнаружена.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что тела отнерестовавших лососей не только обогащают воды реки биогенными веществами при минерализации органического вещества, но и могут служить непосредственной пищей (мышечная ткань) молоди лососей и прочих видов рыб.



Содержание фосфора в бассейне р. Большая в 2005–2006 гг.

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А.** Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 286 с.
- Введенская Т.Л., Уколова Т.К., Свириденко В.Д.** Гидрохимическая характеристика реки Большая (Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. — 2006. — Вып. 8. — С. 158–165.
- Крохин Е.М.** Влияние размеров пропуска производителей красной на фосфатный режим нерестовых озер // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 57. — С. 31–54.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Камчатка.** — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — Т. 20. — 367 с.
- Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство** / под ред. В.В. Сапожникова. — М.: Агропромиздат, 1991. — 224 с.
- Nriagi J.O.** Rapid decomposition of fish bones in Lake Erie sediments // *Hidrobiologia*. — 1983. — Vol. 106, № 3. — P. 217–222.
- Ricker W.E.** Physical and chemical characteristics of Cultus Lake British Columbia // *J. Biol. Bd Can.* — 1937. — Vol. 3. — P. 363–402.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЧИСЛЕННОСТЬ НЕРКИ В ВОДОЕМАХ ЧУКОТКИ

Е.В. Голубь

Чукотский филиал ТИНРО-центра, г. Анадырь, elena_golub@mail.ru

От лагуны Маллэн на границе с Камчатским краем до Берингова пролива нерка встречается в большинстве прибрежных водоемов Чукотки. На арктическом побережье в небольших количествах заходит на нерест в реки бассейна Чукотского моря (Решетников и др., 1976; Позвоночные животные..., 1996; Черешнев, 1996; Черешнев и др., 2001, 2002; наши данные).

Современное пространственное распределение популяций нерки с относительно высокой численностью совпадает с наиболее значительными очагами средне-позднечетвертичных оледенений.

Нерестовые и нагульные водоемы представляют собой озера тектонического происхождения (Майниц, Сеутакан) или заливы, эстуарии и фьордовые бухты, отделенные от моря в ходе послеледниковой трансгрессии песчано-галечными пересыпями и соединяющиеся с ним протоками различной протяженности и извилистости (озера Ваамочка, Кайпыльгин, лагуны Орианда, Амаам, Аччён).

Нерка нерестится на литорали озер (Майниц, Сеутакан, Аччён, Элэргытгын и др.) или в реках и ручьях, впадающих в озера (р. Гытгыпокыткынваам, реки, впадающие в лагуны и озера Корякского побережья) (Черешнев, 1981; Черешнев, Агапов, 1992; Путивкин, 1994; Макоедов и др., 2000; Черешнев и др., 2001; 2002; Голубь, 2003а,б,в; Голубь, Голубь, 2005). Нерка заходит на нерест и в ключевые водоемы. По классификации, предложенной А.Г. Остроумовым (1982), к ним можно отнести ключевое озеро Подарок и ключи с озерками-чашами в истоке, например, нерестилище Чаша в бассейне р. Пекульвеем (мейныпильгинская озерно-речная система). Реже встречаются нерестилища нерки в реках, впадающих в море собственным устьем и не имеющих в своем бассейне нагульных водоемов (р. Пика).

Данные о численности локальных стад нерки и распределении производителей на нерестовых водоемах, которыми мы располагаем в настоящее время, приведены ниже.

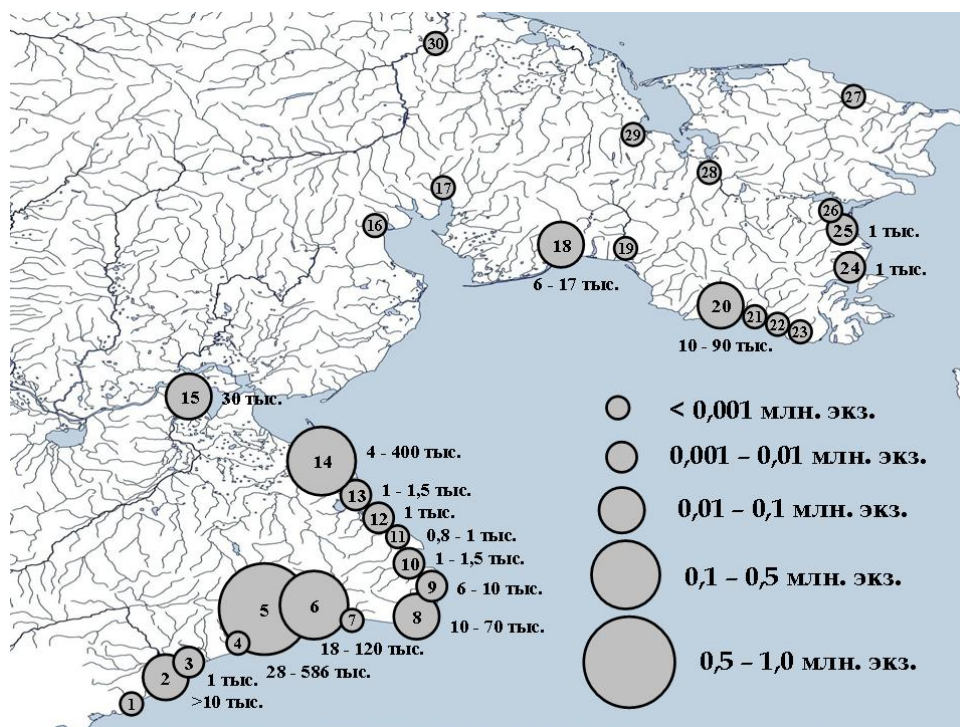
Бассейн р. Хатырка. В бассейне р. Хатырка известны только озерные нерестилища нерки. По данным С.В. Путивкина (1994), нерест нерки в бассейне р. Хатырка отмечен в озерах, соединенных с рекой протоками, но названия озер автор не приводит. Нам известны нерестилища нерки в оз. Оленьем (верхнее течение р. Эльгинмываам), озерах Глубоком и Медвежьем (верхнее течение р. Варапелин), оз. Иомрауткын (р. Иомраутваам) (Голубь, Голубь, 2005) и в оз. Элэргытгын (Черешнев и др., 2002). Возможно, в бассейне р. Хатырка есть и речные нерестилища нерки, однако для их поисков необходимы дополнительные исследования. Численность хатырской нерки в 1985–1992 гг. С.В. Путивкиным (1994) была оценена в 10 тыс. экз., но в настоящее время, по-видимому, она значительно выше.

Восточнее бассейна р. Хатырка нерка размножается в западной части оз. Эмынейгытгын, куда она поднимается по вытекающей из озера р. Ныкепеглян (Голубь, Голубь, 2005). Численность нерестовой части стада не превышает 1,0–1,5 тыс. рыб.

Мейныпильгинская озерно-речная система. Численность нерестовой части стада мейныпильгинской нерки в 1970–2007 гг. варьировала от 27,7 тыс. экз. (1975 г.) до 586,0 тыс. экз. (2006 г.) и в среднем составила 194,1 тыс. экз. По классификации, предложенной С.М. Коноваловым (1980), мейныпильгинскую нерку можно отнести к изолятам с высокой численностью (см. рисунок).

В отличие от ряда других чукотских популяций, размножающихся преимущественно в озерах (Аччён, Сеутакан, озера в бассейнах рек Анадырь и Хатырка), основная часть производителей мейныпильгинской нерки нерестится в реках и ручьях, впадающих в озера Ваамочка и Пекульнейское. Лимнофильная нерка размножается в озерах Мангыскон, Пекульнейское, Подарок, Ваамочка, Ламутское и безымянных, расположенных на восточном берегу

зал. Каканаут и на западном берегу зал. Пекульвеем, но ее доля в общей численности стада невелика и составляет примерно 4 %.



Численность стад нерки в водоемах Чукотки: 1 — лагуна Маллэн; 2 — бассейн р. Хатырка; 3 — оз. Эмынейгытгын; 4 — р. Хайидин; 5 — мейныпильгинская озерно-речная система; 6 — бассейн оз. Кайпыльгин; 7 — р. Пика (р. Аин); 8 — лагуна Орианда; 9 — лагуна Амаам; 10 — лагуна Лахтия; 11 — р. Алькатваам; 12 — р. Катапваам; 13 — лагуна Кэйнгыпильгын; 14 — бассейн р. Туманской; 15 — реки бассейна Анадырского лимана; 16 — р. Юогаун (р. Елонай); 17 — р. Кукэкуйым; 18 — Сеутаканская озерно-речная система; 19 — бассейн р. Эргувеем; 20 — оз. Аччён; 21 — р. Курупкан; 22 — р. Синевеем; 23 — р. Сиреник-Кейвук; 24 — р. Марич; 25 — р. Гэтлянгэн; 26 — р. Утаатап; 27 — р. Чегитунь; 28 — р. Ионивеем; 29 — бассейн р. Тэныльвываам; 30 — р. Амгуэма

Нерест основной части производителей в реках увеличивает гибель икры и молоди из-за воздействия неблагоприятных климатических факторов и определяет многократные колебания численности поколений. С другой стороны, в реках существует большой резерв нерестовых площадей, поэтому в годы максимальных подходов нерест здесь протекает гораздо спокойнее и на более благоприятных нерестовых участках, нежели в озерах. По нашим наблюдениям, размеры нерестовых площадей, занимаемых производителями, от года к году значительно изменяются в зависимости от численности подходов. Существуют оптимальные нерестилища, ежегодно используемые неркой, и маргинальные, на которых рыбы нерестятся в годы с высокой численностью. Маргинальные нерестилища используют также потомки рыб, отнерестившихся на этих участках. По нашей оценке, площадь используемых для размножения нерестилищ в годы максимальных подходов нерки составляет до 890 тыс. м², тогда как в годы низкой численности производителей она не превышает 360 тыс. м² (см. таблицу).

Устойчивые различия в возрастном составе, динамике нерестового хода и динамике численности рыб, размножающихся в бассейнах озер Ваамочка и Пекульнейское, указывают на то, что в бассейнах этих озер воспроизводятся две самостоятельные группировки нерки популяционного ранга. По среднемноголетним данным, в бассейне оз. Ваамочка нерестится около 40,6 % (от 5,1 в 2002 г. до 83,3 в 2004 г.), а в бассейне Пекульнейского озера — около 59,4 % производителей (от 16,7 в 2004 г. до 94,9 в 2002 г.).

В таблице приведены данные о распределении производителей мейныпильгинской нерки по водоемам системы.

Доля производителей нерки (%) и площадь нерестилищ (тыс. м²) в водоемах мейныпильгинской озерно-речной системы

Водоем	Доля от общего кол-ва пропущенных производителей, %		Площадь нерестилищ в годы низкой численности	Площадь нерестилищ в годы высокой численности
	lim	M ± m		
Р. Пекульвеем	3,89–36,92	21,96 ± 1,54	80,0	150,0
Р. Рыннатанмельгын	2,22–12,86	7,77 ± 0,58	32,0	75,0
Р. Каканаут	7,22–31,79	18,85 ± 1,34	65,0	130,0
Р. Каутаям	0,71–11,34	5,69 ± 0,57	28,0	55,0
Рр. Кыргынайваам, Кайтынмайваам	0,21–6,64	2,35 ± 0,44	3,0	13,5
Р. Крутая	0,11–0,88	0,49 ± 0,08	3,5	5,0
Р. Ваамочка	5,13–80,56	38,52 ± 3,12	145,0	440,0
Р. Чичеревеем	0,00–4,64	1,04 ± 0,38	0,3	2,0
Р. Янранайвеем	0,00–4,45	1,27 ± 0,32	0,5	5,0
Оз. Мангыскон	0,00–8,85	2,48 ± 0,56	2,0	2,5
Оз. Пекульнейское	0,00–2,78	1,10 ± 0,44	0	2,0
Второстепенные водоемы	0,00–0,80	0,34 ± 0,14	0	10,0

Бассейн оз. Кайпыльгин. Основная часть нерки, заходящей на нерест в бассейн оз. Кайпыльгин, размножается в среднем течении р. Велькильвеем и нижнем течении ее левого притока р. Асалькамвеем, в небольшом числе (около 5 %) заходит на нерест в р. Мечеутвеем (Голубь, 2003в; Голубь, Голубь, 2005).

По данным наблюдений предыдущих лет (1985–1991 и 2002 гг.) численность нерки в бассейне оз. Кайпыльгин не превышала 18 тыс. экз. (Путивкин, 1994; Голубь, 2003в; Голубь, Голубь, 2005). По-видимому, столь низкая учетная численность кайпыльгинской нерки была не только следствием небольших подходов, как в 2002 г. (Голубь, 2003в), но и ошибкой при проведении авиаучетов рыб. В 2005 и 2006 гг. численность кайпыльгинской нерки была выше в несколько раз и составила соответственно 120 и 95 тыс. экз.

Лагуны корякского побережья. Нерка большинства популяций, размножающихся в бассейнах лагун Амаам, Орианда, Алькатваам и Кэйнгыпильгын, как и нерка мейныпильгинской озерно-речной системы, в основном генеративно реофильная (Путивкин, 1994; Голубь, Голубь, 2005). В лагуне Амаам часть нерки нерестится в литоральной зоне. Наиболее многочисленным из стад, размножающихся в бассейнах лагун корякского побережья, является популяция нерки лагуны Орианда. По оценке С.В. Путивкина (1994), в 1989 г. здесь отнерестилось 30 тыс. экз., а промысловое изъятие составило около 17 тыс. экз. (62 т). Таким образом, суммарная численность этого стада в 1989 г. составила 47 тыс. экз. Характер динамики численности производителей в лагунах корякского побережья и мейныпильгинской системе сходный (Голубь, 2007). Подход мейныпильгинской нерки в 1989 г. был по численности средним, поэтому мы полагаем, что максимальная численность нерки в лагуне Орианда может достигать 70 тыс. экз. (см. рисунок).

Численность каждого из локальных стад, размножающихся в бассейнах лагун Амаам, Алькатваам и Кэйнгыпильгын, по нашей оценке не превышает 10 тыс. экз. (см. рисунок).

Бассейн р. Туманской. Большой интерес представляет оценка численности и изучение пространственного распределения нерки, заходящей на нерест в бассейн р. Туманской. Возможно, вопреки сложившемуся мнению, именно это стадо является наиболее многочисленным среди чукотских стад после мейныпильгинской нерки. А.Г. Кагановский считал, что в р. Туманской можно ежегодно добывать до 150 тыс. экз. нерки (Правдин, 1940), а по мнению И.Д. Агапова (1941), в 1930-е гг. при 50 %-ном изъятии производителей здесь можно было вылавливать до 200 тыс. экз. красной. В 1985–1992 гг. С.В. Путивкин по данным аэровизуальных учетов оценивал численность туманской нерки только в 4–50 тыс. (в среднем 27 тыс.)

производителей (Черешнев, Агапов, 1992). Мы согласны с мнением И.А. Черешнева и А.С. Агапова (1992), что оценка численности нерки во второй половине 80-х — начале 90-х гг. могла быть существенно занижена. По данным наземных учетов производителей на нерестилищах оз. Майниц, рек Гытгыпокыткынваам и Гытгывеем, на нерест в 2005 г. пришло около 70 тыс., а в 2006 г. — около 20 тыс. экз. нерки.

В бассейне р. Туманской нерка нерестится в оз. Майниц, р. Гытгыпокыткынваам, впадающей в озеро, в вытекающей из озера р. Гытгывеем и озерах, соединенных с ней протоками (Черешнев, Агапов, 1992; Путивкин, 1994; наши данные). В небольшом количестве нерка размножается в пойменных озерах в нижнем течении р. Туманской.

Основные нерестилища в оз. Майниц расположены на литорали вдоль западного берега оз. Большой Майниц. У восточного берега нерестовые участки более разрозненны (Черешнев, Агапов, 1992; Путивкин, 1994; наши данные). Наличие нерестовых участков в южной части оз. Малый Майниц в районе устья р. Гытгыпокыткынваам (Путивкин, 1994) вызывает сомнения. Вероятно, за нерестилища ошибочно были приняты места скопления рыб перед заходом в реку.

Мы не исключаем, что в ходе детального обследования могут быть обнаружены нерестилища нерки в реках Ныгчеквеем, Туманская и их притоках.

Реки бассейна Анадырского лимана. Численность нерестовой части стада составляет около 30 тыс. экз. (Черешнев и др., 2002). Анадырская нерка представлена лимнофильной формой. Ее основные нерестилища находятся в озерах, расположенных в бассейне р. Великой (оз. Длинное, Вэляйгытгыткин, система озер р. Койвэрэлан, р. Тамватвеем и ее притока Малый Научирынай) и в оз. Большое Котловинное в верховьях р. Ваеги (Путивкин, 1994; Черешнев и др., 2001). По мнению И.А. Черешнева с соавторами (2001), полученные ранее сведения о речных нерестилищах нерки, расположенных в нижнем течении р. Белая и реках, впадающих в оз. Красное, нуждаются в проверке, как и свидетельства местных жителей о том, что нерка в небольшом количестве встречается в бассейне реки Юрумкувеем. О нересте в самом оз. Красное данных нет.

Сеутаканская озерно-речная система. В сеутаканской озерно-речной системе в 70–80-е гг. прошлого века нерестилось от 6 до 17 тыс. производителей (Черешнев, 1981; Путивкин, 1994) (см. рисунок).

Основные нерестилища нерки в оз. Сеутакан расположены в северо-западной части (Черешнев, 1981). Текучих особей добывали также возле устьев крупных рек и ручьев, впадающих в озеро (Черешнев, 1981). Достоверными данными о речных нерестилищах мы не располагаем.

Оз. Аччён. По данным учета производителей, численность нерки на нерестилищах в оз. Аччён в 1963 г. составила 12,6 тыс. экз., подход — 68,6 тыс. экз. В 1989 г. во время проведения авиаучета в озере одновременно нерестилось 37 тыс. экз. В 50-е — начале 60-х гг. здесь добывали до 80–150 т в год (Барсуков, 1958; Черешнев и др., 2002), или 21,8–56,1 тыс. экз. По нашей оценке, средняя численность нерки оз. Аччён составляет около 30 тыс. экз., а максимальная может превышать 90 тыс. экз. (см. рисунок).

Нерестилища нерки в оз. Аччён расположены под северо-восточным берегом озера между устьями рек Курильвиеем и Кэпервеем в местах разгрузки дренирующихся через галечную косу вод рек и ручьев, впадающих в озеро (Черешнев, 1981). Наиболее крупное нерестилище, где размножается до 95 % производителей, находится в бухте, расположенной в северной части озера между устьями р. Курильвиеем и ручья Конечного. Его площадь составляет 120 тыс. м².

Устойчивые популяции нерки с численностью не более 1 тыс. рыб каждая воспроизводятся также в бассейнах лагуны Маллэн, рек Хайидин, Пика, Юогаун, Кукэкуйым, Эргувеем (оз. Пычгынмыгытгын), Курупкан, Синевеем, Сиреник-Кейвук, Марич, Гэтлянгэн, Утаатап, Чегитунь, Ионивеем, Тэньльвьываам, Амгуэма (Решетников и др., 1976; Путивкин, 1994; Позвоночные животные..., 1996; Черешнев, 1996; Черешнев и др., 2001, 2002; наши данные) (см. рисунок).

В целом по всем чукотским водоемам средняя численность нерки составляет около 320–330 тыс. экз., но в отдельные годы она может превышать 1 млн. экз. При бережной эксплуатации стад в округе можно ежегодно вылавливать от 300 до 1000 т нерки.

ЛИТЕРАТУРА

Агапов И.Д. Рыбы и рыбный промысел Анадырского лимана // Тр. Науч.-исслед. ин-та поляр. земледелия, животноводства и промыслового хоз-ва. – 1941. – Вып. 16. – С. 73–113.

Барсуков В.В. Рыбы бухты Провидения и сопредельных вод Чукотского полуострова // Тр. ЗИН АН СССР. – 1958. – Т. 25. – С. 130–163.

Голубь Е.В. Некоторые данные по биологии и динамике численности нерки Мейныпильгынской озерно-речной системы // Вопр. рыболовства. – 2003а. – Т. 4, № 4 (16). – С. 638–660.

Голубь Е.В. Характеристика нерестовых водоемов и распределение производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*) на нерестилищах мейныпильгынской озерно-речной системы (Чукотка) // Изв. ТИНРО. – 2003б. – Т. 135. – С. 59–71.

Голубь Е.В. Первые данные по биологии нерки оз. Кайпыльгин (Чукотка) // Тез. докл. молодых ученых. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003в. – С. 30–32.

Голубь Е.В. Нерка *Oncorhynchus nerka* Чукотки: биология, распространение, численность: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2007. – 24 с.

Голубь Е.В., Голубь А.П. Некоторые данные о малочисленных популяциях нерки (*Oncorhynchus nerka*) Корякского побережья Чукотки // Наука Северо-Востока России – начало века: Матер. Всерос. науч. конф., посвященной памяти академика К.В. Симакова и в честь его 70-летия. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2005. – С. 367–372.

Коновалов С.М. Популяционная биология тихоокеанских лососей. – Л.: Наука, 1980. – 238 с.

Макоедов А.Н., Куманцов М.И., Коротаев Ю.А., Коротаева О.Б. Промысловые рыбы внутренних водоемов Чукотки. — М.: Психология, 2000. – 204 с.

Остроумов А.Г. Нерестовые ключи Камчатки // Рыб. хоз-во. – 1982. – № 4. – С. 38–41.

Позвоночные животные Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 308 с.

Правдин И.Ф. Обзор исследований дальневосточных лососей: Изв. ТИНРО. – 1940. – Т. 18. – 107 с.

Путивкин С.В. Топография нерестилищ и распределение тихоокеанских лососей в водоемах берингоморского побережья Чукотки // Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания. – Владивосток: ТИНРО, 1994. – С. 130–138.

Решетников Ю.С., Слугин И.В., Штундюк Ю.В. и др. Систематика и экология лососевидных рыб рек Амгуэма, Анадырь и Пенжина // Экология и систематика лососевидных рыб: Материалы 1-го совещания по изучению лососевидных рыб. – Л., 1976. – С. 82–87.

Черешнев И.А. Материалы по биологии проходных лососевых Восточной Чукотки // Рыбы в экосистеме лососевых рек Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 115–146.

Черешнев И.А. Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 198 с.

Черешнев И.А., Агапов А.С. Материалы по биологии нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) бассейна р. Туманская (Восточная Чукотка) // Популяционная биология лососей Северо-Востока Азии. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – С. 137–146.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 496 с.

Черешнев И.А., Шестаков А.В., Скопец М.Б., Коротаев Ю.А., Макоедов А.Н. Пресноводные рыбы Анадырского бассейна. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 336 с.

ВОСПРОИЗВОДСТВО КЕТЫ В МАЛЫХ ВОДОТОКАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

А.А. Горяинов, А.В. Лысенко
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Кета *Oncorhynchus keta* (Walbaum 1792) осенней расы широко распространена в Приморском крае. Она воспроизводится как в реках бассейна Уссури – крупнейшего притока нижнего Амура, так и в прибрежных реках, впадающих в Японское море. В настоящее время основное воспроизводство приморской кеты сосредоточено на юге края в реках япономорского бассейна (Горяинов, 1998; Лысенко, 2003).

Основные нерестилища осенней кеты в приморских реках бассейна Японского моря расположены на нижних участках рек (Горяинов, 1989; Марковцев, 1989), где активная разгрузка грунтовых вод, на выходах которых приморская кета сооружает свои гнезда, происходит именно в низовьях. В среднем течении рек кета нерестится единично, а в верховьях совсем не встречается.

На приморском побережье Японского моря часты случаи, когда относительно большие объемы накопленных грунтовых вод выходят на поверхность не только в руслах прибрежных рек, но и рядом с ними. Выход грунтовых вод может быть не связан с той или иной рекой и располагаться отдельно, образуя небольшие разливы, из которых вытекают ручьи, самостоятельно впадающие в море. Обычно такие водоемы располагаются на нижних участках прибрежных долин ближе к морю и пространства вокруг них заболочены. В специальной литературе, описывающей геоморфологию береговой зоны морей и океанов, такие участки побережья классифицируются как "прибрежные болота".

Одно из таких «прибрежных болот» площадью 2000–3000 м² находится в небольшой прибрежной долине, расположенной между долинами рек Барабашевка и Кедровка (западная часть зал. Петра Великого). Через болото протекает ключ Кедровый, который объединяет совокупность неглубоких разливов шириной до 15 м, расположенных хаотично. Ближе к морю ручей течет единым руслом шириной около 5 м и впадает в зону морского прибоя с небольшого (30–40 см) берегового уступа. По существу почти всё дно ручья и разливов, состоящее из крупного песка и мелкой гальки, изобилует выходом грунтовых вод и представляет собой "сплошное нерестилище" кеты с температурой воды 5–7 °С. Ручей зимой не замерзает и сохраняет постоянную температуру практически круглый год. На протяжении ряда лет в ключе Кедровом наблюдается воспроизводство кеты. В частности, в 2007 г. учтено около 350 нерестовых гнезд. Одно из таких гнезд было вскрыто в 1-й декаде января 2008 г. Были обнаружены эмбрионы на разной стадии развития. Похожее нерестовое «прибрежное болото» обнаружено нами в 400 км севернее зал. Петра Великого в долине р. Лидовка Дальнегорского района Приморского края. Однако здесь через мелкую протоку имеется связь с рекой. Длина участка, на котором в последние 5 лет в среднем нерестится по 500 экз. кеты, составляет около 300 м, а его площадь – 1200 м².

Случаи нереста кеты в "нетипичных" для ее местам показывают нам удивительную приспособляемость и пластичность вида. Оказывается, для воспроизводства приморской кеты не столь важно наличие относительно крупных водотоков – нерестовых рек. Она успешно может размножаться даже в самых малых из них, при условии существования выхода грунтовых вод с постоянной и оптимальной для развития икры и личинок температурой. Такое природное свойство кеты делает ее привлекательной в качестве объекта разведения на малых рыбопроизводных заводах (минизаводах), для создания которых будет совсем не обязательным наличие нерестовых рек.

Ниже приведены размерно-массовые характеристики кеты, воспроизводящейся в «прибрежных болотах» ключа Кедрового и протоки р. Лидовка (см. таблицу).

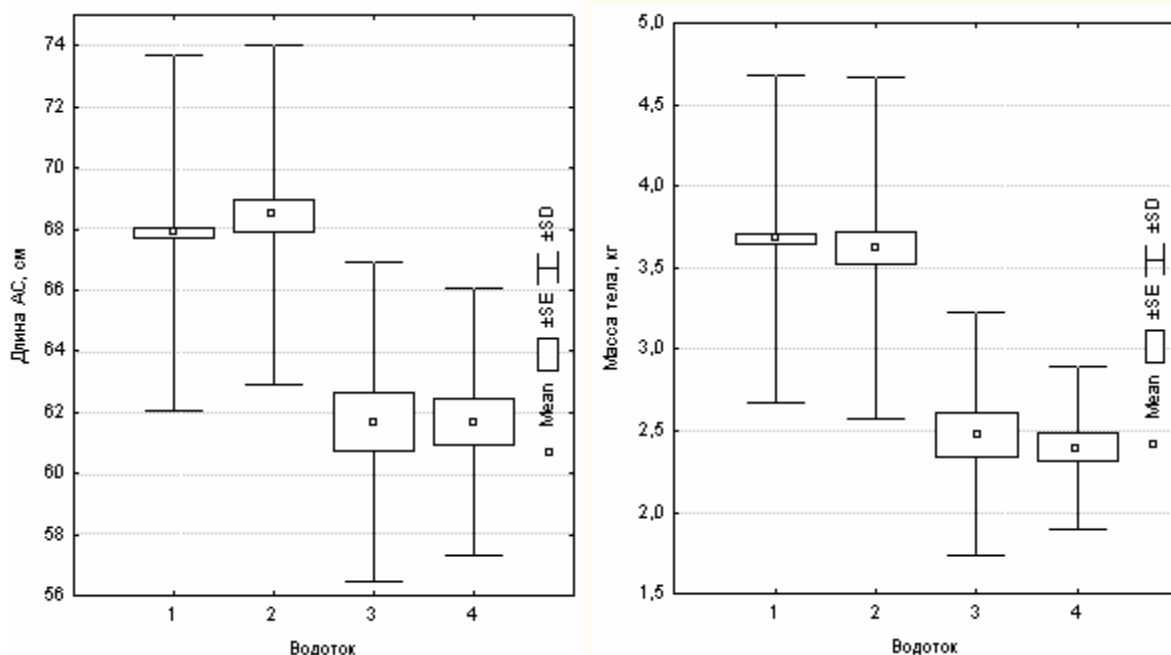
Ключ Кедровый расположен в 4–5 км от устья одной из важнейших нерестовых рек, где воспроизводится кета, – р. Барабашевка. Ежегодный возврат кеты в вышеуказанную реку оценивается в 25–30 тыс. экз. Здесь воспроизводится как естественная, так и заводская кета. Ниже приводятся данные сравнения длины и массы тела кеты из уловов в р. Барабашевка и в кл. Кедровый из уловов в ноябре 2007 г. Сравнение данных показателей рыб как одного пола, так и обоих полов по критерию Стьюдента не показало их различий ($P > 0,4$, $df = 61$) (см. рисунок). Ближайшей к р. Лидовка крупнейшей нерестовой рекой, где размножается одно из самых многочисленных естественных стад в Приморском крае, является Аввакумовка. Сравнение длины и массы тела рыб из данных рек по критерию Стьюдента также не показало их различий ($P > 0,8$, $df = 720$) (см. рису-

нок). Таким образом, по своим качествам, значимым для коммерческого использования, нерестовая кета из малых водотоков не уступает кете из крупных нерестовых рек.

Длина, масса тела осенней кеты из протоки р. Лидовка и кл. Кедровый в различные годы

Водоем	Год	Пол	N	Длина тела АС, см		Масса тела, кг	
				$\Delta X \pm m$	lim	$\Delta X \pm m$	lim
Р. Лидовка	1997	Оба пола	4	$73,3 \pm 1,93$	69,0–77,0	$4,67 \pm 0,77$	3,1–6,0
Р. Лидовка	1998	Оба пола	14	$66,3 \pm 0,98$	62,0–72,0	$3,39 \pm 0,16$	2,5–4,0
Р. Лидовка	1999	Оба пола	15	$67,6 \pm 1,94$	56,0–60,0	$3,23 \pm 0,3$	1,0–5,6
Р. Лидовка	2000	Оба пола	40	$69,4 \pm 0,96$	53,0–80,0	$3,91 \pm 0,16$	1,5–5,8
		Самцы	25	$70,4 \pm 1,24$	53,0–80,0	$4,17 \pm 0,21$	1,5–5,8
		Самки	15	$67,5 \pm 1,43$	58,0–75,0	$3,50 \pm 0,24$	2,0–4,8
Р. Лидовка	2004	Оба пола	6	$68,7 \pm 2,99$	58,0–79,0	$3,23 \pm 0,49$	2,2–5,2
Р. Лидовка	2005	Оба пола	33	$66,7 \pm 0,93$	57,0–79,0	$3,45 \pm 0,17$	1,8–5,1
		Самцы	14	$67,5 \pm 1,53$	60,0–79,0	$3,59 \pm 0,57$	1,8–5,1
		Самки	19	$66,1 \pm 1,22$	57,0–74,0	$3,35 \pm 0,21$	1,9–5,1
Р. Лидовка	В среднем за все годы	Оба пола	112	$66,0 \pm 0,56$	53,0–80,0	$3,62 \pm 0,09$	1,0–6,0
		Самцы	62	$69,8 \pm 0,74$	53,0–80,0	$3,95 \pm 0,13$	1,5–6,0
		Самки	50	$65,9 \pm 0,77$	56,0–75,0	$3,20 \pm 0,13$	1,0–5,11
Ключ Кедровый	2007	Оба пола	29	$61,7 \pm 0,96$	53,5–74,0	$2,47 \pm 0,13$	1,4–4,5
		Самцы	10	$60,0 \pm 1,67$	53,5–68,0	$2,26 \pm 0,20$	1,4–3,3
		Самки	19	$62,6 \pm 1,16$	55,0–74,0	$2,59 \pm 0,17$	1,6–4,5

Примечание. N – количество рыб; $\Delta X \pm m$ – среднее значение \pm ошибка средней; lim – минимальное и максимальное значение.



Средние показатели длины и массы тела кеты из рек Аввакумовка (1) и Лидовка (2); Барабашевка (4) и ключ Кедровый (3): Mean – среднее значение, $\pm SE$ – ошибка средней, $\pm SD$ – стандартное отклонение (пояснения в тексте)

ЛИТЕРАТУРА

Горяинов А.А. О воспроизводстве приморской кеты в связи с некоторыми особенностями ее экологии // Научно-технические проблемы марикультуры в стране. – Владивосток: ТИНРО, 1989. – С. 28–29.

Горяинов А.А. Состояние воспроизводства запасов приморских лососей и перспективы лососевого хозяйства в Приморье // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 236–250.

Марковцев В.Г. Региональные особенности организации разведения лососей // Резервы лососевого хозяйства Дальнего Востока. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – С. 75–84.

Лысенко А.В. Размерно-возрастная структура кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) Приморья и численность ее подходов (1987–2000 гг.) // Изв. ТИНРО. – 2003. – Т. 133. – С. 94–108.

ОСЕННЕЕ ПОТЕПЛЕНИЕ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ И СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ПРИМОРСКОЙ КЕТЫ В НАЧАЛЕ 21-ГО СТОЛЕТИЯ

А.А. Горяинов, Т.А. Шатилина, А.В. Никитин
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Кета воспроизводится практически во всех приморских реках, впадающих в Японское море: от Амурского лимана на севере, до зал. Посъета на юге. В Приморском крае кета наиболее обильна в р.р. Аввакумовка, Барабашевка и Рязановка.

Морские миграции приморской кеты слабо изучены, и об их направленности можно только предполагать. Однако все же ясно, что по мере роста и созревания рыб направления миграций меняются. Вероятно, сеголетки, вышедшие из прибрежных рек, мигрируют вдоль побережья в южном направлении, чему способствуют направления течений. Осенью, ко времени наступления похолодания в северной части Японского моря, молодь оказывается в теплых водах Восточно-Корейского залива и у побережья Японии. Весной, с началом потепления моря, подросшая молодь (теперь уже годовики) "выдавливается" подтоком теплых вод с юга и смещается в северном направлении. При этом большая часть годовиков, покидает Японское море через проливы Сангарский и Лаперуза, другая, меньшая часть, перемещается на север в Татарский пролив, где остается на нагул.

Анадромные миграции приморской кеты, по всей видимости, осуществляются по разным направлениям и разными потоками. Первый из них, по численности основной, – миграционный поток кеты, зимовавшей и нагуливавшейся вне пределов Японского моря. Он осуществляется через проливы и направлен в северо-западную часть моря. В конце лета и в начале осени миграции могут осуществляться через пролив Лаперуза, позднее, с наступлением похолодания – вероятно также и через Сангарский пролив. Второй, гораздо меньший по численности, – миграционный поток кеты, не покидающей пределы Японского моря. С началом потепления вод кета мигрирует на север, позднее, "спускаясь" с севера на юг, расходится по родным рекам. На общее направление анадромных миграций, как мы предполагаем, может влиять нарушение сезонного хода в распределении температур воды в Японском море.

По имеющимся статистическим данным (Гейнеман, 1912; Уловы тихоокеанских лососей..., 1989) известно, что уловы приморской кеты с 0,5 тыс. т. в начале 20-го столетия снижались в 50-х гг. до полного прекращения промысла, а в 70-е гг. численность приморской кеты в реках бассейна Японского моря сократилась вплоть до полного ее исчезновения. Однако с начала 80-х гг. ее численность снова стала восстанавливаться, и к 90-м ее возврат в основные нерестовые реки Приморского края составил 300–400 тыс. экз. (рис. 1). Однако в дальнейшем, несмотря на все рыболовные усилия (были введены в строй два лососевых рыбоперерабатывающих завода – Рязановский (1986 г.) и Барабашевский (1986 г.)), численность кеты снова начала снижаться и достигла своего минимума в 1997 г.

Причины такого катастрофического снижения досконально не изучены, однако установлено негативное влияние на естественное воспроизводство целого ряда природных факторов. В частности, в ряде предшествующих лет в бассейнах прибрежных приморских рек наблюдалось заметное отклонение количества осадков от средне многолетних значений в сторону их снижения (Горяинов, 2000). Из-за частых зимних засух уровни нерестовых рек и уровни грунтовых вод были подвержены значительной убыли. В таких условиях негативное воздействие на развитие икры и личинок низких температур воздуха особенно значительно, что и произошло три года ранее – в 1994 г. Предполагается, что низкие зимние температуры над бассейном р. Аввакумовка вызвали резкое снижение возврата 3 года спустя – в 1997 г. (Горяинов и др., 2005). Почему не сыграли свою роль заводы, как системы, "компенсирующие" отрицательные условия воспроизводства, не ясно. Можно только предположить, что суровая и холодная зима трансформировалась в весну с неблагоприятными для мальков условиями обитания во внезаводской период.

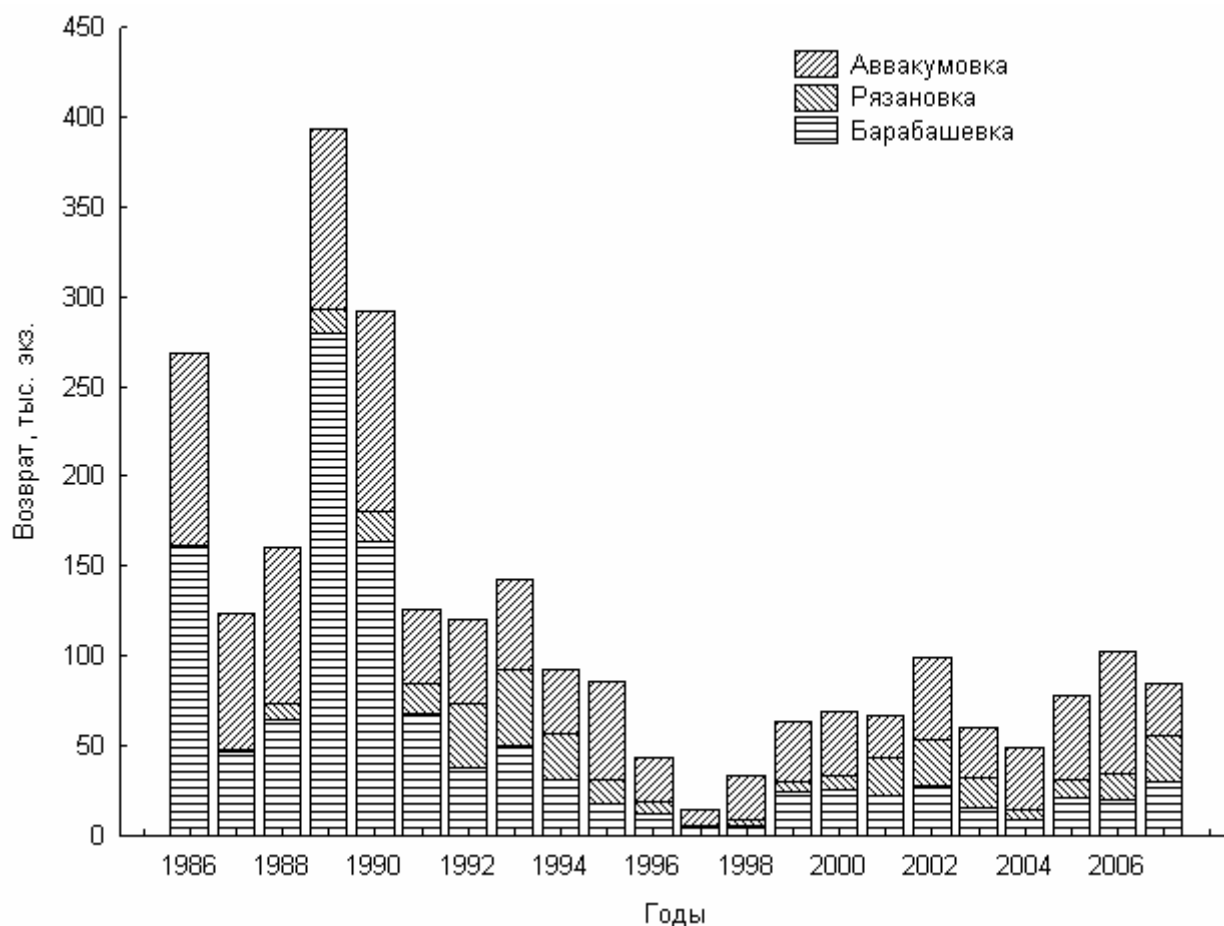


Рис. 1. Возврат кеты в важнейшие нерестовые реки Приморского края

После "провальных" 1997–1998 гг. численность приморской кеты начала снова возрастать и в отдельные годы совокупный возврат в основные реки достигал 100 тыс. экз. (рис. 1). Однако после 2002 г. на юге, несмотря на относительно активную рыболовную деятельность (рис. 2), общий возврат в реки Барабашевка и Рязановка вновь стал снижаться, особенно в 2004 г., когда к устьям рек возвратилось половозрелых рыб втрое меньше ожидаемого количества (рис. 1). В 2007 г. наблюдалась задержка подходов кеты к устью р. Аввакумовка, в которой воспроизводится естественная кета. Рунный ход в реку задержался на 10–15 сут против обычного. Запоздание хода происходило на фоне значительного прогрева вод в зал. Ольги, в который впадает река, и на прилегающих акваториях моря. По устному сообщению сотрудников Национального Центра ресурсов лососей (National salmon resources centers ("NASREC")) (Япония), в 2007 г. на о. Хоккайдо также происходили задержка подходов и снижение возврата осенней кеты в реки острова с япономорской стороны.

На ход анадромных миграций приморской кеты на юге ареала может оказывать воздействие нарушение сезонного хода в распределении температуры вод Японского моря. Снижение возврата и "сбои" нерестового хода происходят на фоне значительного осеннего потепления в северо-западной части Японского моря. В частности, выявлено, что на рубеже 20-го и 21-го века термический режим вод в данной части моря существенно изменился (Хен и др., 2004). Режим в начале 21-го столетия характеризуется преобладанием положительных аномалий температуры по всей толще вод, особенно в западной части моря. Потепление северо-западной части моря является результатом продвижения на север теплых субтропических вод, вызванного активизацией Цусимского течения. Обменные процессы во фронтальной зоне развиваются по "теплому" типу (Никитин, Харченко, 2002), и изотермы 10–15 °С значительно смещаются на север. К примеру, осенью 2004 г. в северо-западной части Японского моря наблюдалось аномальное продвижение на север теплых субтропических вод. Даже в начале ноября изотерма 15 °С была значительно смещена на север.

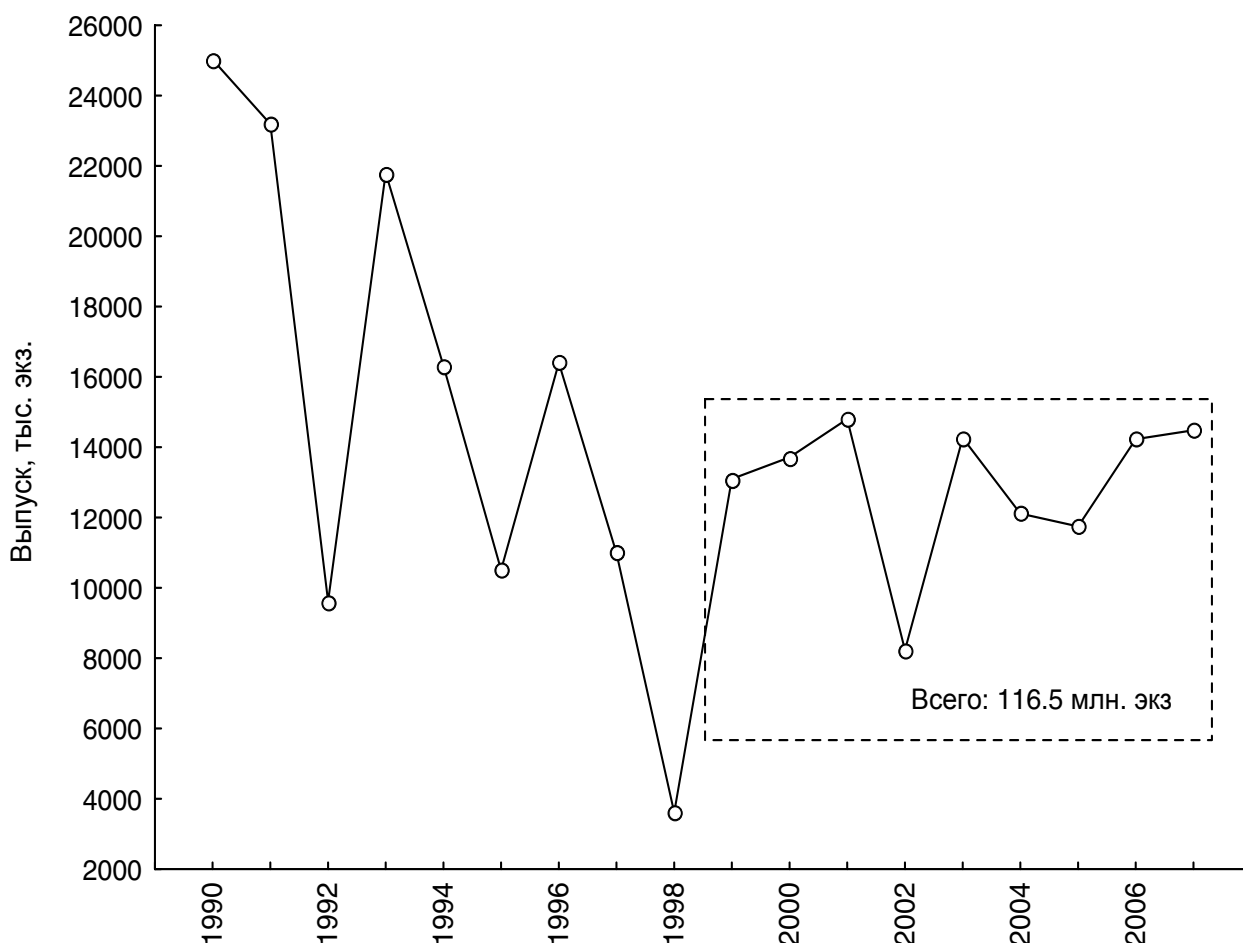


Рис. 2. Общее количество выпускаемых мальков кеты лососевыми рыбозаводскими предприятиями Приморского края (Рязановским и Барабашевским). Пунктирной рамкой выделена динамика выпусков мальков в период после "провала" 1997–1998 гг.

Процессы потепления поверхностных вод северо-западной части Японского моря хорошо согласуются с повышением температуры воздуха, что подтверждается данными о поступлении теплых воздушных масс на акваторию Японского моря и прилегающие территории суши (рис. 3). Над северо-западными районами моря в 1998–2007 гг. происходило аномальное потепление воздушных масс в летне-осенний период, способствующее потеплению вод. Данное явление подтверждается и спутниковыми данными.

Видно, что для северных районов моря в период 1996–2007 гг. происходит аномально высокое потепление поверхностных вод в летне-осенний период, хотя в зимне-весенний период, наоборот, для Приморского края и прилегающих участков Японского моря характерно похолодание.

Высокие температуры поверхностных вод на путях анадромных миграций приморской кеты, по нашим предположениям, могут играть роль "миграционных барьеров", особенно вблизи берегов и устьев нерестовых рек, где возможность вертикальных миграций в поисках температурного оптимума ограничена. В совокупности с ухудшением условий для воспроизводства на суше, наличие "барьеров" в море может существенно влиять на численность приморской кеты, особенно в южных районах. Мы не исключаем, что немалую роль в снижении численности приморской кеты в 50–70-х гг. 20-го столетия, вплоть до полного исчезновения некоторых популяций, сыграли процессы осеннего потепления воздушных масс и поверхностных вод северо-западной части Японского моря. Как предполагают некоторые исследователи, подобные "барьеры" возникают и в океане на путях миграций азиатской горбуши, вызывая значительные отклонения ее миграционных потоков (Глубоковский, 1995).

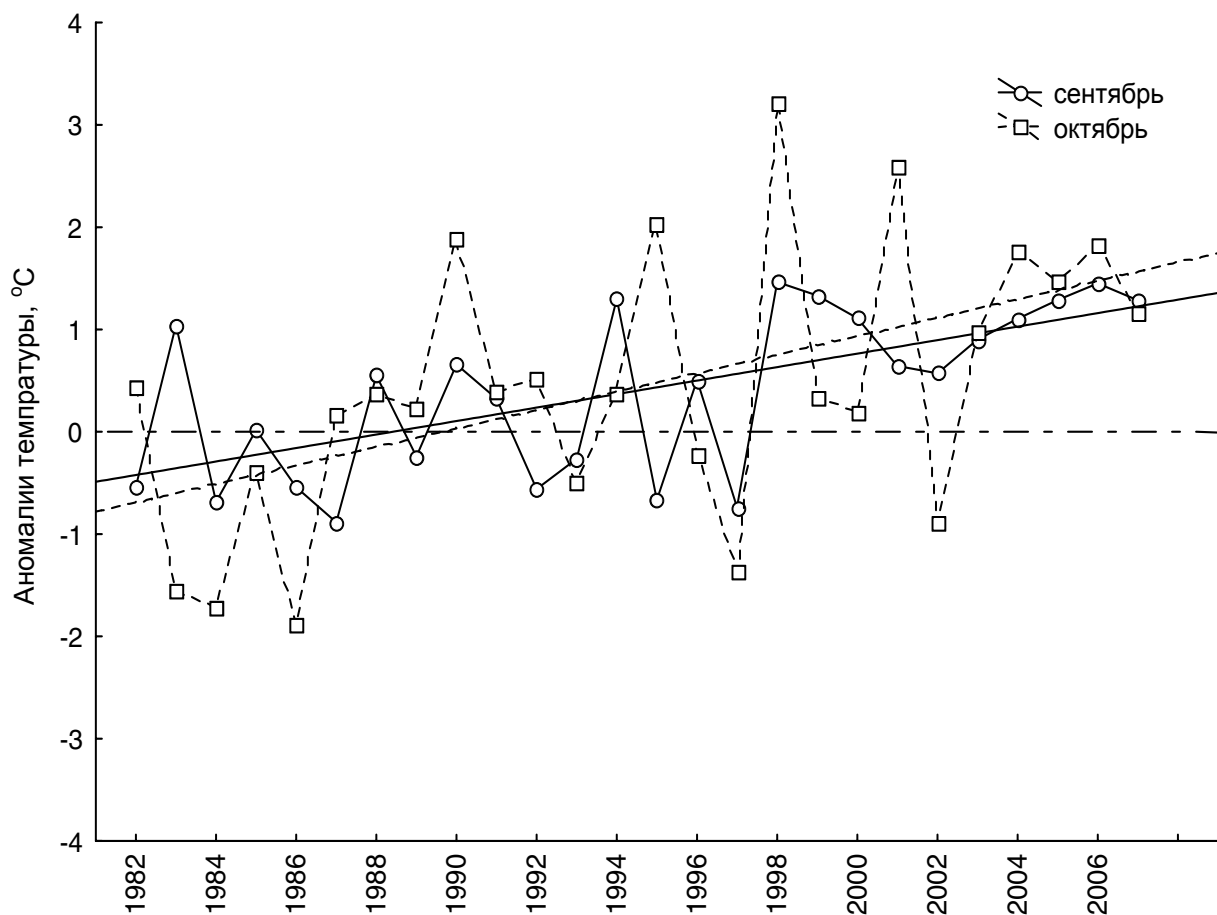


Рис. 3. Аномалии (отклонения от среднемноголетней) температуры воздуха над южной частью Приморского края (40–45° с.ш. – 130–135° в.д.)

ЛИТЕРАТУРА

- Гейнеман Б.Л. Рыбные промыслы Дальнего Востока в 1911 году. – Хабаровск: Общий труд, 1912. – 24 с.
- Глубоковский М.К. Эволюционная биология лососевых рыб. – М.: Наука, 1995. – 343 с.
- Горяинов А. А. Некоторые характеристики естественного воспроизводства приморской осенней кеты в реках бассейна Японского моря // Изв. ТИНРО. – 2000. – Т. 127. – С. 218–233.
- Горяинов А.А., Шатилина Т.А., Матюшенко Л.Ю. Аномальные атмосферные процессы и воспроизводство азиатской кеты в XX столетии // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова, вып. 3. — Владивосток, Дальнаука, 2005. – С. 650–662.
- Никитин А.А., Харченко А.М. Типизация и изменчивость термической структуры Японского моря // Изв. ТИНРО – 2002. – Т. 131. – С. 22–40
- Уловы тихоокеанских лососей 1900–1986 гг. – М.: ВНИРО, 1989 – 213 с.
- Хен Г.В., Устинова Е.И., Фигуркин А. Л. и др. Гидрологические условия северо-западной части Тихого океана и Дальневосточных морей в начале XXI века и ожидаемые тенденции. // Вопр. промысл. океанол. – 2004. – Вып. 1. – С. 40–58.

ЗИМНИЕ МЕСТА ОБИТАНИЯ МОЛОДИ И ВЗРОСЛЫХ ЖИЛЫХ РЫБ В БАССЕЙНЕ МАЛОЙ ЛОСОСЕВОЙ РЕКИ НАЧИЛОВА (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА)

Е.В. Есин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), г. Москва, Россия, esinevgeniy@yandex.ru

Имеющиеся на сегодня сведения о зимовке молоди и взрослых жилых рыб в малых лососевых реках весьма противоречивы. По одним данным большая часть рыб в конце осени мигрирует вниз по течению на зимовальные ямы или в озера (Никольский, 1953; Живоглазов, 2004), по другим сведениям большинство рыб, в том числе молодь лососевых, зимует на участках летне-осеннего нагула (Cunjak, 1996; Huusko et al., 2007). Часто выбор той или иной тактики зимовки определяется условиями конкретного года (Enders et al., 2007). Известно, что после понижения температуры воды до 3–4 °С скорость метаболизма зимующей в руслах молоди и взрослых жилых рыб снижается на порядок, что приводит к исчезновению конкуренции за пищу и пространство (Charman, 1966; Huusko et al., 2007). Выбор местообитания зимой определяется, прежде всего, необходимостью минимизировать затраты энергии и при этом защититься от неблагоприятных физико-химических условий: промерзания или пересыхания местообитания, недостатка кислорода и т.п. (Riehle, Griffith, 1993; Cunjak, 1996). Доступ к пище при температурах, близких к замерзанию, обычно не является приоритетом при выборе места обитания (Cunjak, 1996; Enders et al., 2007), заметная пищевая активность у молоди большинства видов лососей начинает проявляться при температурах воды выше 5–7 °С (Griffith, Smith, 1993).

Материалом для данной публикации послужили результаты полевых работ, выполненных в декабре 2006 г. на всем протяжении р. Начилова (площадь водосбора 315 км², длина 75 км), являющейся крупнейшим правобережным притоком р. Большой (западная Камчатка). Рыбу по всему притоку ловили сачком с диаметром входного отверстия 1 м, ставными вершами и поплавковой удочкой. Всего было выловлено и отпущено обратно в реку около 800 экз. рыб. Для изучения распределения рыб по акватории реки проводили визуальные обследования открытых ото льда участков и подводную видеосъемку цифровой двухматричной видеокамерой (в режиме минимального фокусного расстояния). Закрепленный на тросе бокс с камерой (производства ЕпиандрVideo) сплавляли по реке на разном удалении от берега (в том числе подо льдом). Бокс погружали таким образом, чтобы камера была направлена под углом 30° к поверхности, съемку проводили без подсветки и только в дневные часы. Было снято около 2,5 ч видео. Полученный материал обрабатывали в программе Sony Pixela, после чего вид рыбы и ее положение в пространстве можно было различить на удалении до 2 м.

На своем протяжении р. Начилова пересекает горный, предгорный и равнинный пояса, перепад высот в бассейне более 730 м. От истоков до устья в магистральном водотоке сменяются следующие участки русла: горный порожисто-водопадный, горный прямолинейный без выраженного рельефа дна, горный разветвленный (на рукава и протоки) с чередованием плесов и перекатов, равнинный меандрирующий. В среднем течении крупнейшего притока р. Начилова – р. Микочева – имеется участок равнинного болотного русла, представляющего собой «торфяной» канал, проточенный в верховом болоте.

Всего в декабрьских уловах 2006 г. в р. Начилова и ее притоках встречались 11 видов рыб. Молодь и взрослые жилые особи были распределены по реке неравномерно (табл. 1).

Участок порожисто-водопадного русла. Начиная с ноября (устойчивая отрицательная температура воздуха) эрозионные ямы под порогами в верховьях рек юго-западной Камчатки закрываются льдом и снегом, течение воды прекращается. По-видимому, рыбы скатываются из истоков в октябре-ноябре.

На протяжении зимы молодь и взрослые особи здесь отсутствуют.

Участок прямолинейного горного русла. Зимой 2006 г. на участке ловилась молодь двух видов рыб (табл. 1). В начале декабря при температуре воды 3–4 °С сеголетки покинули пой-

менные биотопы и прибрежные отмели, где они удерживала участки дна площадью по 0,1–0,2 м², и переместились на стрежень главного русла под ледяные забереги. Здесь молодь укрывалась в межвалунном пространстве и не проявляла двигательной активности. Большая часть двух- и трехлеток, как и осенью, держалась в центральной части русла за валунами и в глубоких ямах на потоке. После замерзания реки рыбы всех размеров переместились в зону средней глубины на границе льда и потока. Большая часть мелких рыб держалась под камнями, крупные особи предпочитали положение у дна за валунами или обломками скал. Большую часть времени двух- и трехлетки были неподвижны и занимали позицию в контакте со дном в 15–30 см позади рассекающего поток объекта (см. также Erkinaro et al., 1994; Enders et al., 2007). Нередко рыбы использовали в качестве укрытий выступы дна, по высоте сопоставимые с высотой их собственного тела. Ледовая обстановка не меняется на участке до апреля, донный лед не образуется. В этих стабильных условиях молодь лососей ведет себя однотипно в течение всей зимы и далеко не мигрирует (Enders et al., 2007).

Таблица 1

Возрастно-видовой состав декабрьских уловов рыб в продольном профиле р. Начилова за 2006 г. (А – порожисто-водопадное русло, В – прямолинейное горное русло, С – разветвленное горное русло, D – меандрирующее равнинное русло, Е – болотное русло), % от общего вылова на участке

Вид	Участки									
	А		В		С		D		Е	
	%	Возр. группы	%	Возр. группы	%	Возр. группы	%	Возр. группы	%	Возр. группы
Кижуч	–	–	–	–	75	0+, 1+	41	0+ – 1+	10	0+, 1+
Чавыча	–	–	–	–	–	–	5	0+, 1+	–	–
Нерка	–	–	–	–	–	–	<1	0+	–	–
Сима	–	–	3	0+, 2+	1	0+, 1+	<1	0+, 1+	–	–
Мальма (голец)	–	–	97	0+ – 2+	24	0+ – 2+	7	1+ – 4+	5	1+ – 4+
Кунджа	–	–	–	–	–	–	3	0+ – 3+	<1	3+
Микижа	–	–	–	–	–	–	12	0+ – 5+	<1	0+ – 3+
Хариус	–	–	–	–	–	–	1	1+ – 4+	5	3+, 4+
3-иглая колюшка	–	–	–	–	–	–	15	0+ – 4+	50	0+ – 4+
9-иглая колюшка	–	–	–	–	<1	0+ – 2+	9	0+ – 2+	10	0+ – 2+
Амурская колюшка	–	–	–	–	–	–	6	0+ – 3+	20	0+ – 3+

Участок разветвленного горного русла. В начале декабря 2006 г. в уловах встречалась молодь трех видов лососевых рыб, а также 9-иглая колюшка всех возрастов (табл. 1). В течение зимы для участка характерно чередование периодов открытой воды, когда в результате оттепелей поверхностный и глубинный лед разрушаются и уносятся вниз по течению, активного намерзания поверхностного льда, ледостава (стрежень не замерзает), а также регулярные шугоходы. Двигающаяся в толще воды шуга забивает рукава и пойменные протоки, перегораживает основное русло на перекатах, меняет направление потока на плесовых участках. Образование ледяных заторов приводит к отчуждению части местообитаний и смерти молоди лососей. Для малых водотоков Северной Америки показано, что в результате экстремальных ледовых явлений смертность зимующих в руслах рыб может достигать 40–60 % (Bustard, 1986; Cunjak, 1996), в то время как в незамерзающих водотоках молодь почти не погибает (Huusko et al., 2007). В р. Начилова 11 декабря 2006 г. в шуге, прибитой к берегу, были обнаружены мертвые экз. мальмы в возрасте 1+ и 2+.

Доступность местообитаний разных типов в течение цикла ледовых явлений является важным фактором выживаемости рыб (Prowse, 1995). В отличие от вышележащего участка со стабильным ледовым режимом, где все рыбы зимуют в схожих местообитаниях, динамич-

ность зимних условий разветвленного русла предопределяет наличие нескольких типов стратегии зимовки молоди и взрослых жилых рыб (Cunjak, 1996; Enders et al., 2007).

Крупная микижа и двухлетки кижуча, которые в течение лета и осени держались на глубоких участках русел и в заводах, в начале зимы мигрируют в равнинный пояс бассейна.

Молодь мальмы и симы в период оттепелей отстает от взрослых рыб на оконечностях подрезанных побочном отмелей – на границе мелководья и стрежня, в устьях пойменных протоков и в заводах на границе заберегов и открытой воды. Во время ледообразования большинство молоди укрывается позади заломов из древесного топлива, которые препятствуют продвижению льда (Bustard, Narver, 1975; Cunjak, 1996; Harper, Farag, 2004).

Сеголетки кижуча покидают заводы и отмели и скапливаются в отчлененных протоках (ключах) и лимнокренах на выходах грунтовых вод, которые четко фиксируются по зонам открытой воды в промерзших и засыпанных снегом русловых ответвлениях. Летом в холодноводные ключи и лимнокрены (температура воды 5–7 °С) рыба заходит только в случае стрессово высоких температур воды (выше 18–20 °С) в главном русле (Snucins, Gunn, 1995), зимой здесь образуются одновидовые стаи «пестряток» кижуча численностью до нескольких сотен штук. Значение незамерзающих пойменных биотопов в зимовке молоди лососей в северной Канаде подтверждается наличием пропорциональной связи между выживаемостью молоди лососей и количеством ключей на длину малой реки (Bustard, 1986; Smith, Griffith, 1994; Cunjak, 1996).

Колюшка ведет себя пассивно, держась в глубоких пойменных протоках и затонах подо льдом. Последние промерзают почти до дна, однако для выживания мелкой рыбы в состоянии спячки достаточно пространства в 3–5 см между льдом и дном (Berg, 1994).

Участок меандрирующего равнинного русла. В декабре 2006 г. в уловах встречались молодь 7 видов лососевых рыб и хариуса, половозрелые особи микижи, мальмы и хариуса, а также 3 вида колюшек всех возрастов (табл. 1). Замерзание реки на равнинном участке продолжается до двух – трех недель и сопровождается последовательным образованием заберегов, намерзанием донного льда и серией из двух – трех шугоходов. Во время кратковременных оттепелей лед не разрушается. Стрежень и перекаты обычно не промерзают в течение всей зимы, однако в притоках они могут быть полностью засыпанными снегом.

В начале зимы большая часть двух- и трехлеток лосей скапливаются на отмелях основного русла под заберегами. Обособленные укрытия и заломы в меандрирующем русле почти отсутствуют, пойменные биотопы промерзают, поэтому за период шугоходов смертность жилых рыб на участке меандрирующего русла может достигать 60 % (Cunjack, Randall, 1993). Такая же смертность показана для молоди лосей и колюшек, которые остаются зимовать в замерзающих пойменных биотопах равнинных рек (Bustard, 1986). Мелкая рыба, в особенности сеголетки микижи, гольцов и колюшек, в начале зимы укрываются в зарослях макрофитов на стрежне. В нижнем течении р. Микочева в начале декабря 2006 г. плотность мелкой микижи в донных «матах», состоящих из рдестов и лютика, составляла 8–10 экз./м²; плотность колюшек в донных зарослях на приустьевом участке достигала 40–50 экз./м². Часть молоди держится в зарослях всю зиму, однако в результате обмерзания дна в этих убежищах погибает до 80 % рыб (Cunjack, Randall, 1993).

После ледостава молодь лососей распределяется по руслу равномерно – плотность заселения плесов и перекатов выравнивается. Молодь кижуча, чавычи, нерки, кунджи, микижи и хариуса держится под поверхностным льдом и снегом, постоянно подрабатывая плавниками. Двух- и трехлетки мальмы и симы используют в качестве укрытий каверны в «скульптурированном» донном льде. Большую часть времени эти рыбы неподвижны и удерживаются на субстрате грудными плавниками и нижней лопастью хвостового плавника. Оставшиеся в русле крупные экз. колюшек ложатся на дно под берегами и впадают в спячку. Местом массовой зимовки четырех- - шестилеток микижи, мальмы, кунджи и хариуса являются омуты в излучинах. В бассейне р. Начилова над глубокими участками равнинного русла образуется лед толщиной до 0,5 м, в то время как стрежень обычно остается открытым. Во время декабрьских исследований крупные рыбы держались под льдом на свале глубин от плесов к омутам.

Участок болотного русла. К началу декабря 2006 г. торфяной канал р. Микочева полностью закрылся льдом и снегом. В течение зимы большая часть русла промерзает почти до дна, течение останавливается. Недостаток жизненного пространства заставляет большую часть молоди лососей мигрировать из болотного русла вниз по течению, крупные жилые рыбы скапливаются в глубоких ямах (до 2,5 м). Здесь крупных лососей, голец и хариуса, которые сохраняют пищевую активность в течение всей зимы, издавна ловят местные жители. В случае сильных оттепелей ямы на участке реки со стоячей водой может забить колотым льдом и шугой (Cunjak, Caussie, 1994). В этом случае крупные лососи способны мигрировать в поисках подходящих мест обитания подо льдом на десятки километров (West et al., 1992; Huusko et al., 2007).

Анализируя полученный материал, можно заключить, что разнообразие стратегий зимовки молоди и жилых рыб в малых реках западной Камчатки, подобных по условиям обитания р. Начилова, сводится к четырем основным типам (табл. 2).

Таблица 2

Разнообразие стратегий поведения во время зимовки у молоди и взрослых жилых рыб в малых лососевых реках западной Камчатки

Стратегия зимовки	Тактика поведения	Примеры возрастно-видовых групп
Эмиграция	Протяженная миграция к зимовальным ямам или в озера вверх или вниз по течению	Крупная микижа и двухлетки кижуча в верхнем течении предгорной реки, крупный хариус и микижи на участке болотного русла
Активная зимовка без протяженной миграции	Избирание русловых местообитаний, активный поиск участков замедленного течения, сохранение пищевой активности, отрицательный фототаксис	Разновозрастная молодь большинства видов лососевидных рыб
Пассивная зимовка на участке летне-осеннего нагула	Избирание придаточных водоемов со стабильными условиями (обычно в местах выхода грунтовых вод), минимальная пищевая активность, положительный фототаксис	Сеголетки – годовики кижуча и 9-иглая колюшка на участке разветвленных горных русел
Спячка	Избирание придаточных водоемов, сохранение базового уровня метаболизма, нейтральное отношение к свету	Крупная 3-, 9-иглая и амурская колюшка

ЛИТЕРАТУРА

- Живоглядов А.А.** Структура и механизмы функционирования сообществ рыб малых нерестовых рек острова Сахалин. — М.: ВНИРО, 2004. — 128 с.
- Никольский Г.В.** Река Амур и ее рыбы. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1953. — 99 с.
- Berg N.H.** Ice in stream pools in California's Central Sierra Nevada: Spatial and temporal variability and reduction in trout habitat availability // N. Am. J. Fish. Manage. — 1994. — Vol. 14. — P. 372–384.
- Bustard D.R.** Some differences between coastal and interior stream ecosystems and the implications to juvenile fish production // Proceeding of the Workshop on Habitat Improvements / ed. by Patterson J.H. : Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. — 1986. — Vol. 1483. — P. 117–126.
- Bustard D.R., Narver D.W.** Aspects of the winter ecology of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and steelhead trout (*Salmo gairdneri*) // J. Fish. Res. Bd Can. — 1975. — Vol. 32. — P. 667–680.
- Cunjak R.A.** Winter habitat of selected stream fishes and potential impacts from land-use activity // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1996. — Vol. 53, № 1. — P. 267–282.
- Cunjak R.A., Randall R.G.** In-stream movements of young Atlantic salmon (*Salmo salar*) during winter and early spring // Production of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*, in natural waters / ed. by Gibson R.J., Cutting R.E. : Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. — 1993. — № 118. — P. 43–51.
- Cunjak R.A., Caussie D.** Frazil ice accumulation in a large salmon pool in the Miramichi River, New Brunswick: Ecological implications for overwintering fishers // Proceeding of the Workshop on Environ-

mental Aspects of River Ice / ed. by Prows T.D. : NHRI Sympos. Ser. № 12. — National Hydrology Research Institute, Saskatoon, Sask (Can.), 1994. — P. 279–295.

Chapman D.W. Food and space as regulators of salmon populations in streams // Amer. Naturalist. — 1966. — Vol. 100, № 913. — P. 345–357.

Enders E.C., Clarke K.D., Pennell C.J. et al. Comparison between PIT and radio telemetry to evaluate winter habitat use and activity patterns of juvenile Atlantic salmon and brown trout // Hydrobiologia. — 2007. — Vol. 582, № 1. — P. 231–242.

Erkinaro J., Shchurov I.L., Saari T., Niemela E. Occurrence of Atlantic salmon parr in redds at spawning time // J. Fish. Biol. — 1994. — Vol. 45. — P. 899–900.

Griffith J.S., Smith R.W. Use of winter concealment cover by juvenile cutthroat trout and brown trout in the South Fork of the Snake River, Idaho // N. Am. J. Fish. Manage. — 1993. — Vol. 13. — P. 823–830.

Harper D.D., Farag A.M. Winter habitat use by cutthroat trout in the Snake River near Jackson, Wyoming // Trans. Am. Fish. Soc. — 2004. — Vol. 133, № 1. — P. 15–25.

Huusko A., Greenberg L., Stickler M. et al. Life in the ice lane: the winter ecology of stream salmonids // River Res. Appl. — 2007. — Vol. 23, № 5. — P. 469–491.

Prowse T.D. River ice processes // River Ice Jams / ed. by Beltaos S. — Water Resources Publications, LLC, Colorado, USA, 1995. — P. 29–70.

Riehle M.D., Griffith J.S. Changes in habitat use and feeding chronology of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in fall and the onset of winter in Silver Creek, Idaho // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1993. — Vol. 50. — P. 2119–2128.

Snucins E.J., Gunn J.M. Coping with a warm environment: behavioral thermoregulation by lake trout // Trans. Am. Fish. Soc. — 1995. — Vol. 124. — P. 118–123.

West R.L., Smith M.W., Barber W.E. et al. Autumn migration and over wintering of Arctic grayling in coastal streams of the Arctic National Wildlife Refuge, Alaska // Trans. Am. Fish. Soc. — 1992. — Vol. 121. — P. 709–715.

КОРМОВАЯ БАЗА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В РОССИЙСКИХ ВОДАХ БЕРИНГОВА МОРЯ В 2002–2006 гг.

А.В. Заволокин, А.М. Слабинский, А.Я. Ефимкин, Н.С. Косенок
ФГУП «ТИНРО-Центр», г. Владивосток, Россия, zavolokin@tinro.ru

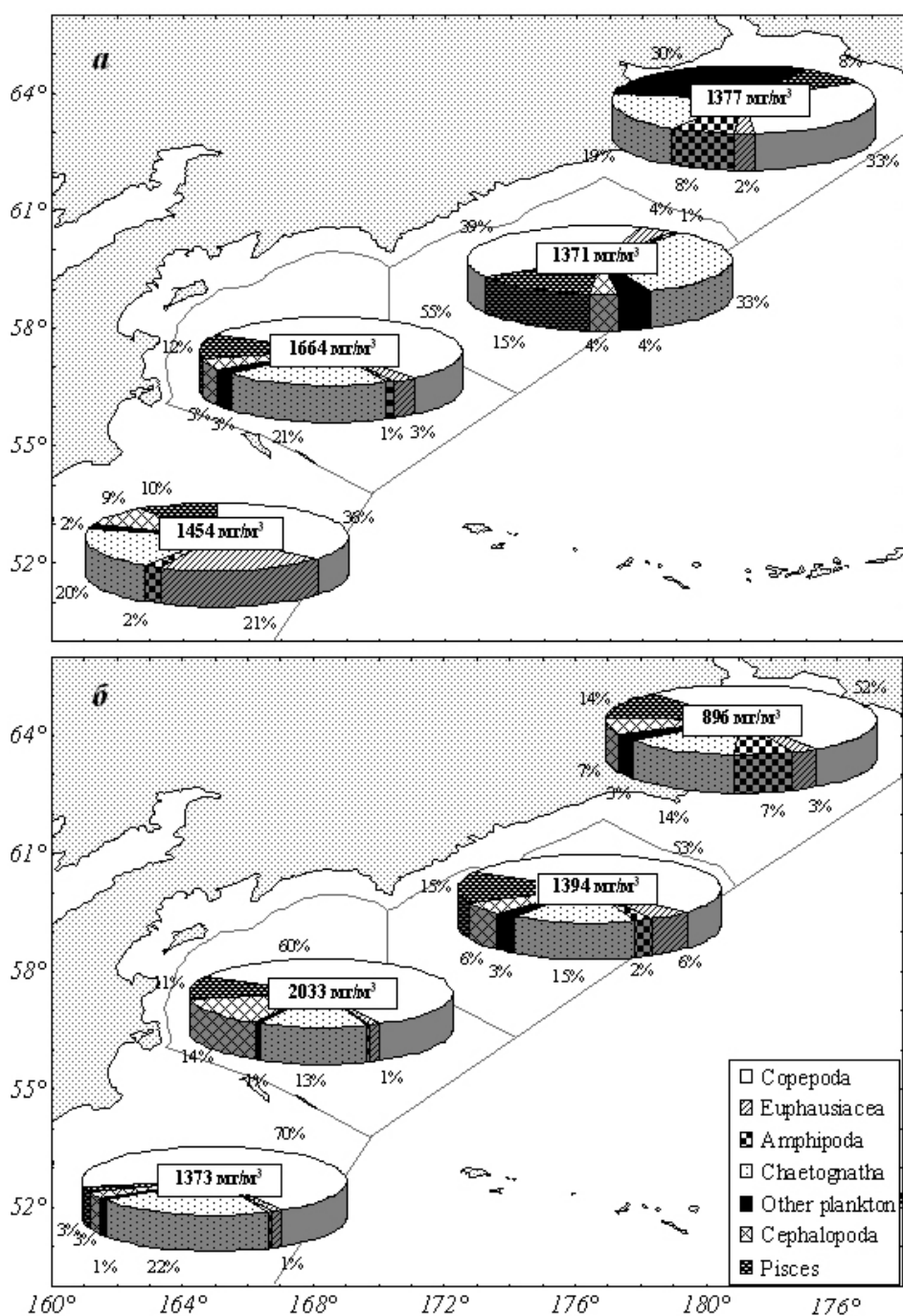
Тихоокеанские лососи обладают высокой пищевой пластичностью. Их рацион в морской период жизни включает большое количество как планктонных, так и нектонных видов. Для учета всего состава кормовой базы лососей необходимо помимо планктонной сети использовать дополнительные орудия лова, позволяющие определить обилие мелких рыб и кальмаров. Однако количественная оценка биомассы и численности микронектона проводится далеко не всегда, а в тех случаях, когда такие исследования осуществляются, возникает проблема сопоставимости полученных данных по планктону и мелкому нектону в связи с неодинаковой уловистостью разных орудий лова. В данной работе кормовая база лососей была оценена по данным планктонных сборов, выполненных большой сетью Джеди, и модельных расчетов обилия мелкоразмерного нектона, входящего в их питание. Сбор и обработку планктона осуществляли по стандартно принятым в ТИНРО-центре методикам (Волков, 1996). Биомасса нектона была оценена методом математического моделирования на основе информации по пищевым спектрам лососей и количественному составу зоопланктона. Подробное описание этого метода изложено в отдельных публикациях (Суханов, Заволокин, 2006; Заволокин и др., 2007).

На рисунке представлены суммарные биомассы кормовой базы лососей и соотношение в ней отдельных групп гидробионтов в западной части Берингова моря и сопредельных тихоокеанских водах осенью 2002 и летом 2003 гг. Эти величины получены суммированием биомасс крупной фракции зоопланктона и модельных оценок обилия кальмаров и рыб. В сентябре-октябре 2002 г. общая плотность кормовой базы лососей варьировала от 1371 до 1664 (в среднем 1466) мг/м³ (см. рисунок, а). Во всех районах в ее составе преобладали копеподы (33–55 %) и щетинкочелюстные (19–33 %). Доля нектона находилась в пределах 8–19 % и была наименьшей на анадырско-наваринском шельфе. В среднем для всей акватории исследования она составляла 16 %. В составе нектона во всех районах преобладали рыбы. Доля кальмаров была наибольшей в тихоокеанских водах, а в шельфовых районах они не были отмечены.

В июле-августе 2003 г. копеподы абсолютно доминировали (52–70 %) в составе кормовой базы лососей (см. рисунок, б). Доля щетинкочелюстных также была достаточно высокой — 13–22 %. Процент нектона в разных районах значительно варьировал. Он был наименьшим в тихоокеанских водах (6 %), а наибольших значений (25 %) достигал в Командорской котловине. В среднем его доля составила 18 %. Основу нектона преимущественно составляли рыбы. Только в Командорской котловине в составе нектона преобладали кальмары. Общая плотность кормовой базы лососей находилась в пределах 893–2033 (среднее 1423) мг/м³. Ее максимальное значение отмечено в Командорской котловине, а минимальное — в шельфовой зоне в северной части моря.

Осенью 2003 г. относительная биомасса кормовой базы лососей значительно снизилась — до 515–1191 (в среднем 903) мг/м³. Основной причиной этого явилось снижение обилия копепод в верхней эпипелагиали, вызванное их сезонной миграцией в более глубокие горизонты (Виноградов, 1968; Горбатенко, 1996), а также их выеданием. В наименьшей степени это проявилось в тихоокеанских водах. Здесь копеподы доминировали (58 %) в составе кормовой базы лососей. В беринговоморских водах значение копепод была заметно меньше (17–30 %), но они по-прежнему наряду с щетинкочелюстными составляли основу кормовой базы. Нектон составлял 15–21 % общей биомассы кормовой базы. По сравнению с предыдущими съемками в глубоководной части моря доля кальмаров была более существенной, доходя до 18 %.

Доля рыб в питании осенью 2003 г. во всех районах, исключая шельф, был невысокой (2–9 %). В среднем доля нектона от лета к осени 2003 г. не изменилась и составила 18 %.



Соотношение (% по массе) компонентов кормовой базы лососей в верхней эпипелагиали в западной части Берингова моря и сопредельных тихоокеанских водах в сентябре-октябре 2002 г. (а) и июне-июле 2003 г. (б). Цифры в центре циклограмм — суммарная плотность кормовой базы

Съемка 2004 г., которая была наиболее поздней по срокам исследования, характеризовалась минимальным обилием копепод. В результате общая плотность кормовой базы лососей во всех районах исследований была самой низкой в ряду лет 2002–2006 гг. Ее значения находились в пределах 422–685 (среднее 561) мг/м³. В составе кормовой базы доминировали щетинкочелюстные (29–56 %). Следует отметить, что значительную ее часть в этом году составляли эвфаузииды (5–17 %). Доля нектона также была выше по сравнению с предыдущими съемками. Она варьировала от 16 до 25 % и в среднем была равна 20 %. На шельфе в составе нектона преобладали рыбы, в открытых водах основную его часть составляли кальмары.

Большой объем собранного в тихоокеанских водах материала в 2004 г. позволил рассмотреть количественный состав кормовой базы лососей отдельно для прикамчатских и от-

крытых вод Тихого океана. Суммарная биомасса кормовой базы в этих районах была близкой и составляла соответственно 613 и 571 мг/м³. Соотношение отдельных групп также было довольно сходным. Наибольшие различия касались доли рыб. В прикамчатском районе она была значительно выше (10 %), чем в открытых водах (1 %). Существенная ее часть слагалась молодью минтая длиной 4–7 см, который, вероятно, выносится в этот район из прибрежной зоны восточной Камчатки и из Берингова моря с водами Камчатского течения.

В июне-июле 2005 г. общее обилие кормовой базы находилось на среднем уровне — 814–1625 (в среднем 1175) мг/м³. Его основу, как и в прошлые годы, составляли копеподы и щетинкочелюстные. Доля нектона варьировала от 14 до 25 % и в среднем была равна 19 %. В Командорской котловине и на шельфе в его составе преобладали рыбы, в западной части Алеутской котловины и тихоокеанских водах доминировали кальмары.

Осенью 2006 г. относительная биомасса кормовой базы была заметно ниже и находилась в пределах 593–1047 (в среднем 913) мг/м³. Ее наименьшие значения отмечены в тихоокеанских водах. Доля нектона в 2006 г. была наибольшей за период исследований. Она варьировала от 17 до 31 % и в среднем составляла 23 %.

Во все годы исследований значение амфипод и эвфаузиид — главных пищевых компонентов горбуши, кеты и нерки — в кормовой базе лососей было сравнительно небольшим. В среднем их доля составляла от 6 % летом 2003 г. до 14 % осенью 2003 и 2004 гг.

Таким образом, в летне-осенние периоды 2002–2006 гг. общая плотность кормовой базы лососей находилась в пределах 561–1466 мг/м³. Ее наименьшие значения были отмечены осенью 2004 (561 мг/м³) и 2003 (903 мг/м³) гг. Наибольшие биомассы кормовой базы лососей наблюдались осенью 2002 (1466 мг/м³) и летом 2003 (1423 мг/м³) гг.

Глубоководные районы западной части Берингова моря характеризовались наиболее высоким уровнем плотности кормовой базы лососей (516–2033 мг/м³). На шельфе ее величина, как правило, была минимальной (422–1377 мг/м³).

Доля нектона в кормовой базе лососей в разные годы варьировала от 16 до 23 %. На шельфе и в тихоокеанских водах она обычно была заметно ниже (6–25 %) по сравнению с Командорской и Алеутской котловинами (17–31 %). Наибольшая доля рыб и наименьшая доля кальмаров во все годы наблюдались в шельфовых водах.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградов М.Е. Вертикальное распределение океанического зоопланктона. — М.: Наука, 1968. — 319 с.

Волков А.Ф. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 1996. — 70 с.

Горбатенко К.М. Сезонные аспекты вертикального распределения зоопланктона в Охотском море // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 88–119.

Заволокин А.В., Слабинский А.М., Ефимкин А.Я., Косенок Н.С. Обилие мелкоразмерного нектона в западной части Берингова моря и сопредельных тихоокеанских водах в 2002–2006 гг. // Бюл. №2 реализации «Концепции бассейновой программы изучения лососей». — Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. — С. 42–46.

Суханов В.В., Заволокин А.В. Оценивание параметров селективности в питании рыб при неполных данных // Вопр. ихтиол. — 2006. — Т. 46, № 9. — С. 815–818.

НАДПОПУЛЯЦИОННЫЕ ГРУППИРОВКИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ ПОБЕРЕЖЬЯ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

С.Ф. Золотухин, Т.В. Козлова

Хабаровский филиал ТИНРО-центра (ХфТИНРО), г. Хабаровск, Россия. tinro@tinro.khv.ru

Знание популяционной структуры рыб является основой для рациональной эксплуатации их запасов. Для тихоокеанских лососей западной части Охотского моря до сих пор нет четких представлений о дифференциации на популяционные группировки, несмотря на то что начало детальных исследований относится к 1940-м гг. Идеи А.Г. Кагановского (1949) о том, что локальные популяции тихоокеанских лососей в дальневосточных морях могут занимать обширные географические пространства, были развиты хабаровскими учеными И.Б. Бирманом (1956, 1985), Р.И. Еньютиной (1954, 1972), В.Я. Леванидовым (1969), Н.И. Куликовой (1970), которые выясняли факторы, способные определить границы популяций. Как и другие исследователи (Майр, 1974; Яблоков, 1987; и др.), они пришли к выводу, что этими факторами являются географическая, экологическая и темпоральная изоляции. Следуя этим представлениям, мы произвели инвентаризацию надпопуляционных группировок лососей западной части Охотского моря, бассейна р. Амур и материкового побережья Татарского пролива. В качестве надпопуляционных группировок рассматривались смежные поколения четных и нечетных лет, сезонные расы (темпоральные группировки), географические расы (региональные популяционные группировки).

Динамика смежных поколений горбуши оказалась сравнима только в пределах крупных географических районов. Так, за всю историю наблюдений с начала 20-го в. в западной части Охотского моря численно преобладали поколения горбуши только нечетных лет, а так называемая «смена доминант» отмечалась лишь однажды в 1937–1938 гг. (Черешнев и др., 2002). В бассейне р. Амур всегда численно преобладали только поколения четных лет и «смены доминант» не отмечалось никогда. В Татарском проливе неоднократно отмечалась «смена доминант».

Кета в западной части Охотского моря представлена двумя экологическими расами (ранняя и поздняя), время нерестового хода которых почти не различается. В бассейне р. Амур время нерестового хода таких же рас (летняя и осенняя) различается временным промежутком в месяц. В Татарском проливе присутствует только одна форма кеты – осенняя, которая отличается размерами и использует иные, чем амурская и охотоморская кета, пути миграций.

Сима бассейна р. Амур и материкового побережья Татарского пролива различается путями миграций, районами нагула и размерами особей. Как и предыдущим исследователям, нам эти различия ясно показывают границы крупных надпопуляционных группировок тихоокеанских лососей. Мы выделили 18 группировок, но, возможно, их больше. Например, известно, что в р. Амгунь (бассейн р. Амур) заходит кижуч, но мы не смогли собрать фактические данные о нем. Наиболее интересным и наиболее неизученным оказался район стыка границ 4 крупных региональных популяционных группировок. Это геологически очень молодой район охотоморского побережья южнее устья Амура: реки южной части Амурского лимана. В период последних голоценовых трансгрессий океана, 8 тыс. лет назад, образовался прол. Невельского и Сахалин отделился от материка, а реки юга Амурского лимана отделились от бассейна р. Амур. В этот район проникла япономорская горбуша, и он стал районом смешения амурских, япономорских, сахалинских и, возможно, охотоморских региональных популяционных группировок тихоокеанских лососей.

Что же касается границ популяционных группировок, т.е. популяций и демов, то, несмотря на уже предпринимавшиеся различные методы и неоднократные подходы к этой проблеме, решить ее можно только на генетическом уровне.

Комментарий к границам пресноводной части ареалов популяционных группировок тихоокеанских лососей в пределах Хабаровского края.

Охотское море

Горбуша охотоморская летняя поколений четных и нечетных лет

Смена поколений горбуши четных и нечетных лет на побережье Охотского моря в пределах Хабаровского края в последний раз происходила в 1937–1938 гг. На территории Магаданской области в Ольской группе рек «смены доминант» происходили в 1984 и в 2001 гг. (Черешнев и др., 2002). Возможно, между Охотской и Ольской группами рек проходит граница различных популяционных группировок смежных поколений горбуши. Следовательно, у нас есть основания считать, что горбуша этих популяционных группировок широко распространена по всем рекам западного побережья Охотского моря от границы с Магаданской областью до Амурского лимана включительно. Область пресноводной части ее ареала идентична у популяционных группировок нечетных и четных лет.

Горбуша охотоморская осенняя поколений четных и нечетных лет

Горбуша этой популяционной группировки в конце августа — сентябре в годы своей высокой численности заходит в некоторые реки материкового побережья Татарского пролива, от оз. То (ключ Сивучи) до р. Нельма, а в малых количествах еще южнее. В крупных бассейнах она заходит только в самые нижние притоки, например, в р. Улика в бассейне р. Тумнин. Мелкие водотоки, например, р. Гыджу, заполняет полностью (Золотухин, 2006). Основной нерестовый ареал этой группировки находится вне территории Хабаровского края и включает побережье восточного Сахалина южнее мыса Терпения, южные Курильские острова, тихоокеанское побережье о. Хоккайдо. Осенняя горбуша нечетных лет была обнаружена нами в 2005 г. в реках Аяно-Майского района на нерестилищах осенней кеты.

Кета материкового побережья Охотского моря ранняя

Кета этой популяционной группировки широко распространена по всем рекам побережья Охотского моря от рек Амурского лимана и продолжается в границах Магаданской области. Наиболее многочисленна в реках Магаданской области. К юго-западу от Охотской группы рек в некоторых небольших бассейнах она может отсутствовать, а в некоторых крупных бассейнах ее доля может быть невелика, в зависимости от морфологии русла реки.

Кета материкового побережья Охотского моря поздняя

Кета этой популяционной группировки широко распространена по всем рекам побережья Охотского моря. Судя по срокам хода производителей, ее ареал включает Амурский лиман, а южная его граница находится в районе оз. То (ключ Сивучи) на материковом побережье Татарского пролива (Японское море).

Кижуч материкового побережья Охотского моря

Кижуч этой популяционной группировки распространен по рекам побережья Охотского моря от р. Иски севернее устья р. Амур и продолжается в границах Магаданской области. Центр популяционной группировки находится в Охотской группе рек.

Нерка материкового побережья Охотского моря поздняя

Нерка этой популяционной группировки распространена по рекам побережья Охотского моря от р. Уда в Тугуро-Чумиканском районе и продолжается в границах Магаданской области. Центр популяционной группировки находится в Охотской группе рек.

Река Амур

Кета р. Амур летняя

Пресноводная часть ареала этой популяционной группировки находится в пределах бассейна р. Амур выше географической границы его устья. Область пресноводной части ее ареала занимает нижнюю часть бассейна р. Амур. Площадь пресноводного ареала амурской летней кеты значительно меньше, чем у осенней кеты.

Кета р. Амур осенняя

Пресноводный ареал этой популяционной группировки находится в пределах бассейна р. Амур выше географической границы его устья. Область пресноводной части ее ареала по площади больше, чем у летней амурской кеты, и занимает большую часть бассейна р. Амур.

Горбуша р. Амур поколений четных и нечетных лет

Для бассейна р. Амур смена поколений четных и нечетных лет не происходила, в то время как в районе примыкающего к его устьевой части побережья с южнолиманскими реками «смена доминант» отмечалась несколько раз. Пресноводный ареал этих популяционных группировок сходен и находится в пределах бассейна р. Амур выше географической границы его устья.

Сима р. Амур ранняя

Пресноводный ареал этой популяционной группировки находится в пределах нижней части бассейна р. Амур выше географической границы его устья.

Материковое побережье Татарского пролива (Японское море)

Кета япономорская осенняя

Кета этой популяционной группировки широко распространена по всем рекам материкового побережья Татарского пролива от бассейна р. Сомон и продолжается в границах Приморского края.

Горбуша япономорская поколений четных и нечетных лет

Ареал горбуши этих популяционных группировок начинается от р. Мы в Амурском лимане (Енютина, 1954, 1972), далее в Японском море по всем рекам материкового побережья Татарского пролива, и продолжается в границах Приморского края. Области пресноводной части их ареалов одинаковы.

Кижуч япономорский

Кижуч этой популяционной группировки распространен по наиболее крупным рекам материкового побережья Татарского пролива до границ с Приморским краем

Сима материкового побережья ранняя

Сима этой популяции широко распространена по всем рекам материкового побережья Татарского пролива и продолжается в границах Приморского края.

ЛИТЕРАТУРА

Енютина Р.И. Амурская горбуша // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 77. – С. 3–126.

Енютина Р.И. Локальные стада горбуши амурского бассейна и прилежащих вод // Вопр. ихтиол. – 1954. – № 2. – С. 139–143.

Золотухин С.Ф. Ход горбуши в реки материковой части Татарского пролива в сентябре 2006 г. // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – С. 168–171.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. — Владивосток: Дальнаука, 2002. – 496 с.

Бирман И. Б. Локальные стада осенней кеты в бассейне Амура // Вопр. ихтиол. – 1956. – № 7. – С. 158–173.

Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.

Кагановский А.Г. Некоторые вопросы биологии и динамики численности горбуши // Изв. ТИНРО. – 1949. – Т. 31. – С. 3–57.

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура: Изв. ТИНРО. – 1969. – Т. 67. – 242 с.

Куликова Н.И. Локальные стада кеты советского Дальнего Востока: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1970. – 19 с.

Майр Э. Популяции, виды и эволюция. — М.: Мир, 1974. — 528 с. (Пер. с англ.)

Яблоков А.В. Популяционная биология. — М.: Высш. шк., 1987. — 303 с.

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ: ИЕРАРХИЯ ТЕМПОРАЛЬНЫХ РАС И ПОПУЛЯЦИЙ¹

В.Н. Иванков¹, Е.В. Иванкова¹, С.Е. Кульбачный²

¹Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток

²Хабаровский филиал ТИНРО-центра, г. Хабаровск

Если обратиться к популяционной структуре анадромных рыб различных систематических групп, то можно обнаружить, что многие из них характеризуются сложной внутривидовой организацией, в частности, наличием сезонных рас.

Наряду с сезонными расами в некоторых реках у лососей, в частности у горбуши и симы, были обнаружены более мелкие сезонные группировки – так называемые ходы, или подходы (Воловик, 1968; Иванков и др., 1984). Аналогичные группировки имеются и у осенней кеты р. Иски (Кульбачный, Иванков, 2004).

Подобные ходы обнаружены также И.Б. Бирманом (1977) для кеты бассейна р. Амур. Проводя исследования в лимане Амура он обнаружил здесь три основных подхода (хода) осенней кеты. Три хода отчетливо выражены и у сахалинского берега, в районе Рыбновска. Эти ходы отмечаются постоянно из года в год и являются, как пишет Бирман, «реально существующими группировками рыб», формирование которых не зависит от колебаний водности Амурского лимана. Ранее три хода осенней кеты были отмечены Н.П. Навозовым-Лавровым (1927). О них же писали Е.А. Ловецкая (1948), а также А.Г. Смирнов (по: Бирман, 1977).

Доказательством обособленности этих группировок служит то, что динамика размерно-полового состава в каждой из них ежегодно повторяется: на протяжении нерестового хода каждой группировки повторяется та же динамика размеров тела и соотношения полов, которая обычно наблюдается в период нерестового хода какой-либо популяции, не разделенной на субпопуляции. В начале каждого последующего хода рыбы бывают крупнее, а процент самцов выше, чем в конце предыдущего.

Реальность существования темпоральных группировок (ходов) подтверждается тем, что в рядах поколений они обнаруживают значительное сходство и ежегодно совпадают по срокам анадромной миграции.

Исследования показали, что подавляющее большинство рыб первого хода совершает по Амуру миграции на большей протяженности и нерестится в верховых притоках. Рыбы третьего хода идут на нерест в низовые притоки Амура (Бирман, 1956). Стада осенней кеты низовых притоков Амура, стада бассейнов Уссури и стада Тунгуски и других рек, удаленных на 1000 и более километров от устья Амура отличаются друг от друга размерами тела и темпом роста.

Несомненно, что рыбы, которым предстоит более далекий путь к нерестилищам, начинают миграцию и входят в Амур первыми. Отсюда напрашивается вывод, что группировки разных ходов формируются не в процессе нерестовой миграции, а задолго до нее.

По мнению И.Б. Бирмана (1956), ходы осенней кеты на Амуре – явление уникальное, обусловленное внушительными размерами ее нерестового ареала в широко разветвленной системе Амура. Однако, как выяснено в последнее время, аналогичные темпоральные группировки кеты имеются и в других крупных речных системах.

Какова же структура темпоральных группировок кеты в этих случаях?

Исследования, проведенные по выяснению экологии и структуре популяций кеты, размножающейся в реках континентального побережья Охотского моря, позволили выяснить (Волобуев, 1983), что нерестовый ход ее в реки побережья состоит из миграционных потоков, представленных двумя формами лососей: ранней и поздней.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке фонда US CRDF и Министерства образования и науки РФ и RUXO – 003-VL-06.

Следует отметить, что темпоральная дифференциация североохотской кеты была обнаружена сравнительно давно и изучалась достаточно полно (Правдин, 1940; Костарев, 1970; Бачевская, 1983, 1990, 2002; Волобуев, 1983, 1986; Викторовский и др., 1986; Салменкова и др., 1986; Медников и др., 1988; Волобуев и др., 1990, 1992, 2005; Макоедов, 1999).

В.В. Волобуев с соавторами (2005), анализируя темпоральную дифференциацию кеты континентального побережья севера Охотского моря, отмечают, что темпоральные группировки (формы) этого региона хотя и аналогичны, но не тождественны летней и осенней расам амурской кеты и могут обитать как симпатрично (в бассейне одной реки), так и в разных речных системах. Выяснено, что отчетливо проявляется наличие темпоральных группировок и в других стадах северной части Охотского моря (удское, охотское, ямское и гижигинское стада) (Правдин, 1940; Костарев, 1970; Волобуев, 1984, 1986; Волобуев и др., 1990, 2005).

Таким образом, анализ темпоральных группировок кеты из различных регионов и рек ареала ее размножения показывает, что наряду с четко выраженными группировками, существующими на уровне сезонных рас, различающимися не только сроками нерестового хода, нереста, биологическими показателями, но и местами нереста (омываемые водами подруслового потока и грунтовыми (ключевыми) водами), обнаруживаются также темпоральные группировки, существующие внутри сезонных рас, – ходы или подходы. Эти ходы отмечаются, как правило, в бассейнах крупных рек, таких как р. Амур, некоторые реки северного побережья Охотского моря (Бирман, 1977; Волобуев, 1984, Волобуев, Волобуев, 2000; Путивкин, 1989; и др.). Однако, аналогичные ходы отмечаются порой также в сравнительно небольших реках. Например, это отмечено для р. Иски Хабаровского края (Таранец, 1937; Кульбачный, Иванков, 2004).

Что касается иерархических отношений темпоральных ходов кеты с сезонными расами, то это удобнее проследить на примере кеты, размножающейся в бассейне Амура, поскольку здесь наиболее полно изучена ее биология, экологическая (Бирман, 1956; Леванидов, 1969; Рослый, 2002) и генетическая (см.: Алтухов и др., 1997; Алтухов, 2004) дифференциация. Ранее было выяснено, что локальные стада осенней кеты, размножающиеся в разноудаленных крупных притоках Амура, имеют существенные различия по основным биологическим показателям: размерам тела, плодовитости, упитанности, зрелости гонад (Бирман, 1956; и др.). Эти отличия стабильны из года в год. Несомненно, что темпоральные ходы, наблюдающиеся в Амуре – это ни что иное, как популяции лососей, мигрирующих в разное время и относящихся к различным крупным локальным стадам, размножающимся в крупных притоках, удаленных от устья Амура на различные расстояния, т.е. ходы состоят из темпоральных популяций.

Аналогичная картина наблюдается и в других крупных реках, например, в р. Анадырь. Период нерестовой миграции здесь может длиться 4,5–5,0 мес, вплоть до декабря (Штундюк, 1983; Путивкин, 1999). В течение лета наблюдается обычно 2–3 пика численности идущих на нерест лососей (Остроумов, 1967; Волобуев, Никулин, 1970). Отмечены, кроме того, различия в сроках заполнения нерестилищ для основных локальных стад кеты Анадырского бассейна (Путивкин, 1999), что согласуется с хорошо выраженной, устойчивой популяционной структурой (Путивкин, 1999; Wilmot et al., 1994; по: Черешнев и др., 2001).

Выяснено, что нерестилища анадырской кеты приурочены к участкам рек с выходом подземных вод, преимущественно подмерзлотных и смешанных. Температура воды в нерестовых буграх в зимний период чаще всего находится в пределах 2,5–3,5°. Следовательно, анадырская кета по экологии размножения является формой, сходной с осенней амурской кетой. Летней формы кеты, строящей нерестовые гнезда участках с подрусловым потоком, в бассейне р. Анадырь в настоящее время не обнаружено (Путивкин, 1989, 1999).

Как следует из вышеизложенного, в бассейне р. Анадырь темпоральные группировки (ходы) кеты существуют внутри сезонной расы (осенней). Они представлены локальными группировками (популяциями), размножающимися на различном расстоянии от устья реки. Таких крупных группировок выделено к настоящему времени девять (Путивкин, 1999). Эти группировки объединяются в более крупные группировки, которые и представлены несколь-

кими (как правило тремя) ходами. В каждом из них сгруппированы темпоральные популяции, имеющие сходные условия размножения и удаленность от устья реки.

Следует добавить, что на Камчатке также обнаруживается темпоральная дифференциация кеты. В различных реках полуострова отмечается до 2–3 ходов этого вида лососей. Кроме летнего и осеннего ходов в р. Камчатка, отмечается весенний (Николаева, Овчинников, 1988). По всей вероятности, этот самый ранний ход относится к летней сезонной расе кеты.

Темпоральная дифференциация популяций наблюдается, естественно, не только у кеты, но и у других лососей.

Рассмотрим этот вопрос на примере наиболее «флюктуирующего» вида тихоокеанских лососей – горбуши.

Как ранее отмечалось в тех водоемах, где происходит размножение двух темпоральных группировок (сезонных рас) лососей, наблюдают, как правило, два пика численности приходящих на нерест рыб. Однако в ряде случаев таких пиков (периодов хода) может быть более двух. Известны такие случаи у горбуши Британской Колумбии, Сахалина, североохотского побережья (Scheridan, 1962; Воловик, 1968; Марченко, 2001, 2004; и др.). Следует отметить, что и у амурской горбуши И.Б. Бирман (1977) отмечал несколько субпопуляций в период их нерестового хода, которые отличаются соотношением полов (наличие нескольких пиков увеличения числа самцов). Обнаруженные периоды нерестового хода, проявляющиеся по наличию пиков увеличения численности мигрирующих рыб, как уже указывалось, получили название ходов или подходов. Какова же природа этих ходов?

Наиболее подробно этот вопрос был исследован на примере популяций горбуши, размножающейся в реках северного побережья Охотского моря (Марченко, 2004).

С.Л. Марченко (2004), исследуя динамику нерестового хода, морфологию, размеры, плодовитость рыб, изменение соотношения полов у горбуши нескольких крупных рек охотского побережья, пришел к заключению, что в различных реках этого региона насчитывается от двух до четырех группировок лососей, различающихся сроками захода в реки и местами нереста. При генетико-биохимическом изучении разнообразия горбуши Тауйской губы выявлены различия в частотах генов и уровнях генетического разнообразия между группировками (Пустовойт, 1999). Аналогичные результаты были получены и при морфологическом, и при генетическом изучении горбуши р. Ола. В бассейне этой реки также выявлены темпоральные группировки, различающиеся фено- и генообликом (Агапова и др., 2003).

На кривых динамики процентного количества самцов С.Л. Марченко выявил от 1 до 3 переломов. Эти результаты им трактуются как доказательство существования двух-четырех темпоральных группировок горбуши, заходящих в крупные реки северного побережья Охотского моря.

Темпоральные ходы отмечены и у других видов лососей. Они имеются, в частности, у симы (Иванков и др., 1984; Иванков, 1997), у чавычи в популяциях Калифорнии. Их репродуктивная изоляция подтверждена посредством генетических исследований с использованием микросателлитных локусов (Banks et al., 2000).

Каково же место темпоральных группировок типа ходов (подходов) в системе экологических форм, в их иерархии?

Основная дискуссия здесь сводится к взаимоотношению таких внутривидовых категорий, как сезонные расы и локальные стада (локальные популяции) (Викторовский и др., 1986; Салменкова и др., 1986, 1989, 1994; Иванкова, Ефремов, 1987; Иванкова, 1997; и др.).

Основная проблема – это отношения соподчиненности, ранга темпоральных (сезонных) рас и темпоральных популяций (ходов). Здесь проблема решается существенно проще. Достаточно вспомнить описанные И.Б. Бирманом (1977) подходы осенней кеты в лимане Амура. В этом случае динамика темпоральных подходов – это динамика ходов крупных локальных стад амурской осенней кеты, размножающихся в притоках, удаленных от устья Амура иногда на сотни и тысячи километров. Аналогичное можно видеть в реках Анадырского лимана (Путивкин, 1989, 1994; Черешнев и др., 2002). Подходы (ходы) в этих случаях – это локальные популяции (стада), по сути представляющие собой темпоральные популяции.

Темпоральные ходы в сравнительно небольших реках, где лососи представлены всего одним стадом (локальной популяцией), чаще всего являются по сути темпоральными субпопуляциями (синоним – темпоральные демы). Недавно такие темпоральные субпопуляции кеты были описаны для р. Иски (Кульбачный, Иванков, 2004). Сюда, очевидно, можно отнести темпоральные ходы горбуши р. Лесная (Воловик, 1967), симы р. Киевка (Иванков и др., 1984; Иванков, 1997). Иногда у таких темпоральных субпопуляций генетические различия достигают ранга межпопуляционных (Мацак, 1989).

Таким образом, иерархический ряд темпоральных группировок лососей выглядит следующим образом: сезонная раса – темпоральная популяция – темпоральная субпопуляция. Этот ряд одной расы (например, осенней) существует часто параллельно (в одном бассейне реки) с таким же рядом другой расы (летней).

Если брать вид в целом, то соподчиненный ряд выглядит несколько иначе: вид – региональная популяционная система (мегапопуляция) – сезонная раса – темпоральная популяция – темпоральная субпопуляция.

В этой схеме возможны (и реально в природе довольно часто наблюдаются) модификации. Популяции крупной популяционной системы могут не различаться временем нерестового хода. Тогда это будут просто локальные (географические) популяции.

В заключение необходимо добавить, что учет темпоральной дифференциации у анадромных рыб необходим при организации рационального промысла, интродукции, акклиматизации и искусственного разведения.

Все эти мероприятия могут быть успешны лишь в том случае, если темпоральные популяции будут рассматриваться не только как часть единого целого, но и в большой степени в качестве самостоятельных популяций, приуроченных к определенным местам и условиям размножения. По сути они являются самостоятельными не только темпоральными, но и локальными популяциями, то есть при организации промысла представляют собой единицы запаса. Со всеми вытекающими отсюда следствиями.

ЛИТЕРАТУРА

Агапова Г.А., Голованов И.С., Марченко С.Л., Пустовойт С.П. Биоразнообразие североохотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. – 2003. – Вып. 2. – С. 523–530.

Алтухов Ю.П. (ред.). Динамика популяционных генофондов при антропогенных воздействиях. – М.: Наука, 2004. – 619 с.

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. – М.: Наука, 1997. – 288 с.

Бачевская Л.Т. Генетические различия локальных стад кеты некоторых рек охотоморского побережья // Тез. докл. 10-го Всесоюз. симпоз. «Биологические проблемы Севера». – Магадан, 1983. – Ч. 2. – С. 143–144.

Бачевская Л.Т. Межпопуляционные различия и внутривидовая дифференциация кеты севера Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток: Ин-т биологических проблем Севера ДВО РАН, 1990. – 17 с.

Бачевская Л.Т. Популяционно-генетическая структура кеты некоторых рек североохотоморского побережья // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных. – Ростов на Дону: Изд-во Биос РГУ, 2002.

Бирман И.Б. Локальные стада осенней кеты в бассейне Амура // Вопр. ихтиол. – 1956. – Вып. 7. – С. 158–173.

Бирман И.Б. О внутривидовых группировках амурской осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.) // Вопр. ихтиол. – 1977. – Т. 17, вып. 5. – С. 879–889.

Викторовский Р.М., Бачевская Л.Т., Ермоленко Л.Н. и др. Генетическая структура популяций кеты северо-востока СССР и проблемы рационального использования ее запасов // Биол. моря. – 1986. – № 2. – С. 51–59.

Волобуев В.В. О внутривидовой дифференциации кеты р. Тауй (североохотоморское побережье) // Тез. докл. 10-го Всесоюз. симпоз. «Биологические проблемы Севера». – Магадан, 1983. – Ч. 2. – С. 155–156.

Волобуев В.В. О внутривидовой неоднородности кеты материкового побережья Охотского моря // Тез. докл. 11-го Всесоюз. симпозиума «Биологические проблемы Севера». – Магадан, 1986. – Ч. 4. – С. 22–23.

Волобуев В.В. Об особенностях размножения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salmonidae) и экологии ее молоди в бассейне р. Тауй (Североохотское побережье) // Вопр. ихтиол. – 1984. – Т. 24, вып. 6. – С. 953–963.

Волобуев В.В., Бачевская Л.Т., Волобуев М.В., Марченко С.Л. Популяционная структура кеты *Oncorhynchus keta* континентального побережья Охотского моря // Вопр. ихтиол. – 2005. – Т. 45, № 4. – С. 489–501.

Волобуев В.В., Волобуев М.В. Экология и структура популяций как основные элементы формирования жизненной стратегии кеты *Oncorhynchus keta* континентального побережья Охотского моря // Вопр. ихтиол. – 2000. – Т. 40, № 4. – С. 516–529.

Волобуев В.В., Рогатных А.Ю., Кузищин К.В. О внутривидовых формах кеты материкового побережья Охотского моря // Вопр. ихтиол. – 1990. – Т. 30, вып. 2. – С. 221–228.

Волобуев В.В., Рогатных А.Ю., Кузищин К.В., Царев Ю.И. Морфологическая дифференциация ранней и поздней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) р. Тауй // Популяционная биология лососей северо-востока Азии. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1992. – С. 72–80.

Воловик С.М. О возможности применения методов морфометрии для определения локальных популяций горбуши // Изв. ТИНРО. – 1968. – Т. 65. – С. 97–107.

Иванков В.Н. Изменчивость и микроэволюция рыб. – Владивосток: ДВГУ, 1997. – 124 с.

Иванков В.Н., Падецкий С.Н., Карпенко С.Н., Лукьянов П.Е. Биология проходных рыб южного Приморья // Биология проходных рыб Дальнего Востока. – Владивосток: ДВГУ, 1984. – С. 10–36.

Иванкова Е.В. Популяционно-генетические исследования кеты некоторых районов Дальнего Востока // Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл. – М.: ВНИРО, 1997. – С. 335.

Иванкова Е.В., Ефремов В.В. Популяционно-генетические исследования экологических (сезонных) рас кеты // Экологическая генетика растений и животных: Тез. докл. 3-й Всесоюз. конф. – Кишинев: Штиинца, 1987. – С. 127–128.

Ионов А.В. Биологическая неоднородность горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // Биология пресноводных рыб Дальнего Востока. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. – С. 35–48.

Костарев В.Л. Влияние некоторых климатических факторов на эффективность естественного воспроизводства охотской кеты // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 71. – С. 109–121.

Кульбачный С.Е., Иванков В.Н. Темпоральные субпопуляции тихоокеанских лососей // Региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии: Тез. докл. – Владивосток: ДВГУ, 2004. – С. 78–79.

Ловецкая Е.А. Материалы по биологии амурской кеты // Изв. ТИНРО. – 1948. – Т. 27.

Макоедов А.Н. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока. – М.: УМК «Психология», 1999. – 292 с.

Марченко С.Л. О неоднородности горбуши р. Гижига // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. – Магадан: МагаданНИРО, 2001. – Вып. 1. – С. 152–158.

Марченко С.Л. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 2004. – 24 с.

Медников Б.М., Волобуев В.В., Горшков В.А. и др. Структура нерестовой популяции кеты *Oncorhynchus keta* бассейна реки Тауй (по данным молекулярной гибридизации) // Вопр. ихтиол. – 1988. – Т. 28, вып. 5. – С. 724–730.

Навов-Лавров Н.П. Результаты работ по обследованию промысла и этологии лососевых р. Амура // Производительные силы Дальнего Востока. – М., 1927. – Т. 4.

Николаева Е.Т., Овчинникова К.А. О внутривидовой структуре кеты *Oncorhynchus keta* на Камчатке // Вопр. ихтиол. – 1988. – Т. 28, вып. 3. – С. 493–497.

Правдин И.Ф. Обзор исследований дальневосточных лососей: Изв. ТИНРО. – 1940. – Т. 18. – 107 с.

Пустовойт С.П. Генетическое разнообразие популяций североохотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиол. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 521–526.

Путивкин С.В. О формировании гидрологического режима нерестилищ анадырской кеты // Вопр. ихтиол. – 1989. – Т. 29, вып. 1. – С. 96–103.

- Путивкин С.В.** Биология и динамика численности анадырской кеты: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1999. — 24 с.
- Рослый Ю.С.** Динамика и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. — Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2002. — 210 с.
- Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П., Викторовский Р.М. и др.** Генетическая структура популяций кеты, размножающейся в реках Дальнего Востока и Северо-Востока СССР // Журн. общ. биол. — 1986. — Т. 47. — С. 529–549.
- Салменкова Е.А., Омельченко В.Т., Рослый Ю.С. и др.** Генетическая дифференциация кеты бассейна Амура // Генетика. — 1994. — Т. 30, № 4. — С. 518–528.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В.** Лососевидные рыбы Северо-Востока России. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — 496 с.
- Штундюк Ю.В.** Особенности пространственно-временной структуры популяции анадромной кеты // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. 10-го Всесоюз. симпоз. — Магадан, 1983. — Ч. 2. — С. 229.
- Banks M.A., Rashbrook V.K., Calavetta M.I. et al.** Analysis of microsatellite resolves genetic structure and diversity of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in California's central valley // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2000. — Vol. 57. — P. 915–927.

О ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ КЕТЫ РЕЧНОГО И ОЗЁРНОГО ЭКОТИПОВ НА О. ИТУРУП (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)*

А.М. Каев¹, К.И. Афанасьев², Г.А. Рубцова², Т.В. Малинина², М.В. Шитова², С.И. Борзов³,
Л.К. Фёдорова⁴ и Л.А. Животовский²

¹ СахНИРО, г. Южно-Сахалинск, kaev@sakhniro.ru

² Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва, levazh@gmail.com

³ Рейдовая научно-исследовательская станция ФГУ «Сахалинрыбвод», г. Итуруп

⁴ Отдел рыбоводства ЗАО «Гидрострой», г. Южно-Сахалинск

В отличие от Сахалина и большинства районов материкового побережья Охотского моря, где выделяются отдельные локальные группировки кеты, на южных Курильских островах этот вид тихоокеанских лососей воспроизводится повсеместно. Производители заходят на нерест как во все реки и ручьи о-вов Итуруп и Кунашир (если в них нет агрессивной среды или естественных преград для миграции), так и в озера. Замечено, что при заходе в реки рыбы отличаются большей зрелостью половых продуктов (их гонады в основном на IV–V стадии зрелости) и яркой выраженностью внешних брачных изменений, а также низкой упитанностью по сравнению с рыбами, мигрирующими на нерест в озерные системы. Эти различия легли в основу выделения у южнокурильской кеты двух экотипов — речного и озерного (Иванков, 1985). Рыбы озерного экотипа «высокотелы» и по этой причине крупнее по массе тела (Каев и др., 1996). При систематическом изучении кеты этих экотипов на о. Кунашир установлены также различия по размерам тела и плодовитости: в одних и тех же возрастных группах «озерные» мигранты в среднем были крупнее, а их самки во все годы наблюдений менее плодовиты, чем их ровесники среди «речных» мигрантов (Каев, Romasenko, 2003). Устойчивые по годам различия в развитии брачных изменений у «озерных» и «речных» рыб в сочетании с особенностями пропорций тела («высокотелость») и биологических показателей (плодовитость) указывают на репродуктивную изоляцию кеты разных экотипов, несмотря на близкое расположение водоемов их нереста.

Для изучения вопроса генетической дифференциации кеты разных экотипов исследованы ДНК-маркеры, а именно: микросателлиты, которые в отличие от аллозимных локусов позволяют выявить детальные различия между популяциями кеты (Животовский и др., 2008; Рубцова и др., 2008). Исследовано 15 выборок кеты, взятых в 2004–2006 гг. в водоемах центральной части охотоморского побережья о. Итуруп (рис. 1). Из них 5 выборок взяты в озерах Сопочном (2004, 2005, 2006 гг.) и Куйбышевском (2004, 2006 гг.). Остальные выборки взяты в реках: по 4 выборки в Курилке и Рейдовой (по одной в 2004, 2006 гг. и по две в 2005 г. в каждой из рек), а также по одной выборке в 2005, 2006 гг. в ручье Порожистом (приток оз. Сопочного).

В каждой выборке исследовали 50 рыб по 10 микросателлитным маркерам: *Ssa197*, *Ssa20.19*, *Ogo2*, *Oki1-1*, *Oki1-2*, *Oke3*, *Oke11*, *One103*, *One109*, *Ots3*. Образцы ткани (плавника или печени) фиксировали в 96 %-ном этаноле. Тотальную ДНК выделяли и разводили до нужной концентрации по стандартной методике. ПЦР-амплификацию микросателлитных локусов проводили в термоциклере «MJ Research PTC-100» с использованием наборов Gene Park PCR Core, к которым добавляли смесь праймеров и исследуемую ДНК. Продукты амплификации разделяли путем электрофореза в полиакриламидном геле в соответствии с методиками выделения ДНК и соответствующими режимами амплификации и разделения у кеты (Афанасьев и др., 2006, 2008; Рубцова и др., 2008). Первичными данными ДНК-типирования являлись индивидуальные генотипы каждой особи по 10 исследованным локусам.

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РАН «Динамика генофондов», «Биоресурсы», РФФИ 07–04–00171.

Результаты анализа полученных данных демонстрируют чёткое разделение озёрной и речной кеты по микросателлитам: соответствующие выборки образуют два неперекрывающихся кластера, несмотря на то, что они взяты из различных популяций кеты в разные годы (рис. 2). Средний уровень дифференциации между озёрной и речной формами по исследованным 10 локусам равен 0,73%, что в абсолютном выражении относительно невелико; для сравнения укажем, что дифференциация между кетой Сахалина и кетой Южных Курил достигает 6% (Афанасьев и др., 2008). Однако у нас нет данных по озерной форме кеты о. Сахалин (достоверных сведений о наличии такой формы кеты на этом острове нет), поэтому невозможно отделить географическую изменчивость от изменчивости между формами. Если же провести сравнение популяций кеты в пределах о. Итуруп, то дифференциация озёрной и речной форм превышает таковую между выборками из разных рек (0,41%), оцененную по множественным выборкам, взятым в течение всего нерестового хода рыб в реках Курилка и Рейдовая (Животовский и др., 2008). Заметим при этом, что эти реки впадают в разные заливы, разделенные далеко выступающим в море полуостровом Чирип, а подобные естественные препятствия способствуют, по мнению О.Ф. Гриценко (1990), географической изоляции популяций.

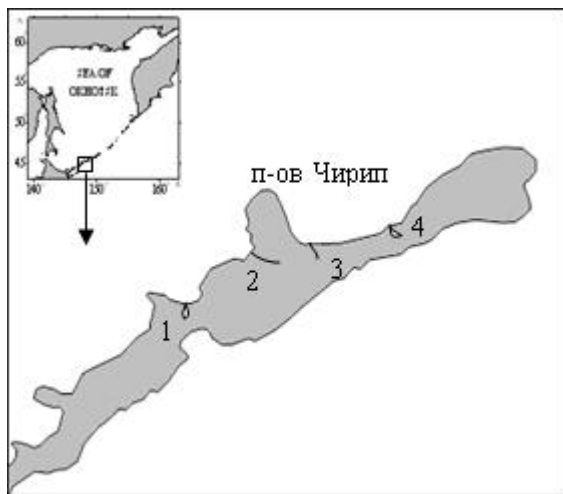


Рис. 1. Районы сбора проб кеты на о. Итуруп: 1 – оз. Куйбышевское, 2 – р. Курилка, 3 – р. Рейдовая, 4 – оз. Сопочное

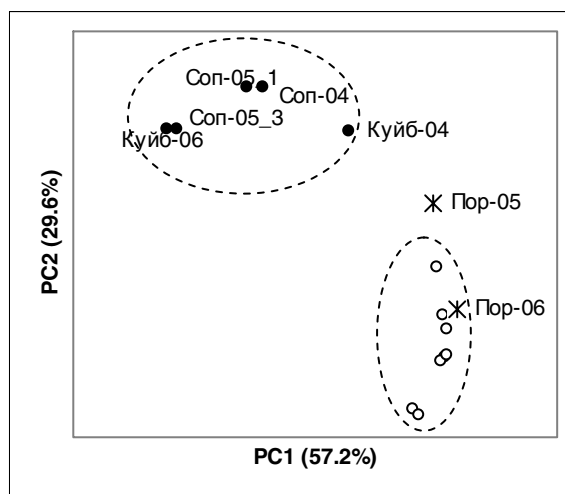


Рис. 2. Расположение выборок озерной и речной форм кеты в пространстве главных компонент, полученным по частотам аллелей 10 микросателлитных локусов: штриховые овалы очерчивают выборки озерной и речной кеты; темные символы – кета из озер Сопочного (Соп) и Куйбышевского (Куйб), цифры указывают год взятия выборки (Соп-05_1 и Соп-05_3 означают две разные выборки из оз. Сопочного в 2005 г.); светлые символы – выборки из рек Рейдовой и Курилки в 2004, 2005, 2006 гг.; звездочки – две выборки из ручья Порожистого (приток оз. Сопочного)

Наибольший вклад в дифференциацию озерной и речной кеты внесли локусы *Oki1-2* ($\theta = 3,1\%$) и *Oke3* ($\theta = 2,1\%$). Интересно отметить, что дифференциация между различными популяциями речной кеты обусловлена другими наборами микросателлитных маркеров (Афанасьев и др., 2008; Животовский и др., 2008); в частности, дифференциация кеты бассейнов рек Рейдовой и Курилки в первую очередь определяется изменчивостью локусов *Ogo2*, *One109* и *Ssa20.19* (Животовский и др., 2008). Это подтверждает сделанный нами ранее вывод о том, что дифференциация различных популяций кеты может определяться своими наборами микросателлитных маркеров.

Как видно на рис. 2, одна из двух выборок производителей (Пор-05), зашедших на нерест в ручей Порожистый, впадающий в оз. Сопочное, лежит между кластерами речной и озёрной форм, а другая (Пор-06) находится в кластере речной формы. Скорее всего, это свидетельствует о том, что иногда часть рыб озёрной формы может заходить на нерест в ручьи, впадающие в озеро. Это подтверждается нашими визуальными наблюдениями: некоторые рыбы, отловленные нами в р. Порожистом, по форме и размерам тела больше отвечали озёрной форме. Таким образом, не исключен генный поток между этими формами. Однако генный обмен не должен быть велик в общей массе речных и озёрных рыб, иначе обнаруженные генетические различия не могли бы поддерживаться между этими двумя формами, поскольку исследованные микросателлитные маркеры не несут явной функциональной нагрузки и, скорее всего, являются селективно нейтральными.

Важно также отметить, что уровень различий между речными выборками, взятыми в далеко расположенных друг от друга реках, меньше, чем между речными и озёрными выборками, взятыми в сравнительно ближе расположенных между собой водоемах. Таким образом, нерестовые популяции речной и озёрной кеты охотоморского побережья о. Итуруп чётко дифференцируются микросателлитными маркерами, однако при этом возможен небольшой поток генов между ними.

Работа поддержана программой Президиума РАН «Молекулярная и клеточная биология».

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В. и др. Микросателлитная изменчивость и дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum), воспроизводимых сахалинскими рыбозаводными заводами // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 12. – С. 1694–1702.

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В. и др. Межрегиональная дифференциация кеты Сахалина и Южных Курил по микросателлитным локусам // Генетика. – 2008. – Т. 44, № 7. – С. 956–963.

Гриценко О.Ф. Популяционная структура сахалинской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиол. – 1990. – Т. 30, вып. 5. – С. 825–835.

Животовский Л.А., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А. и др. О создании базы ДНК-данных для решения проблем воспроизводства, идентификации и сертификации популяций тихоокеанских лососей на примере кеты о. Итуруп // Вопр. рыболовства. – 2008. – Т. 9, № 1. – С. 96–109.

Иванков В.Н. Экотипы лососевых рыб // Морфология и систематика лососевидных рыб. – Л.: ЗИН АН СССР, 1985. – С. 85–91.

Каев А.М., Ардавичус А.И., Ромасенко Л.В. Внутрипопуляционная изменчивость кеты *Oncorhynchus keta* острова Итуруп в связи с топографией нерестилищ // Сб. науч. тр. СахНИРО. – 1996. – Т. 1. – С. 7–13.

Рубцова Г.И., Афанасьев К.И., Малинина Т.В. и др. Дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum) по микросателлитным и аллозимным маркерам: сравнительный анализ // Генетика. – 2008. – Т. 44, № 7. – С. 964–971.

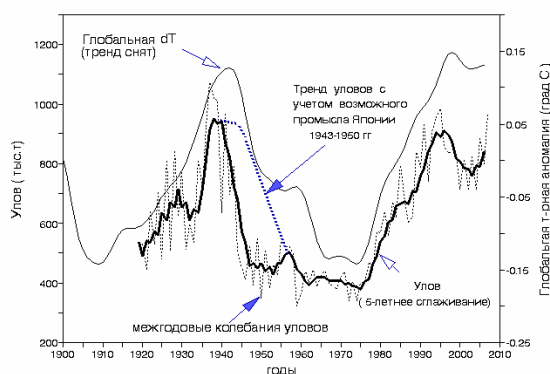
Kaev A.V., Romasenko L.V. Some results of studying chum salmon in Pushin and Sernovodka rivers on the Kunashir Island (Kuril Islands): NPAFC. – 2003. – Doc. 670.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ДОЛГОПЕРИОДНАЯ ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Л.Б. Кляшторин
ВНИРО, г. Москва, Россия, klyashtorin@mtu-net.ru

О долгопериодных изменениях запасов тихоокеанских лососей можно судить по 85-летней статистике их уловов. Более 90 % улова обеспечивается тремя главными промысловыми видами: горбушей, кетой и неркой. Долгопериодные изменения численности тихоокеанских лососей отражают климатические изменения в Северной Пацифике.

Рис. 1. Сравнительная динамика общего улова 3 главных промысловых видов лососей (5-летнее сглаживание) и глобальных изменений температуры приземного слоя воздуха со снятым вековым трендом (Глобальная dT) (9-летнее сглаживание). Резкое падение азиатских уловов лососей с 1943 по 1950 г. объясняется почти полным прекращением японского лососевого промысла после Второй мировой войны. Вероятный ход кривой азиатских уловов при условии сохранения японского промысла показан пунктиром



Как видно на рис. 1, долгопериодные «волны» подъемов численности лососей 20–40-х и 70-90-х гг. соответствуют ходу главного климатического индекса – Глобальной dT со снятым повышающимся вековым линейным трендом (Sonechkin, 1998). Цель работы – оценка динамики численности лососей в период 1970–2000-х гг., а также тренда изменения их запасов на ближайшие десятилетия.

Общий улов лососей почти линейно возрастал с 1970-х до конца 1990-х гг., после чего начал снижаться. При этом уловы нерки достигли максимума в середине, а кеты в конце 1990-х гг. С конца 1990-х гг. рост запасов горбуши существенно замедлился. Нарастание общих запасов главных промысловых видов лососей после почти двадцатилетнего периода роста практически прекратилось и с конца 1990-х началось их снижение.

Промысловые запасы лососей американского происхождения быстро нарастали с середины 1970-х, достигли максимума к середине 1990-х гг. К середине 2000-х падение общих уловов составило около 25% (рис. 2).

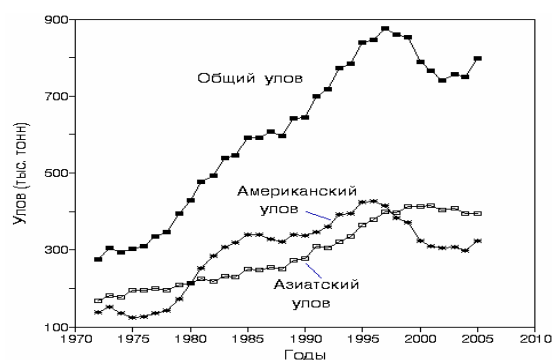
Рис. 2. Динамика уловов трех главных видов тихоокеанских лососей американского и азиатского происхождения в период 1972–2005 гг. (5-летнее сглаживание)

Запасы азиатских лососей возрастали вплоть до конца 1990-х гг., после чего практически стабилизировались на достигнутом уровне.

Вклад нерки в общий улов лососей на 90 % определяется неркой американского происхождения. Быстрое нарастание уловов этого вида происходило до середины 1990-х гг., после чего уловы сократились почти в 2 раза и в последние 5 лет стабилизировались на этом уровне (рис. 3, А).

Основную долю в общий запас нерки вносит регион Бристольского залива. Детальный анализ связи изменений климата и запасов нерки этого региона приводится в книге (Кляшторин, Любушин 2005).

Сравнительная динамика запасов кеты азиатского и американского происхождения (рис. 3, Б) показывает сходство их долгопериодных трендов. Следует учесть, что запасы азиатской кеты почти на 90 % обеспечиваются выпуском её молоди с японских рыболовных заводов. Численность выпускаемой молоди (около 2 млрд шт.) остается практически постоянной в течение последних 25 лет, однако максимум промыслового возврата и «перегиб» кри-



вой уловов приходится на конец 1990-х гг. Это указывает на естественные, скорее всего климатические, причины изменений промысловой продуктивности кеты.

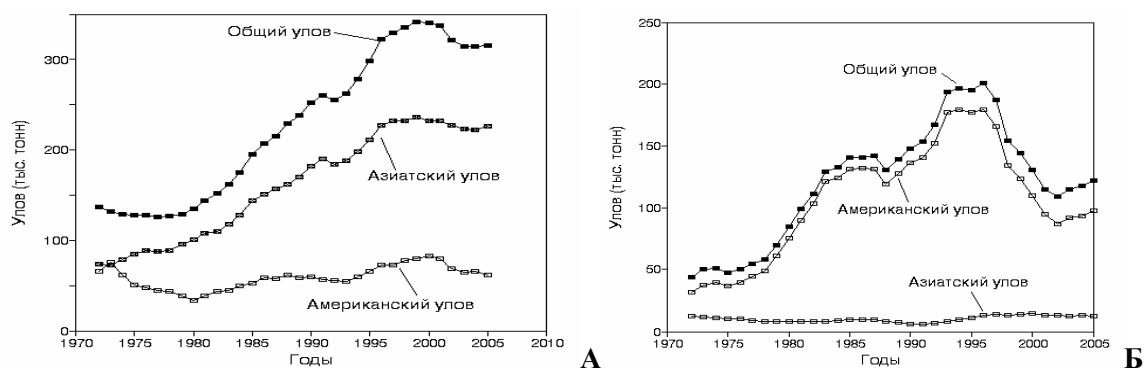


Рис. 3. Динамика уловов нерки (А) и кеты (Б) американского и азиатского происхождения в период 1972–2005 гг. (5-летнее сглаживание)

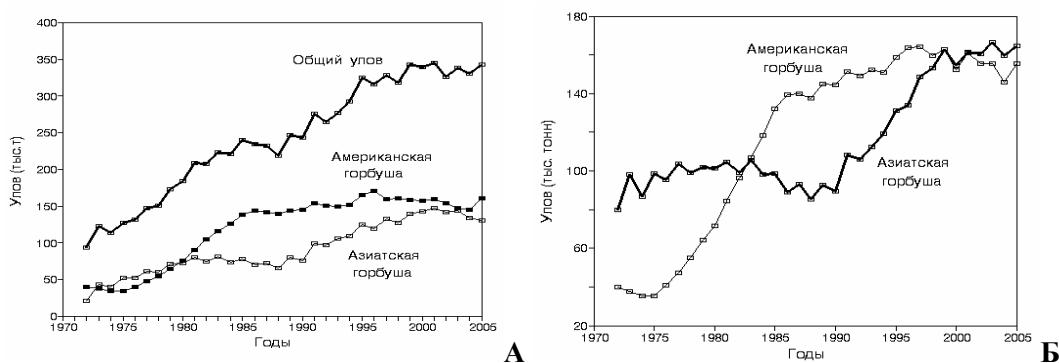


Рис. 4. Динамика уловов (А) и сравнительная динамика уловов (Б) горбуши американского и азиатского происхождения в период 1972–2005 гг. (5-летнее сглаживание)

Вопрос о долгопериодной динамике промысловых запасов горбуши особенно актуален для России, где этот вид составляет 70–80 % суммарного улова лососей. На рис. 4 (А) можно видеть, что общий улов горбуши последовательно нарастал с 1970-х гг. до конца 1990-х гг., после чего рост уловов существенно замедлился. Динамика уловов американской и азиатской горбуши в основных чертах схожа, но различается в деталях (рис. 4, Б).

Запасы американской горбуши в течение десяти лет (с середины 1970-х до середины 1980-х) быстро увеличивались, но затем рост уловов существенно замедлился, достиг максимума в середине 1990-х гг. и в дальнейшем стабилизировался со слабым отрицательным трендом. Уловы азиатской горбуши оставались на относительно низком уровне с 1970-х до конца 1980-х гг., но в последующие 10 лет достигли уровня американских. В дальнейшем рост уловов значительно замедлился, но кривая уловов азиатской горбуши еще не достигла «точки перегиба».

Несмотря на определенные различия динамики уловов лососей двух континентов, долгосрочная динамика их общих запасов однотипна: быстрый рост с 1970-х до середины 1990-х гг., после чего уловы нерки и кеты проходят через максимум и начинают снижаться, а рост запасов горбуши существенно замедляется.

О ведущей роли климатических изменений, как главной причины долгопериодных изменений запасов тихоокеанских лососей, писали ранее (Бирман, 1985; Кляшторин, Смирнов, 1992; Beamish, Bouillon, 1993; Кляшторин, Любушин, 2005). Конкретные механизмы влияния климатических изменений на запасы лососей не вполне ясны, однако известно, что численность популяции лососей определяется главным образом уровнем выживаемости молоди в ранний морской период жизни (Карпенко, 1998).

Глобальный климатический индекс — температурная аномалия приземного слоя воздуха (Глобальная dT) — испытывает приблизительно 60-летние флуктуации, которым соответствуют долгопериодные флуктуации запасов тихоокеанских лососей. Это подтверждается анализом исторических данных о промысле лососей за последние 140 лет (Kaeriyama 1989; Кляшторин, Смирнов, 1992; Beamish, Bouillon, 1993).

Представления о выраженных 50–70-летних колебаниях климата были получены на основе анализа спектров 1500-летних рядов реконструкции изменений температуры воздуха по кольцам роста долгоживущих арктических деревьев и содержанию тяжелого изотопа кислорода в ледовых ядрах Гренландского ледового щита. Анализ сопряженности флуктуаций климата и популяций массовых промысловых рыб позволил предложить стохастическую модель прогнозирования изменений климата и численности ряда главных промысловых видов (в том числе тихоокеанских лососей) на перспективу нескольких десятилетий (Кляшторин, Любушин, 2005).

Один из главных климатообразующих показателей Северной Пацифики — Индекс Алеутской депрессии (ALPI) — характеризует долгопериодные изменения площади пониженного атмосферного давления. Второй важный климатический показатель — Индекс Тихоокеанского Декадного Колебания (PDO) — отражает долгопериодные изменения средней температуры поверхности океана. Все эти показатели демонстрируют близкую динамику за почти столетний период измерений и приблизительно 60-летние долгопериодные флуктуации.

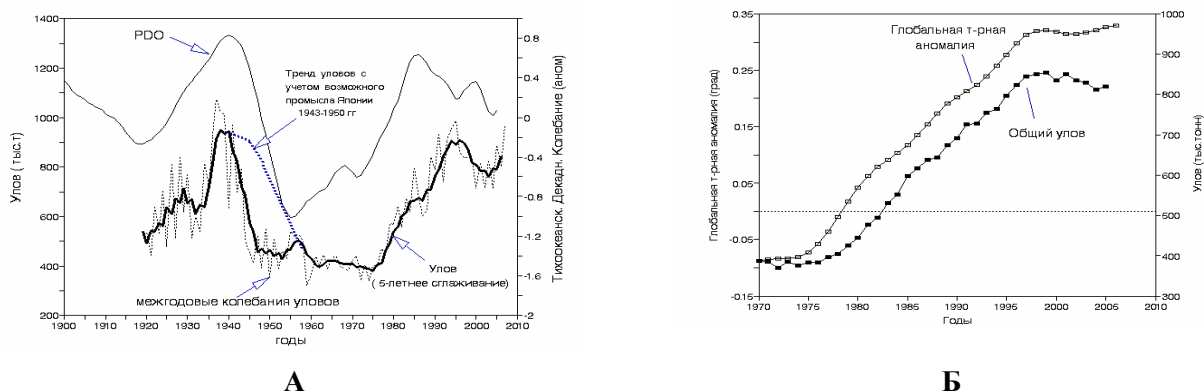


Рис. 5. Сравнительная динамика общего улова 3 главных промысловых видов лососей (5-летнее сглаживание) и Тихоокеанского Декадного Колебания (PDO) (9-летнее сглаживание) за период 1920–2005 гг. (А) и сравнительная динамика общих уловов тихоокеанских лососей и Глобальной dT за 35-летний период 1970–2005 гг. (9-летнее сглаживание) (Б)

На рис. 5 (А) можно видеть, что динамика уловов тихоокеанских лососей соответствует в общих чертах ходу регионального Северо-Тихоокеанского температурного показателя (PDO).

В настоящее время наблюдается прохождение максимума очередного 50–70-летнего климатического периода, которому соответствует максимум численности промысловых популяций лососей. Что касается динамики Глобальной dT, то начиная с 1999-го года на фоне существенных ее вариаций прослеживается стабилизация Глобальной dT (рис. 5, Б). Это может указывать на начало завершения второго в XX веке климатического цикла.

Заключение

Период быстрого роста запасов лососей, наблюдавшийся в 1970–1990-х гг., практически завершился. Наступил период стабилизации запасов с тенденцией к их снижению, что видно по динамике уловов нерки и кеты, уже прошедших через максимум. Что касается горбуши, то, несмотря на высокий уровень ее азиатских (в основном российских) запасов, их прирост существенно замедлился. Перегиб кривой уловов горбуши и постепенное снижение её запасов, по-видимому, наступят в текущем десятилетии.

ЛИТЕРАТУРА

- Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с.
- Карпенко В.И. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. – М.: ВНИРО, 1998. – 165 с.
- Кляшторин Л.Б., Смирнов Б.П. Тихоокеанские лососи: состояние запасов и воспроизводство: ОИ/ВНИЭРХ. Серия Аквакультура. – Вып. 2. – М.: ВНИИЭРХ, 1992. – 36 с.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. – М.: ВНИРО, 2005. – 235 с.
- Beamish R., Bouillon D. Pacific salmon production trends in relation to climate // Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1993. – Vol. 50. – P. 1002–1016.
- Kaeriyama M. Aspects of salmon ranching in Japan // Physiol. Ecol. Jap. Spec. – 1989. – Vol. 1. – P. 625–638.
- Sonechkin D.M. Climate dynamics as a non-linear Brownian motion // Int. J. Bifurcation and Chaos. – 1998. – Vol. 8(4). – P. 799–803.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ ГОЛЬЦОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Н.И. Крупянко
ФГУП «ТИНРО-центр», Владивосток, Россия

На Дальнем Востоке России ареал гольцов простирается от арктических водоемов Чукотки на севере до реки Туманная в Приморском крае на юге. Всего на Северо-Востоке России (СВР) И.А. Черешнев (1996) выделяет 15 видов и подвидов рода *Salvelinus*, среди которых по количеству видов преобладают чисто пресноводные формы, а по численности и биомассе – проходные.

В реках Приморья воспроизводятся два вида гольцов рода *Salvelinus*: южная мальма *S. malma krascheninnikovi* (Taranetz, 1933) и кунджа *S. leucomaenis* (Pallas, 1814). Распространение этих видов в речной системе прибрежных рек и состояние популяций основных водотоков показано в таблице. Следует отметить, что сведения, приведенные в ней, требуют уточнения и дополнения в силу того, что многие популяции и их структура до сих пор не изучены.

На самом юге своего ареала мальма представлена следующими экотипами:

– **типичная проходная мальма**, совершающая морские нагульные миграции и возвращающаяся в реки на нерест и (или) зимовку. В реках северного Приморья обычны мелкие рано созревающие карликовые самцы (Парпура, Семенченко, 1989);

– **жилая мальма**, обитает в небольших горных реках, ручьях и в притоках крупных рек и не достигает больших размеров.

Проходная мальма встречается в реках северного Приморья, тогда как жилая форма распространена более широко к югу. Нерестовый ареал проходной мальмы в границах Приморского края в недалеком историческом прошлом был более обширным.

Существуют упоминания (данные Приморрыбвода) о встречаемости ее вплоть до р. Черной (см. таблицу). Длительный, нерегулируемый вылов привел к утрате немногочисленных южных популяций и значительному снижению численности северных. В настоящее время центром ее воспроизводства является район от р. Желтой до р. Светлой, южнее популяции, как правило, малочисленны. Реки, впадающие в Японское море южнее Тернейского района, включая бассейн зал. Петра Великого, населяет жилая форма мальмы (см. таблицу). Обитает она в верховьях рек и является объектом любительского рыболовства.

В Приморском крае кунджа обычна во многих реках, впадающих в Японское море, однако более многочисленна она в водоемах на севере, что, скорее всего, связано с их высокой водностью и продуктивностью. Здесь популяции кунджи представлены в основном проходной формой. В бассейнах таких крупных рек, как Самарга, возможно существование жилой формы. В отличие от мальмы, кунджа не достигает высокой численности, что связано с дефицитом подходящих для нее мест обитания. На юге нерестового ареала, включая реки бассейна зал. Петра Великого, популяции крайне малочисленны, а некоторые, скорее всего, вообще прекратили существование.

В прошлом мальма занимала важное место в промысле лососей в Тернейском районе, она являлась доминирующим видом в уловах среди гольцов и сахалинского тайменя, и ее доля составляла в среднем 85 %. В некоторые годы уловы гольцов были соизмеримы с уловами горбуши, а иногда превышали их. На севере Приморского края в 60–70-е гг. прошлого века по официальной статистике среднегодовая добыча гольцов (в основном мальмы) составляла 45–50 т (4–90 т) (рис. 1). Реальный вылов в эти десятилетия, включая потребительский и любительский, был значительно выше. И.З. Парпура (1990) утверждает, что уловы мальмы только в прибрежье и реках Единка и Самарга с учетом вылова местным населением составляли 100–150 т ежегодно. В 80-х гг. уловы снизились в два раза и находились в пределах 2–39 т – в среднем 20 т в год. К началу 90-х гг. численность половозрелой части стада в районе от р. Самарги до р. Пея сократилась до 1,5–2,0 тыс. особей (Парпура, 1990).

Распространение и состояние популяций гольцов в реках восточного побережья
Приморского края

Река	Длина реки, км	Мальма, про- ходная форма	Мальма, жилая форма	Кунджа
Североприморский район				
1	Желтая	24	+?	? +
2	Самарга	218	+?	+ +
3	Единка	113	+?	+ +
4	Венюковка	52	+?	? +
5	Кюма	29	+?	? +
6	Кабанья	87	+?	? +
7	Ахами	23	+?	? ?
8	Пея	59	+?	? +
9	Плитнякова	24	+?	? ?
10	Светлая	61	+?	? +?
11	Бурливая	47	+?	? ?
12	Кузнецова	53	+?	? +
13	Соболевка	51	+?	? +?
14	Максимовка	103	+?	+ +?
15	Амгу	41	+?	? +?
16	Пещерная	34	+?	+ ?
17	Вел. Кема	119	+?	+ +?
18	Таежная	71	+?	+ +?
19	Серебрянка	74	+?	+ +?
20	Джигитовка	80	+?	+? +?
21	Кедровая		? ?	? ?
23	Лидовка	34	–	? ?
24	Рудная	73	(–)	+? ?
25	Зеркальная	75	(–)	+? +?
26	Брусировка	29	–	? ?
27	Тумановка	34	–	? ?
Южноприморский район				
1	Аввакумовка	120	(–)	+ +?
2	Маргаритовка	68	(–)	+ +?
3	Милоградовка	95	(–)	+ ?
4	Черная	45	–	+ +?
5	Киевка	105	–	+? +?
Реки бассейна зал. Петра Великого				
6	Партизанская	142	–	+ +?
7	Литовка	30	–	? +?
8	Суходол	45	–	+ +?
9	Шкотовка	59	–	+? +?
10	Артемовка	–	–	+? ?
11	Раздольная	245	–	+ +?
12	Амба	67	–	+ +?
13	Барабашевка	61	–	+ (–)
14	Нарва	38	–	+ (–)
15	Кедровка		–	+ –
16	Пойма	44	–	+? +?
17	Рязановка	34	–	+? (–)
18	Гладкая	–	–	+ ?

Примечание: – – вид или экотип отсутствует; + – популяции, сохранившие потенциал воспроизводства; +? – популяции, находящиеся в депрессивном состоянии; (–) – утраченные популяции; ? – данные о воспроизводства вида или экотипа пока отсутствуют.

После 1994 г. информация о вылове мальмы в статистических сводках отсутствует. С 1998 по 2007 г. в рамках ресурсных исследований в прибрежье вылавливалось от 0,4 до 5,5 т в среднем – 2,5 т (рис. 2). Согласно нашим оценкам, основанным на опросных и наблю-

денных данных, неучтенный вылов, включая потребительский и любительский, в отдельные годы соизмерим с данными официальной статистики, в другие – превосходит его в несколько раз. Наиболее сильному воздействию скрытого промысла подвержена репродуктивная часть популяций в силу того, что гольцы добываются ставными и сплавными сетями. Подтверждением служит снижение в уловах рыб старших размерно-возрастных групп либо вообще их отсутствие.

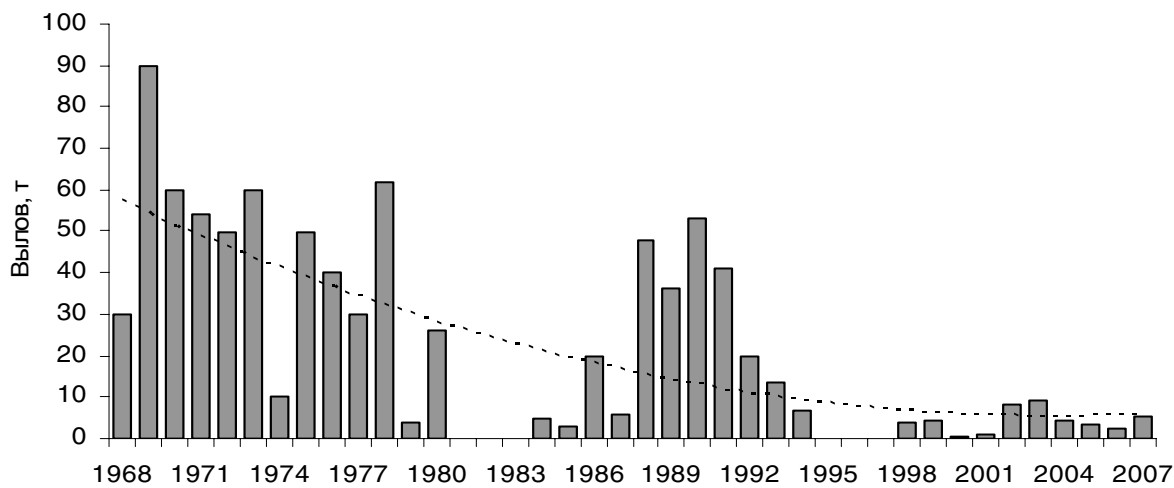


Рис. 1 Вылов гольцов (мальма, кунджа) на севере Приморского края

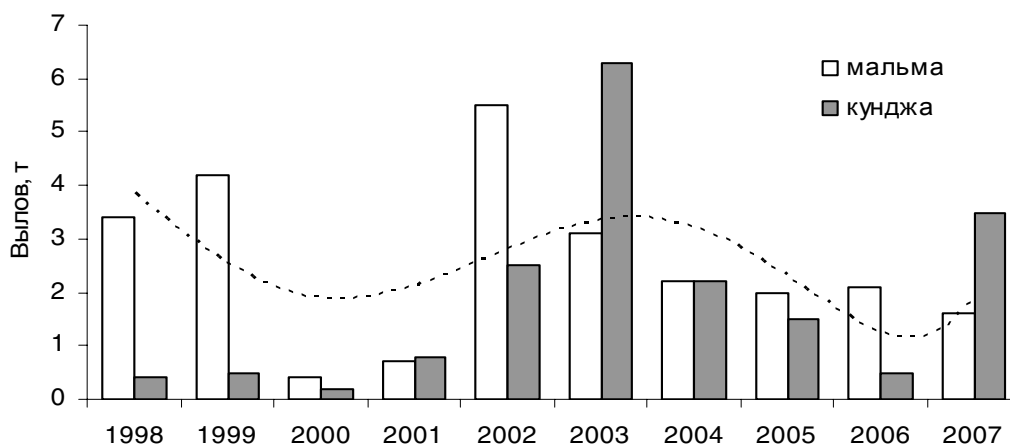


Рис. 2 Вылов мальмы и кунджи на севере Приморского края (район рек Самарга, Единка)

Несмотря на то что промышленная добыча гольцов не ведется много лет, численность популяций остается низкой, что также подтверждает факт существования воздействия скрытого вылова. В последнее десятилетие с ростом численности горбуши возрастала интенсивность промысла на севере Тернейского района.

На юге Тернейского района до 2000 г. проходная мальма в уловах почти не встречалась, с 2001 г. отмечено ее появление в прибрежье и реках. В 2003, 2004 гг. заметно возросла численность рыб, мигрирующих в реки Серебрянка, Таежная, Великая Кема, Максимовка и др., одновременно возрос и потребительский промысел гольцов в реках.

По нашим оценкам, в период 1998–2007 гг. запасы проходной мальмы на севере Тернейского района находились в пределах 8–20 т, на юге района – 2–10 т, что примерно в 10 раз ниже по сравнению с серединой 20-го века.

В Приморском крае кунджа встречается почти во всех реках, впадающих в Японское море, но более многочисленна она в водоемах североприморского района. В отличие от мальмы, кунджа не достигает высокой численности, что связано с дефицитом подходящих для нее мест обитания. Этот вид избегает быстрых горных и полугорных рек (исключая период нереста и пресноводный период жизни молоди) и предпочитает реки с относительно

спокойным течением и обширными лиманами. Кунджа не совершает протяженных морских миграций, нагуливаясь в прибрежье, солоноватых лагунах и лиманах (Парпура, 1990).

Специализированного промысла кунджи нет, она является сопутствующим объектом прибрежного рыболовства. Объективно оценить ежегодный вылов кунджи невозможно из-за отсутствия достоверной информации о любительском, потребительском и прибрежном лове. Официальные данные о ее добычи за последние 10 лет отражают лишь вылов в прибрежье (на участке от р. Желтой до р. Единка), без учета других потребителей и районов промысла (рис. 2).

В реках северного Приморья основу ихтиоценов составляют мальма, кунджа и сахалинский таймень. Рыбы этих сообществ имеют низкий темп роста, позднее созревание и длительный период жизни, поэтому их относят к К-стратегам (Пианка, 1981). Виды, использующие К-стратегию, обитают длительное время в стабильных климатических условиях и более острой межвидовой конкуренции за ресурсы. Такие ихтиоцены можно назвать стазисными, т.е. застывшими (Золотухин и др., 2000). Поэтому устойчивость гольцов и сахалинского тайменя к перелову ниже, чем короткоцикловых лососей, а восстановление численности и биологического разнообразия популяций требует длительного времени. К сожалению, усиливающееся антропогенное воздействие и изменения среды обитания (нерегулируемый вылов, вырубка лесов, прокладка лесовозных дорог, загрязнение рек и др.) оставляют мало шансов для восстановления численности гольцов и тайменя в реках Приморья.

Скорее всего, нерегулируемый вылов будет продолжаться неопределенно долгое время, пока запасы не достигнут «критических» размеров. Вопрос о возрождении промысла гольцов в будущем хотя бы на уровне середины прошлого века, скорее всего, не реален. В то же время ожидание возможных изменений в будущем не снимает ответственности с государственных структур за сохранение естественного воспроизводства гольцов и видового и биологического разнообразия лососей в данном регионе в настоящее время.

ЛИТЕРАТУРА

Золотухин С.Ф., Семенченко А.Ю., Беляев В.А. Таймени и ленки Дальнего Востока России. – Хабаровск: ХоТИНРО, Приамурское географическое общество, 2000. – 128 с.

Черешнев И.А. Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 1996. – 197 с.

Парпура И.З., Семенченко А.Ю. Фауна и биология рыб северного Приморья // Систематика и экология речных организмов. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. — С. 120–137.

Парпура И.З. Биология сахалинского тайменя *Parahucho perryi* и гольцов рода *Salvelinus* в водах Северного Приморья: Автореф. дис. ... канд.биол. наук. – Владивосток, 1990. — 23 с.

Пианка Э. Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 399 с.

НОВАЯ ЛОВУШКА ДЛЯ УЧЕТА МОЛОДИ КЕТЫ И ГОРБУШИ

С.Е. Кульбачный, В.А. Балушкин, С.Ф. Золотухин

Хабаровский филиал ТИНРО-центра (ХфТИНРО), г. Хабаровск, Россия, kulbachnyi@mail.ru

На побережье западной части Охотского моря (Аяно-Майский, Тугуро-Чумиканский и Николаевский районы Хабаровского края) ежегодно добывается более тысячи тонн лососей, и лишь неразвитость местной рыбной промышленности и слабая изученность запасов не позволяют брать уловы на уровне 2,0–2,5 тыс. т. До 2007 г. прогноз ОДУ составлялся на этот район экспертно. Причиной этому были трудности организации учета численности производителей и учета численности молоди лососей. Например, несколько лет подряд специалисты ХфТИНРО и Амуррыбвода пытались наладить учет численности молоди лососей в р. Уда, но это не увенчалось успехом, так как на нижнем участке река многорукавная, имеет сильное течение, а во время паводков большое количество деревьев и веток сносило учетные устройства. В связи с этим в ХфТИНРО в 2007 г. было принято решение разработать, испытать и сравнить со старым новое орудие лова для учета молоди кеты и горбуши. Две реки: р. Тугур и р. Иски вошли в список рек, где учетные работы производились при помощи нового учетного устройства – мальковой ловушки закрепленной на понтоне или лодке. Мальковая ловушка на понтоне состоит из плавсредства (понтон или лодка), кронштейн-рамы, двух стандартных конусных ловушек из 3 мм дели, живорыбного ящика-накопителя.

Получив данные о динамике миграции молоди лососей из уловов ловушек старого типа (ловушки Таранца из металлической сетки) и нового типа (конусные ловушки из 3 мм дели), мы сравнили их и пришли к выводу, что новая конструкция более чутко реагирует на изменения плотности молоди в русле реки (см. рисунок).

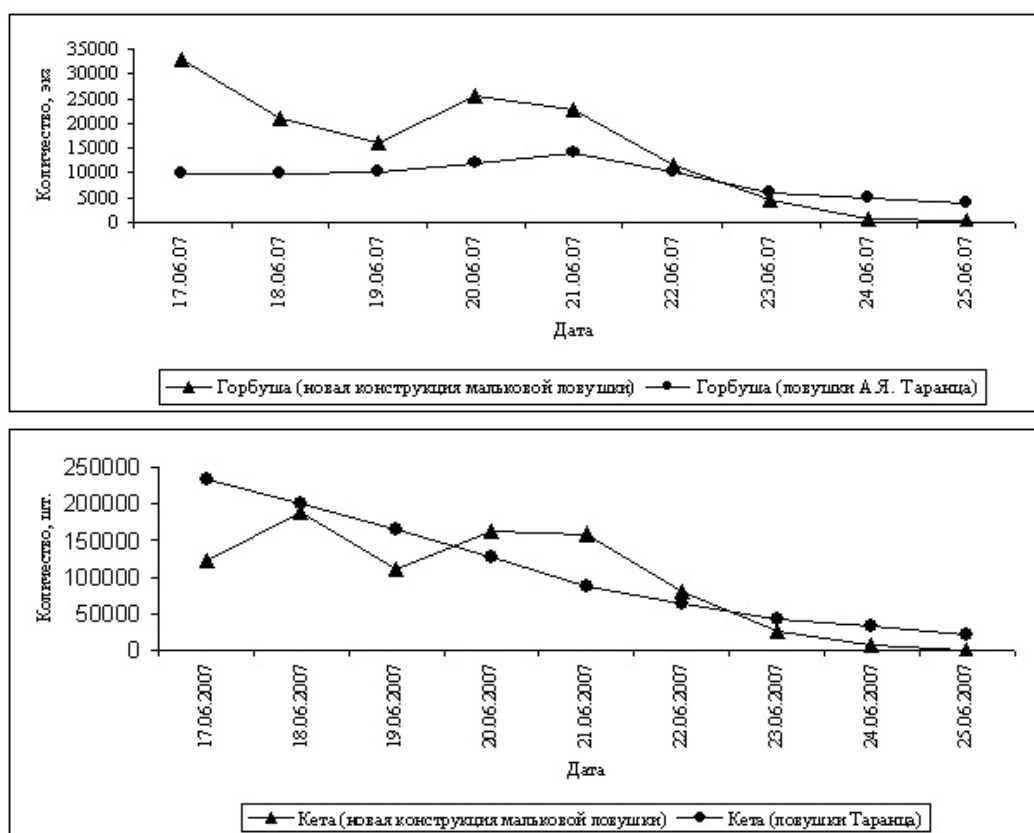


Рис. 1. Динамика миграций молоди горбуши и кеты р. Иски в 2007 г.

Количество горбуши в уловах мальковой ловушки на понтоне оказалось в 2,09 раза больше, а количество кеты в 1,1 раза больше, чем рассчитанное стандартным методом (Ин-

струкция ..., 1987) по уловам ловушки Таранца (табл. 1). Это, вероятно, связано с тем, что часть молоди горбуши выходила из короткой (около 1 м) металлической ловушки Таранца.

Таблица 1

Численность молоди из уловов двух типов ловушек, рассчитанная по одинаковой методике (Инструкция ..., 1987) и приведенная к площади облова 0,5 м²

Объект	Ловушка А.Я. Таранца	Ловушка на понтоне
Горбуша	64686	135657
Кета	778809	862949

Сравнив динамику прямых уловов мальковых ловушек (экз./сут) различных конструкций в разных реках, мы видим преобладание новой конструкции ловушки над стандартной ловушкой А.Я. Таранца (табл. 2).

Таблица 2

Динамика прямых уловов молоди кеты двух типов ловушек в реках Иски и Тугур в 2007 г., экз./сут

Дата	Стандартная ловушка А.Я. Таранца	Новая конструкция ловушки	Новая конструкция ловушки
	Р. Иски	Р. Иски	Р. Тугур
27.05	66		413
28.05	75		671
29.05	72		1079
30.05	69		924
31.05	69		335
01.06	70		242
02.06	192		280
03.06	314		207
04.06	257		177
17.06	117	1240	
18.06	100	1900	
19.06	83	1123	
20.06	64	1640	
21.06	44	1592	
22.06	33	793	
23.06	21	273	
24.06	16	78	
Итого	1662	8639	4328

Использование новой мальковой ловушки не изменяет прежний метод лова молоди, но позволяет значительно упростить расчет числа мигрантов. Основой расчета остается прежняя формула (Инструкция ..., 1987):

$$N = MTWa/BKntS,$$

где N – общее количество скатившихся мальков; M – количество мальков, пойманных за период лова; T – время ската молоди, мин; Wa – площадь сечения реки, охватывающая зону ската молоди, м²; B – поправочный коэффициент на время лова, определяемый как отношение числа мальков, пойманных за время суток, избранное для постоянных обловов, к числу мальков, пойманных за время суточного серийного облова; K – коэффициент уловистости ловушки, определяемый путем мечения витальным красителем. Меченую молодь выпускают выше выбранного места облова. Отношение числа пойманных к общему числу выпущенных меченых мальков дает коэффициент уловистости; n – число постановок ловушек за период лова; t – время экспозиции одной ловушки, мин; S – площадь входного отверстия ловушек, м².

С учетом изменений, которые вносит новая конструкция ловушки, формула значительно упрощается:

$$N_i = M_i Wa/S,$$

где N_i – число мигрантов в течение периода i ; M_i – количество мальков, пойманных за период i ; Wa – площадь сечения реки, охватывающая зону ската молоди, m^2 ; S – площадь входного отверстия ловушек, m^2 ; коэффициента B нет, так как лов производится круглосуточно; коэффициента K нет; потому что он заменяется на Wa/S ; количество постановок ловушки $n = 1$, так как постановка ловушки производится только один раз и лов продолжается круглосуточно до конца ската молоди лососей; параметры времени T и t также не используются в этой формуле, так как лов производится непрерывно, т.е. время постановки одной ловушки и время ската молоди одинаково.

Измененная формула указывает на то, что результаты учета более достоверны, чем раньше, так как слагаются из прямых данных, а не из расчетных. В отношении других преимуществ можно отметить, что испытанная конструкция ловушки позволяет:

- а) производить лов круглосуточно;
- б) не перегораживать тросом русло, где население использует реку как транспортную артерию;
- в) производить подсчет улова всего 1–2 раза в сутки в любое удобное время, а не ночью;
- г) получать более достоверные результаты.

Стоимость изготовления этой конструкции очень мала, материалами для кронштейна-рамы и живорыбного ящика могут служить отходы производства, изготовить конструкцию можно в любой сельской мастерской.

Основой запасов лососей на российском Дальнем Востоке являются горбуша и кета. Именно на лов молоди этих двух видов лососей ориентирована данная конструкция ловушки.

ЛИТЕРАТУРА

Инструкция о порядке проведения обязательных наблюдений за дальневосточными лососями на КНС и КНП бассейновых управлений рыбоохраны и стационарах ТИНРО. – Владивосток, 1987. – 23 с.

МОЛОДЬ ГОРБУШИ В НЕКТОННЫХ СООБЩЕСТВАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

Е.В. Куренкова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток

Южная часть Охотского моря является главным районом нагула посткатадромной молоди тихоокеанских лососей охотоморских и японских стад. Здесь при осеннем нагуле концентрируется в среднем около 320 тыс. т молоди лососей (основу которых формируют горбуша и кета). Это связывается с наиболее благоприятными кормовыми условиями данного региона. Из-за малой заселенности этого района нектоном (по данным последних лет – в среднем не более 0,6 млн т) количество макрозоопланктона на единицу биомассы нектона здесь одно из самых высоких в дальневосточных морях (Шунтов, 2001; Дулепова, 2002; Темных, 2004; Темных, Куренкова, 2006).

Скатившаяся из рек в мае – июне молодь горбуши во второй половине июля, августе и сентябре рассредоточивается по всей открытой части моря и нагуливается там до начала, а в некоторые годы и до середины зимы (Темных и др., 2003). Благодаря этому здесь удобно проводить оценки ее численности, что важно при корректировке прогнозов вылова горбуши с годичной заблаговременностью.

В настоящем сообщении рассматривается положение, занимаемое молодь горбуши в нектонных сообществах верхней эпипелагиали южной части Охотского моря в осенний период 1998–2007 гг., межгодовая динамика ее численности, а также изменения, происходящие с 2004 г. в доминировании крупных региональных стад горбуши в ее морских посткатадромных скоплениях.

Материалом для работы послужили данные осенних (октябрь–ноябрь) комплексных траловых съемок ТИНРО-центра в верхней эпипелагиали южной части Охотского моря в 1998 – 2007 гг. Методика съемок стандартная (Темных, 2004).

Осенью в составе и структуре нектонных сообществ верхней эпипелагиали южной части Охотского моря происходят значительные изменения по сравнению с летним периодом. В первую очередь это связано с заходом половозрелых лососей в реки, выходом их молоди в море и частичным уходом на юг субтропических видов нектона (Темных и др., 2003). Так, например, южный одноперый терпуг, весьма многочисленный в летний период, осенью уже переходит к придонному образу жизни на шельфе и в уловах встречается в небольшом количестве. Также к осени сокращаются вертикальные миграции мезопелагических видов рыб, поэтому биомасса их в верхней эпипелагиали уменьшается. Но определенно доминирующей группой в осенний период остаются тихоокеанские лососи, а точнее их молодь. Доля сеголеток в нектонных сообществах осенью в среднем составляет 50 %, а в отдельные годы достигает до 80 % (табл. 1).

Основу биомассы тихоокеанских лососей формируют главным образом сеголетки горбуши. Они составляют в разные годы от 52 до 70 % общей биомассы лососей (рис. 1) и соответственно от 10 до 53 % биомассы нектона в целом (табл. 1). В осенний период молодь горбуши (как и молодь других видов лососей) преобладает в глубоководных районах моря, занятых океаническими или сходными с ними по физико-химическим характеристикам водными массами (67 % биомассы лососей и 18 % общей биомассы нектона (по данным 1980–2003 гг.)) (Нектон Охотского моря ..., 2003). Шельфовые же районы являются транзитными для покатников, и основные концентрации их в этих зонах отмечаются (до 4 % биомассы лососей и примерно 1 % биомассы нектона в целом (по данным 1980–2003 гг.)) в летний период (Нектон Охотского моря, 2003; Темных, Куренкова, 2006).

В последние годы численность горбуши (как и всех лососей в целом), а особенно в линии нечетных поколений, увеличилась (табл. 2). В 2006 г. по результатам тралового учета молоди в южной части Охотского моря была зафиксирована максимальная численность сеголеток за все года наблюдений – 1,83 млрд экз.

Таблица 1
Состав и биомасса (тыс. т) массовых видов нектона в верхней эпипелагиали южной части Охотского моря в осенний период 1998–2007 гг.

Виды и группы	1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007	
	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%	тыс.т	%
<i>Горбуша се-голетки</i>	149	10,9	145	37,1	151	39	203,4	32,9	108,5	37	62,9	14,3	241	43,2	161,3	53,7	293,2	25,6	143,3	10,8
<i>Горбуша по-ловозрелая</i>	0,4	+	0,2	0,1	-	-	0,1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	+	-	-
<i>Кета сего-летки</i>	65,8	4,8	95,4	24,4	61,5	15,9	85,6	13,8	57,6	19,7	35,9	8,1	115,3	20,6	65,3	21,7	135,9	11,9	57,7	4,35
<i>Кета > 30 см</i>	32,1	2,3	16,8	4,3	1,7	0,4	6,6	1,1	4,7	1,6	16,1	3,7	30,4	5,4	9,6	3,2	46,3	4	59,4	4,48
<i>Нерка сего-летки</i>	0,3	+	0,2	0,1	2,4	0,6	9	1,4	+	+	-	-	-	-	-	-	2,8	0,2	15,5	1,17
<i>Чавыча сего-летки</i>	0,2	+	0,5	0,1	0,3	0,1	5,3	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0	-	-
<i>Кижуч сего-летки</i>	3,5	0,3	0,1	+	0,2	+	2,9	0,5	0,8	0,3	2,7	0,6	1,4	0,3	1,5	0,5	1,1	0,1	0,4	0,03
<i>Сима сего-летки</i>	2,4	0,2	1,3	0,3	1,9	0,5	5,6	0,9	1,5	0,5	2,6	0,6	3	0,5	2,4	0,8	2,5	0,2	0,4	0,03
Все лососи	253,6	18,5	256,6	66	219	57	318	52	173	59	120,2	27	395,7	70,9	241,5	80,4	482,4	42	276,7	20,8
<i>Серебрянка</i>	338,5	24,7	49,7	12,7	68	17,6	175,8	28,4	41,9	14,3	10,5	2,4	7,4	1,3	4,6	1,5	188	16,4	607,8	45,8
<i>Южный од-ноперый тер-туг</i>	1	0,1	6,4	1,6	0,5	0,1	0,4	0,1	3,5	1,2	57,2	13	0,2	+	0,3	0,1	12,7	1,1	51,8	3,9
<i>Японский ан-чоус</i>	617,1	45	23,8	6,1	1	0,2	0,3	0	0	0	45	10,2	0,1	+	4,7	1,6	-	-	109,7	8,27
<i>Прочие</i>	32,4	2,4	14,7	3,8	42,2	10,9	72,1	11,7	10,7	3,7	14,3	3,2	14,2	2,5	1	0,3	27,8	2,4	120,2	9,06
Все рыбы	1243	90,6	354,2	91	331	86	567	92	229	78	247,7	56	417,6	74,8	252	83,9	719,8	63	1175,1	88,5
<i>Кальмары</i>	129,6	9,4	36,9	9,4	56,2	14,5	51,6	8,3	63,9	21,8	192,8	43,8	140,8	25,2	48,3	16,1	217,2	19	152,1	11,5
Весь нектон	1372	100	391,2	100	387	100	619	100	293	100	440,5	100	558,4	100	300,3	100	1145	100	1327,2	100
<i>Площадь, км²</i>	402,9		513,5		408		477		261,7		533,9		487,8		479		443,9		566,2	

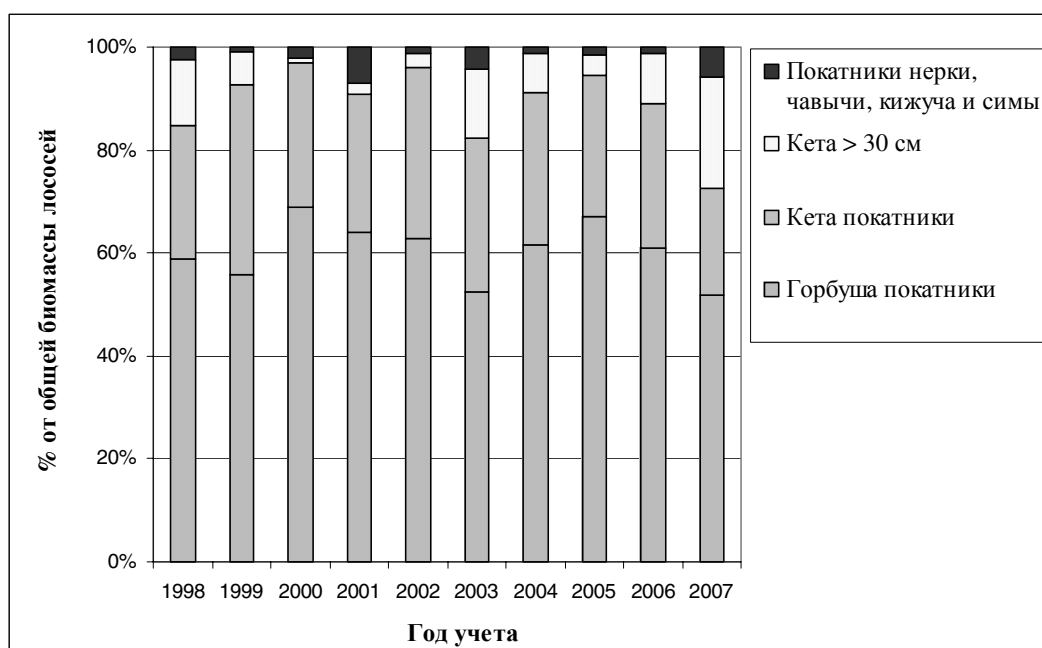


Рис. 1. Соотношение (% от их общей биомассы) молоди лососей в южной части Охотского моря в осенний период 1998–2006 гг.

Таблица 2

Численность сеголеток горбуши (млн экз.) и ее средние размерные характеристики в целом по съемкам в южной части Охотского моря в октябре-ноябре 1998–2007 гг.

Дата съемки	Численность, млн экз.	L ср., см	W ср., г
Четные годы учета			
1998	742,0	26,4	196,0
2000	1032,0	23,9	146,3
2002*	1207,8	24,7	161,0
2004	1556,0	24,9	155,0
2006	1834,0	25,0	160,0
Средние	1274,4	25,0	163,7
Нечетные годы учета			
1999	1118,0	23,3	132,0
2001	1506,0	23,7	135,0
2003**	1500,0	23,9	153,2
2005	962,0	25,1	168,0
2007	1004,0	23,9	146,0
Средние	1218,0	24,4	146,8

* Численность рассчитывалась по средней площади съемок 1998–2006 гг. в связи с ограниченными сроками проведения съемки в 2002 г.

** При расчете численности и размерных характеристик сеголеток дополнительно использовались данные КамчатНИРО по учету молоди в более северных районах.

Одновременно с увеличением численности молоди отмечено увеличение и ее средних размеров в ряду четных лет наблюдений (табл. 2). Как было выявлено в более ранних работах (Темных и др., 2003; Темных, 2004), варьирование средних размеров молоди зависит от соотношения в уловах рыб сахалино-курильских («южных») и камчатско-североохотоморских («северных») группировок: для четных лет характерно значительное преобладание в уловах посткатадромной молоди более крупных рыб, принадлежащих сахалино-курильским группировкам, для нечетных лет отмечалось увеличение доли более мелких рыб камчатско-североохотоморских стад. Исключением явился 2005 г., когда в уловах отмечались высокие средние размеры сеголеток (табл. 2), объясняющиеся нехарактерным для нечетных лет преобладанием в смешанных скоплениях рыб «южных» стад (84,4 %)

(табл. 3). Для сравнения, в 2007 г. по данным, полученным в результате дифференциации молоди горбуши в смешанных морских скоплениях южной части Охотского моря по методикам, описанным ранее (Темных, 1998), соотношение «северных» и «южных» группировок было почти равным (60 % – «северные», 40 % – «южные») (табл. 3).

Таблица 3

Соотношение «северных» и «южных» группировок сеголеток горбуши в смешанных морских скоплениях южной части Охотского моря

Год учета	Общая численность сеголеток, млн экз.	«Южные» группировки (Восточный Сахалин, южные Курилы, о. Хоккайдо)		«Северные» группировки (Западная Камчатка и североохотоморское побережье)	
		Численность сеголеток		Численность сеголеток	
		Млн экз.	%	Млн экз.	%
2004	1556	1400,4	90	155,6	10
2005	962	811,9	84,4	150,1	15,6
2006	1883	1506,4	80	376,6	20
2007	1003	401,2	40	601,8	60

Несмотря на выявленные межгодовые изменения средних размеров сеголеток в целом, в их пространственном распределении в уловах сохранились отмеченные ранее различия (Ерохин, 2002). Так, для нечетных лет учета было характерно уменьшение средних размеров молоди горбуши в северо-восточном направлении. В четные годы такой тенденции не наблюдалось, распределение средних длин было равномерное по всей акватории (рис. 2). Такое различие в пространственном распределении средних размеров горбуши в эти годы опять же обусловлено разным соотношением региональных стад. Скорее всего, в нечетные годы в северо-восточной части моря доминировала более мелкая западнокамчатская горбуша позднего ската. В 2007 г. скопления мелкой горбуши, в отличие от предыдущих нечетных лет, наблюдались на более южных разрезах съемки (рис. 2).

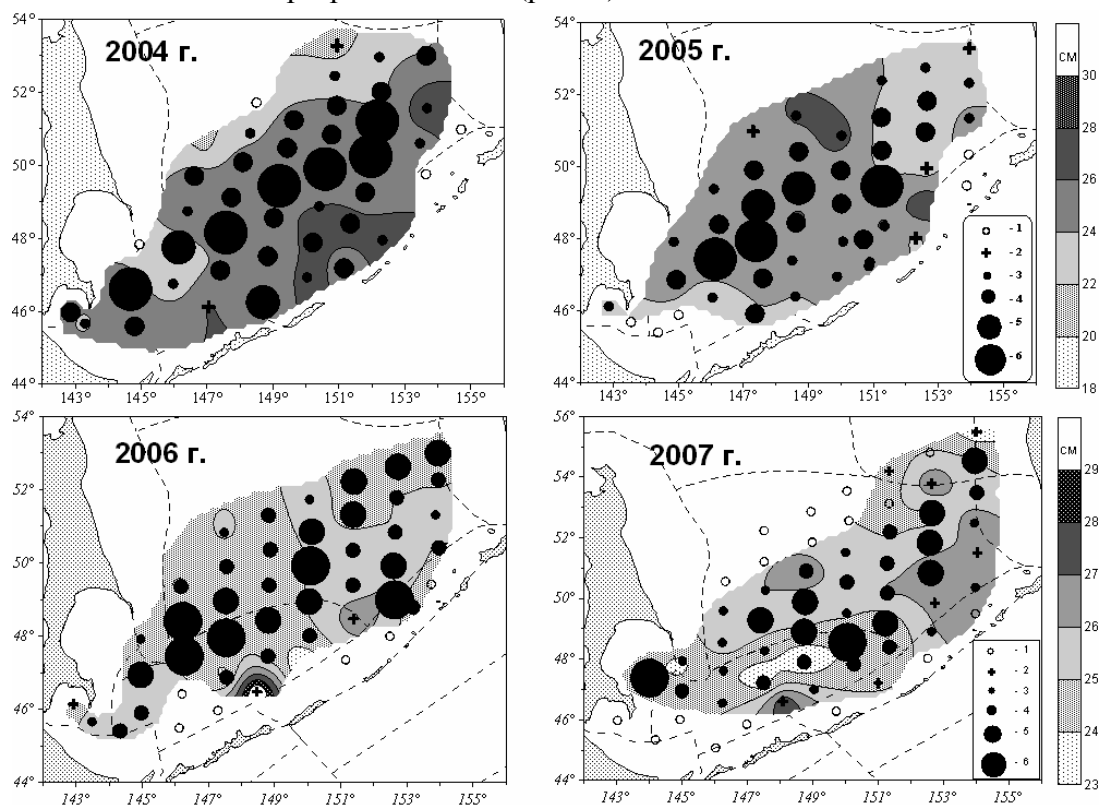


Рис. 2. Распределение уловов сеголеток горбуши в южной части Охотского моря в октябре-ноябре 2004 – 2007 гг. Условные обозначения: 1 – улова нет; 2 – 1–10; 3 – 10–100; 4 – 100–500; 5 – 500–1000; 6 – более 1000 экз. на час траления. Изолинии – средняя длина в улове (см)

Таким образом, осенью в нектонных сообществах южной части Охотского моря доминирующей группой является молодь тихоокеанских лососей (в среднем около 320 тыс. т), основу биомассы которой формируют главным образом сеголетки горбуши. Их доля в 1998–2007 гг. изменялась от 10 до 53 % биомассы нектона в целом. Концентрировались они (как и молодь других видов лососей) в осенний период в глубоководной части моря (до 67 % общей биомассы лососей и 18 % биомассы нектона в целом). В последние годы численность горбуши, как и ее доля в нектоне, значительно увеличилась (за счет увеличения численности горбуши сахалино-курильских стад) и в 2006 г. достигла исторического максимума (1,83 млрд экз.). Отмечено также увеличение численности молоди и ее средних размеров в ряду четных лет учета. В 2005 г. наблюдались большие размеры молоди горбуши (не характерные для нечетного года), обусловленные доминированием в морских скоплениях сеголеток сахалино-курильских стад.

ЛИТЕРАТУРА

- Дулепова Е.П.** Сравнительная биопродуктивность макроэкосистем дальневосточных морей. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. – 274 с.
- Ерохин В.Г.** Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2002. – 24 с.
- Нектон Охотского моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов** / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. – 643 с.
- Темных О.С.** Региональная изменчивость склеритограмм чешуи азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 375–390.
- Темных О.С.** Опыт прогнозирования подходов горбуши в Охотское море по данным методик траловых съемок // Вопр. рыболовства. — 2001. — Т. 2, № 1(5). — С. 140–153.
- Темных О.С.** Азиатская горбуша в морской период жизни: биология, пространственная дифференциация, место и роль в пелагических сообществах: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2004. — 47 с.
- Темных О.С., Старовойтов А.Н., Глебов И.И. и др.** Тихоокеанские лососи в пелагических сообществах южной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 132. — С. 112–153.
- Темных О.С., Куренкова Е.В.** Молодь тихоокеанских лососей в нектонных сообществах дальневосточных морей // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. – С. 221–227.
- Шунтов В.П.** Биология дальневосточных морей России. Т. 1. – Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. – 580 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОКАТНОЙ МИГРАЦИИ СЕВЕРООХОТОМОРСКОЙ ГОРБУШИ

Марченко С.Л., Голованов И.С.

ФГУП «Магаданский НИИ рыбного хозяйства и океанографии», г. Магадан, Россия,
salmon@magniro.ru

Исследование покатной миграции молоди лососей – одно из основных направлений в мониторинге состояния запасов лососей и прогнозировании их уловов. Общеизвестно, что от правильности методик, используемых в исследованиях, напрямую зависят получаемые результаты.

Считается, что у молоди горбуши суточный ритм ската зависит от освещенности и прозрачности воды: ее миграция с нерестилищ вниз по течению начинается с наступлением сумерек и заканчивается в предрассветные часы с пиком ската в самое темное время (Таранец, 1939; Семко, 1954; Neave, 1955, 1966; McDonald, 1960; Пушкарева, 1967; Иванков, 1968; Чупахин, 1973; и др.). Известны случаи, когда она может мигрировать из рек и днем, но такой скат наблюдается либо при большой мутности воды, вызванной увеличением твердого стока во время паводков (McDonald, 1960; Neave, 1966; Костарев, 1970), либо в крупных реках – на больших глубинах (Канидзев, 1967).

Целью проведенного исследования была оценка сроков и суточного ритма покатной миграции североохотоморской горбуши.

Основой для настоящей работы стали исследования, выполненные сотрудниками лаборатории лососевых экосистем МагаданНИРО. Сбор материалов осуществлялся выборочным методом с помощью мягкой ловушки длиной 2 м с площадью входного отверстия 0,25 м², изготовленной из газ-сита № 7. За основу был принят метод, предложенный А.Я. Таранцом (1939), модифицированный для проведения учетных работ на гидрологических створах.

Учетные работы выполнялись круглосуточно. Облов молоди проводился по всему сечению реки на станциях, равномерно расположенных по ширине реки через 20 м. Продолжительность экспозиции ловушки обычно составляла 10 мин., но в зависимости от плотности (численности) скатывавшейся молоди могла варьировать в пределах от 1 до 30 мин. В период проведения работ по учету покатной молоди ежедневно параллельно с постановками ловушки проводилась регистрация метеоусловий, температуры воды и воздуха, уровня воды в реке.

Покатная миграция молоди горбуши в реках северного побережья Охотского моря обычно начинается в первых числах мая и продолжается до июля. Крайними датами начала и окончания миграции молоди, зафиксированными в ходе многолетних наблюдений, являются соответственно 26 апреля (1984 г.) и 24 июля (1976 г.). Несмотря на то что скат молоди североохотоморской горбуши весьма продолжителен – около 3 мес, – его массовая фаза занимает, как правило, 2–3 нед. В реках Тауйской губы пик ската обычно приходится на первую половину июня, в реках зал. Шелихова – на середину июня.

Единичные экземпляры покатной молоди горбуши в уловах появлялись при температуре воды, близкой к 0 °С, а устойчивый скат начинался при ее прогреве свыше 1,5–2,0 °С. Максимальная температура воды, при которой была отловлена покатная молодь горбуши, составляла 13,2 °С.

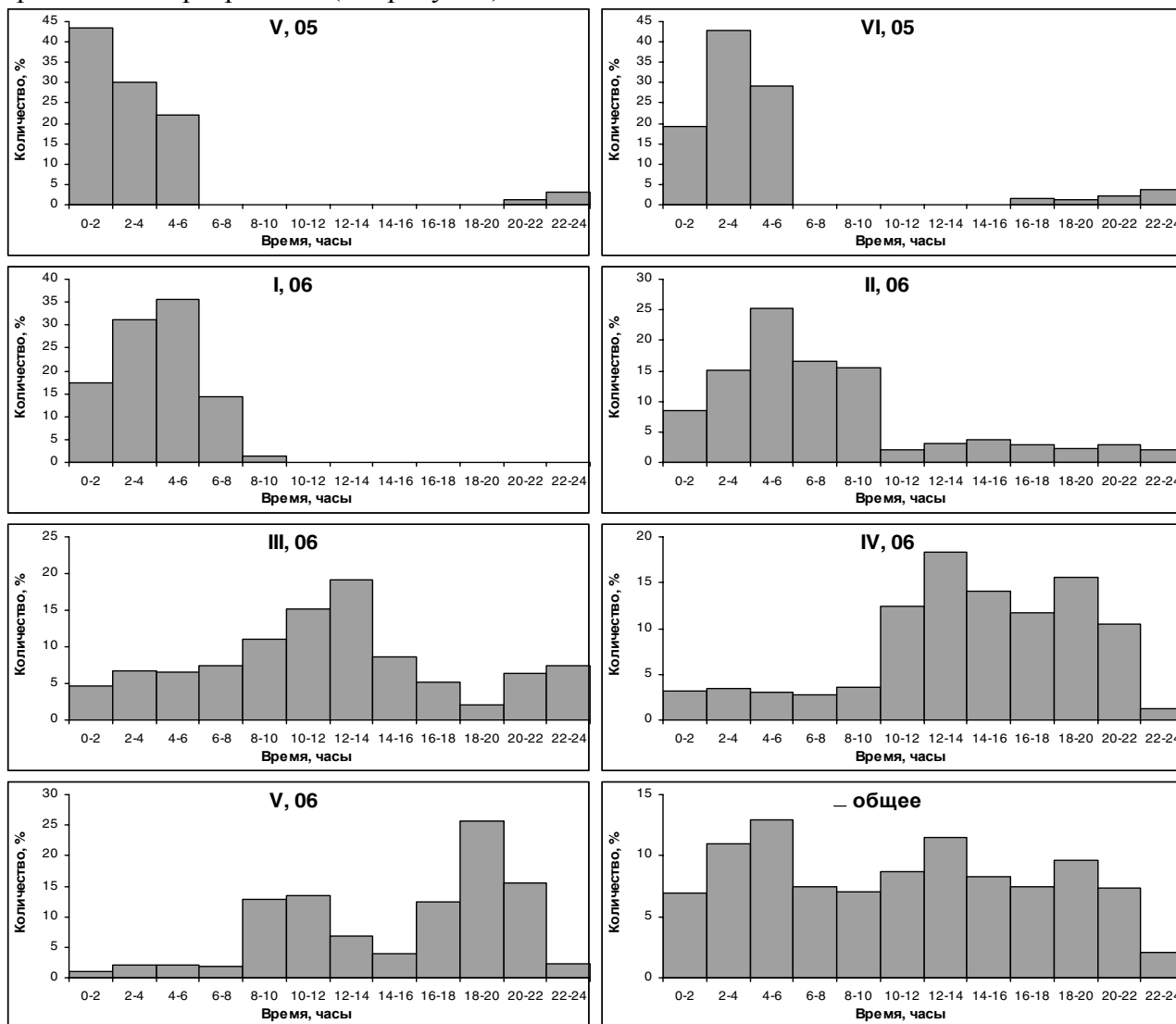
Температурный режим вод, по-видимому, являясь для горбуши сигнальным фактором, не оказывал значительного влияния на динамику ее покатной миграции. Наибольшее влияние на динамику ската оказывал уровненный режим реки, формировавшийся под влиянием таяния снега или обильных осадков в виде дождя. По данным учетных работ, в период паводков количество покатников горбуши в уловах резко возрастало из-за вымывания их из грунта, а также в связи с тем, что возросшая скорость течения не позволяла молоди обходить ловушку и препятствовала выходу молоди из нее.

Наши исследования на рассматриваемую тему, в которых утверждалось, что дневной скат молоди горбуши в реках северного побережья Охотского моря практически отсутствует,

уже публиковались (Голованов, 1982). Однако данные последних лет наблюдений позволяют внести значительные коррективы в делавшиеся ранее выводы.

Наиболее показательное исследование суточного ритма покатной миграции молоди североохотоморской горбуши было проведено на р. Ола в 1999 г. В тот год на реке отсутствовали мощные паводки, и динамика покатной миграции, по-видимому, отражала ее естественный ход.

Согласно полученным результатам, в начале наблюдений молодь скатывалась исключительно в ночные часы, а пик ската приходился на полночь. По мере развития миграционного процесса скат молоди наблюдался круглосуточно, а пик суточного ската сначала сместился на предрассветные часы, затем – на дневное время. В конце наблюдений в суточной динамике покатной миграции молоди наблюдались 2 пика – в 8–12 и в 18–20 ч, а ночной скат практически прекратился (см. рисунок).



Суточная динамика покатной миграции молоди горбуши р. Ола в 1999 г., осредненная по пятидневкам

В целом, в 1999 г. в суточной динамике ската молоди горбуши р. Ола наблюдались три пика (см. рисунок). Их существование, вследствие отсутствия паводков, мы не склонны объяснять повышением мутности воды или связывать их с миграцией молоди на больших глубинах. Наоборот, молодь активно скатывалась в прозрачной воде в дневные часы, в том числе в ее приповерхностном слое. Подобная картина наблюдается у молоди горбуши и в других североохотоморских реках, на которых выполняются исследования покатной миграции лососей. Вероятно, причина такого ритма в суточной покатной миграции кроется в экологи-

ческой неоднородности североохотоморской горбуши, описанной нами ранее (Марченко, 2004). Косвенным подтверждением данного предположения является то, что дневной скат в большей степени выражен в средних и крупных реках, где больше возможностей для существования различных темпоральных группировок этого вида лососей. Кроме того, данное явление стало более ярко проявляться после восстановления запасов североохотоморской горбуши.

Оценка соотношения численности молоди, скатывавшейся в ночное и в дневное время, показала, что если в североохотоморских реках не проводить дневные обловы, то недоучет покатников в разные годы может составлять от 25 до 70 %.

Подводя итог изложенному, необходимо отметить, что для получения достоверных материалов исследования в период покатной миграции молоди горбуши в реках северного побережья Охотского моря необходимо проводить круглосуточно. В противном случае, недостаток данных может сказываться на точности прогнозов вылова горбуши.

ЛИТЕРАТУРА

Голованов И.С. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salmonidae) на северном побережье Охотского моря // *Вопр. ихтиол.* – 1982. – Т. 22, вып. 4. — С. 568–575.

Иванков В.Н. Тихоокеанские лососи острова Итуруп (Курильские острова) // *Изв. ТИНРО.* – 1968. – Т. 65. – С. 49–74.

Есаулов И.П., Федотова Л.Н. Некоторые особенности ската молоди в лососевых реках Сахалина // *Рыб. хоз-во.* – 1963. – № 11. – С. 18–20.

Канидьев А.Н. К эффективности нереста сахалинской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // *Изв. ТИНРО.* – 1967. – Т. 61. – С. 118–122.

Костарев В.Л. Количественный учет покатной молоди охотской кеты // *Изв. ТИНРО.* – 1970 – Т. 71. – С. 145–158.

Марченко С.Л. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря: Дис. ... канд. биол. наук. – Магадан, 2004. – 167 с.

Пушкарева Н.Ф. Наблюдение за скатом мальков приморской горбуши в р. Улике // *Изв. ТИНРО.* – 1967. – Т. 61. – С. 123–131.

Семко Р.С. Запасы западнокамчатских лососей и их промысловое значение // *Изв. ТИНРО.* – 1954. – Т. 41. – С. 3–109.

Таранец А.Я. Исследования нерестилищ кеты и горбуши р. Иски // *Рыб. хоз-во.* – 1939. – № 12. – С. 14–18.

Чупахин В.М. Результаты мечения горбуши у о. Итуруп в 1968 и 1971 гг. // *Изв. ТИНРО.* – 1973. – Т. 91. – С. 55–67.

Hunter J.G. Survival and production of pink and chum salmon in a coastal stream // *J. Fish. Res. Bd Can.* – 1959. – Vol. 16, № 5. – P. 835–836.

McDonald J. The behaviour of Pacific salmon fry during their downstream migration to freshwater and saltwater nursery areas // *J. Fish. Res. Bd Can.* – 1960. – Vol. 17. – P. 5–676.

Neave F. Notes on the seaward migration of pink and chum salmon fry // *J. Fish. Res. Bd Can.* – 1955. – Vol. 12, № 3. – P. 369–374.

Neave F. Pink salmon in British Columbia // *Salmon of the north Pacific Ocean. Part III. A review of the life history of north Pacific salmon. Int. North Pac. Fish. Comm.* – 1966. – Bull. 18 – P. 71–79.

РОЛЬ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ТРОФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ЭПИПЕЛАГИАЛИ ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

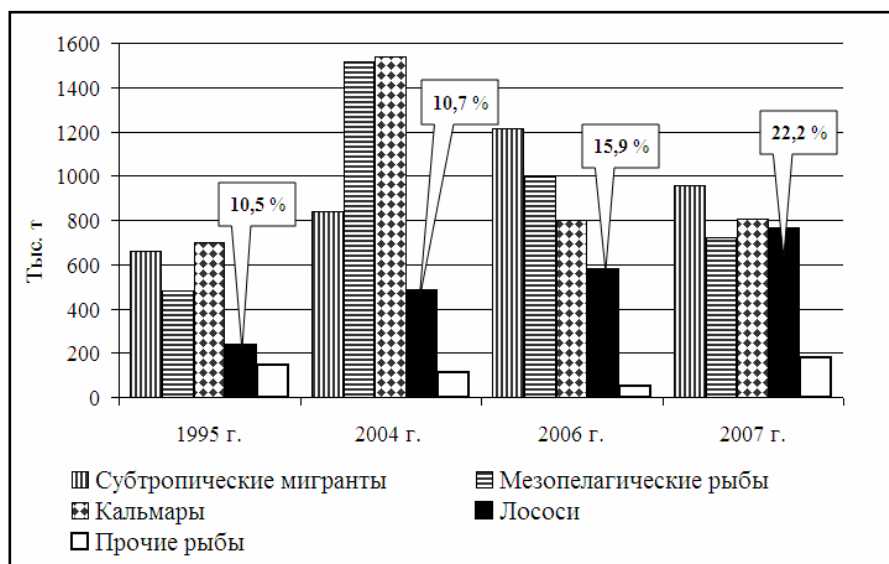
С.В. Найденко

ФГУП «ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, naydenko@tinro.ru

Нектонное сообщество эпипелагиали прикурильских вод северо-западной части Тихого океана (СЗТО) довольно динамично по своему составу, и кроме мезопелагических видов и кальмаров, в летне-осенний сезон формируется гидробионтами, совершающими нагульные (виды южнобореально-субтропического комплекса — сардина, сайра, морской лещ, тихоокеанский кальмар и др.) и преднерестовые и посткатадромные (тихоокеанские лососи) миграции (Шунтов, 1989; Шунтов и др., 1993а, б, 1994, 1998; Иванов, 1998; Байталюк и др., 2007). Однако, начиная с 1990-х гг., произошли изменения в соотношении численности массовых видов нектона (за счет снижения численности сардины-иваси и минтая), что существенно повлияло на трофическую структуру нектонного сообщества прикурильских вод СЗТО. Если в 1980-х гг. годовое потребление кормовых организмов в эпипелагиали данного района массовыми видами нектона составляло 14,2 млн т, то в первой половине 1990-х гг. оно снизилось в 3,2 раза (Иванов, 1998). На этом фоне изменилась и роль тихоокеанских лососей в трофической структуре: их доля в годовом выедании кормовых ресурсов в первой половине 1990-х гг. возросла в 2,2 раза по сравнению с 1980-ми гг. (Иванов, 1998). Следует отметить, что доля лососей в эпипелагическом сообществе района исследований изменилась как на фоне общего снижения биомассы нектона, так и вследствие увеличения своей численности, которое отмечают в последние десятилетия для большинства популяций тихоокеанских лососей, не только азиатских, но и в целом в северной части Тихого океана (Шунтов, Темных, 2004; Темных и др., 2004).

Результаты трофологических исследований ТИНРО-центра в 1990–2000-е гг. показали, что в эпипелагиали прикурильских вод СЗТО объемы потребления кормовых ресурсов лососями за летний сезон увеличились с 233,2 тыс. т в 1995 г. до 481,2–762,8 тыс. т в 2000-х гг. (рис. 1).

Рис. 1. Потребление кормовых ресурсов нектоном в эпипелагиали прикурильских вод СЗТО за летний период, тыс. т



Только зоопланктона лососями стало выедаться от 410,3 до 706,4 тыс. т. В то же время доля лососей в общем потреблении зоопланктона нектоном осталась невысокой и даже в период их высокой численности в 2007 г. не превысила уровня 24 %.

По сравнению с другими группами нектона лососи за весь летний сезон потребляли зоопланктона меньше, чем, например, виды южнобореально-субтропического комплекса или в некоторые годы мезопелагические рыбы и кальмары. Так, за лето 2004 г. мезопелагическими рыбами (главным образом серебрянкой) планктонных ресурсов выедалось до 1515 тыс. т, а в 2006 г. потребление зоопланктона только сайрой составило 1054 тыс. т.

Однако, если рассматривать незначительный по продолжительности период — июнь и начало июля, т.е. время массового преднерестового хода лососей (когда представители южнобореально-субтропической фауны в данный район только начинают подходить, а биомасса мезопелагического видов в верхней эпипелагиали не всегда бывает высокой), лососи становятся одним из основных элементов нектонного сообщества эпипелагиали. Так, в июне — начале июля 2007 г. доля лососей в общем потреблении зоопланктона нектоном достигла 66,9 %, при этом наибольшее значение в потреблении зоопланктона имела горбуша (рис. 2). Следует отметить, что в 2007 г. в водах СЗТО (5–11 биостатистические районы) было учтено рекордное за последние годы количество горбуши — 451,54 млн экз. или 490,70 тыс. т (Байталоук, 2007; Шунтов и др., 2007). Именно этот вид в начале летнего сезона был основным потребителем планктонных ресурсов.

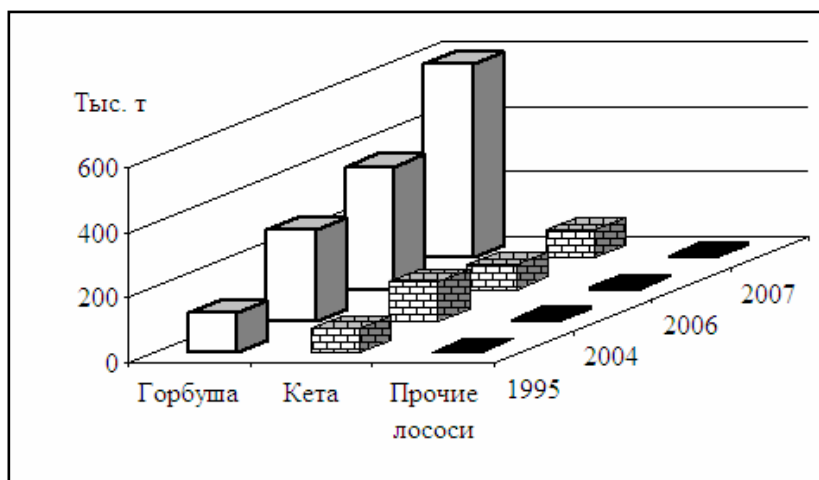


Рис. 2. Потребление зоопланктона лососями в эпипелагиали прикурильских вод СЗТО за летний период, тыс. т

В целом же, несмотря на увеличение численности, вклад лососей в трофическую структуру эпипелагиали прикурильских вод СЗТО остался незначительным. По генерализованным оценкам запасы зоопланктона в районе исследований в 1996–2006 гг. для лета и осени

составляли 166,57 млн т (Шунтов, Темных, 2007; Шунтов, Темных, в печати). В рассматриваемый период лет запас зоопланктона в эпипелагиали в летний сезон оценен в 63,91–100,35 млн т (Волков, 2008), в то время как его потребление лососями в разные по ситуации годы, не превышало 0,2–0,8 %.

Но в зоопланктоне прикурильских вод СЗТО в летний период более 80 % биомассы приходится на долю копепод и сагитт, которые для тихоокеанских лососей обычно являются второстепенной пищей. Такие же группы планктона как эвфаузииды, и особенно гиперииды и птероподы, составляющие основу питания лососей, имеют гораздо меньшую биомассу. Однако, если запасы эвфаузиид в данном районе превышают потребности не только лососей, но и других видов нектона, то запасы амфипод и птеропод едва их покрывают. Так, летом 2007 г. всеми видами нектона в верхней эпипелагиали потреблялось около 707 тыс. т копепод (что составило примерно 1/83 их запаса) и 1364 тыс. т эвфаузиид (или 1/8 их запаса), а амфипод и птеропод выедалось 496,6 и 271,8 тыс. т соответственно или почти до 9/10 их запаса (расчеты сделаны без учета продукции этих групп зоопланктона). В целом лососями за лето выедалось до 280,6 тыс. т эвфаузиид, 165,7 — птеропод, 164,4 — копепод и всего 25,0 тыс. т амфипод, т.е. в прикурильских водах СЗТО в питании лососей основными кормовыми объектами были эвфаузииды, копеподы и птероподы. Аналогичная ситуация отмечена и для других лет. При этом в западной части Берингова моря в летний период лососи, напротив, более всего потребляли амфипод, эвфаузиид и птеропод (Найденко, 2007). Вероятно, при низкой доле в планктоне амфипод и птеропод и невысокой эвфаузиид, при значительных концентрациях рыб в локальных районах прикурильских вод, в определенные периоды можно ожидать обострение пищевых отношений. Но пространственное распределение, сроки и районы нагула таких массовых потребителей кормовых ресурсов, как тихоокеанские лососи, сайра, японский анчоус, мезопелагические рыбы и кальмары, в большинстве случаев не совпадали. Кроме того, следует учесть и пищевую разнонаправленность нектонных видов. Так, в период исследований мезопелагические рыбы выедали в основном эвфаузиид и копепод, при этом последние в планктоне имели довольно значительную биомассу. Рацион кальмаров,

доля которых в общем потреблении кормовых ресурсов была на уровне 22–34 %, наполовину состоял из мелкого нектона (молодь рыб и кальмаров), плотность концентраций которого в различных зонах составляла 1,2–3,4 г/м², т.е. наряду с зоопланктоном мелкий нектон составлял вполне ощутимую долю в составе кормовой базы (Шунтов, Темных, 2007). Из мигрантов южнобореально-субтропического комплекса только сайра имела довольно высокую долю в общем потреблении кормовых организмов, но ее нагул проходит обычно в более поздние сроки.

Таким образом, в настоящее время кормовые ресурсы эпипелагиали прикурильских вод северо-западной части Тихого океана не подвергаются значительному прессу со стороны нектонных потребителей (как, например, в 1980-х гг.), что является благоприятным фактором для условий нагула и обеспеченности пищей тихоокеанских лососей и других пелагических рыб. И возросшая в последние годы численность лососей не внесла заметных изменений в трофическую структуру нектонного сообщества района исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Байталюк А.А., Заволокин А.В., Заволокина Е.А. Лососи в составе нектонного сообщества северо-западной части Тихого океана в июне-июле 2007 г. // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – С. 134–138.

Волков А.Ф. Среднемноголетние характеристики зоопланктона Охотского и Берингова морей и СЗТО (межгодовые и сезонные значения биомассы, доминирование) // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 220–237.

Иванов О.А. Эпипелагическое сообщество рыб и головоногих моллюсков прикурильских вод Тихого океана в 1986–1995 гг. // Изв. ТИНРО. – 1998. – Т. 124. – С. 3–54.

Найденко С.В. Роль тихоокеанских лососей в трофической структуре эпипелагиали западной части Берингова моря в летне-осенний период 2002–2006 гг. // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 151. – С. 214–239.

Темных О.С., Глебов И.И., Найденко С.В. и др. Современный статус тихоокеанских лососей в пелагических сообществах дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 137. – С. 28–44.

Шунтов В.П. Распределение молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в Охотском море и сопредельных водах Тихого океана // Вопр. ихтиол. – 1989. – Т. 29, вып. 2. – С. 239–248.

Шунтов В.П., Горбатенко К.М., Надточий В.В. и др. Современное состояние эпипелагических сообществ сахалино-курильского региона // Биол. моря. – 1998. – Т. 24, № 3. – С. 161–168.

Шунтов В.П., Лапко В.В., Надточий В.В., Самко В.В. Межгодовые изменения в ихтиоценозах верхней эпипелагиали сахалино-курильского региона // Вопр. ихтиол. – 1994. – Т. 34, вып. 5. – С. 649–656.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В. и др. Распределение лососей в водах Сахалино-Курильского региона в период анадромных миграций // Вопр. ихтиол. – 1993а. – Т. 33, вып. 3. – С. 348–358.

Шунтов В.П., Радченко В.И., Чучукало В.И. и др. Состав планктонных и нектонных сообществ верхней эпипелагиали сахалино-курильского региона в период анадромных миграций лососей // Биол. моря. – 1993б. – № 4. – С. 32–43.

Шунтов В.П., Темных О.С. Превышена ли экологическая емкость Северной Пацифики в связи с высокой численностью лососей: мифы и реальность // Изв. ТИНРО. – 2004. – Т. 138. – С. 19–36.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. – Владивосток: ТИНРО-центр (в печати).

Шунтов В.П., Темных О.С. Тотальная оценка кормовой базы (макропланктон и мелкий нектон) тихоокеанских лососей в дальневосточных морях и сопредельных океанских водах // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – С. 260–266.

Шунтов В.П., Темных О.С., Куренкова Е.В. Рекордная лососевая путина – 2007 // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – С. 3–10.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОСПРОИЗВОДСТВА И СТРАТЕГИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ КЕТЫ ОХОТСКОГО РАЙОНА

В.И. Островский, С.Д. Пономарев
ХфТИНРО, г. Хабаровск, Россия, ostrovkhv@rambler.ru

На протяжении многих лет исследований были выяснены особенности биологии кеты Охотского района, закономерности влияния природно-климатических факторов на урожайность поколений, исследована динамика покатной миграции, получены количественные характеристики выживаемости кеты в пресноводном и морском периодах жизни, описана история промысла (Костарев, 1964а, б, 1970а-в, и др.). Однако выявленные связи и закономерности пока не формализованы, что затрудняет применение результатов исследований в прогнозировании запаса и разработке стратегии его эксплуатации.

Цель работы – исследование связи численности родителей кеты с численностью потомков, а также анализ возможных вариантов эксплуатации запаса для выбора оптимального.

Работа выполнена на материалах мониторинга численности и возрастного состава кеты размножающейся в реках Охотского района, за период с 1990 по 2006 гг. сотрудниками Охотской лаборатории ХфТИНРО (до 2000 г. МагаданНИРО), а также на данных по вылову кеты, ихтиологической службы Амуррыбвода Охотской КНС. Запас, или подход к рекам, оценивается как сумма числа выловленных рыб и числа рыб, пропущенных на нерестилища (рис. 1).

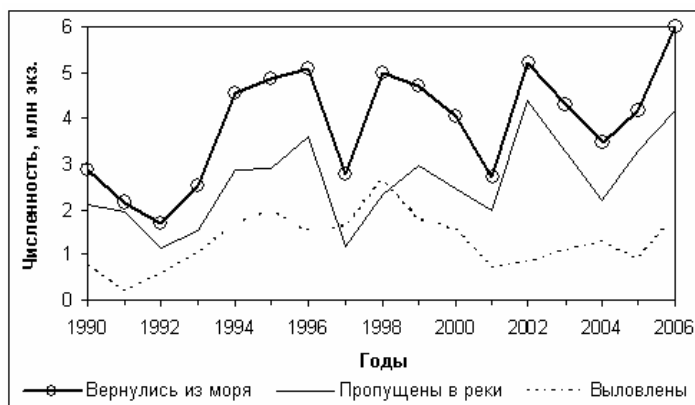


Рис. 1. Динамика подхода (запас), вылова кеты рек Охотского района и количества кеты, пропущенной в реки

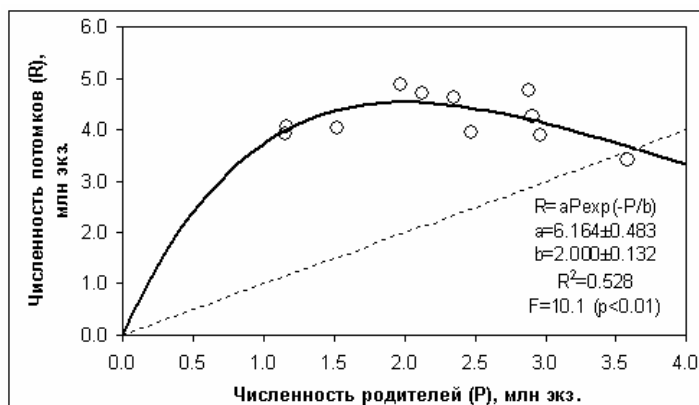
До 2001 г. численность производителей на нерестилищах оценивали с применением авиации, в последующие годы рассчитывали на основе анализа статистики неводных уловов. Зная возрастной состав рыб и подход, рассчитывали абсолютное число рыб

каждой возрастной группы в текущем году. Суммируя численность рыб, сгруппированных по поколениям, определяли численность потомков. Такая процедура первичной подготовки материала позволила получить ряды для анализа связи численности потомков с численностью родителей. Время генерации кеты составляет 6 лет, за 17 лет исследований из моря полностью вернулось 11 поколений, для которых численность родителей известна.

Зависимость численности потомков от численности родителей аппроксимировали уравнением Рикера (Рикер, 1979). Стандартные ошибки коэффициентов оказались относительно малы, они составили 7–8 % средних значений коэффициентов (рис. 2). Гипотеза об их равенстве 0 отвергается с вероятностью более 99 % ($F = 10,1$). Отклонения от линии регрессии в среднем равняются $-0,0043 \pm 0,095$. Значения автокорреляции остатков при временном лаге 1–8 лет не превышают пороговых значений для 95 %-ного уровня значимости. Исключение представляет сдвигка на 7 лет, но, поскольку в данном случае коэффициент корреляции рассчитывается всего по 4 парам значений, весьма вероятно наличие ошибки второго рода. Таким образом, результаты описания искомой зависимости уравнением Рикера оказались вполне удовлетворительными. Относительно низкая детерминация при слабом отклонении точек от линии регрессии объяснима сла-

бой изменчивостью численности потомков – отсутствуют наблюдения при самых малых и самых больших значениях запаса.

Рис. 2. Зависимость численности потомков кеты от численности родителей в реках Охотского района, пунктирная линия проведена по уравнению $R = P$



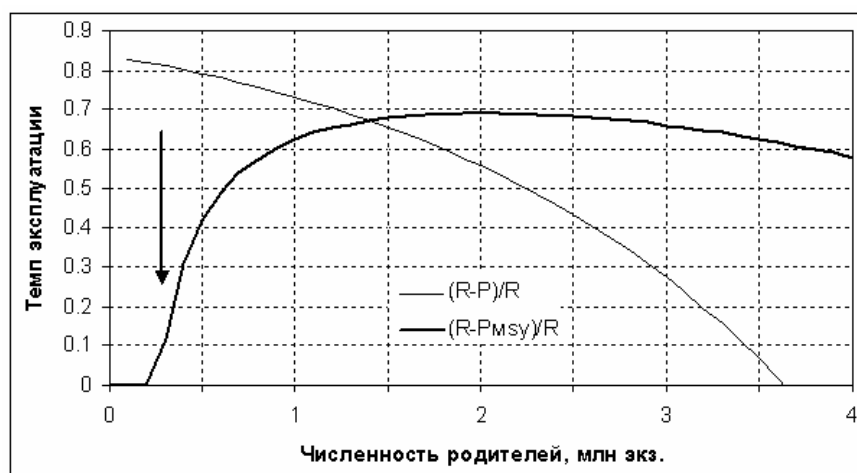
Согласно выявленной связи максимальная численность потомков кеты Охотского района наблюдается при нересте около 2,0 млн рыб (точка максимума, P_{max} или коэффициент b , рис.

2). С вероятностью 95% значение P_{max} находится в интервале 1,7–2,3 млн экз. Максимум численности потомков составляет: $(R_{max}) = a \times b \times \exp(-1) = 4,54$ млн экз. Точка максимума прибавочного воспроизводства (численность родителей, при которой разность между численностью потомков и численностью родителей максимальна, P_{MSY}) составляет около 1,4 млн экз. Наиболее просто значение данного параметра можно найти по графику зависимости прироста численности потомков ($R-P$) от численности родителей. Приблизительное значение P_{MSY} , можно рассчитать по эмпирическому уравнению $P_{MSY} = b \times (1 - 1,113 \times a^{-0,689}) = 2 \times (1 - 1,113 \times 6,164^{-0,689}) = 1,364$, где a и b – коэффициенты уравнения Рикера (Островский, 2007).

Для выбора оптимальной стратегии эксплуатации запаса прежде всего необходимо определить цель управления. Оптимальная стратегия, в качестве приоритета, должна основываться на принципе неистощимого природопользования, хотя это не всегда может быть оправдано, например, с экономической точки зрения. Решающая роль в реализации этого принципа принадлежит биологам, поскольку именно они должны оценить риски, связанные с темпом эксплуатации запаса.

Теоретически, в многолетнем плане запас должен оставаться постоянным, если вылавливать лишь ту его часть, которая составляет прибавку к численности родителей. В графическом отображении, эта часть расположена выше линии равновесного воспроизводства ($R = P$, рис. 2). В таком случае, коэффициент эксплуатации (темп эксплуатации, коэффициент изъятия) не должен превышать порогового значения равного $(R-P)/R$ (рис. 3).

Рис. 3. Модельная зависимость порогового и оптимального значения коэффициента эксплуатации кеты Охотского района от численности родителей (пояснения в тексте)



Разумеется, найденные значения предельно допустимого темпа эксплуатации не имеют ничего общего с целями управления запасом. Они лишь позволяют определить пороговое значение доли изъятия, превышение которой увеличивает вероятность уменьшения численности родителей и соответственно запаса ниже текущих значений, которые не обязательно являются оптимальными.

Биологических целей управления запасом не существует (Хилборн, Уолтерс, 2001). Цель управления появляется тогда, когда запас рассматривается с позиции получения дохода. Вполне очевидно, что в этом аспекте цель – получение максимума прибыли. Если доход пропорционален улову, тогда его значение в текущем году будет максимальным при вылове всей рыбы, однако такая стратегия противоречит принципу неистощимого природопользования. Для его реализации необходимо некоторую часть запаса оставлять для воспроизводства. На первый взгляд может показаться, что эта часть должна быть такой, чтобы обеспечить максимальное количество потомков (P_{max}) – именно так в настоящее время трактуется понятие «оптимального пропуска» (Котенев и др., 2006).

Однако, если кривая воспроизводства очень пологая, тогда в относительно широком диапазоне значений численности родителей, в среднесредном плане численность потомков будет практически одинаковой. Иными словами, при такой стратегии для незначительной, теоретически возможной прибавки «урожая» в будущем необходимо отказаться от значительной, реальной части «урожая» в текущем году. Вряд ли такую стратегию можно признать разумной.

Согласно доказанному положению теории рыболовства, оптимум пропуска соответствует значению P_{MSY} , а не P_{max} (Рикер, 1979). В нашем примере разность значений P_{max} (2,0 млн экз.) и P_{MSY} (1,4 млн экз.) равна 0,6 млн экз. Численность потомков в первом случае равна 4,54, а во втором – 4,29 млн экз., т.е., для прибавки «урожая» равной $4,54 - 4,29 = 0,25$ млн экз. необходимо дополнительно пропустить на нерестилища 0,6 млн рыб. Поскольку пропуск дополнительного количества производителей может частично компенсироваться прибавкой урожая, чистая его потеря в каждом поколении, в среднесредном плане составит $0,6 - 0,25 = 0,35$ млн экз. (1200 т). Учитывая дисконтирование, инфляцию, риск, связанный с вероятностным характером соотношения «запас-пополнение», в стоимостном выражении потеря прибыли будет значительно больше, чем прибыль от продажи 1200 т кеты.

Таким образом, если цель эксплуатации запаса состоит в получении максимальной прибыли с учетом принципа неистощимого природопользования, тогда в отношении рассматриваемой единицы запаса – кеты – стратегия должна быть основана на стабилизации остатка на уровне, близком к 1,4 млн экз. При такой стратегии темп эксплуатации равен $(R - P_{MSY})/R$ (рис. 3).

Последовательная реализация стратегии постоянного остатка предполагает введение запрета промысла при $R < P_{MSY}$. Однако такая мера вряд ли будет соответствовать интересам профессиональных рыбаков. В условиях большого количества нерестовых рек, протекающих в малонаселенных, труднодоступных районах и невозможности надлежащей охраны рыбы на нерестилищах, запрет приведет к усилению браконьерства. Кроме того, одновременно с кетой в реки Охотского района на нерест заходят другие виды тихоокеанских лососей. При их промысле прилов кеты будет неизбежен.

Следовательно, стратегия эксплуатации запаса должна строиться на компромиссе между соблюдением принципа неистощимого природопользования, получением максимума прибыли и сохранением занятости и возможности получения прибыли рыбаками, даже при относительно невысоких прогнозных значениях запаса. При низких значениях запаса компромиссные значения коэффициента эксплуатации должны быть больше оптимальных значений, но меньше или, в исключительных случаях, равны пороговым значениям. На рис. 3 область допустимых значений коэффициента эксплуатации лежит левее пересечения кривых.

Для выбора стратегии эксплуатации запаса необходимо оценить наиболее вероятные последствия принятых решений, а также масштабы различий результатов использования той или иной стратегии. Рассмотрим отклик модели на результаты различных вариантов эксплуатации. Стартовое значение численности родителей примем равным 0,1 млн экз. Допустим, что условия, формирующие связь численности потомков с численностью родителей,

стабильны. Для упрощения расчетов допустим, что все потомки созревают одновременно. При рассмотрении поведения модели в многолетнем плане такое допущение оправданно тем, что возрастной состав потомков относительно стабилен: более 90 % их созревает в возрасте 3+ и 4+ приблизительно в равной пропорции.

Рассмотрим динамику изменения вылова в соответствии со стратегией фиксированного остатка на уровнях P_{MSY} (1,4 млн экз.) и P_{max} (2,0 тыс. экз.), а также в соответствии со стратегией фиксированного значения коэффициента эксплуатации. В нашем вычислительном эксперименте коэффициенты эксплуатации варьировали в пределах 0,1–0,9 с шагом 0,1. При стартовом значении численности родителей 0,1 млн экз. численность потомков составит 0,586 млн экз. Наибольший вылов в первом поколении достигается при наибольшем темпе изъятия – 90 %, однако такая нагрузка для популяции с принятыми параметрами оказывается чрезмерной – в последующих поколениях ее численность и соответственно уловы снижаются. При эксплуатации в этом режиме популяция очень быстро теряет промысловое значение (рис. 4).

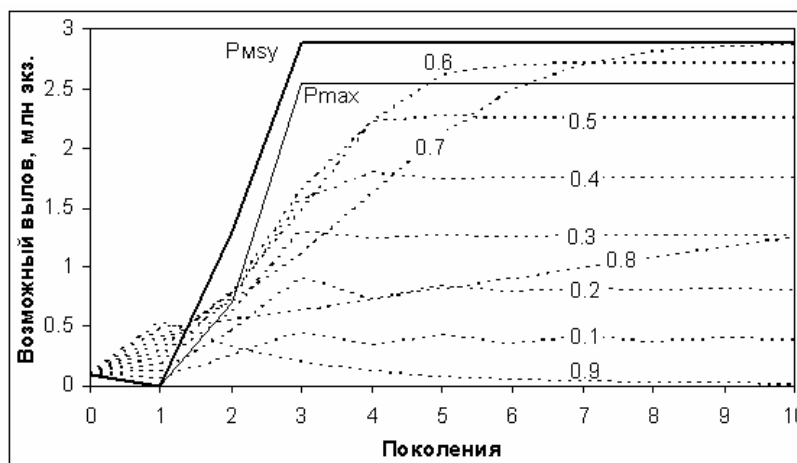
Если вылов составляет 80 % запаса, численность популяции и вылов постепенно увеличиваются, но темп нарастания этих параметров очень мал. С дальнейшим уменьшением промысловой нагрузки скорость роста численности возрастает, возрастают и уловы, вскоре (в зависимости от темпа эксплуатации) численность популяции и вылов стабилизируются на постоянном уровне.

Оптимальный темп эксплуатации – 60–70 % запаса. Первый обеспечивает более быстрое нарастание уловов, но второй стабилизирует численность и уловы на более высоком уровне. Различия в величине уловов в отдаленном будущем не столь велики (порядка 6–7 %), поэтому преимущества вылова 70 % запаса будут заметны не скоро. По крайней мере, в течение первых 15 поколений эксплуатации с темпом вылова 60 % запаса суммарный вылов будет оставаться больше, чем при темпе вылова 70 %. Однако рассчитывать, что условия воспроизводства и соответственно параметры уравнения останутся неизменными столь долго, вряд ли имеет смысл. Таким образом, если остановиться на стратегии стабильного темпа вылова при низком начальном значении численности родителей, тогда для группировки кеты, размножающейся в реках Охотского района, оптимально изъятие 60 %, а не 50 % запаса, как полагалось ранее (Костарев, 1970а).

Дальнейшее снижение темпа вылова нерационально по очевидным причинам (рис. 4). Интересно отметить, что, чем ниже темп эксплуатации, тем дольше прослеживаются флуктуации уловов, которые порождаются не изменчивостью внешних условий, а свойствами самой модели.

Наиболее наглядно различия стратегий эксплуатации проявляются при анализе накопленного улова (рис. 5). Наилучший вариант стратегии – постоянный пропуск на нерестилища 1,4 млн рыб. При этом варианте в течение 3 поколений суммарный вылов может составить 4,2 млн рыб, в течение 6 поколений – 12,8 млн рыб, в течение 9 поколений – 21,5 млн рыб. Лучший вариант стратегии фиксированного темпа эксплуатации, по крайней мере на ближайшую перспективу, – вылов 60 % запаса. Суммарный вылов в этом случае в течение 3 поколений составит 2,6 млн рыб, в течение 6 поколений – 10,1 млн рыб, в течение 9 поколений – 18,2 млн рыб.

Рис. 4. Модельная динамика вылова кеты Охотского района в зависимости от стратегии эксплуатации (пояснения в тексте)



Необходимо отметить, что при анализе возможных последствий выбора стратегии мы не рассматриваем вопроса о затратах, связанных с увеличением интенсивности лова. Выводы корректны лишь в том случае, если чистая прибыль прямо пропорциональна улову, что как нам представляется, вполне справедливо для промысла кеты Охотского района. Если же для увеличения темпа эксплуатации необходимо выставление дополнительных стационарных орудий лова, судов, либо, если рыночная стоимость улова уменьшается с его количеством, задача должна решаться на уровне оптимизации чистой прибыли. В этом случае может оказаться более выгодной эксплуатация с меньшей интенсивностью.

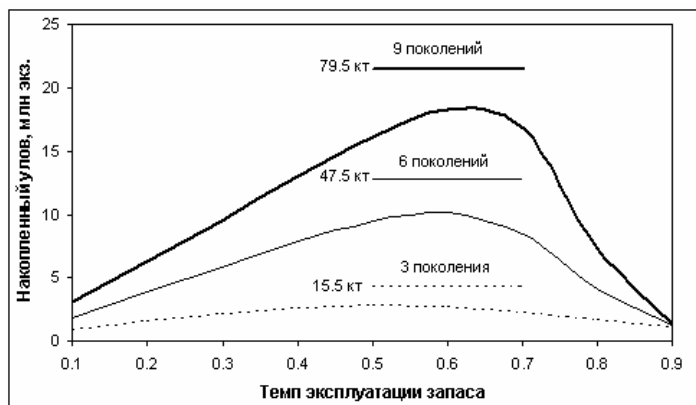
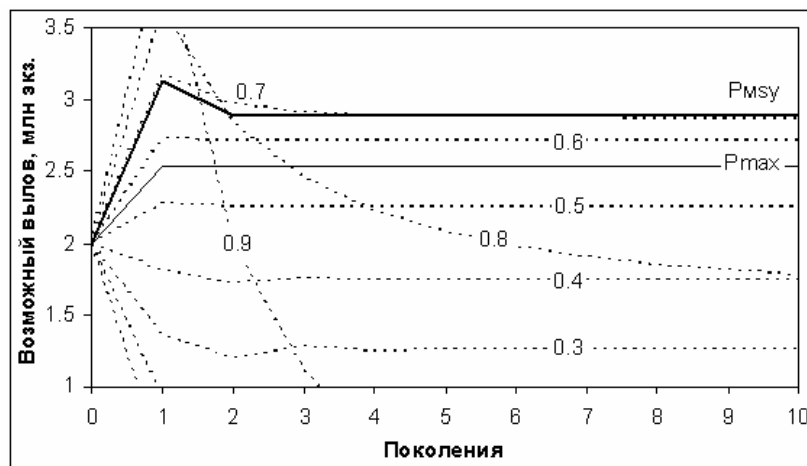


Рис. 5. Модельная зависимость накопленного улова кеты рек Охотского района от темпа эксплуатации. Горизонтальные линии (легенда) – накопленный улов при постоянном пропуске 1,4 млн рыб (P_{MSY})

Рис. 5. Модельная зависимость накопленного улова кеты рек Охотского района от темпа эксплуатации. Горизонтальные линии (легенда) – накопленный улов при постоянном пропуске 1,4 млн рыб (P_{MSY})

Когда стартовое значение численности родителей больше P_{MSY} , например, 2,0 млн экз., тогда, если судить по результатам представленным на рис. 3, оптимальным будет постоянное изъятие не 60, а 70 % запаса, поскольку значение остатка (пропуск) будет близким к значению P_{MSY} . При таком стартовом значении, вылов как 60 %, так и 70 % запаса приводит к лучшим результатам, чем стабильный пропуск на нерестилища 2,0 млн рыб (рис. 6). Как и следует из рис. 3, численность родителей в обоих случаях стабилизируется на меньшем уровне, чем их было на старте (значения данных коэффициентов эксплуатации при $P = 2$ млн экз. лежат выше пороговых значений, см. рис. 3).



Соответственно, численность потомков также будет меньше, чем от нереста 2,0 млн рыб, но вылов в среднесрочном плане будет больше.

Рис. 6. Модельная динамика вылова кеты Охотского района в зависимости от стратегии эксплуатации (пояснения в тексте)

Если сравнить уровни стабилизации уловов при разных стартовых значениях численности родителей (рис. 5 и 6), можно убедиться в том, что они одинаковы, но время, необходимое для достижения стабильного вылова, во втором случае меньше. По этой причине преимущества изъятия 70 % запаса, по сравнению с 60 % вполне очевидны. Таким образом, выбор оптимального темпа эксплуатации зависит от текущего состояния запаса.

Подводя итог результатам анализа наиболее вероятных изменений уловов в связи с различными вариантами стратегии эксплуатации кеты в Охотском районе можно заключить, что стратегия фиксированного остатка (пропуска на нерестилища постоянного количества родителей) имеет явные преимущества перед стратегией постоянного темпа эксплуатации, причем в настоящее время оптимален остаток (P_{MSY}) 1,4 млн рыб. При прогнозе запаса менее P_{MSY} область допустимых значений темпа эксплуатации находится левее пересечения кривых, представленных на рис. 3, направление выбора предпоч-

тительных значений этого параметра с целью наиболее быстрого восстановления запаса задано стрелкой. Выбранное значение доли изъятия должно сопровождаться прогнозом последствий этого выбора. Необходимо отметить, что чем больше предполагается вылов при низких значениях прогноза запаса, тем сильнее должны быть контроль соблюдения квот вылова и охрана рыбы на нерестилищах.

Выявленные закономерности носят статистический характер и нуждаются в постоянной корректировке. По известным причинам еще никому не удавалось стабилизировать пропуск на уровне R_{MSY} (впрочем, как и на уровне R_{max} или любом другом, за исключением уровня, близкого к 0). Однако временная изменчивость условий воспроизводства, урожайности поколений, тесноты связи численности родителей с численностью потомков и соответственно параметров уравнения не могут служить поводом для отказа от поиска и выбора оптимальной стратегии эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

Костарев В.Л. О связи урожайности молоди кеты с высотой снежного покрова и температурой воздуха в зимний период // Рыб. хоз-во. – 1964а. – № 9. – С. 28–30.

Костарев В.Л. Некоторые закономерности колебаний численности охотских лососей // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. – М.: Наука, 1964б. – С. 77–83.

Костарев В.Л. Влияние некоторых климатических факторов на эффективность естественного воспроизводства охотской кеты // Изв. ТИНРО. – 1970а. – Т. 71. – С. 109–121.

Костарев В.Л. Колебания выживаемости охотской кеты // Изв. ТИНРО. – 1970б. – Т. 71. – С. 123–131.

Костарев В.Л. Промысел охотской кеты // Изв. ТИНРО. – 1970в. – Т. 71. – С. 133–143.

Котенев Б.Н., Гриценко О.Ф., Кловач Н.В. Об организации промысла тихоокеанских лососей. – М.: ВНИРО, 2006. – 32 с.

Островский В.И. О брошюре Б.Н. Котенева, О.Ф. Гриценко, Н.В. Кловач «Об организации промысла тихоокеанских лососей» // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». – Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. – С. 105–110.

Рикер У.Е. Методы оценки и интерпретация биологических популяций рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1979. – 408 с.

Хилборн Р., Уолтерс К. Количественные методы оценки запасов. Выбор, динамика и неопределенность. Избранные главы / пер. с англ. В.П. Максименко; под ред. В.С. Левина. – СПб.: Политехника, 2001. – 228 с.

ОПИСАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ И ФОРМИРОВАНИЯ ВОЗВРАТОВ ГОРБУШИ ЗАЛИВА АНИВА

В.А. Паренский, А.М. Каев

Институт биологии моря имени А.В. Жирмунского ДВО РАН, Владивосток, Россия
Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(СахНИРО), г. Южно-Сахалинск, Россия

Материалами для данного исследования послужили данные СахНИРО о численности пропусков, ската молоди естественного происхождения и выпуска молоди горбуши заводского выращивания, а также возвратов горбуши зал. Анива за период с 1975 по 2002 г.

При построении моделей использован поэтапный подход к описанию формирования численности половозрелой части дочерних генераций, применённый нами ранее для описания динамики пропусков ранней и поздней нерки оз. Азабачьего (Паренский, Шевляков, 2001) и динамики численности и промысла горбуши Америки (Паренский 2003).

Подбор коэффициентов моделей, проверка их значимости и графика выполнены в пакете прикладных статистических программ Systat 6.0. Данные о динамике ската и выпуска молоди, а также о возвратах горбуши зал. Анива проанализированы отдельно для чётных и нечётных лет нереста. Детерминации полученных моделей превышают 97 % (97,1–99,6 %).

Средние относительные ошибки коэффициентов по моделям не превышают 8 % (по всем коэффициентам варьируют в пределах 0–15,28 %). Несмотря на небольшие по продолжительности ряды наблюдений (по 14 поколений), вышеуказанные характеристики моделей позволяют надеяться на адекватность описания процессов формирования численностей ската молоди и возвратов горбуши в зал. Анива.

Полученные модели формирования ската молоди (модели 1 и 2) и формирования возвратов горбуши на основе ската молоди естественного воспроизводства и выпуска молоди заводского выращивания (модели 3 и 4, рис. 1 и 2), позволяют предполагать существование нескольких важных аспектов, определяющих характер динамики смежных линий воспроизводства горбуши данного района.

«Малочисленная» горбуша чётной линии воспроизводства заполняет приблизительно 2/3 нерестовых площадей, используемых «многочисленной» горбушей нечётной линии воспроизводства.

Модель (1) формирование ската горбуши нечётной линии воспроизводства:

$$Fw_1 = X * \exp \left[a - \frac{X}{b} - \frac{c}{X} - \frac{X * \exp \left(a - d - \frac{X}{b} - \frac{c}{X} \right)}{\left(1 + \exp \left(- \left(\frac{c-b}{XX} \right)^e \right) \right)} \right] + X * \exp \left[f - \frac{X}{c} - \frac{X * \exp \left(f + 1 - d - \frac{X}{c} \right)}{\left(1 + \exp \left(e - \left(\frac{XX}{b} \right)^{d+1} \right) \right)} \right]$$

модель (2) формирования ската горбуши чётной линии воспроизводства:

$$Fw_2 = X * \exp \left[a - \frac{X}{b} - \frac{c * \left(\frac{c}{b} - 1 \right)}{X} - \frac{X * \exp \left(- \frac{X}{b} - \frac{c * \left(\frac{c}{b} - 1 \right)}{X} \right)}{\left(1 + \exp \left(d - \left(\frac{c}{XX} \right)^d \right) \right)} \right] - \exp \left[a - e - \frac{X}{b} - \frac{c * \left(\frac{c}{b} - 1 \right)}{X} - \frac{X * \exp \left(- \frac{X}{b} - \frac{c * \left(\frac{c}{b} - 1 \right)}{X} \right)}{\left(1 + \exp \left(d - \left(\frac{c}{XX} \right)^d \right) \right)} \right]$$

где Fw_1 , Fw_2 – количество покатной молоди горбуши соответственно нечётной и чётной линий воспроизводства, тыс. экз.,

X – количество производителей горбуши, тыс. экз., XX – пропуск производителей горбуши в год, предшествующий нересту, тыс. экз., a-f – коэффициенты.

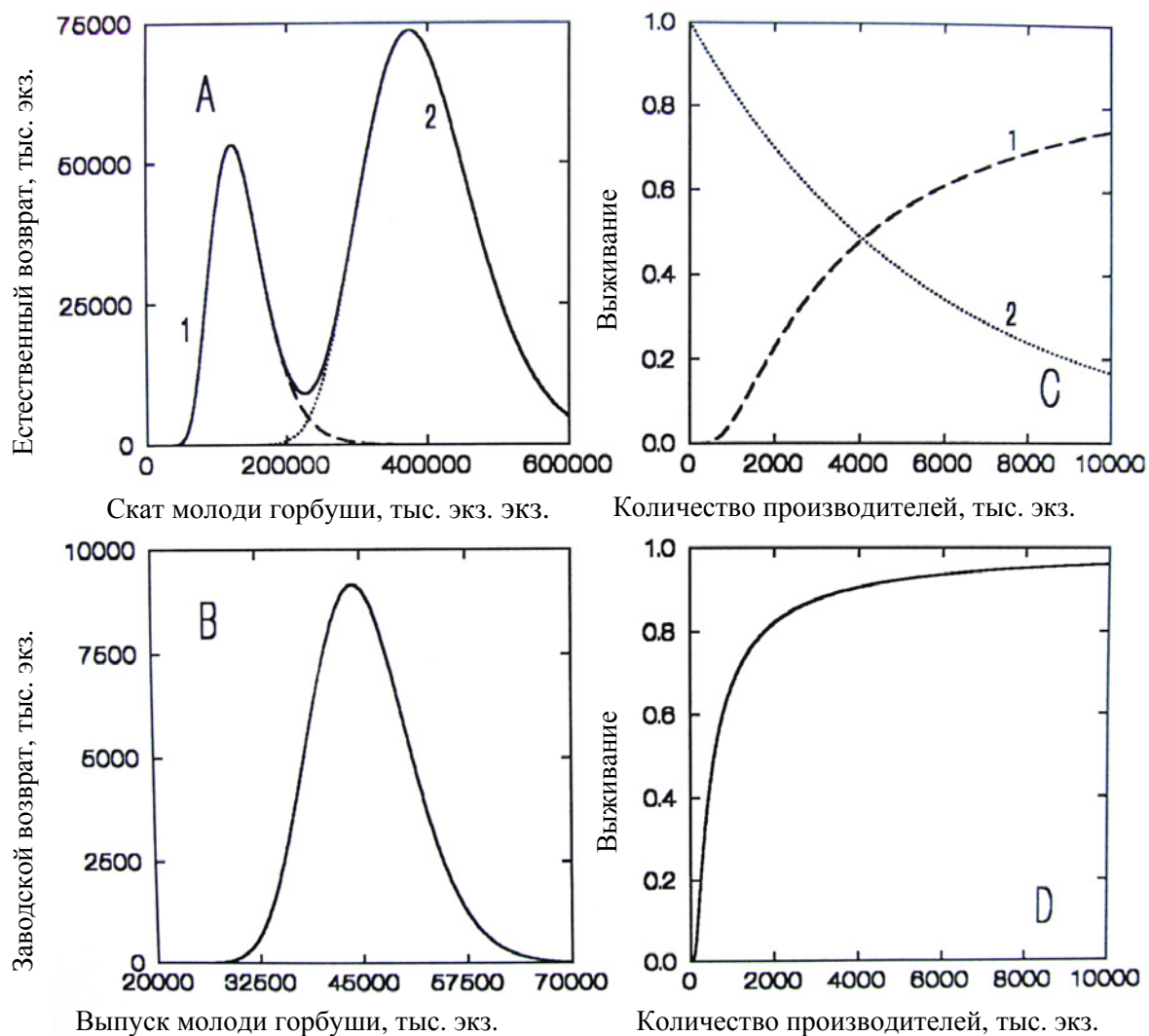


Рис. 1. Зависимость величины возвратов горбуши зал. Анива от величины ската «дикой» молоди (А), выпуска молоди заводского выращивания (В) и пропуска производителей на нерестилища в нечётной линии воспроизводства согласно модели 3: С – выживание горбуши естественного воспроизводства в связи с величиной родительского стада: 1 – в «базовой» части нерестового фонда; 2 – в «дополнительной» части нерестового фонда; D – выживание горбуши заводского происхождения в связи с величиной родительского стада

Модель (3) формирования возвратов горбуши нечётной линии воспроизводства:

$$R_1 = Fw_1 * \exp\left(a - \frac{Fw_1}{b} - \frac{c}{Fw_1} - \frac{b * c}{d * X}\right) + Fw_1 * \exp\left(e - \frac{f * Fw_1}{b * (f + 1)} - \frac{d}{Fw_1} - \frac{d * X}{b * c * f}\right) + Fh_1 * \exp\left(g - \frac{d * f * Fh_1}{b * c} - \frac{(b + c * f)}{Fh_1} - \frac{b * c}{X * d * (f + 1)^f}\right);$$

модель (4) формирования возвратов горбуши чётных лет воспроизводства:

$$R_2 = Fw_2 * \exp\left(-a + 2 * \frac{c}{b} - 1 - \frac{Fw_2}{b} - \frac{c * (\frac{c}{b} - 1)}{Fw_2} - \frac{a^a * d}{X}\right) + Fh_2 * \exp\left(-a + 2 * \frac{e}{a^{a-1} * d} - 1 - \frac{Fh_2}{a^{a-1} * d} - \frac{e * (\frac{e}{a^{a-1} * d} - 1)}{Fh_2} - \frac{a^{a-1} * d}{X}\right) + d$$

где R_1, R_2 – возвраты горбуши зал. Анива соответственно в нечётные и чётные годы, тыс. экз., Fw_1, Fw_2 – скат молоди нечётной и чётной линий воспроизводства, тыс. экз., Fh_1, Fh_2 – выпуск молоди горбуши заводами, тыс. экз., $a-g$ – коэффициенты.

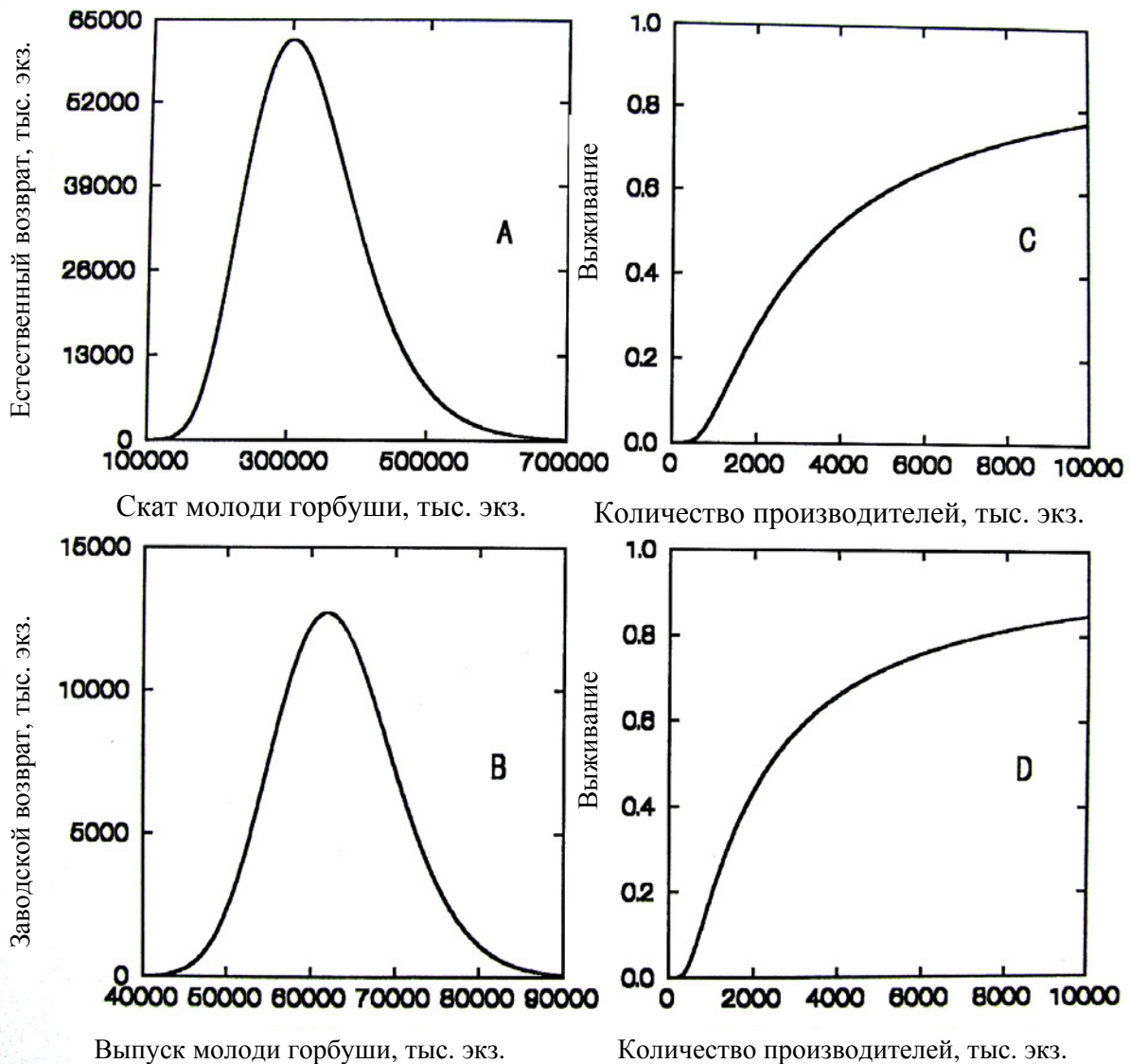


Рис. 2. Зависимость величины возвратов горбуши зал. Анива от величины ската «дикой» молоди, выпуска молоди заводского выращивания и пропуска производителей на нерестилища в чётной линии воспроизводства согласно модели 4: **A** – величина возврата горбуши естественного воспроизводства ($R2w$, thousands); **B** – величина возврата горбуши заводского происхождения ($R2h$, thousands); **C** – выживание горбуши естественного воспроизводства в связи с величиной родительского стада; **D** – выживание горбуши заводского происхождения в связи с величиной родительского стада

Качество нерестовых площадей, используемых производителями горбуши, существенно зависит от величины пропуска в год, предшествующий нересту, т.е. смежные линии воспроизводства влияют друг на друга, изменяя условия инкубации икры и выживания эмбрионов. Эти условия ухудшаются после малочисленных пропусков и улучшаются после многочисленных (более 2,5 млн экз.) пропусков производителей на нерестилища.

Таким образом, икра малочисленной горбуши чётной линии воспроизводства инкубируется в хорошо мелиорированных субстратах, что, по-видимому, одновременно с повышенным уровнем выживания способствует более быстрому эмбриональному развитию, более раннему выходу личинок из гнёзд и более раннему (в реке) их переходу на

внешнее питание. И наоборот – икра горбуши нечётной линии воспроизводства инкубируется в относительно слабо мелиорированных субстратах, что на фоне пониженного уровня выживания сопровождается «медленным» эмбриональным развитием, более поздним выходом из гнёзд и более поздним (в морском прибрежье) переходом личинок к активному питанию.

Согласно полученным моделям можно предполагать, что существенным фактором, определяющим количество «стартового» корма для личинок (на момент перехода к активному питанию) и мальков горбуши как естественного ската, так и заводского выпуска (в морском прибрежье), является количество органики, вносимой в водоём элиминировавшими производителями. Наблюдаемая низкая эффективность заводского разведения горбуши (низкие проценты возвратов), согласно полученным моделям, является следствием неоптимальных величин выпуска молоди при одновременном недоучёте количества кормов, развивающихся на основе трансформированной органики элиминировавших производителей.

ЛИТЕРАТУРА

Паренский В. А., Шевляков Е. А. Закономерности формирования численности и возрастного состава в поколениях ранней и поздней нерки оз. Азабачьего // Вопросы рыболовства. – 2001. – Т. 2, № 4(8). – С. 619–637.

Паренский В. А. Описание динамики численности и промысла горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиол. – 2003. – Т. 43, № 3. – С. 352–360.

МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРБУШИ РЕКИ КАМЧАТКА

В.А. Паренский, Е.А. Шевляков

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток
ФГУП «КамчатНИРО», г. Петропавловск-Камчатский

Использование традиционных подходов к описанию зависимости возврата горбуши р. Камчатка от величины пропуска производителей на нерест показывает фактически полное отсутствие положительного результата. Детерминации получаемых при этом моделей не превышают 15 %, ошибки коэффициентов моделей велики (относительные ошибки порядка 20–30 %). В случае нечётной линии воспроизводства, при фактически ненаблюдавшемся пропуске производителей 2001 г., отмечен возврат почти 190 тыс. экз. в 2003 г. В результате складывается впечатление, что численности подходов горбуши к р. Камчатка не зависят от величины родительского стада.

Проведён анализ данных о численности возвратов горбуши в р. Камчатка в связи с величиной пропуска производителей на нерестилища (отдельно для чётной и нечётной линий воспроизводства) за период 1972–2003 гг. В анализе использована также информация по оценке численности пропусков на нерестилища р. Камчатка кеты, кижуча и нерки – видов, чьи сроки и места нереста могут частично пересекаться с местами и сроками нереста горбуши. Кроме этого, рассмотрена возможность захода части горбуши Карагинского района, в годы высокой численности этого стада, на нерест в р. Камчатка.

Описание динамики численности горбуши реки Камчатка нечётных лет нереста

Результаты проведённого анализа представлены моделью 1 и на рис. 1 и 2.

$$Y = X \cdot \exp(a - b^{(b+1)} \cdot (X - c) \cdot (X - c + c / b^{(b+1)})) / (X \cdot c) - d / S - b^b \cdot d \cdot (U / (b \cdot d) - 1)^2 / U - T / d) + \\ + X \cdot \exp(e - (X - f \cdot (b + 1)) \cdot (X - f \cdot (b + 1) + 1 / f) / (X / f) - f / S - b \cdot d / U) + \\ + d \cdot \exp(-(g / V)^f), \quad [1]$$

где Y – подход горбуши в Камчатский залив, тыс. экз.; X – пропуск производителей горбуши в р. Камчатка, тыс. экз.; Z – пропуск производителей кеты и кижуча в р. Камчатка в год нереста родителей, тыс. экз.; U – пропуск производителей нерки в р. Камчатка в год нереста родителей, тыс. экз.; V – подход горбуши в Карагинскую подзону в год возврата, тыс. экз.; a – g – коэффициенты. Детерминация модели $R^2 = 0,97$. Относительные стандартные ошибки коэффициентов модели варьируют от 1,933 до 8,769 % (средняя ошибка по модели – 4,947 %).

Анализ модели 1 позволяет предполагать высокую стабильность условий инкубации икры горбуши нечётных лет нереста в р. Камчатка. Кроме этого, результаты моделирования позволяют предполагать и довольно высокую стабильность условий перехода молоди горбуши на активное питание (достаточность количества стартового корма). В связи с этим выявленные положительные влияния количества производителей других видов тихоокеанских лососей на величину возврата горбуши, вероятнее всего, проявляются на этапе нереста, т.е. такие влияния являются следствием мелиорации нерестилищ горбуши лососями других видов (хотя нельзя исключить и положительное влияние вследствие увеличения поступления органики и последующей её трансформации в стартовый корм для молоди горбуши, переходящей к активному питанию). Обнаруженные отрицательные влияния количества производителей кижуча и нерки на величину возврата горбуши могут свидетельствовать, на наш взгляд, как о частичном конкурентном исключении горбуши, так и о частичном перекапывании гнёзд горбуши или о негативном воздействии нереста сопутствующих видов (заиливание и запесочивание) на величину нерестового фонда горбуши.

Анализ полученных результатов показывает, что *потенциальные* максимальные возвраты горбуши нечётной линии воспроизводства наблюдаются при пропусках на нерест 31,3 и 77,4 тыс. производителей (рис. 1, 1А, 2А) и составляют порядка 7,5 млн особей (1-й фрагмент модели 1) и 11,0 млн особей (2-й фрагмент модели 1) (при оптимальном сочетании сопутствующих факторов). Максимальные кратности возвратов при этом могли бы составить

порядка 234 и 143 потомков на одну родительскую особь (что не выходит за рамки биологической характеристики вида и, при равновесном соотношении полов, составляет порядка 16–26 % средней индивидуальной плодовитости самок горбуши). Однако влияние других видов тихоокеанских лососей позволяет реализоваться этим потенциам в полной мере. Так, в 1-м фрагменте модели 1 обнаружено отрицательное влияние пропуска кижуча на величины возвратов горбуши. Минимальное воздействие нерки на величину возврата горбуши отмечено, согласно модели, при пропуске её на нерест в количестве порядка 415 тыс. особей. Пропуски кеты оказывают однозначно положительное влияние на величину возвратов горбуши нечётной линии воспроизводства (рис. 1, 1A и 2B).

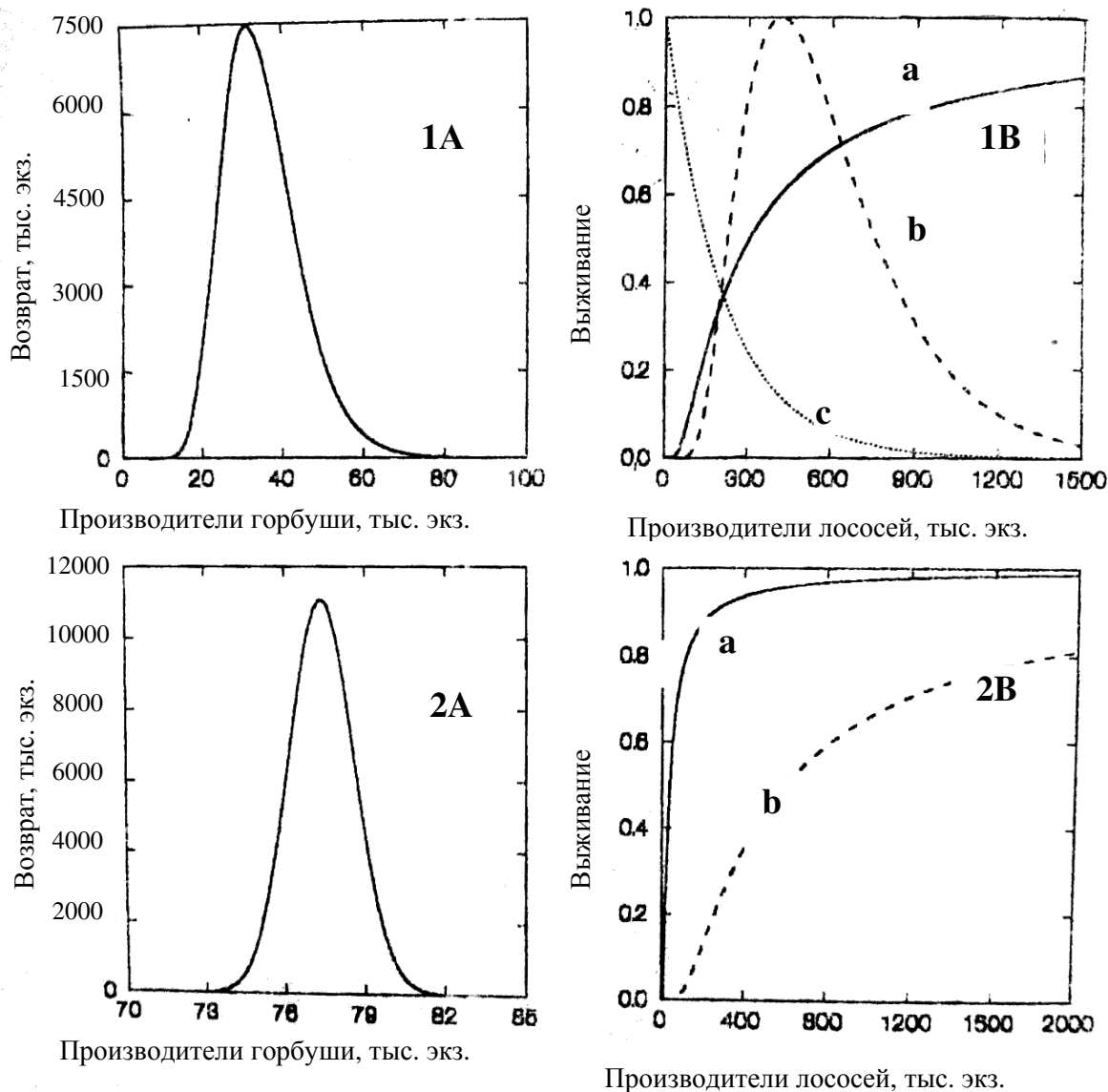


Рис.1. Графическое отображение результатов моделирования величины возвратов горбуши реки Камчатка нечётных лет нереста (модель 1): **1A** – 1-й фрагмент модели 1, зависимость максимального возврата от численности родительского стада; **1B** – 2-й фрагмент модели 1, зависимость максимального возврата от численности родительского стада; **2A** – 1-й фрагмент модели 1, влияние пропусков кеты (**a**), нерки (**b**) и кижуча (**c**) в год нереста родителей на величину возврата горбуши; **2B** – 2-й фрагмент модели 1, влияние пропусков кеты (**a**) и нерки (**b**) в год нереста родителей на величину возврата горбуши

Наряду с этими факторами динамики возвратов горбуши нечётной линии воспроизводства обнаружена существенная сопряжённость подходов горбуши к р. Камчатке с возвратами горбуши в Карагинскую подзону (третий фрагмент модели 1). В годы высокой численности

стада Карагинского района количество мигрантов в р. Камчатка существенно увеличивается (рис. 2).

Описание динамики численности горбуши реки Камчатка чётных лет нереста

Результаты анализа динамики численности возвратов горбуши чётной линии воспроизводства представлены моделью 2 и на рис. 2 и 3.

$$Y = X * \exp(a - X/(b/c) - (b/c)/X - Z/(b/c) - U/a - d/Z - d/U) + X * \exp(e - X/b - b/X - ((c*(c+1)-1)/d) * U - (a/c)/Z - 1/(U * ((c*(c+1)-1)/d))) + a * c * \exp(-(f/V)^b) + b/c, \quad [2]$$

где Y – подход горбуши в Камчатский залив, тыс. экз.; X – пропуск производителей горбуши в р. Камчатка, тыс. экз.; Z – пропуск производителей кеты и кижуча в р. Камчатка в год нереста родителей, тыс. экз.; U – пропуск производителей нерки в р. Камчатка в год нереста родителей, тыс. экз.; V – подход горбуши в Карагинскую подзону в год возврата, тыс. экз.; a , f – коэффициенты. Детерминация модели $R^2 = 0,96$. Относительные стандартные ошибки коэффициентов модели варьируют от 1,384 до 8,498 % (средняя ошибка по модели – 4,503 %).

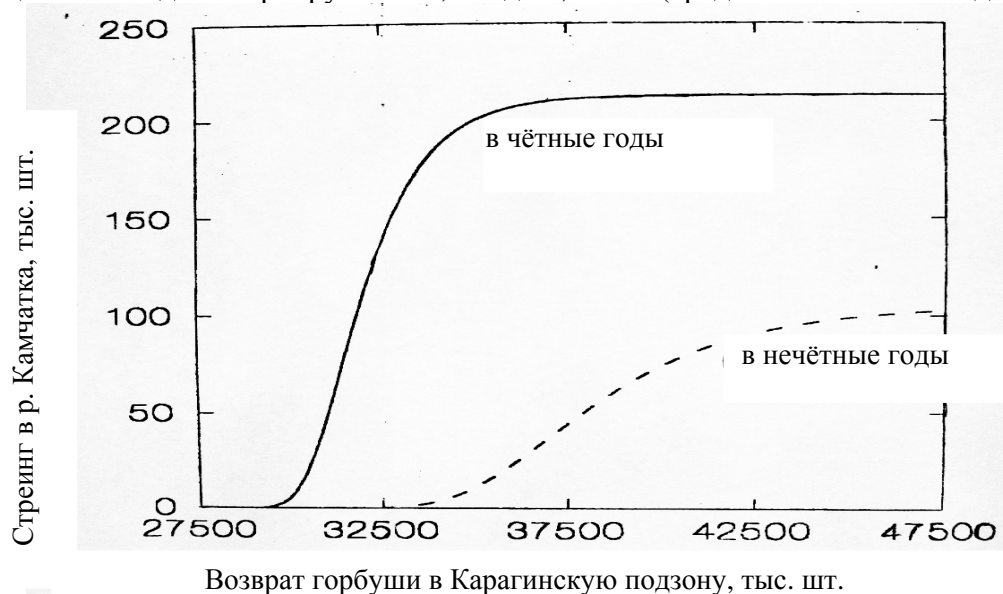


Рис.2. Зависимости количества мигрантов (тыс. шт.) в возвратах горбуши в р. Камчатка в связи с величиной возврата горбуши в Карагинскую подзону (тыс. шт.)

Так же как и в нечётной линии воспроизводства, можно предполагать стабильность условий инкубации икры и условий перехода личинок от эндогенного питания к экзогенному (рис. 3, 1А, 2А). В связи с этим выявленные положительные влияния количества производителей других видов тихоокеанских лососей на величину возврата горбуши (кеты и нерки) (рис. 3, 1В, 2В) вероятнее всего проявляются на этапе нереста, т.е. такие влияния являются следствием мелиорации нерестилищ горбуши лососями других видов (хотя нельзя исключить и положительное влияние увеличения поступления органики и последующей её трансформации в стартовый корм для молоди горбуши, переходящей к активному питанию).

Так же как и в нечётной линии воспроизводства, выявленное отрицательное влияние количества производителей кеты, кижуча и нерки на величину возврата горбуши (рис. 3, 1В (а, б), 2В (б)) может свидетельствовать, на наш взгляд, о негативном воздействии нереста сопутствующих видов на величину или качество нерестового фонда горбуши.

Потенциальные максимальные возвраты горбуши чётной линии воспроизводства наблюдаются при пропусках на нерест порядка 11,7 и 22,5 тыс. производителей (рис. 3, 1А, 2А) и составляют порядка 4,9 млн особей (1-й фрагмент модели 2) и 0,57 млн особей (2-й фрагмент модели 2). При оптимальном сочетании сопутствующих факторов кратности возвратов могли бы составить соответственно порядка 424 и 2,5 потомков на одну родительскую особь. При условии равновесного соотношения полов во время нереста такие значения кратностей возвратов приводят к оценкам максимального *потенциального* выживания потомков на

уровне 47,0 и 0,3 %. Влияния пропусков кеты, кижуча и нерки в год нереста родителей (по тем или иным причинам) приводят к тому, что этот потенциальный уровень выживания фактически не достигается. Так, в 1-м фрагменте модели 2 максимальные возвраты горбуши оказываются достижимыми только при одновременном пропуске кеты и кижуча (в сумме) и нерки в год нереста производителей горбуши в количествах соответственно 123 и 339 тыс. особей (рис. 3, 1А и 1В). Во втором фрагменте модели 2 (рис. 3, 2А и 2В) увеличение пропуска этих же видов тихоокеанских лососей способствует увеличению (правда, сравнительно маленькому) величины возврата горбуши. Наряду с этими факторами динамики возвратов горбуши обнаружена существенная сопряжённость подходов горбуши к р. Камчатка с возвратами горбуши в Карагинскую подзону (3-й фрагмент модели 2). В годы высокой численности стада Карагинского района количество мигрантов в р. Камчатка также существенно увеличивается (см. рис. 2) (максимально в среднем на 105 тыс. особей.). Кроме этого, проведённый анализ позволяет предполагать наличие постоянного потока мигрантов, не зависящего от численности возвратов чётной горбуши в Карагинскую подзону, в количестве 5–10 (в среднем 7) тыс. особей.

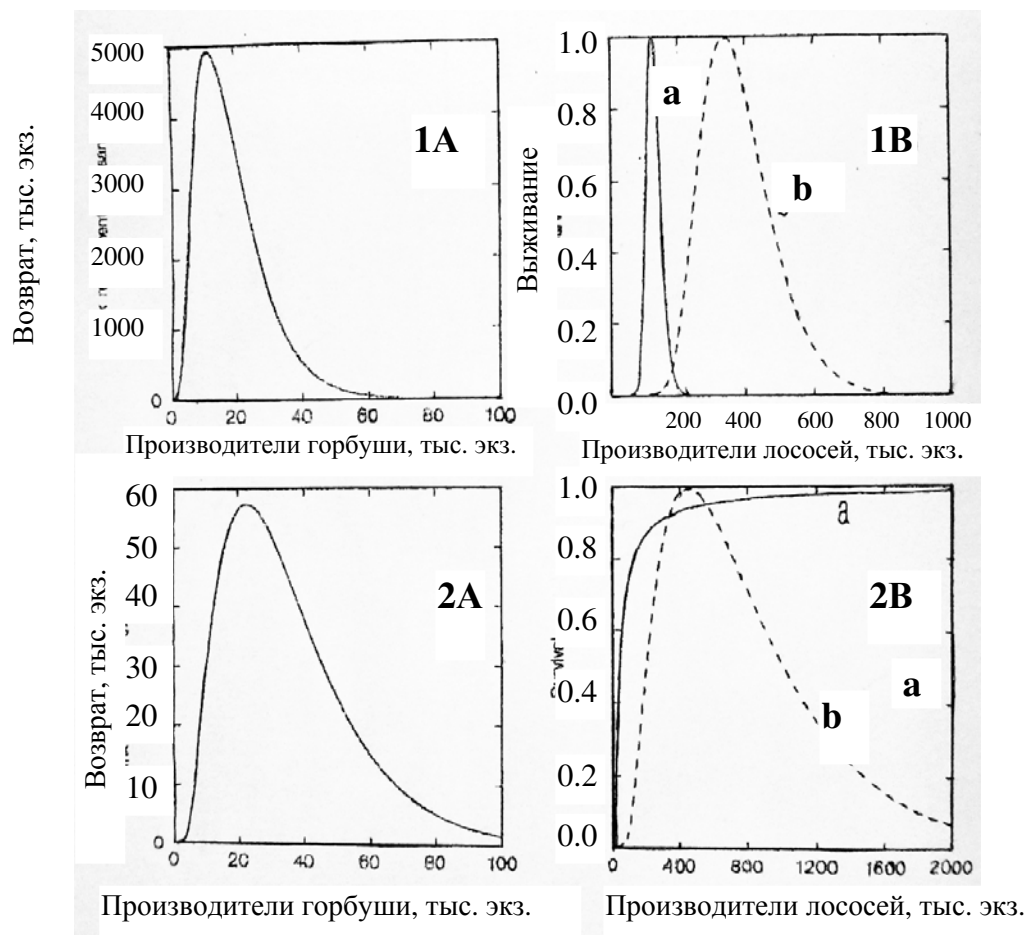


Рис.3. Графическое отображение результатов моделирования величины возвратов горбуши реки Камчатка чётных лет нереста (модель 12): **1А** – 1-й фрагмент модели 2, зависимость максимального возврата от численности родительского стада; **1В** – 2-й фрагмент модели 2, зависимость максимального возврата от численности родительского стада; **2А** – 1-й фрагмент модели 2, влияние пропусков кеты и кижуча (**а**), и нерки (**б**) в год нереста родителей на величину возврата горбуши; **2В** – 2-й фрагмент модели 2, влияние пропусков кеты и кижуча (**а**), и нерки (**б**) в год нереста родителей на величину возврата горбуши

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют предполагать высокий потенциал воспроизводства (и промысла) горбуши в бассейне р. Камчатка как в нечётной, так и в чётной линии воспроизводства. Согласно предлагаемым моделям:

- воспроизводство горбуши ограничено относительно небольшой величиной нерестового фонда, вмещающей не более 80 тыс. производителей в каждой из линий воспроизводства; в обеих линиях воспроизводства нерестовый фонд можно подразделить на две части – основную и «дополнительную»;

- в пределах основных частей нерестового фонда наиболее эффективное воспроизводство наблюдается в нечётной линии воспроизводства при пропуске на нерестилища 31,3 тыс. производителей, а в чётной линии воспроизводства – при пропуске 11,7 тыс. производителей;

- использование «дополнительных» частей нерестового фонда для воспроизводства оказывается неэффективным: в нечётной линии воспроизводства из-за большой нелинейности описываемой зависимости «родители–потомки», в чётной линии воспроизводства, по видимому, вследствие низкого качества нерестилищ;

- для нечётной линии воспроизводства оптимальными условиями являются: пропуск нерки в количестве порядка 340 тыс. особей, неограниченный пропуск кеты и максимально ограниченный пропуск кижуча;

- для чётной линии воспроизводства оптимальным является пропуск нерки в количестве порядка 415 тыс. особей, а кеты и кижуча (в совокупности) порядка 123 тыс. шт.;

- существенная часть изменчивости возвратов горбуши р. Камчатка может быть объяснена стрейнгом карагинской горбуши в годы её высокой численности. Максимальная величина стрейнга в нечётные годы составляет в среднем 213,4 тыс. особей, в чётные годы – порядка 105,0 тыс. особей. Кроме этого, в возвратах чётной линии воспроизводства отмечен постоянный приток мигрантов в 7 тыс. особей (5–10 тыс. шт.), не зависящий от возвратов карагинской горбуши;

- максимальная доля стрейнга в нечётные годы отмечается при возвратах карагинской горбуши порядка 31,5 млн особей и составляет 0,26 %, в чётные годы максимальная доля стрейнговых рыб равна 0,11 % и наблюдается при возврате порядка 37,1 млн особей. Исходя из выявленных закономерностей (тенденций) в 2007 г. можно было ожидать подхода в Камчатский залив порядка 200 тыс. мигрантов (собственный же возврат, в связи с пропусками кеты, кижуча и нерки в 2005 г., прогнозируется в количестве не более 0,5 тыс. экз.). На 2008 г. прогнозные оценки более скромные – порядка 40 тыс. мигрантов (собственное воспроизводство – очень низкое);

- небольшие величины возвратов горбуши являются следствием неоптимальных пропусков на нерест других тихоокеанских лососей (кеты, кижуча и нерки).

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РОССИЙСКИХ И ЯПОНСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ СИМЫ

С.П. Пустовойт

Институт биологических проблем Севера ДВО РАН,
Магадан, Россия, pustov@ibpn.ru

Среди шести видов рода тихоокеанские лососи (*Oncorhynchus*) только сима (*O. masou* (Brevoort, 1856)) нерестует исключительно в реках азиатского побережья Тихого океана. Ареал данного вида приурочен к бассейнам Японского и южной части Охотского морей (Атлас ..., 2002, Черешнев и др., 2002). На территории Дальнего Востока России популяции симы отмечены в Приморье, Сахалине, на Курильских островах и западной Камчатке. Во всех указанных местах численность её популяций значительно ниже, чем горбуши и кеты. Невысокая промысловая значимость симы, по-видимому, обусловила проведение небольшого количества исследований не только её биологии (Семенченко, 1989), но и генетической структуры.

Цель нашей работы рассмотреть имеющиеся данные о генетической изменчивости российских и японских популяций симы.

Материалы и методы

Для анализа нами использованы опубликованные частоты генов, полученные методами биохимической генетики. Помимо общей методики отобранные работы объединяет один период времени сбора материала – 80-е гг. прошлого века. В соответствии с методом Нея (Nei, Chesser, 1983) в общей величине генетической изменчивости популяций (H_T) выделена внутривыборочная (H_S) и межвыборочная (D_{ST}) компоненты генетического разнообразия. Если материал собирался несколько лет, то в пределах межвыборочной компоненты возможно выделение межгодовой доли, определяемой по частотам выборок разных лет. Аналогично определяется региональная доля генетического разнообразия, позволяющая оценить генетическую дифференциацию крупных регионов. Корректно сравнивать не только абсолютные значения (D_{ST}), но и выраженные в процентах $G_{ST} = D_{ST} / H_T$.

Результаты и обсуждение

В пределах российской части ареала симы исследованы 12 выборок молоди из 8 популяций рек бассейна зал. Петра Великого, Японское море (Омельченко и др., 1991). Полученные авторами данные о частотах аллелей 4 локусов позволяют оценить не только внутривыборочную компоненту генетического разнообразия (96,28 %), но и произвести сравнение величины межгодовых и межпопуляционных различий (табл. 1), которые в сумме дают межвыборочную компоненту генетического разнообразия. В первом случае оценивались генетические различия между выборками разных лет сбора материала (межгодовая доля), во втором – из разных популяций (межпопуляционная доля). Межпопуляционная доля ($G_{МП} = 2,76$ %) оказалась в два раза больше межгодовой ($G_{МГ} = 0,96$ %), что указывает на устойчивость генетической структуры отдельной популяции с сохранением высоких межпопуляционных различий. Собранный авторами материал включал в себя молодь проходной и жилой форм. Последняя форма обитает в Седанкинском и Артемовском (Цыгир, 1990) водохранилищах. Малочисленность указанных жилых популяций симы позволяет предполагать наличие дрейфа генов, что привело к существенным генетическим отличиям этих популяций от прочих. В целом исследованным популяциям симы характерен высокий уровень генетической дифференциации. Сопоставим полученные результаты с аналогичными для японских популяций.

В Японии сима обитает в реках о. Хоккайдо и северной части о. Хонсю. Как и в предыдущем исследовании, для анализа использовалась молодь: о. Хоккайдо 10 рек, 11 выборок, природная; о. Хонсю 8 рек, 9 выборок, заводская (Okazaki, 1986). Поскольку материал получен с двух островов, можно в межвыборочной компоненте выделить межостровную и внутриостровную доли. Расчёты проведены по частотам 6 локусов (табл. 2). Любопытно, что внутривыборочная компонента, выраженная в процентах (95,15 %), аналогична таковой для

приморских популяций. В межвыборочной компоненте большую часть определяют генетические различия между популяциями каждого из островов ($G_{BO} = 4,59 \%$), тогда как различия между популяциями ($G_{MO} = 0,26 \%$) двух островов невелики. Существенное влияние на величину D_{MO} могло оказать то, что по сути сравниваются природные (о. Хоккайдо) и заводские (о. Хонсю) популяции. Более подробно различия между заводскими и природными японскими популяциями симы рассмотрены в следующем исследовании.

Таблица 1

Средние для четырёх локусов значения параметров генетического разнообразия в приморских популяциях симы (по данным В.Т. Омельченко с соавторами (1991))

H_T	H_S	$D_{ST} (G_{ST})$	$D_{MG} (G_{MG})$	$D_{MP} (G_{MP})$
0,05878	0,05657 (96,28 %)	0,00221 (3,72 %)	0,00041 (0,96 %)	0,00180 (2,76 %)

Примечание. H_T – средняя для четырёх локусов гетерозиготность, H_S – внутривыборочная компонента, D_{ST} – межвыборочная компонента, в пределах которой выделена межгодовая (D_{MG}) и межпопуляционная (D_{MP}) доли.

Таблица 2

Показатели параметров генетического разнообразия популяций симы о-вов Хоккайдо и Хонсю (по данным Оказакки (Okazaki, 1986))

H_T	H_S	$D_{ST} (G_{ST})$	$D_{MO} (G_{MO})$	$D_{BO} (G_{BO})$
0,25027	0,23812 (95,15 %)	0,01215 (4,85 %)	0,00065 (0,26 %)	0,01149 (4,59 %)

Примечание. H_T , H_S и D_{ST} – как в табл. 1, D_{MO} – межостровная и D_{BO} – внутриостровная доли межвыборочной компоненты.

В работе Накажimy с соавторами (Nakajima et al., 1986) сравниваются частоты генов в 11 природных выборках. Из опубликованных авторами данной работы нами выбраны локусы, частота основного аллеля которых менее 0,95 более чем в одной выборке. Для природных популяций таковых оказалось восемь, для заводских шесть (табл. 3). Межвыборочная компонента (D_{ST}) в данном исследовании не имеет межгодовой доли, так как все выборки получены однократно для сравнения заводской и природной молодежи. Привлекает внимание огромная разница в величинах компонентов генетического разнообразия у природной и заводской молодежи: H_S в первом случае 91,34 %, во втором – 75,99 %. Причина этого: в трёх из десяти выборок заводской молодежи у двух локусов наиболее частым является один аллель, тогда как в других выборках иной. Такие аномальные частоты локусов обуславливают исключительно высокое значение межвыборочной доли ($G_{ST} = 24,01 \%$) у заводской молодежи симы. Причины столь больших отличий трёх выборок (причём для каждого из двух локусов они совпадают не полностью) от остальных в рассматриваемой работе не обсуждаются. По нашему мнению, могут иметь значение невысокие численности выборок (по 30 шт.), а также наличие в выборках двух форм (“sakuramasu” – проходная и “yamame” – непроходная (жилая)). Возможно, смешанный материал, состоящий из генетически различающихся форм из рыбоводных бассейнов, привёл к столь удивительным результатам. Если исключить из анализа частоты генов указанных локусов, то параметры генетического разнообразия природной и заводской молодежи сходны (табл. 3).

Таблица 3

Параметры генетического разнообразия природных и заводских популяций японской симы

Популяция	H_T	H_S	$D_{ST}(G_{ST})$
Природная молодежь	0,25402	0,23202 (91,34 %)	0,02200 (8,66 %)
Заводская молодежь	0,25764	0,19578 (75,99 %)	0,06186 (24,01 %)
Зав. молодежь (без Aat-B2 и Idh-B1)	0,18884	0,17156 (90,85 %)	0,01728 (9,15 %)

Средняя гетерозиготность приморских популяций (0,05878) заметно ниже японских (0,25027 и 0,25403/0,18884). Несомненно влияние на указанные величины разного набора локусов. Вместе с тем, видимо, японские популяции более гетерозиготны, чем приморские. Кроме того, в работе Накажimy с соавторами (Nakajima et al., 1986) найдено, что средняя ге-

терозиготность заводской молодежи при корректном сравнении существенно ниже природной. По всей видимости, это можно трактовать как снижение генетической изменчивости вследствие искусственного воспроизводства вида.

Таким образом, величина внутривыборочной компоненты у приморской сими составляет 96 %, тогда как у японской в одном случае практически аналогична – 95 %, в другом несколько ниже – 91 %. В пределах межвыборочной компоненты большая часть определяется генетическими различиями между популяциями, а не между годами сбора материала или крупными географическими регионами (островами). По-видимому, данный факт можно трактовать как наличие заметной генетической уникальности каждой популяции, что приводит к высокой межпопуляционной дифференциации сими.

Полученные нами данные корректно сравнить с таковыми для других видов рода на примере популяций, приуроченных к бассейну Японского моря. Для 10 выборок кеты из р. Амур межвыборочная доля составила $G_{ST} = 2,23$ %, для японской кеты в одном исследовании получено $G_{ST} = 2,25$ %, в другом $G_{ST} = 2,90$ (Алтухов и др., 1997, табл. 5.1). При анализе популяций горбуши Сахалино-Курильского региона среднее значение внутривыборочной доли для выборок четного и нечетного поколения $H_S = 96,91$ %, (Салменкова и др., 2006, табл. 5), если же сравнивать выборки для каждого поколения отдельно, то для нечетных лет указанная величина 99,31 %, для четных – 99,17 %. В межвыборочной доле наибольшую часть имеет компонента, связанная с межпопуляционными различиями в пределах отдельных регионов. Таким образом, у популяций сими межвыборочная доля генетического разнообразия выше, чем у популяций кеты и горбуши, нерестующей в реках Японского моря. Среди всех видов тихоокеанских лососей по структуре генетического разнообразия сима похожа на чавычу, большая часть которой, как известно (Черешнев и др., 2002), нерестится в реках американского побережья Тихого океана. По имеющимся расчётам (Алтухов и др., 1997, табл. 5.9) в небольших регионах (например, р. Юкон) G_{ST} у чавычи принимает значения от 6 до 8 %. Полученные нами оценки параметров генетического разнообразия у сими позволяют заключить, что величина межвыборочной компоненты у сими сходна с таковой у чавычи, что несколько больше, чем горбуши и кеты, но меньше, чем у нерки.

ЛИТЕРАТУРА

- Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. – М.: Наука, 1997. – 288 с.
- Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю.С. Решетникова. – М.: Наука, 2002. – Т.1. – 379 с.
- Омельченко В.Т., Малинина Т.В., Цыгир В.В. Популяционная структура сими *Oncorhynchus masou* (Brev.) генетико-биохимическое исследование популяций южной части Приморья // Генетика. – 1991. – Т. 27, № 2. – С. 290–298.
- Салменкова Е.А., Гордеева Н.В., Омельченко В.Т. и др. Генетическая дифференциация горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum в азиатской части ареала // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 10. – С. 1371–1387.
- Семенченко А.Ю. Приморская сима. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – 192 с.
- Цыгир В.В. Жилая сима из бассейна Седанкинского водохранилища (Южное Приморье) // Биология проходных и шельфовых рыб. – Владивосток: ДВО РАН, 1990. – С. 47–52.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 496 с.
- Nakajima M., Kita A., Fujio Y. Genetic features of natural and cultured populations in masu salmon (*Oncorhynchus masou*) // Tohoku Journ. of Agricultural Research. – 1986. – Vol. 37, № 1–2. — P. 31–42.
- Nei M., Chesser R.K. Estimation of fixation indices and gene diversities // Annales of Human Genetics. — 1983. — Vol. 47. — P. 253–259.
- Okazaki T. Genetic variation and population structure in masu salmon *Oncorhynchus masou* of Japan // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1986. – Vol. 52(8). — P. 1365–1376.

ОСОБЕННОСТИ НЕРЕСТОВОГО ХОДА ЛОСОСЕЙ В РЕКАХ ОХОТСКОГО РАЙОНА (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ): ДИНАМИКА, СРОКИ, ЧИСЛЕННОСТЬ

В.И. Таразанов¹, Е.В. Денисенко²

¹ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, tarazanov@tinro.ru

²ХфТИНРО, г. Хабаровск, Россия, taifun_d@tinro.ru

Лососевые рыбы Охотского района Хабаровского края – наиболее многочисленная группа рыб ихтиофауны рек материкового побережья северо-западной части Охотского моря. В этих реках воспроизводятся четыре вида тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus*: горбуша – *O. gorbusha*, кета – *O. keta*, кижуч – *O. kisutch*, нерка – *O. nerka* – и три вида гольцов рода *Salvelinus*: мальма – *S. malma*, кунджа – *S. leucomaenis*, нейва – *S. neiva*. Однако доминируют здесь кета и горбуша, доля которых достигает 97 % промысловых уловов всех лососей в Охотском районе. Доля кижуча от общего вылова лососей в этом районе варьирует от 0,5 до 9,0 %, а проходного гольца–мальмы в пределах 0,6–3,3 %. И совсем незначительная доля приходится на уловы нерки – 0,1–0,9 %. Здесь необходимо отметить, что вылов всех лососей в упомянутом районе за последние 15 лет варьировал от 3,2 до 11,1 тыс. т.

В Охотском районе крупных водотоков, куда заходят на нерест лососи, насчитывается шесть – Улья, Урак, Охота, Кухтуй, Ульбея и Иня. Кроме того, есть еще около 20 «горбушевых» рек, сравнительно небольших по протяженности (20–70 км), в которых нерестится в основном горбуша. Из всех названных водотоков наиболее крупным является р. Охота (протяженность 468 км), в которую заходят на нерест все упомянутые выше лососи, причем производителей кеты сюда заходит до 60–80 %, а горбуши до 30 % всей численности этих видов в районе. Также больше заходит сюда кижуча (до 40 %) и проходного гольца – мальмы (до 60 %). Кроме того, в бассейне р. Охота (система Уегинских озер) находятся основные нерестилища нерки Охотского района.

До 2001 г. в Охотском районе оценка численности подхода лососей на нерест основывалась на аэровизуальном учете (Евзеров, 1970). Начиная с 2003 г. на крупных водотоках Охотского района был организован мониторинг прямых учетов производителей лососей в период их нерестового хода.

Цель наших исследований – выявление сроков и динамики нерестового хода производителей нерки, горбуши, кеты, кижуча, мальмы в реках Охотского района с оценкой их численности.

Подобные исследования в упомянутом районе были проведены впервые.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для настоящей работы собран в 2003–2006 гг. в ходе исследований ХфТИНРО. Район работ – водотоки Охотского района – Улья, Охота, Кухтуй, Иня. Лов рыбы осуществляли в промысловом режиме в приустьевых участках названных рек закидными неводами длиной 70–150 м. Размер ячеи крыла невода составлял 45–50 мм. Наряду с этим при исследовании суточной ритмики нерестового хода лососей использовали ставные сети длиной 30 м, высота в посадке 4 м, ячея сетного полотна – 50–55 мм. Сети выставлялись в устьевом взморье.

Учет лососей осуществляли ежесуточно, используя методику Ю.Т. Сечина (1990) и следующее выражение:

$$N_{\text{вида}} = C_{\text{вида}} \times 16 \times 2/3 S_{\text{уч. створа}} \quad (1)$$

где $N_{\text{вида}}$ – количество рыб каждого вида лососей, прошедших через учетный створ реки за сутки, экз.; $C_{\text{вида}}$ – плотность рыб каждого вида лососей на учетном (облавливаемом) участке реки, экз./м²; 16 – количество часов светлого времени суток; $2/3 S_{\text{уч. створа}}$ – площадь русла реки в учетном створе, занимаемая стаей рыб, идущей на нерест, м².

В свою очередь плотность рыб определяли как:

$$C_{\text{вида}} = b \times R/S_{\text{обл}}, \quad (2)$$

где b – количество притонений закидного невода за 1 ч; R – количество рыб, выловленных при одном притонении закидного невода, экз.; $S_{\text{обл}}$ – площадь русла реки, облавливаемая закидным неводом, м^2 .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анадромная миграция. Нерестовый ход лососей в реки Охотского района начинается в конце июня – начале июля (рис. 1, 2). По-видимому, первой мигрирует **нерка**, хотя, судя по рис. 1, в первой декаде июля также отмечается в уловах и горбуша. Тем не менее рунный ход производителей нерки обычно приходится на середину июля и длится не более 4–5 дней. В этот период в различные годы максимальная плотность рыб названного вида в учетном створе р. Охота составляла от 57 до 231 экз./1000 м^2 (рис. 1, 2). Нерестовый ход нерки заканчивается в середине августа (рис. 2, б).

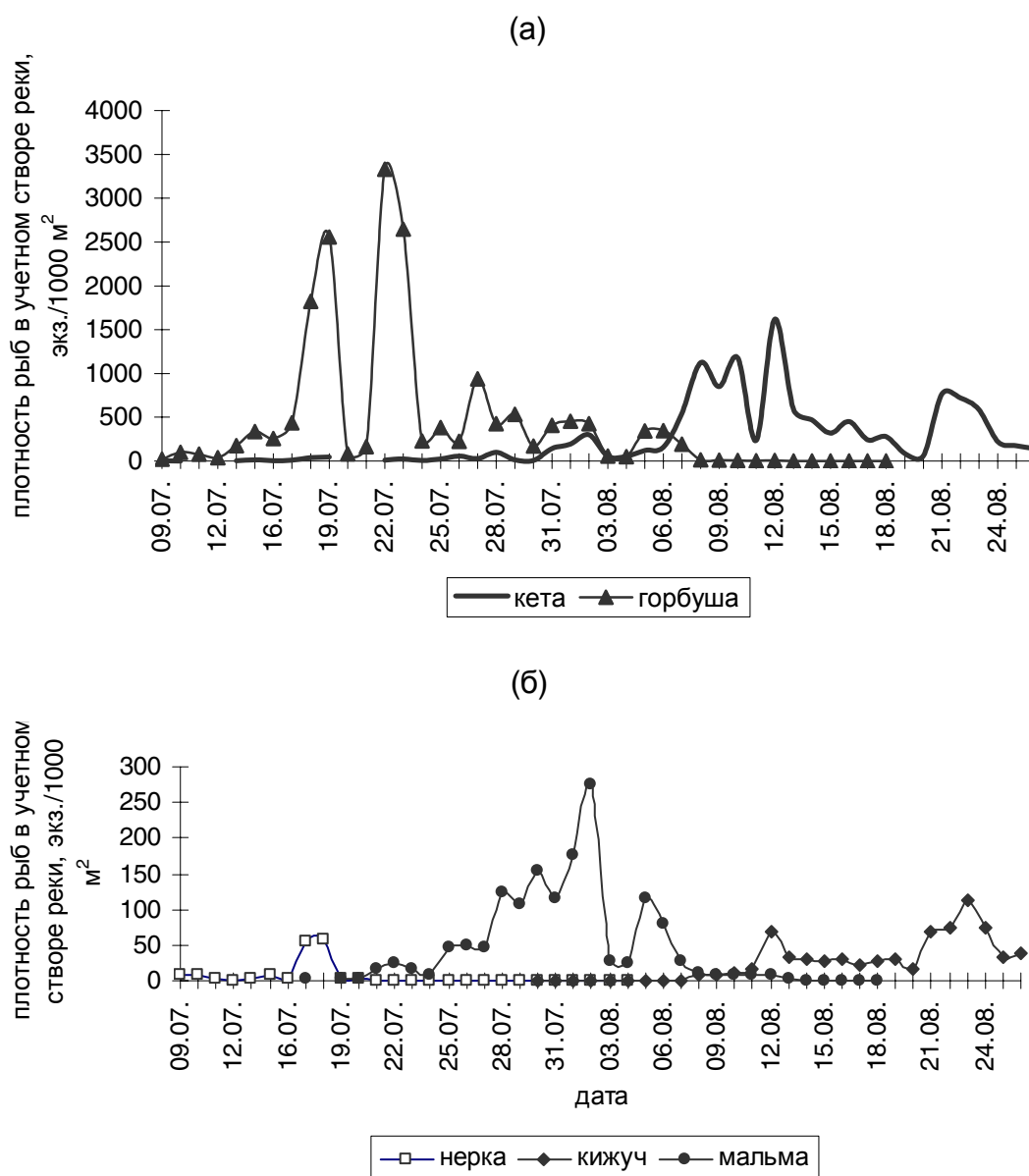


Рис. 1. Динамика нерестового хода лососей в р. Охота в 2003 г.

Сроки миграции **горбуши** в реки района совпадают как для урожайных, так и неурожайных поколений и различаются только интенсивностью и продолжительностью нерестового хода (рис. 1, а; 2, б). Как видно на рис. 1 (а), рунный ход горбуши урожайных поколений приходится на середину июля и продолжается до конца этого месяца. В период рунного хода

горбуши наибольшая плотность рыб в учетных створах рек различна, например, в р. Охота плотность горбуши урожайного поколения составляет до 3329 экз./1000 м², в то время как в р. Иня всего 529 экз./1000 м². Окончание нерестового хода горбуши урожайных поколений приходится на вторую декаду августа, а неурожайных – на начало этого месяца (рис. 1, а; 2, б).

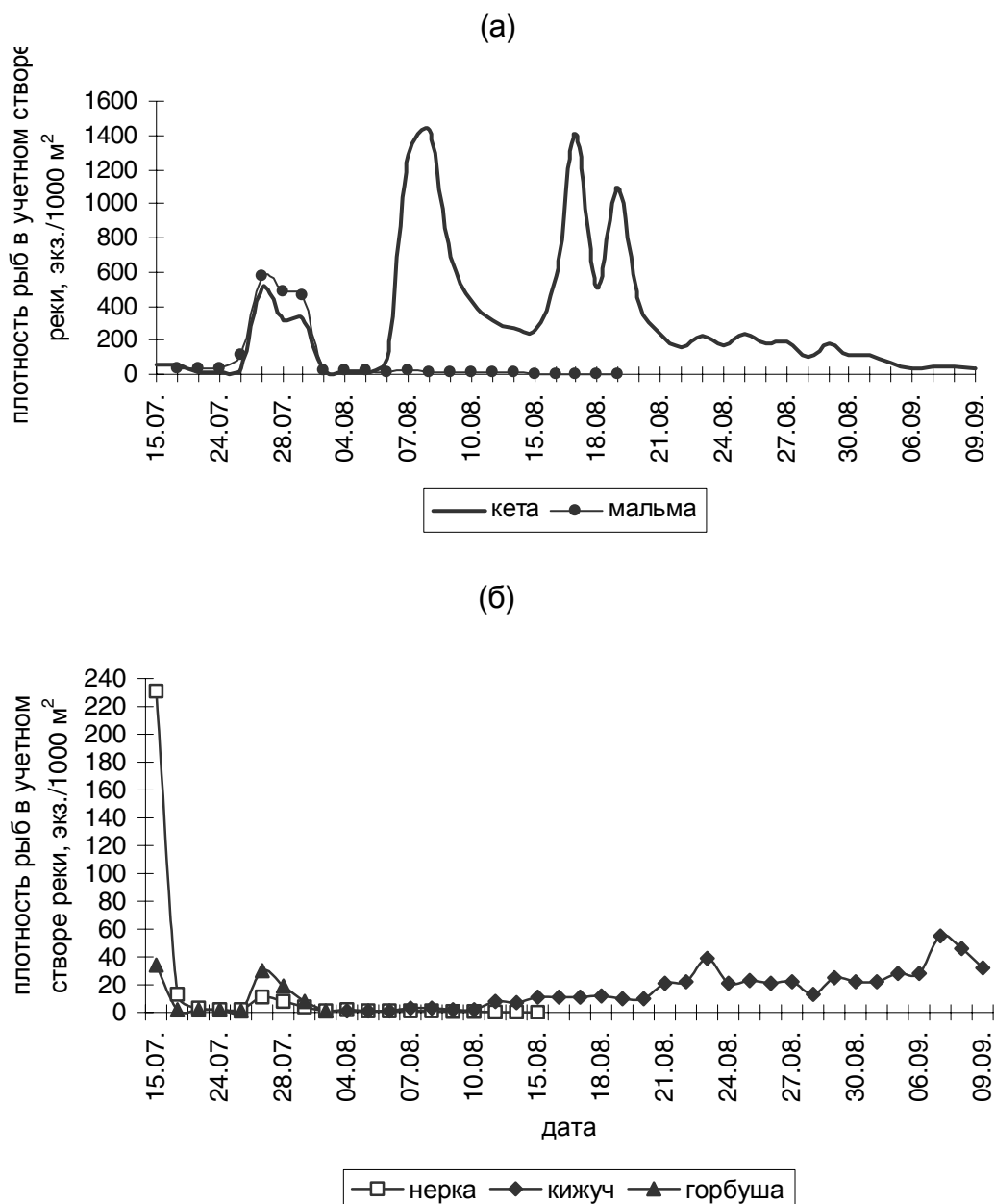


Рис. 2. Динамика нерестового хода лососей в р. Охота в 2004 г.

Первые подходы **кеты** в реки Охотского района обычно отмечаются в первой декаде июля (рис. 1, а). Рунный ход производителей кеты наиболее продолжительный из всех лососей в этом районе и длится с конца июля по четвертую-пятую пятидневки августа, причем в динамике ее нерестового хода четко выражены три пика (рис. 1, а; 2, а), что характерно для всех рек района, различия состоят только в интенсивности нерестового хода. Так, в 2003 г. в период рунного хода этого лосося в р. Охота наибольшая плотность рыб в учетном створе реки составляла 1620 экз./1000 м², в то время как в реках Кухтуй и Иня – соответственно 300 и 164 экз./1000 м². Нерестовые подходы кеты в реки района заканчиваются в середине сентября. В этот период плотность рыб в учетных створах рек составляет менее 1 экз./1000 м².

Начало нерестового хода проходного гольца – **мальмы** в реки Охотского района приходится на вторую декаду июля. Рунный ход производителей этого вида длится не более 10–12 дней, с последней пятнадцатки июля по первую пятнадцатку августа. В этот период наибольшая плотность рыб в учетных створах рек составляет от 300 до 600 экз./1000 м². Нерестовый ход мальмы заканчивается во второй декаде августа (рис. 1, б; 2, а).

В реках Охотского района последним из лососей нерестится **кижуч**. Начало нерестового хода его производителей приходится на конец июля – начало августа, рунный же ход длится не более 7–10 дней – в третьей декаде августа – начале сентября (рис. 1, 2). В различные годы в период рунного хода плотность рыб в учетных створах рек колеблется от 60–160 экз./1000 м² в р. Охота до 40–60 экз./1000 м² в реках Кухтуй и Иня. Заканчивается нерестовая миграция кижуча, по-видимому, в конце сентября – начале октября (Евзеров, 1973).

Оценка численности. Первая оценка численности лососей в р. Охота (по данным уловов закидными неводами) была выполнена А.В. Евзеровым (1970). Однако эти расчеты были весьма завышенными, поскольку автор предполагал, что нерестовые стаи лососей равномерно распределяются по всему сечению русла реки, при этом нерестовый ход лососей не прекращается и в темное время суток. Наши исследования показали, что стаи мигрирующих лососей (горбуши, нерки, кеты и кижуча) в период нерестового хода в реке придерживаются береговой зоны или перемещаются в потоке воды против течения, имеющего сравнительно малую скорость. Сходную картину движения лососей в р. Амур отмечал и М.Л. Крыхтин (1964). Также нами отмечено, что стая лососей в период нерестового хода занимает пространство до 2/3 ширины русла реки. Кроме того, в период исследований авторам настоящей работы удалось установить суточную ритмику нерестового хода лососей. Так, в 2004 г. в устьевом взморье р. Улья уловы горбуши, кеты и кижуча отмечались только в светлое время суток, и вовсе отсутствовали в сумеречное и ночное время (рис. 3, а). Нерестовый ход вышеперечисленных лососей возобновлялся только к 8 ч утра. Подобная картина отмечалась нами и в 2005 г. в р. Охота на участке, отдаленном от устья на 7,5 км (рис. 3, б).

Таким образом, в устьевом взморье и в самом русле рек в темное время суток производители горбуши, нерки, кеты и кижуча приостанавливают движение. Эту особенность нерестового хода лососей в реках отмечали Джонсон (Jonson, 1960) и Ф.В. Крогиус с соавторами (1987).

При оценке запасов рыб и объяснении причин их численных колебаний многие исследователи используют вылов на усилие.

Используя методику Ю.Т. Сечина (1990) и формулы (1) и (2) нами была определена численность лососей каждого вида, прошедших за путину через учетные створы исследуемых рек. Полученные расчетные данные по видам за 2004–2006 гг. представлены в таблице.

Подход, вылов, и пропуск на нерест лососей в Охотском районе, тыс. экз.

Год	Показатель	Виды лососей				
		Нерка	Кета	Кижуч	Горбуша	Мальма
2004	Подход	57,0	3460	221,7	354,6	1858,5
	Улов	10,0	1276	55,1	30,6	220,9
	Пропуск	47,0	2184	166,6	324,0	1638,6
2005	Подход	48,3	4161	183,3	5236,8	964,4
	Улов	8,5	890	23,0	1529,3	222,9
	Пропуск	39,8	3271	160,3	3707	741,5
2006	Подход	57,6	5993	188,2	337,0	1208,5
	Улов	17,3	1834	35,2	67,1	214,7
	Пропуск	40,3	4159	153,0	269,9	993,8

Таким образом, в Охотском районе в результате проведенных исследований выявлена динамика и сроки анадромной миграции 5 видов лососей. Установлено, что в р. Охота интенсивность нерестового хода лососей значительно превышает таковую в других водотоках района.

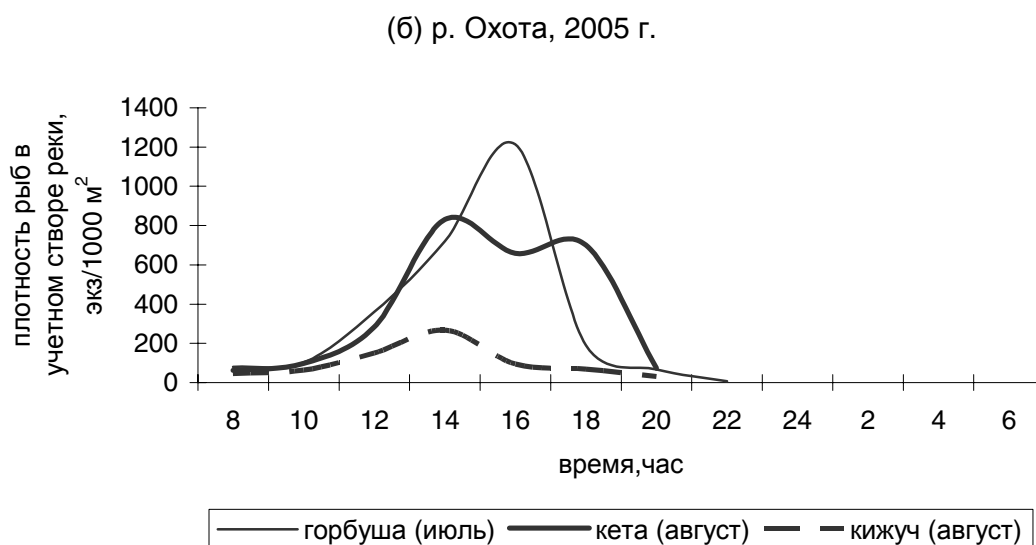
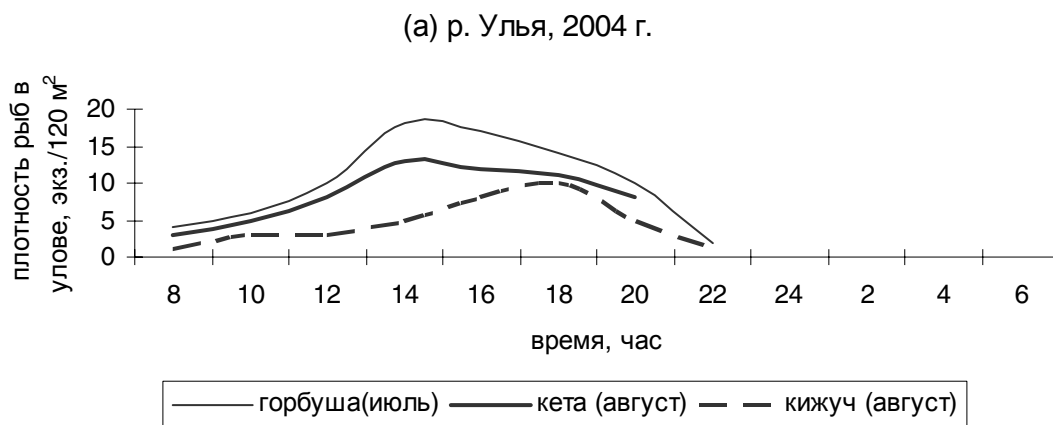


Рис. 3. Суточная ритмика нерестового хода лососей в реках Охотского района

Результаты путин 2004, 2005, 2006 гг. в целом удовлетворительно согласовались с прогнозами, подготовленными с использованием расчета подходов лососей в реки Охотского района.

ЛИТЕРАТУРА

- Евзеров А.В.** Связь уловов и величины промыслового изъятия с численностью облавливаемого нерестового стада и характер динамики хода кеты в охотские реки // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 71. – С. 191–198.
- Евзеров А.В.** Заполнение лососями нерестилищ в бассейнах северного и северо-западного побережий Охотского моря, а также в бассейнах рр. Анадырь и Великая на Чукотке в 1973 г. по данным аэровизуального учета: Отчет о НИР. – Магадан: МоТИНРО, 1973. – 54 с.
- Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В.** Тихоокеанский лосось – нерка (красная) в экологической системе оз. Дальнего (Камчатка). – Л.: Наука, 1987. – 198 с.
- Крыхтин М.Л.** Мечение осенней кеты и горбуши в лимане р. Амур // Вопр. ихтиол. – 1964. – Т. 4, вып. 2. – С. 270–279.
- Сечин Ю.Т.** Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: Изд-во ВНИИПРХ, 1990. – 51 с.
- Johnson J.H.** Sonic tracking of adult salmon at Bonneville Dam // Fish. Bull. – 1960. – Vol. 60, № 176. – P. 471–485.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НЕРЕСТОВОГО ФОНДА КЕТЫ В ГРАНИЦАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗАКАЗНИКОВ БАССЕЙНА АМУРА И МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ НЕРЕСТИЛИЩ

И.Е. Хованский^{1,2}, А.А. Литвинцев¹, А.С. Крушанова¹, Н.К. Шукшина¹

¹ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства» (ФГУ «Амуррыбвод»),
г. Хабаровск, Россия, mail@arv.khv.ru

²Хабаровский филиал ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр» (ХфТИНРО), г. Хабаровск, Россия, tinro@tinro.khv.ru

Исследование нерестилищ тихоокеанских лососей является важнейшим элементом изучения экологии ценных рыб, необходимым звеном в системе мониторинга состояния популяций с целью дальнейшего прогнозирования запасов и планирования ведения промысла (Крохин, 1960; Смирнов, 1975; Евзеров, 1983; Кляшторин, Леман, 1990; Путивкин, 1994; Планирование ..., 2005; Золотухин, Ходжер, 2007). Отмечено, что в границах нерестовых ареалов лососей в бассейне Амура происходят изменения (Леванидов, 1969; Енютина, 1972; Золотухин, Ходжер, 2007), что требует определенной периодичности в проведении работ по обследованию нерестового фонда.

В 2007 г. нами, в ходе выполнения государственных контрактов ФГУ «Амуррыбвод» с Правительством Хабаровского края, было проведено комплексное экологическое обследование территорий рыбохозяйственных заказников «Улский», «Горинский», «Алькан», «Гурский» (Комплексное экологическое обследование ..., 2007а-г) (рис. 1). Одной из важнейших задач являлось выявление мест нереста тихоокеанских лососей, прежде всего летней и осенней кеты, на территориях заказников с определением их (мест нереста) площадей (как совокупных по отдельно взятым заказникам, так и по конкретным местам нереста), а также подготовка карт-схем заказников (масштаб 1 : 100000) с нанесением мест нереста. Анализ материалов потребовал также рассмотрения методологических вопросов в дальнейших исследованиях нерестового фонда тихоокеанских лососей.

Полевые работы проводились методом маршрутной съемки с фиксированием результатов визуальных наблюдений, как письменно в виде актов, так и с использованием цифровой камеры. Карты-схемы заказников с нанесенными границами, местами нереста тихоокеанских лососей были подготовлены с применением географической информационной системы Map-Info 6.0.

В границах заказников определены общие площади нерестилищ летней и осенней кеты – всего около 500 тыс. м² (см. таблицу), на карты-схемы нанесены отдельные нерестилища (рис. 2–4). Нерест на территории заказника «Алькан» отмечен не был. Исчезновение кеты в этой реке было обусловлено значительным снижением уровня воды и заболачиванием, обусловленным массовыми лесными пожарами и вырубками лесов, а также фактическим «добыванием» остатков некогда многочисленной популяции осенней кеты браконьерами (Комплексное экологическое обследование ..., 2007б). Заполнение отдельных нерестилищ по остальным заказникам составило в среднем 77,7 %. Было учтено 205,3 тыс. экз. производителей, среднее количество нерестовых бугров по нерестилищам составило 19,9 шт./100 м² (см. таблицу). Следует подчеркнуть, что в отличие от применяемых исследователями способов нанесения на картах-схемах значительных по протяженности участков рек, на которых возможен нерест (Голованов, Марченко, 2001; Золотухин, Ходжер, 2007; Rand et al., 2007), использованный нами метод конкретного указания локализации и площади отдельных нерестилищ является, несомненно, более точным и наиболее объективно характеризует показатели воспроизводства лососей.

Проведенные исследования наглядно демонстрируют современное состояние нерестового фонда рыбохозяйственных заказников, а информацию о площади нерестового фонда

можно использовать при прогностических расчетах. Подчеркнута и обоснована необходимость дальнейшего существования заказников (кроме заказника «Алькан»), с усилением охраны и надзора за соблюдением заповедного режима, а также необходимость проведения более тщательного и планомерного экологического мониторинга территорий заказников.

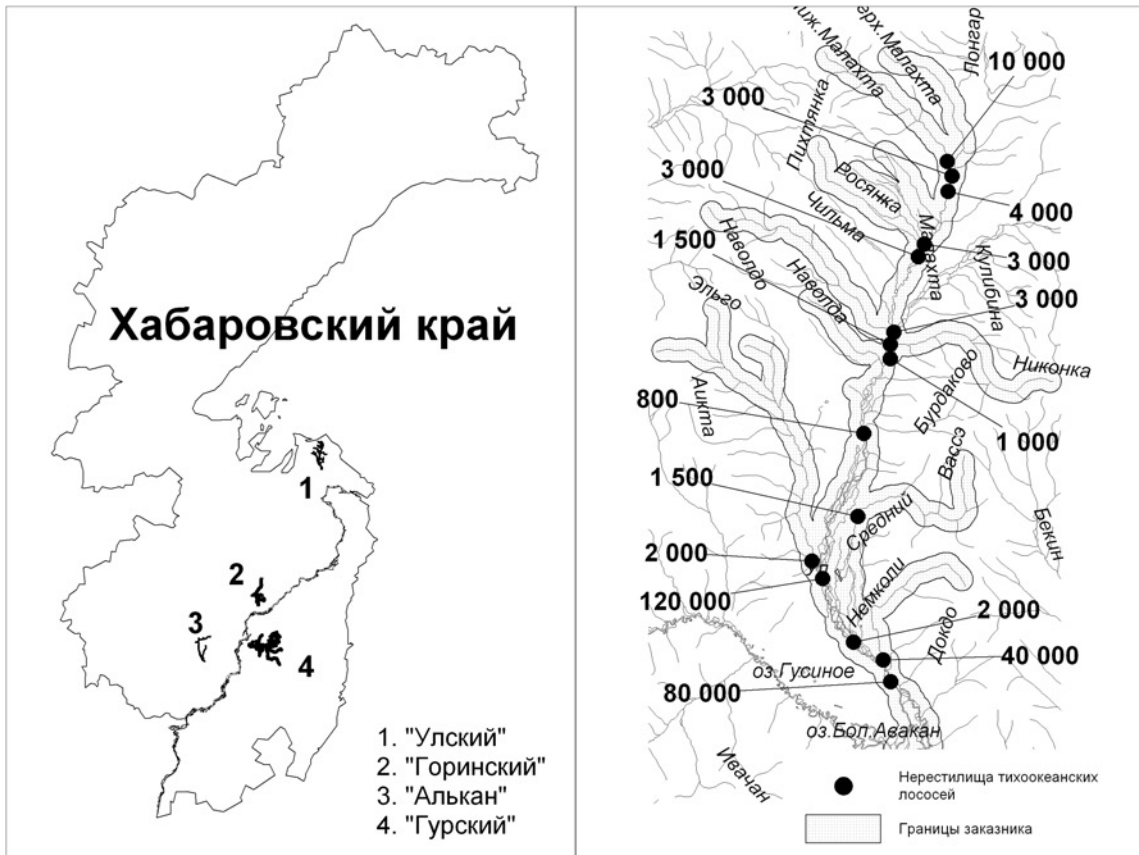


Рис. 1. Государственные рыбохозяйственные заказники Хабаровского края (обзорная карта-схема)

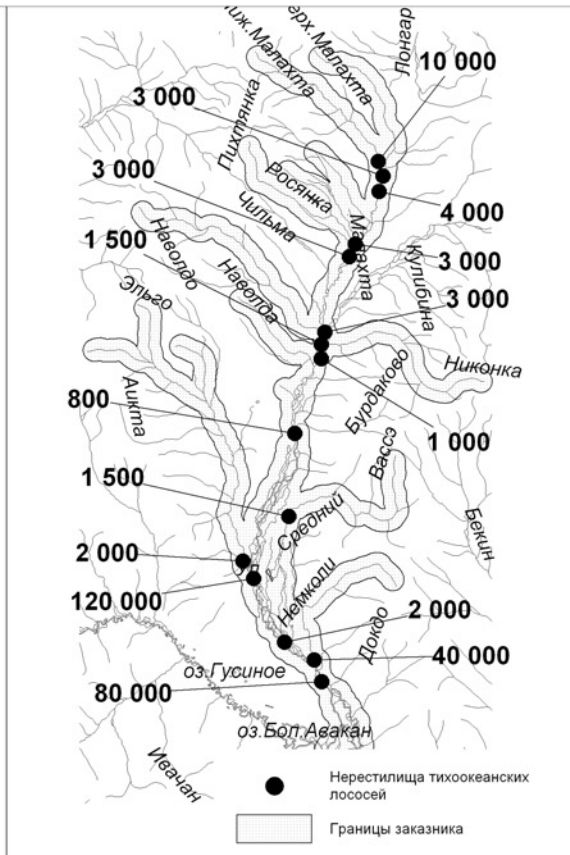


Рис. 2. Нерестовый фонд рыбохозяйственного заказника "Улский" (карта-схема)



Рис. 3. Нерестовый фонд рыбохозяйственного заказника "Горинский" (карта-схема)

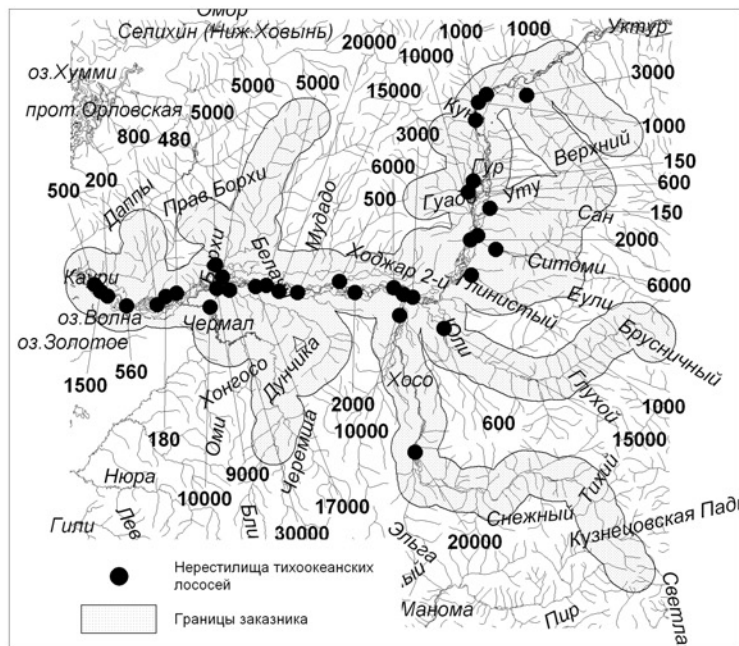


Рис. 4. Нерестовый фонд рыбохозяйственного заказника "Гурский" (карта-схема)

Однако, полученные данные отображают в основном лишь нерестовые площади, непосредственно использованные кетой в 2007 г., и недостаточно характеризуют так называемый потенциальный нерестовый фонд или «емкость» акваторий, пригодную для максимально эффективного естественного воспроизводства. Для этого необходимо продолжение работ и накопление фактических данных.

Заполнение нерестилищ кеты в границах государственных рыбохозяйственных заказников на территории Хабаровского края, осень 2007 г.

Заказник	Количество нерестилищ, шт.	Общая площадь нерестилищ, м ²	Заполнение нерестилищ, %	Количество нерестовых бугров на 100 м ² , шт.	Количество рыб, тыс. шт.	
					На нерестилищах	Всего учтено в реке
Улский	15	274800	71,3	9,5	52,3	200,0
Горинский	5	36750	72,2	25,6	37,8	201,6
Гурский	38	185220	88,3	34,1	115,4	372,0*
Всего	58	496770	77,7	19,9	205,5	773,6

*61,0 тыс. экз. отловлено на Гурском ЛРЗ для целей искусственного воспроизводства.

Для получения достоверных данных необходимо проведение экспедиционных работ с периодичностью хотя бы раз в 5–10 лет, а также аэровизуальный учет. Методики аэроучета широко апробированы и давали возможность в недалеком прошлом получать репрезентативные данные по нерестилищам и численности лососей (Остроумов, 1964; Евзеров, 1970, 1983; Путивкин, 1994).

Уточнение расчетных данных возможно с использованием средств ГИС-анализа (в том числе трехмерного). В совокупности с применением технологий спутникового позиционирования географические информационные системы существенно повысят точность расчетных данных, позволят создать единую информационную базу данных по нерестовому фонду.

Авторы выражают глубокую признательность за содействие в выполнении НИР начальнику ФГУ «Амуррыбвод» В.Я. Белянскому, а также специалистам, принимавшим участие в маршрутных съемках и обработке полученных материалов, – В.П. Атрошенко, Л.В. Атрошенко, С.М. Галко, Т.П. Галко, Г.К. Зеленовой, С.А. Киле, А.И. Кудрину, В.А. Курбачеву, Т.В. Лицовой, В.Б. Подшивалову, А.Е. Сакунц, А.А. Услонцеву, М.П. Чистякову, Ж.И. Чувашовой.

ЛИТЕРАТУРА

Голованов И.С., Марченко С.Л. Современное состояние запасов, биология, динамика численности и проблемы промысла горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* материкового побережья Охотского моря // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. – 2001. – Вып. 1. – С. 123–133.

Евзеров А.В. К методике аэровизуального учета лососей // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 71. – С. 199–204.

Евзеров А.В. Нерестовый фонд охотоморской и анадырской кеты // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. – М.: Наука, 1983. – С. 103–113.

Енютина Р.И. Амурская горбуша // Изв. ТИНРО. – 1972. – Т. 77. – С. 3–26.

Золотухин С.Ф., Ходжер Л.Ч. Расчеты площади нерестового фонда лососей основных рек юга Амурского лимана // Изв. ТИНРО. – 2007. – Т. 148. – С. 130–142.

Кляшторин Л.Б., Леман В.Н. Нерестилища лососей: экология и экономика // Рыб. хоз-во. – 1990. – № 6. – С. 56–58.

Комплексное экологическое обследование территорий государственных рыбохозяйственных заказников «Горинский» в Комсомольском и «Альканский» в Амурском муниципальных районах для оценки их современного состояния и перевода водных объектов и водоохранных зон в категорию особо охраняемых природных объектов. Часть 1. Государственный рыбохозяйственный заказник «Горинский»: Отчет о НИР / ФГУ «Амуррыбвод». – Хабаровск, 2007а. – 54 с.

Комплексное экологическое обследование территорий государственных рыбохозяйственных заказников «Горинский» в Комсомольском и «Альканский» в Амурском муниципальных

районах для оценки их современного состояния и перевода водных объектов и водоохранных зон в категорию особо охраняемых природных объектов. **Часть 2. Государственный рыбохозяйственный заказник «Альканский»:** Отчет о НИР / ФГУ «Амуррыбвод». – Хабаровск, 2007б. – 73 с.

Комплексное экологическое обследование территории государственного рыбохозяйственного заказника «Гурский» в Комсомольском муниципальном районе для оценки его современного состояния и перевода водных объектов и водоохранных зон в категорию особо охраняемых природных объектов: Отчет о НИР / ФГУ «Амуррыбвод». – Хабаровск, 2007в. – 128 с.

Комплексное экологическое обследование территории государственного рыбохозяйственного заказника «Улский» в Николаевском муниципальном районе для оценки его современного состояния и перевода водных объектов и водоохранных зон в категорию особо охраняемых природных объектов: Отчет о НИР / ФГУ «Амуррыбвод». – Хабаровск, 2007г. – 105 с.

Крохин Е.М. Нерестилища красной // Вопр. ихтиол. – 1960. – Вып. 16. – С. 89–110.

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура: Изв. ТИНРО. – 1969. – Т. 67. – 242 с.

Остроумов А.Г. Опыт применения аэрометодов для оценки заполнения нерестилищ лососями // Лососевое хозяйство Дальнего Востока. – М.: Наука, 1964. – С. 90–99.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. – Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. – 231 с.

Путивкин С.В. Топография нерестилищ и распределение тихоокеанских лососей в водоемах берингоморского побережья Чукотки // Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания. – Владивосток: ТИНРО, 1994. – С. 130–138.

Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1975. – 335 с.

Rand P.S., Kellon C.P., Augerot X. et al. Comparison of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) monitoring in the Fraser River basin, British Columbia, Canada and Bristol Bay, Alaska, USA // NPAFC Bull. – 2007. – № 4. – P. 42–56.

ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ЗАВОДСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ КЕТЫ (*ONCORHYNCHUS KETA* WALBAUM) САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО МИКРОСАТЕЛЛИТНЫМ МАРКЕРАМ

М.В. Шитова, Г.А. Рубцова, К.И. Афанасьев, Л.А. Животовский, Т.В. Малинина
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, г. Москва, Россия,
shitova-m@rambler.ru

Введение

Тихоокеанские лососи – ценные промысловые виды рыб. Ежегодный объем вылова лососей в России составляет 1,19 млрд экз. Первое место в уловах занимает горбуша – 1,07 млрд экз. (90 %), на втором месте находится кета – 68,7 млн экз. (6 %) (Варнавская, 2006). В последнее время наметилась тенденция к увеличению заводского воспроизводства кеты.

В последние годы возникла необходимость рациональной регуляции промысла на международном уровне не только у берегов и в нерестовых реках, но и в акватории Тихого океана в течение морской фазы жизни лососей. В связи с этим появилась проблема идентификации стад в смешанных скоплениях. Для решения такой задачи необходимо знать структуру вида и характеристики популяций нерестовых рек.

В настоящее время достаточно полно изучена популяционно-генетическая структура кеты по полиморфным белковым маркерам практически по всему ее ареалу и показана дифференциация популяций кеты из различных частей её ареала (Алтухов и др., 1980, 1997; Okazaki, 1982; Салменкова и др., 1986; Макоедов, 1999; Варнавская, 2006).

Цель данного исследования – оценить генетическое разнообразие заводских популяций кеты Сахалинской области на основании анализа полиморфизма микросателлитных локусов и получить характеристики популяций для последующего генетического мониторинга и идентификации стад в смешанных скоплениях.

Материалы и методы

Было проанализировано 24 выборки производителей кеты, взятых в 2003–2005 гг. на тридцати лососевых рыбопроизводных заводах Сахалинской области (табл. 1).

В исследовании изучалась изменчивость десяти микросателлитных локусов – *One103*, *One109*, *Oki1-1*, *Oki1-2*, *Oke3*, *Oke11*, *Ogo2*, *Ots3*, *Ssa197*, *Ssa20.19* (Афанасьев и др., в печати).

Подробное описание методов работы и статистической оценки было сообщено ранее в работах К.И. Афанасьева с соавторами (2006, 2008).

Результаты и обсуждения

Генетическая изменчивость популяций по исследованным локусам представлена в табл. 2. Популяции юго-западного Сахалина характеризуются наименьшим средним числом аллелей и достоверно меньшей средней наблюдаемой гетерозиготностью. Такая картина отмечалась ранее (Алтухов и др., 1980, 1997; Салменкова и др., 1986) на основании анализа биохимических маркеров, что, скорее всего, свидетельствует о действии эффекта основателя в период формирования базового стада – Калининского ЛРЗ. Выборки остальных популяций сходны между собой по этим показателям.

В восьми выборках обнаружилось достоверное отклонение от равновесия Харди-Вайнберга по суммарному критерию Фишера (табл. 2).

Выборка 2003 г. Таранайского ЛРЗ является возвратом от смешанной закладки 1998 г. (Афанасьев и др., 2006). Остальные выборки, вероятнее всего, также являются смешанными, но в настоящее время мы не располагаем достаточной информацией для подтверждения этого факта.

Расположение выборок в пространстве главных компонент отражает характер их дифференциации (рис. 1). На рис. 1 видно, что генетическая дифференциация популяций хорошо согласуется с их географическим расположением.

Оценка генетической гетерогенности с помощью псевдовероятностного теста с высокой степенью достоверности ($p < 0,001$) выявила значительные межпопуляционные различия.

Сроки взятия и объем выборок

Регион	Лососевые рыбопроизводные заводы	Сроки взятия выборок	Объем выборки, экз.	Условные обозначения	
Северный Сахалин	Адо-Тымовский	04.09.03	51	АТ-03	
		17.09.04	50	АТ-04	
Восточный Сахалин	Буюкловский	24.09.05	50	Бу-05	
		Побединский	24.09.05	50	Поб-05
		На р. Ай	28.09–03.10.05	17	Ай-05
Юго-западный Сахалин	Калининский	30.08.03	50	К-03	
		08.09.04	50	К-04	
		Сокольниковский	14.09.04	50	Ски-04
Южный и юго-восточный Сахалин	Ясноморский	28–30.09.05	50	Ясн-05	
		Охотский	15.09.03	50	Ох-03
			24.09.04	50	Ох-04
			05.10.05	50	Ох-05
		Таранайский	16.09.03	50	Т-03
			23.09.04	50	Т-04
		Устье р. Найбы	20.09.04	50	УстНа-04
		Соколовский	11.09.03	50	Ск-03
			13.09.04	50	Ск-04
		"Монетка"	29.09.05	50	Мон-05
Курильские острова, о. Итуруп	Рейдовый	11.10.04	50	Рд-04	
		Устье	14.10.05	50	Рдуст-05
		26.10.05	50	Рд-05	
		12.10.04	51	Кур-04	
		Курильский	Начало хода 06–16.10.05	51	Курнач-05
		26.10.05	50	Кур-05	

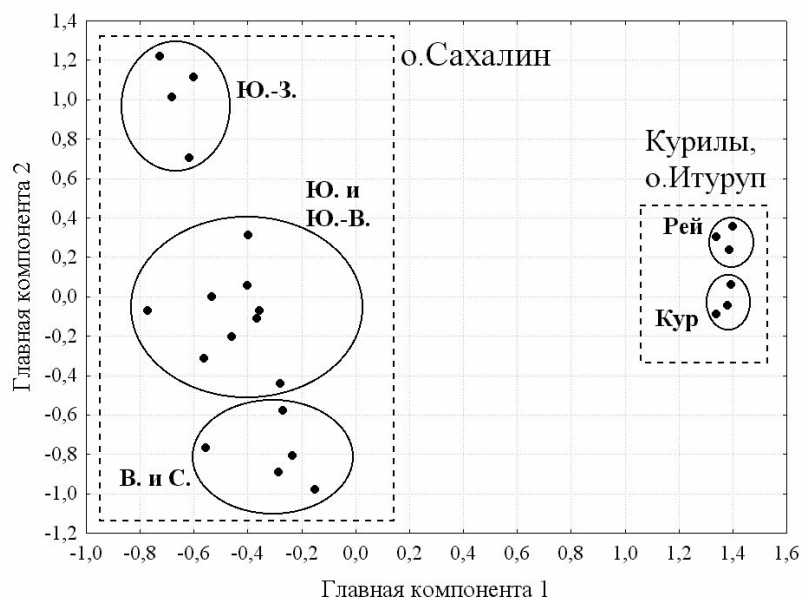


Рис. 1. Расположение выборок Сахалинской области в пространстве главных компонент

Выборки внутри выделенных групп (южный и юго-восточный, северный, восточный, юго-западный Сахалин) (рис. 1) обособлены от остальных выборок и достоверно отличаются от них по частотам аллелей исследованных локусов, что свидетельствует о генетическом своеобразии каждого региона.

Выборка из устья р. Найбы (южный и юго-восточный регион) не отличается от выборок с

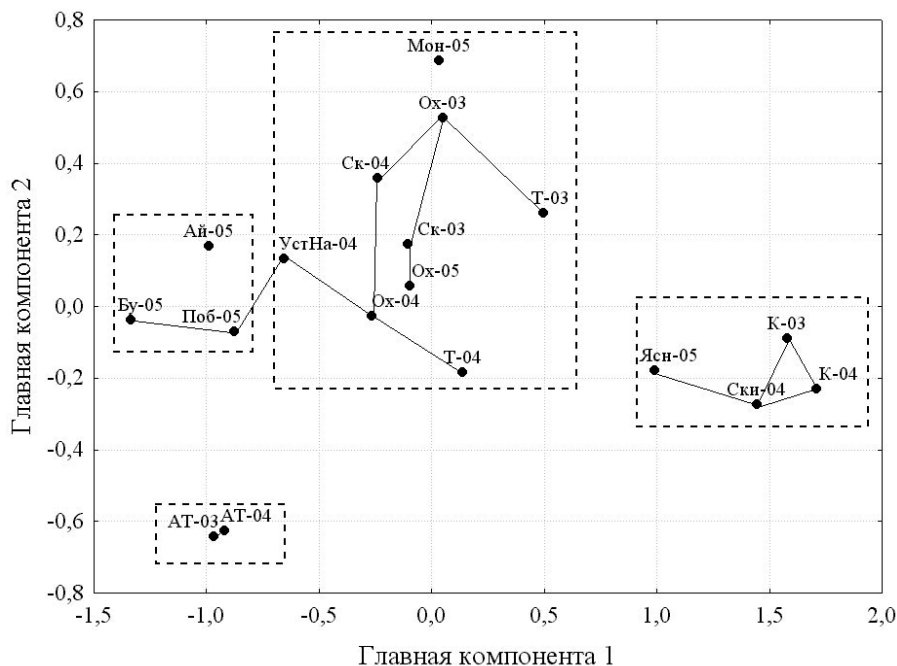
Побединского ЛРЗ за 2005 г. (восточный регион) и Охотского ЛРЗ за 2004 г. (южный и юго-восточный регион). В бассейне р. Найба располагаются Соколовский и Березняковский ЛРЗ. Выборки кеты Соколовского завода (2003, 2004 гг.) показывают достоверное отличие от выборок восточного региона и сходство с выборками Охотского ЛРЗ. На Березняковском ЛРЗ в 2000 г. вся икра, которую заложили, была привезена с Буюкловского ЛРЗ. По-видимому, это и обеспечило сходство устьевой выборки с выборками восточного Сахалина, хотя общий тест на отклонение от равновесия Харди-Вайнберга устьевой выборки отрицателен (табл. 2). Сходство выборок Соколовского и Охотского ЛРЗ, скорее всего, объясняется многократными перевозками икры с завода на завод (данные Сахалинрыбвода).

Изменчивость популяций по десяти микросателлитным локусам

Регион	Лососевый рыбо-разводный завод	Год	Средние показатели по десяти локусам				
			A	H_e	H_o	f	P
Северный Сахалин	Адо-Тымовский	2003	8,9	0,647	0,641	0,008	0,5581
		2004	8,8	0,657	0,626	0,047	0,0586
Восточный Сахалин	Буюкловский	2005	8,9	0,680	0,627	0,078	0,0030**
	Побединский	2005	8,7	0,673	0,664	0,014	0,7478
	На р. Ай	2005	6,2	0,670	0,716	-0,031	0,3053
Юго-западный Сахалин	Калининский	2003	5,9	0,565	0,554	0,019	0,2130
		2004	5,7	0,553	0,548	0,009	0,2300
	Сокольниковский	2004	7,2	0,567	0,554	0,023	0,1905
	Ясноморский	2005	7,7	0,599	0,573	0,043	0,0018**
Южный и юго-восточный Сахалин	"Монетка"	2005	8,0	0,592	0,622	-0,052	0,8769
	Охотский	2003	8,6	0,639	0,623	0,026	0,2412
		2004	8,8	0,657	0,628	0,044	0,0364*
		2005	8,8	0,647	0,646	0,001	0,0559
	Соколовский	2003	8,3	0,634	0,636	-0,004	0,0149*
		2004	8,8	0,635	0,622	0,021	0,7833
	Таранайский	2003	8,4	0,636	0,590	0,072	0,0150*
		2004	8,5	0,651	0,636	0,024	0,5709
	Устье р. Найбы	2004	9,2	0,685	0,640	0,066	0,1478
		2004	8,1	0,690	0,670	0,030	0,2112
2005		8,4	0,691	0,672	0,028	0,2628	
2005уст		8,5	0,696	0,694	0,003	0,0067**	
Курильские острова, о. Итуруп	Рейдовый	2004	7,8	0,665	0,616	0,075	0,1066
		2005нач	7,8	0,659	0,698	-0,060	0,0100**
		2005	8,1	0,679	0,628	0,076	0,0002***
	Курильский	2005нач	7,8	0,659	0,698	-0,060	0,0100**
		2005	8,1	0,679	0,628	0,076	0,0002***

Примечание. A – среднее число аллелей на локус; H_e – средняя ожидаемая гетерозиготность; H_o – средняя наблюдаемая гетерозиготность; f – индекс фиксации, или внутривидовой коэффициент инбридинга (Вейр, 1995); P – уровень значимости тестов на соответствие наблюдаемых генотипических распределений популяций равновесию Харди-Вайнберга (по 10 локусам). * Достоверное отклонение от равновесия Харди-Вайнберга.

Рис. 2. Расположение выборок о. Сахалин в пространстве главных компонент: пунктиром обведены группы популяций соответствующего региона, сплошной линией соединены популяции, между которыми нет достоверных различий по частотам аллелей исследованных локусов



На рис. 3 изображено расположение выборок о. Итуруп в пространстве главных компонент. Выборка с Курильского ЛРЗ – «начало хода» – достоверно отличается от всех остальных выборок. Причиной этого может быть подразделенность популяции Курильского ЛРЗ во времени.

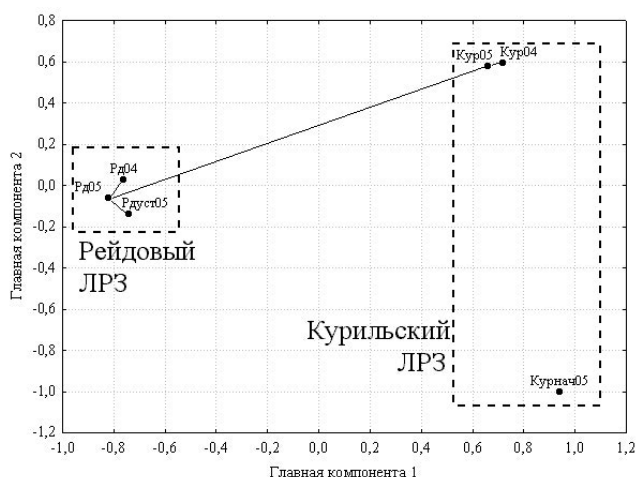


Рис.3. Расположение выборок о. Итуруп в пространстве главных компонент. Обозначения такие же, как к рис. 2

К сожалению, мы не располагаем достаточной информацией для объяснения сходства выборок с Рейдового ЛРЗ и Курильского ЛРЗ за 2005 г. По имеющимся у нас данным, перевозок икры в период закладки данного поколения не было.

Величина межпопуляционной дифференциации, измеряемая показателем θ_{st} (аналог F_{st} (Вейр, 1995)), показывает долю меж-

популяционной изменчивости в общей изменчивости. В среднем по всем локусам она составила $4,75 \pm 0,064 \%$.

Наибольший вклад в дифференциацию популяций кеты о. Сахалина вносят локусы *Ssa20.19*, *Ogo2*, *Oke3*, *Oke11*, *One109*, минимальный – *Ssa197*. При дифференциации курильских популяций наибольший вклад вносят локусы *One103* и *Ssa197*.

Заключение

Анализ десяти микросателлитных локусов в двадцати четырех популяциях кеты показал высокий уровень изменчивости по исследованным локусам. Средняя гетерозиготность кеты по десяти локусам на изученном участке ареала $0,63 \pm 0,009$. Наименьшим разнообразием характеризуются популяции юго-западного Сахалина (средняя гетерозиготность $0,56 \pm 0,005$).

Метод дифференциации популяций, основанный на анализе изменчивости микросателлитных локусов, показал его высокую разрешающую способность. Удалось выявить популяционные комплексы, достоверно отличающиеся по частотам аллелей друг от друга, что свидетельствует о генетической уникальности каждого выделенного региона.

ЛИТЕРАТУРА

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Рябова Г.Д., Куликова Н.И. Генетическая дифференциация популяций кеты и эффективность некоторых акклиматизационных мероприятий // Биол. моря. – 1980. – № 3. – С. 23–38.

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. – М.: Наука, 1997. – 288 с.

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В. и др. Микросателлитная изменчивость и дифференциация популяций кеты (*Oncorhynchus keta* Walbaum), воспроизводимых сахалинскими рыбозаводными заводами // Генетика. – 2006. – Т. 42, № 12. – С. 1694–1702.

Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Шитова М.В. и др. Межрегиональная дифференциация кеты Сахалина и Южных Курил по микросателлитным локусам // Генетика (в печати).

Варнаевская Н.В. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2006. – 488 с.

Вейр Б. Анализ генетических данных. – М.: Мир, 1995. – 399 с.

Макоедов А.Н. Кариология, биохимическая генетика и популяционная феноетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока: сравнительный аспект. – М.: УМК «Психология», 1999. – 291 с.

Салменкова Е.А., Алтухов Ю.П., Викторовский Р.М. и др. Генетическая структура популяций кеты, размножающихся в реках Дальнего Востока и Северо-востока СССР // Журн. общ. биол. – 1986. – Т. 47, №4. – С. 529–549.

Смирнов Б.П., Леман В.Н., Шульгина Е.В. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в России: современное состояние, проблемы и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбозаводных заводов Дальнего Востока России. – Петропавловск-Камчатский, 2006. – С. 16–26.

Okazaki T. Genetic study on population structure in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) // Bull. Far Seas Fish. Lab. – 1982. – № 19. — P. 25–113.

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ФГУП "ТИНРО-центр")

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Научная конференция, посвященная
70-летию С.М. Коновалова

25–27 марта 2008 г.



Владивосток
2008

**ОКОНЧАНИЕ
МАТЕРИАЛОВ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ С.М. КОНОВАЛОВА**

СЕКЦИЯ

«Условия обитания водных организмов»

РАСЧЕТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТОКОВОЙ ЛИНЗЫ РЕКИ АМУР В САХАЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ ОХОТСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

А.А. Абросимова, И.А. Жабин, В.А. Дубина
ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: zhabin@poi.dvo.ru

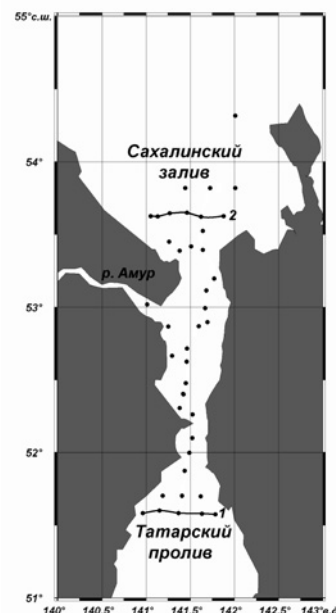
В июне 2007 г. в 44-м рейсе НИС «Профессор Гагаринский» было проведено комплексное исследование устьевой области р. Амур (рис. 1). Гидрофизические измерения проводились при помощи STD-зонда SeaCat SBE 19plus. Полученные данные позволили исследовать термохалинную структуру вод приустьевой области Амура и рассчитать динамические параметры стокowej линзы р. Амур. В работе также были использованы спутниковые изображения с ИСЗ Terra и Aqua (радиометр MODIS).

Рис. 1. Карта приустьевой области реки Амур с положением гидрологических станций и разрезов

Река Амур относится к числу наиболее крупных рек мира. Площадь водосбора — 1855000 км², длина — 4350 км, среднегодовой объем стока — около 370 км³. Приустьевая область уникальна по своей структуре: Амур образует внешние эстуарии сразу в двух морях — Охотском и Японском. На северной границе Амурского лимана летом средний уровень воды понижается, а зимой — повышается. На южной границе лимана сезонные изменения уровня происходят в обратной фазе. Поэтому летом (май—октябрь) разность средних уровней между Японским и Охотским морями положительна (наклон поверхности моря на север) и среднее течение в лимане направлено на север (Якунин, 1975; Козловский, 1978; Лобанова, 1987). В этот период сток реки Амур является одним из основных источников пресной воды, биогенных элементов и загрязняющих веществ для Охотского моря.

По данным гидрологических наблюдений в июне 2007 г., в Татарском проливе наблюдалась двухслойная вертикальная структура вод — верхний слой был отделен от однородного глубинного слоя резким термогалоклином (рис. 2, а, б). Поверхностный слой у побережья материка отличался относительно низкими значениями температуры (в среднем 5,4 °С) и высокими значениями солености. В средней части пролива и у о. Сахалин наблюдались воды с пониженной соленостью и с более высокой температурой. Происхождение этой распресненной зоны может быть связано со стоком вод южной части Амурского лимана через прол. Невельского.

В Амурском лимане выделялись две основные структурные зоны. Воды южной части лимана отличались однородным распределением характеристик. Соленость изменялась в относительно узких пределах (27–29 ‰) при температуре 7–9 °С. Это воды япономорского происхождения, трансформированные в результате смешения с речными водами в процессе приливного и ветрового перемешивания. Более значительное влияние речного стока проявлялось вблизи устья Амура, где температура была выше (около 18,5 °С), а соленость — наименьшей (менее 5 ‰). Сильно распресненные теплые воды выходили из Амурского лимана по Сахалинскому фарватеру в Сахалинский залив, формируя стокую линзу реки Амур (рис. 2, в, г). Распреснение (< 10 ‰ при температуре 12–16 °С) здесь прослеживалось по всему столбу воды с выраженным максимумом в верхнем



7-метровом слое. В западной части залива соленость была значительно выше (около 30 ‰) при меньших значениях поверхностной температуры (около 8 °С).

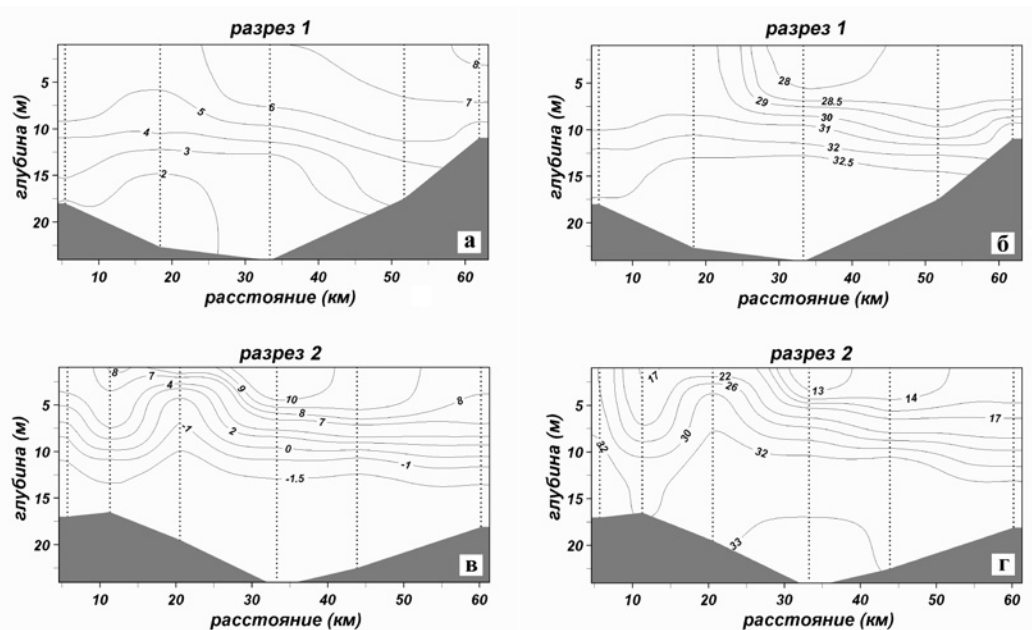


Рис. 2. Распределение температуры (а, в) и солёности (б, г) на разрезах 1 (Татарский пролив) и 2 (Сахалинский залив)

Стоковая линза в Сахалинском заливе имела толщину около 7 м, солёность в ней изменялась от 7 до 15 ‰, температура — от 7 до 12 °С. Резкий слой скачка отделял линзу от прибрежных охотоморских вод. Западная часть линзы была более теплой и менее солёной благодаря струйному течению по ее периферии. Центральная часть линзы была заполнена относительно более холодными и солёными водами. Наличие этих неоднородностей указывает, что линза находилась в процессе формирования (заполнения).

Спутниковые изображения Сахалинского залива в видимом диапазоне спектра показывают, что более мутные воды речного происхождения заполняли северную часть Амурского лимана и через северный выход из лимана поступали в Сахалинском залив. В поле мутности хорошо выделялись три основных структурных элемента линзы — струйное течение грибовидной формы, выходящее из лимана, стоковая линза в восточной части залива и вынос разбавленных мутных вод за северную оконечность о. Сахалин. Стоковая линза заполнялась за счет поступления свежих мутных вод по ее внешней границе.

Стоковое течение, выходящее из Амурского лимана в Охотское море, характеризовалось перепадом плотности $\rho_2 - \rho_1 = 20 \text{ кг/м}^3$. Поперечный масштаб потока на выходе из Амурского лимана по спутниковым данным равен приблизительно 20 км (что примерно соответствует ширине устья Амура). Параметр Кориолиса на широте Сахалинского залива $f = 1,15 \text{ с}^{-1}$. Учитывая, что $h = 7 \text{ м}$, бароклинный радиус деформации $L_D = 10 \text{ км}$. При таких параметрах стока из эстуария в Охотское море число Кельвина $K = 2$. Соответствующее значение числа Фруда, при средней скорости стокового течения $u = 0,5 \text{ м/с}$, $F = 0,44$, т.е. в соответствии с классификацией Гарвина (Garvine, 1995), для стока р. Амур эффект вращения Земли более важен, чем вклад инерционных сил. В результате в Сахалинском заливе формируется поверхностная линза с антициклоническим характером вращения.

ЛИТЕРАТУРА

- Козловский В.Б. Некоторые особенности динамики вод устьевой области Амура // Тр. ГОИН. — 1978. — Вып. 142. — С. 93–99.
- Лобанова Н.И. Общая характеристика зоны смешения устьевой области Амура // Тр. ДВНИИ. — 1987. — Вып. 130. — С. 33–44.
- Якунин Л.П. К обоснованию пропуска вод р. Амур по новому руслу // Тр. ДВНИГМИ. — 1975. — Вып. 55. — С. 61–65.
- Garvine R.W. A dynamic system of classifying buoyant coastal discharges // Contin. Shelf Res. — 1995. — Vol. 15, № 13. — P. 1585–1596.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ *LITTORINA SAXATILIS* (GASTROPODA, PROSOBRANCHIA)

Е.С. Аракелова

ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: gambar@EA3784.spb.edu

Живородящие *L. saxatilis* имеют прямое развитие в отличие от планктонных стадий у других представителей рода, поэтому отрожденное потомство обладает высокой адаптивной способностью и приспосабливается к условиям существования в зависимости от места поселения. Ранее было показано, что высокий полиморфизм раковины и различия в скорости роста *L. saxatilis*, приводящие к большим размерам у взрослых особей верхней литорали по сравнению с более низкими ее горизонтами, связаны с гетерогенностью среды и частично с генетической наследственностью (Johannesson et al., 1997). У близкородственного вида *L. rudis* из северного Уэльса из разных биотопов, напротив, раковины по размеру были мельче (13,0 мм) на скалах, дольше обнаженных при отливе, по сравнению с защищенными маршами (18,4 мм) (Roberts, Hughes, 1980).

Пространственно популяция *L. saxatilis* обитает как вдоль береговой линии, так и в градиенте уровня приливо-отливной зоны литорали, распространяясь до зоны фукусов и поселений мидий. При суточных ритмах уровня воды поселения моллюсков, растянувшиеся в поперечном направлении продольной береговой линии, будут испытывать разное воздействие прилива, подвергаясь воздушной экспозиции различной длительности. Несмотря на выносливость к опреснению и действию повышенных температур, особыми факторами риска для обитателей верхнего уровня литорали являются инсоляция и высыхание, увеличивающие смертность литоральных моллюсков на эмбриональной стадии развития (Przeslawski, 2005), а также штормы, влияющие на качество поверхностных осадков и концентрацию взвешенного органического вещества (Bock, Miller, 1995). Как это отражается на максимальных размерах особи в популяции и длительности жизненного цикла, можно определить, имея представление о скорости роста и ее связи с возрастом. Поскольку максимальный размер особи — это не просто самый крупный экземпляр популяции, а один из важнейших параметров, необходимых для оценки эффективности роста популяции и ее продуктивности, особое значение приобретают методы, позволяющие наиболее точно определить эту характеристику.

До настоящего времени *L. saxatilis* считаются долгоживущими видами, возраст которых исчисляется годами — от 7 до 11. Эти сведения о возрасте были получены ранее на основе подсчета осевых ребер на раковине литорин, общепринятая причина появления которых — зимняя приостановка роста. Поскольку периодичность секреции колеблется в зависимости от температуры и кормовых условий, варьирует индивидуально и связана с общим пластическим обменом, а гастроподы часто отличаются скульптурной рельефностью раковины, которая считается диагностическим признаком (как, например, у байкальских гастропод — эндемиков), попытки определить возраст таким способом могут привести к его завышению.

Целью данной работы было рассчитать для *L. saxatilis* уравнение роста Берталанфи на основе данных по динамике численности и размерно-частотному анализу популяции, определить продолжительность жизни гастропод и показать соответствие полученных результатов имеющимся в литературе показателям на основе подсчета линий прироста.

Материал и методы

Размерно-весовые характеристики моллюсков определены по стандартным измерениям длины раковины и сырой общей массы моллюсков. Моллюски собирались с камней небольших размеров на литорали Белого моря на территории Беломорской биологической станции Зоологического института РАН. Пробы брались в июле 2000 г. с трех участков, расположенных на разных уровнях в градиенте приливо-отливной зоны, растянутой по ширине в сторону моря на 8–10 м. Первый участок граничил с супралиторалью. Второй также находился в верхней зоне, регулярно обнажаемой при отливе, а третий участок был у уреза воды при отливе и условно отнесен к средней литорали, где воздушная экспозиция моллюсков была менее длительной. Площадь каждого участка ограничивалась территорией не более 1 м².

Скорость роста популяции можно охарактеризовать более или менее точно, если наблюдения ограничить периодом, когда устанавливаются оптимальные для роста и относительно стабильные суточные температуры. Таким периодом на побережье Белого моря в районе мыса Картеш является июль, наиболее теплый месяц в году, когда температура воды колеблется незначительно (16 ± 2 °C). Тогда данные по приросту разных размерных групп моллюсков, полученные за равные короткие промежутки времени, могут быть использованы для расчета параметров уравнения Бергаланфи методом Форда-Валфорда и построения кривой роста без введения температурных поправок. Подобный способ, когда одновременно прослеживается рост разных когорт и разных возрастных групп популяции, позволяет за короткий период наблюдений теоретически охарактеризовать жизненный цикл популяции в целом при данных постоянных температурных условиях. Далее определяется реальная длительность жизненного цикла популяции с учетом соотношения длительности вегетационного и зимнего периодов, а также сезонных изменений температуры.

Результаты и их обсуждение

Аллометрическая связь между массой и размером моллюсков выражена степенными уравнениями $W = 0,42 L^{2,74}$ ($n = 68$, $r^2 = 0,98$), где W — сырая общая масса моллюска, мг и L — высота раковины, мм.

В таблице приведены обобщенные данные по биомассе и численности по результатам четырех полевых съемок, проведенных с интервалом в 7 сут в июле.

Некоторые популяционные характеристики *Littorina saxatilis*

Дата	Участок	S, см ²	N, экз.	N, м ⁻²	В мг м ⁻²	W _{ср.}	± SD
10.07.2000	1	288,0	89	3090	35861		
	2	350,0	60	1714	18284		
	3	157,5	61	3873	15656		
						8,8	4,1
17.07.2000	1	271,0	109	4022	26202		
	2	328,7	134	4077	27488		
	3	330,5	196	5930	47259		
						7,1	0,8
24.07.2000	1	196,5	60	3053	26636		
	2	303,5	92	3031	14084		
	3	307,5	113	3675	26316		
						6,8	2,1
31.07.2000	1	300,5	60	1997	39575		
	2	302,2	64	2117	39824		
	3	339,0	66	1947	32894		
						18,5	1,5

Максимальная численность на всех трех биотопах пришла на середину июля. Из-за короткого срока наблюдений по данным динамики численности разных размерных групп трудно составить представление о росте популяции. Тем не менее, приведенные в таблице массы средней особи популяции $W_{ср.}$, рассчитанные по соотношению W/N , показывают очевидный и существенный прирост популяции на всех трех участках за общий период наблюдения, о чем свидетельствует двукратное увеличение, по сравнению с началом наблюдения, массы средней особи популяции.

Для определения скорости роста популяции была использована вся совокупность данных по размерно-возрастному составу популяции. Для *L. saxatilis* разных возрастов была получена линейная связь между размерами L_t и $L_{(t+\tau)}$ и рассчитано уравнение $L_{(t+\tau)} = 0,922L_t + 0,956$ ($n = 26$, $R^2 = 0,95$), показывающее изменение линейных размеров при шаге времени, равном 7 сут (Алимов, 1981). Хорошее соответствие с представленными данными показывают рассчитанные таким же способом и приведенные для сравнения на рис. 1 данные по росту этого же вида, обитающего на Атлантическом побережье (Johannesson et al., 1997). Полученное линей-

ное уравнение (рис. 1) явилось основой для расчета параметров уравнения роста Бергаланфи, а именно, константы роста при средней за июль температуре 16°C $k = -0,0116 \text{ сут}^{-1}$ и максимального теоретического размера $L_{\infty} \rightarrow 12,3 \text{ мм}$, для расчета которого использована реальная для данной беломорской популяции величина $L_{\text{max}} = 12,0 \text{ мм}$. Далее, для расчета кривой весового роста уравнение линейного роста было пересчитано при помощи вышеприведенного уравнения аллометрической связи между W и L и с учетом длительности периода роста в сезон. Полученное уравнение $L_t = 0,403[1 - \exp(-0,0038t)]^{2,74}$ характеризует рост *L. saxatilis* на протяжении жизненного цикла, максимальная длительность которого T_{max} не превышает 3,5 лет, если принять, что сезон роста моллюсков длится 4 месяца в году (рис. 2, кривая 1). При более ($\approx 150 \text{ сут}$) или менее ($\approx 90 \text{ сут}$) длительном периоде роста за сезон протяженность жизненного цикла меняется и составляет соответственно 3,0 или 4,5 года.

Ранее уравнение роста *L. saxatilis* было получено с применением физиологического способа, основанного на соотношении между продукцией и тратами на обмен (Винберг, 1975). Параметры роста, определенные при использовании уравнения энергетического метаболизма $Q = 0,001W^{0,455}$ при 16°C ($n = 138, R^2 = 0,64$) (Arakelova et al., 2004) и априорных величин $K_{2\text{max}}$, принятых равными для *L. saxatilis* 55 %, позволили вывести уравнение S-образного роста: $W = 407(1 - e^{-0,0047t})^{1,835}$ (W — мг, t — сутки) (Аракелова, 2006), согласно которому максимального размера моллюски достигают за 3 года. На севере в короткий вегетационный сезон, когда наступают благоприятные условия для роста, следует ожидать высокой эффективности роста, однако во всех случаях, независимо от времени закладки половых продуктов, возможность появления потомства зависит от количества градусо-дней, необходимых для завершения эмбрионального развития.

Рис. 1. Связь между линейными размерами *L. saxatilis* L_t и $L_{(t+\tau)}$ в моменты времени t и $(t + \tau)$, где шаг времени τ равен 7 сут: 1 — оригинальные данные, 2 — литературные данные (по: Johannesson et al., 1997)

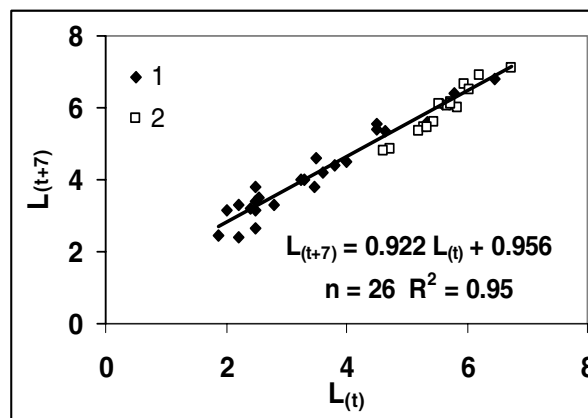
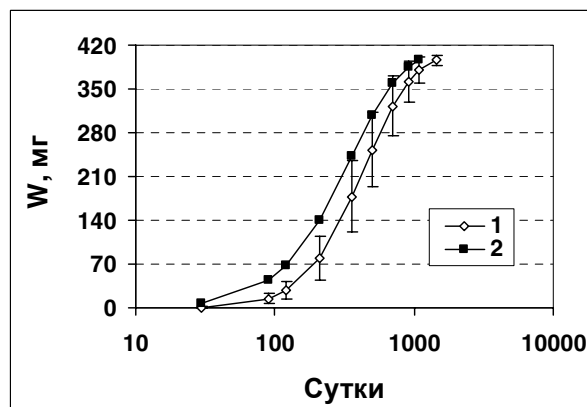


Рис. 2. Кривые S-образного роста *L. saxatilis*, рассчитанные по популяционным данным (1) и физиологическим способом на основе энергетического метаболизма (2). В уравнении Бергаланфи (кривая 1) $k = -0,0038 \pm 0,001 \text{ сут}^{-1}$. Масштаб полулогарифмический



Необходимо отметить, что в естественной среде проследить за индивидуальным приростом верхнелиторальных гастропод, в отличие от моллюсков, обитающих на более низких горизонтах литорали и способных к жизни в аквариуме, практически невозможно. Широкий диапазон размеров репродуцирующих особей (от 3,5 мм и выше) и, в особенности, живорождение — характеристики, указывающие на приобретенные в эволюции высокие адаптивные способности вида выживать в условиях, пограничных с экстремальными. Как показали по-

пуляционные данные, жизненный цикл *L. saxatilis* на побережье Белого моря ограничен более короткой продолжительностью жизни, чем было принято считать до настоящего времени. Рассчитанная кривая S-образного роста *L. saxatilis* показывает соответствие между максимальным размером и продолжительностью жизненного цикла. Согласно полученному уравнению все основные этапы жизненного цикла этого вида, а именно, достижение размера, при котором начинается закладка половых продуктов (> 3,5 мм) и продолжительность жизни (3–4 г), удовлетворительно описываются модельной кривой роста и на временной шкале совпадают с реальными сроками в природе.

ЛИТЕРАТУРА

Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. — М.: Наука, 1981. — 248 с.

Аракелова Е.С. Уравнения роста *Buccinum undatum* и *Littorina saxatilis*, определенные по энергетическому обмену // Адаптации и биоэнергетика: онтогенетические, эволюционные и экологические аспекты. — М.: КМК, 2006. — С. 15–20.

Винберг Г.Г. Количественные аспекты роста организмов. — М.: Наука, 1975. — С. 7–23.

Arakelova K.S., Chebotareva M.A., Zabelinskii S.A. Physiology and lipid metabolism of *Littorina saxatilis* infected with trematodes // Dis. Aquat. Org. — 2004. — Vol. 60. — P. 223–231.

Bock M.J., Miller D.C. Storm effects on particulate food resources on an intertidal sandflat // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. — 1995. — Vol. 187. — P. 81–101.

Johannesson K., Rolan-Alvarez E., Erlandsson J. Growth rate differences between upper and lower ecotypes of the marine snail *Littorina saxatilis* (Olivi) (Gastropoda) // Biol. J. Linn. Soc. — 1997. — Vol. 61, № 2. — P. 267–279.

Przeslawski R. Combined effects of solar radiation and desiccation on the mortality and development of encapsulated embryos of rocky shore gastropods // Mar. Ecol. Progr. Ser. — 2005. — Vol. 297. — P. 169–177.

Roberts D.J., Hughes R.N. Growth and reproductive rates of *Littorina rudis* three contrasted shores in North Wales, UK // Marine Biology. — 1980. — Vol. 58, № 1. — P. 47–54.

АЛИФАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В РАЙОНАХ РЫБНОГО ПРОМЫСЛА

У.П. Багрянцева, А.Ю. Жилин

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, г. Мурманск, Россия, e-mail: zhilin@pinro.ru

В работе использованы экспедиционные материалы, собранные сотрудниками ПИНРО в Баренцевом море в рейсах НИС «Фритьоф Нансен» и НИС «Смоленск» в период с 5 августа по 30 сентября 2006 г. Исследования охватывали следующие рыбопромысловые районы: вайгачский, печорский, колгуевский, Центральный желоб, северная часть Новоземельского мелководья, мелководье Гусиной банки, южная часть Новоземельского мелководья, Западный Шпицберген, Зюйдкапский желоб, западный склон Медвежинской банки, восточный склон Медвежинской банки, район Надежды, Западный желоб, возвышенность Персея, Центральная возвышенность.

Схемы станций отбора проб морской воды и донных осадков Баренцева моря представлены на рис. 1 и 2.

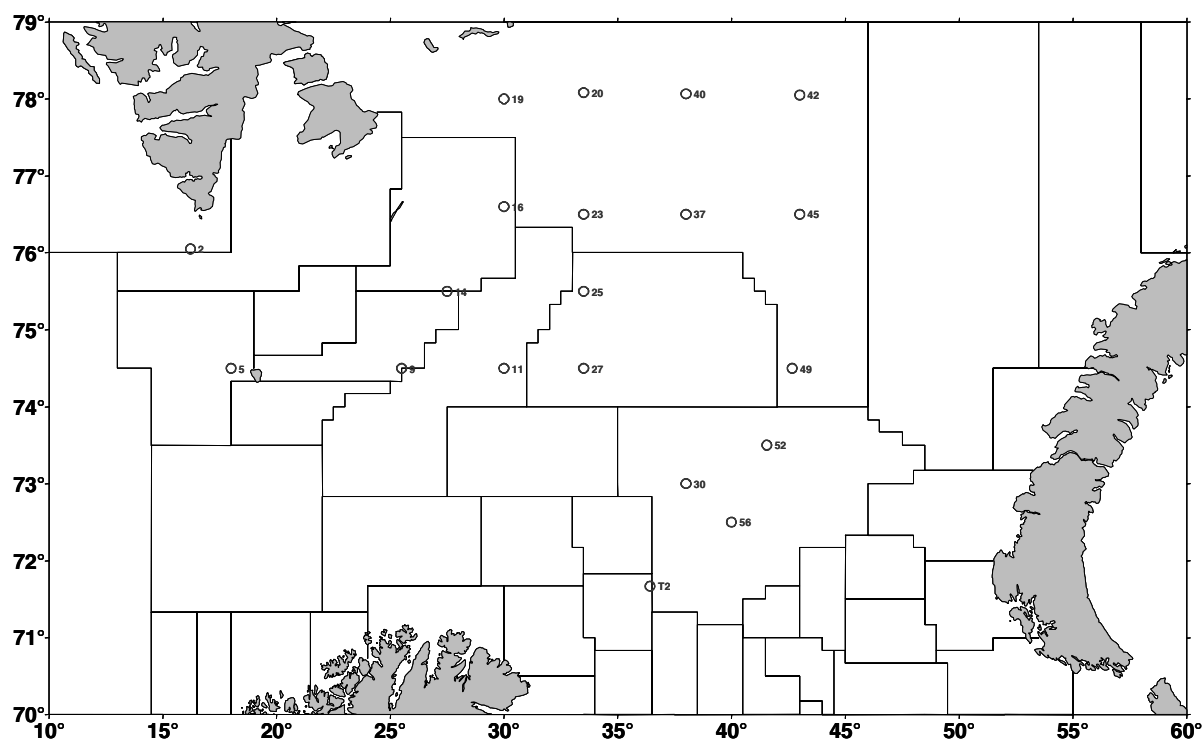


Рис. 1. Станции отбора проб воды

Отбор, подготовка и химический анализ проб морской воды и донных осадков выполнены в соответствии с нормативными документами и методическими руководствами (Методические указания ..., 1979; The Determination ..., 1982; Руководство ..., 1993).

Алифатические углеводороды (*n*-парафины C_{11} – C_{30}) определялись методом капиллярной газовой хроматографии на газовом хроматографе «Shimadzu» — GC-2010A (Япония) с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной кварцевой колонкой длиной 30 м. Количественное содержание алканов рассчитывалось с использованием калибровки по флотскому мазуту марки Ф-5. Качественная идентификация проводилась с использованием смеси индивидуальных *n*-парафинов.

Качество аналитических работ оценивалось при регулярных анализах сертифицированных материалов сравнения:

— IAEA-383 (*n*-парафины в морском донном осадке)/МАГАТЭ, Австрия;

— смесь стандартных образцов углеводов, аттестованных НПО ВНИИ метрологии им. Д.И. Менделеева, г. Санкт-Петербург.

Всего проанализированы 40 проб воды и 72 пробы донных осадков.

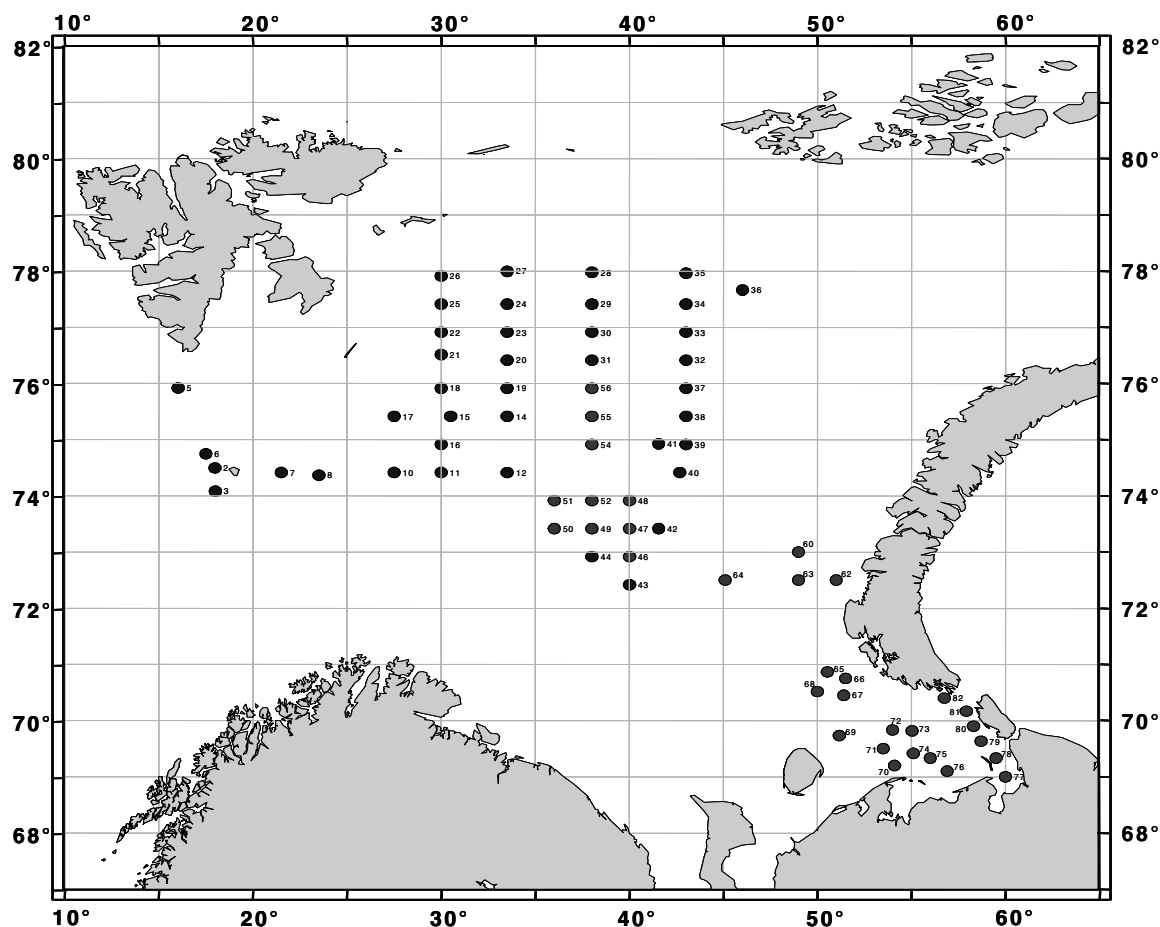


Рис. 2. Станции отбора проб донных осадков

Преобладающими литологическими типами донных осадков на нефтегазоносных структурах являются илистый песок, серо-зеленый и коричневый ил, зеленая глина. В донных осадках Печорского моря (ст. 69–82) гранулометрический состав донных осадков существенно влиял на характер распределения алифатических углеводов

Нормативы содержания *n*-парафинов в донных осадках отсутствуют, природный биогенный уровень алифатических углеводов в морских донных осадках обычно не превышает 50 мкг/г сухой массы (Немировская, 2004). Содержание *n*-парафинов в донных отложениях исследованных районов Баренцева и Печорского моря в основном было значительно ниже техногенного фонового уровня, характерного для верхнего слоя донных осадков Западно-Арктического шельфа — 340 мкг/г сухой массы (Гуревич, 2002).

Распределение по акватории алифатических углеводов (*n*-парафинов C_{11} – C_{30}) в поверхностном и придонном слоях воды Баренцева моря представлены на рис. 3 и 4.

За исключением одной станции (ст. 2) концентрации алифатических углеводов не превышали рыбохозяйственную предельно допустимую концентрацию (ПДК_{р/х}) 50 мкг/л (Перечень рыбохозяйственных нормативов ..., 1999). Для малозагрязненных районов морей характерны концентрации алифатических углеводов порядка 5–25 мкг/л, определение которых представляет довольно сложную задачу. Это связано с тем, что в результате жизнедеятельности ряда морских организмов в морской воде накапливаются алифатические углеводороды биогенного происхождения, поэтому в слабозагрязненных районах концентрация нефтяных углеводов оказывается меньшей или соизмеримой с концентрацией продуктов жизнедеятельности морских организмов, образующих естественный «углеводородный фон» морской воды (Руденко и др., 1981).

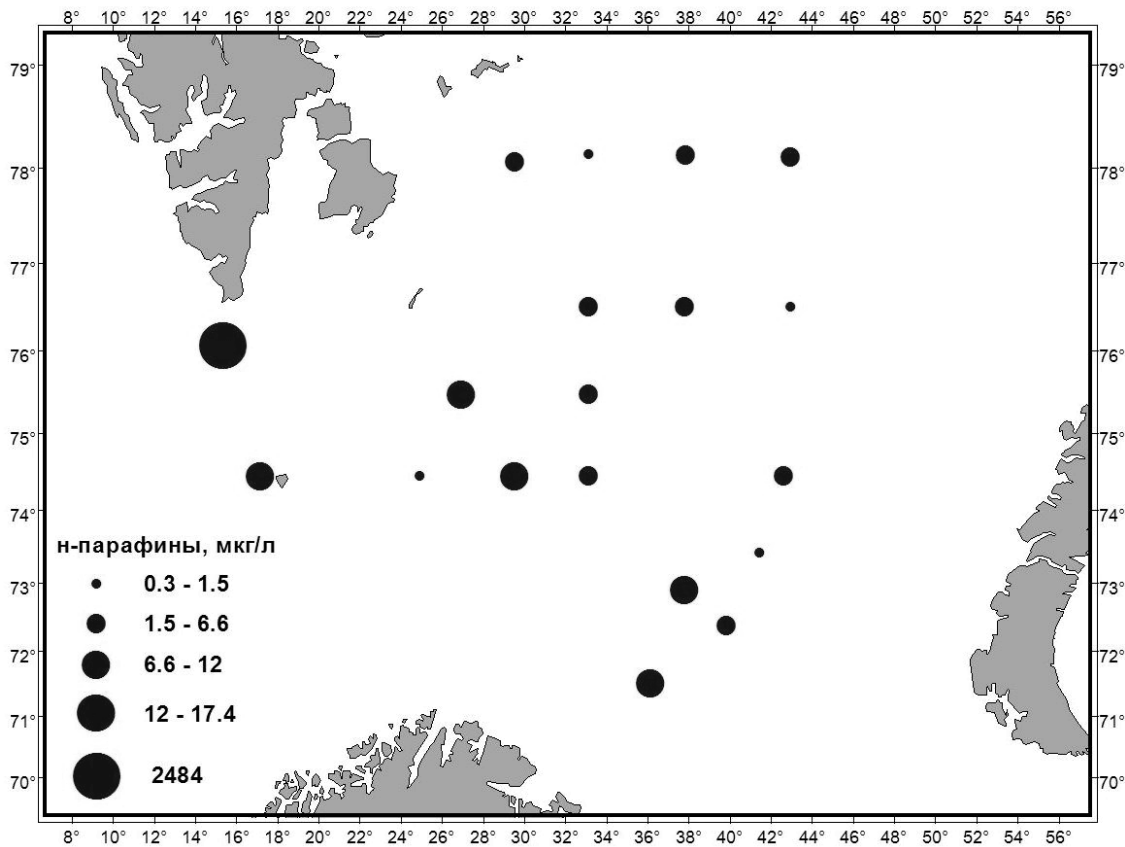


Рис. 3. Концентрация алифатических углеводородов в поверхностном слое воды Баренцева моря

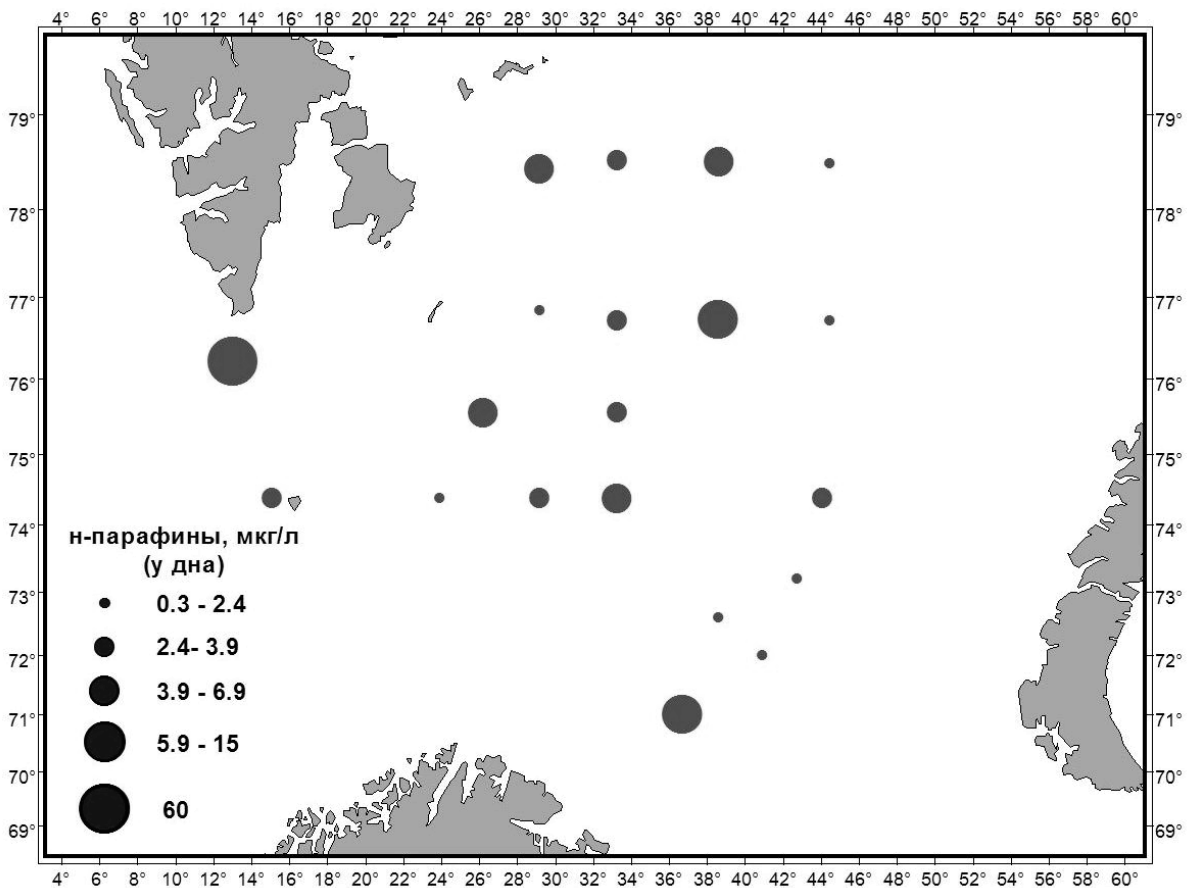


Рис. 4. Концентрация алифатических углеводородов в придонном слое воды Баренцева моря

Одним из показателей природы алифатических углеводородов, растворенных в морской воде, служит отношение концентраций изопреноидов пристана и фитана. В исследованных пробах воды отношение пристан/фитан указывает на доминирование фитана над пристаном. Относительно низкие значения этого коэффициента (0,1–0,8) характерны для углеводородов нефтяного происхождения, а для углеводородов биогенного происхождения величина этого соотношения всегда больше 1,5, что наблюдается только на ст. 49 (Химические процессы в экосистемах ..., 1997). В воде исследованных промысловых районов Баренцева моря доминировали алифатические углеводороды нефтяного происхождения, хотя их концентрации в основном не превышали утвержденный рыбохозяйственный норматив.

Взвешенные минеральные и органические частицы, морские организмы, их фрагменты и продукты метаболизма способствуют перемещению загрязняющих веществ из поверхностных слоев воды в более глубокие, а также в донные осадки. Донные отложения — критическая зона в морской среде, где накопление загрязняющих веществ намного. Здесь органические вещества и металлы подвергаются сложным превращениям (Израэль, Цыбань, 1989).

Донные осадки в исследованных промысловых районах Баренцева моря были представлены, главным образом, глинами, илом, илистым песком.

Пространственное распределение алифатических углеводородов — *n*-парафинов (C_{11} – C_{30}) в верхнем слое донных осадков Баренцева моря представлено на рис. 5.

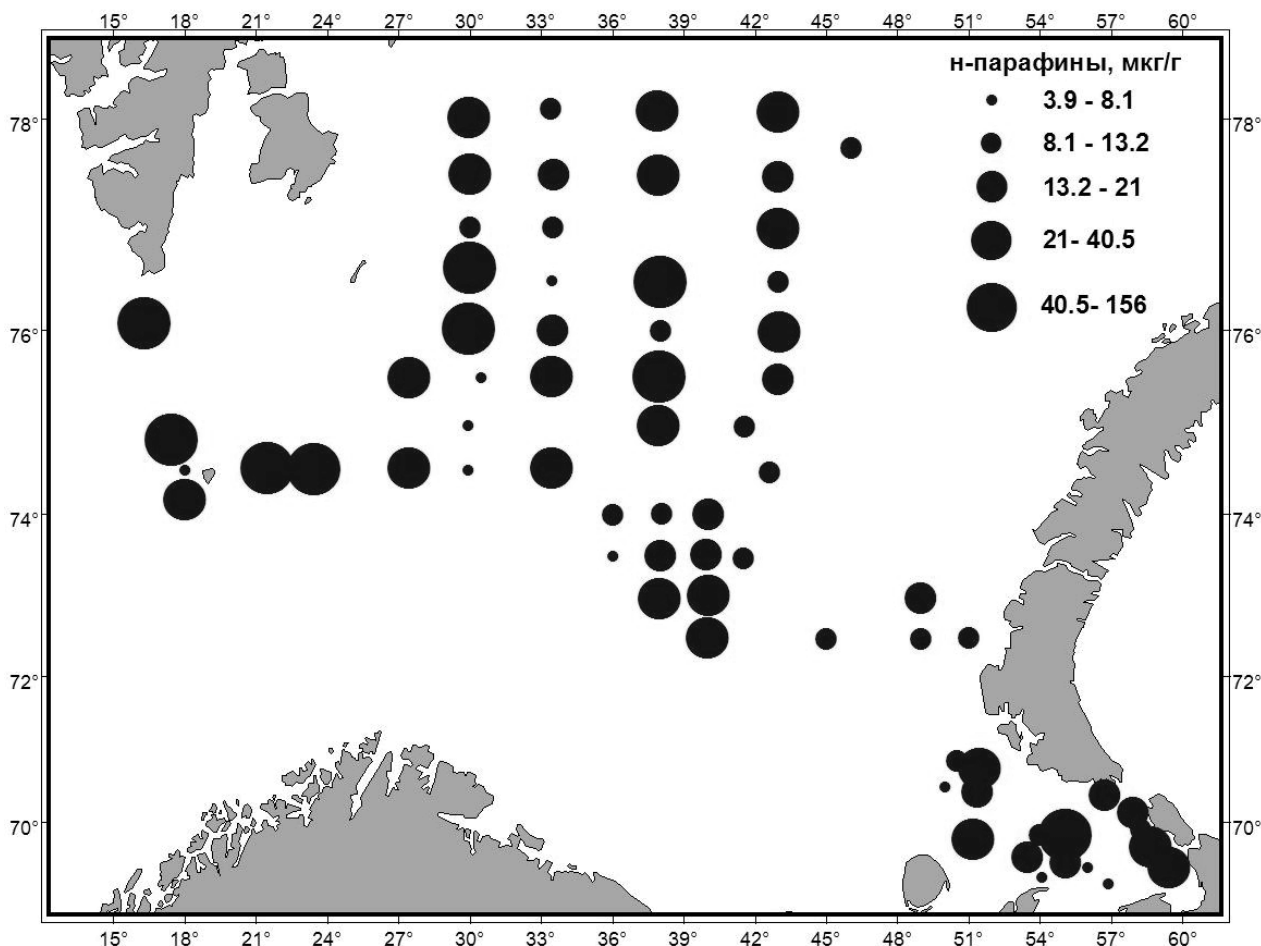


Рис. 5. Содержание *n*-парафинов в донных осадках Баренцева моря

Большая часть значений содержания алифатических углеводородов в верхнем слое донных осадков исследованных районов Баренцева моря лежало в интервале 3,90–105,60 мкг/г. На общем фоне выделялись три станции, где превышение могло быть вызвано попада-

нием пробоотборника на участок с локальным загрязнением судовым топливом (ст. 5 и 28). В Печорском море (район ст. 74) имеются нефтегазоносные структуры (Северо-Колоколморская, Зверобойная и Междушарская) и повышенное содержание *n*-парафинов может быть вызвано диффузией нефтяных углеводородов из нижележащих толщ осадков к поверхности (Петрова, Иванов, 1995; Иванов, 2004).

Нормальные алканы в верхнем слое донных осадков представлены широким спектром углеводородов от C₁₁ до C₃₀. Из изопреноидов были идентифицированы пристан (iC₁₉) и фитан (iC₂₀), отношение которых можно использовать как индикатор степени превращения углеводородов, их природы и условий нахождения в донных осадках. О том, что в составе алифатических соединений донных осадков нефтегазоносных структур преобладают углеводороды нефтяного происхождения, свидетельствуют динамика соотношения изопреноидов пристан/фитан в донных осадках Печорского моря — <1,0, а также доминирование низкокипящих алканов. Одним из наиболее четких критериев определения нефтяных углеводородов в исследованных пробах является наличие на хроматограммах экстрактов углеводородов, выделенных из донных осадков, «горба» неразделенных газовой хроматографией соединений, которые представлены в основном циклоалканами и нафтеноароматическими углеводородами (Пересыпкин, Александров, 1996).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что в составе нормальных парафинов донных отложений исследованных районов Баренцева моря преобладали углеводороды нефтяного происхождения, их содержание варьировало в широком диапазоне и было значительно ниже техногенного фоновое уровня. Гранулометрический состав донных осадков оказывал существенное влияние на характер распределения алифатических углеводородов. В донных осадках с преобладанием тонко-зернистых фракций содержание *n*-парафинов было выше.

ЛИТЕРАТУРА

- Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. — М.: Научный Мир, 2002. — 135 с.
- Иванов Г.И. Источники нефтяного загрязнения Западно-Арктического шельфа России // Нефть и газ Арктического шельфа-2004: Материалы Междунар. конф. — Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2004. — С. 103–107.
- Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 528 с.
- Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях. — М.: Гидрометеиздат, 1979. — № 43. — 36 с.
- Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь — донные осадки). — М.: Научный Мир, 2004. — 328 с.
- Руденко Б.А., Федоров К.П., Виноградов Б.А., Белов В.Ф. О дифференциации углеводородов нефтяного и биологического происхождения в морской воде методом газовой хроматографии // Тр. ГОИН. — 1981. — Вып. 162. — С. 87–93.
- Пересыпкин В.И., Александров А.В. Поступление и особенности распределения алканонафтеновых углеводородов в донных осадках Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. — 1996. — Т. 36, № 5. — С. 727–734.
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. — М.: ВНИРО, 1999. — 304 с.
- Петрова В.И., Иванов Г.И. Органо-геохимические аспекты экологии Баренцева моря // Освоение шельфа Арктических морей России. — СПб., 1995. — С. 371–372.
- Руководство по химическому анализу морских вод (РД 52.10.243-92). — СПб.: Гидрометеиздат, 1993. — 264 с.
- Химические процессы в экосистемах северных морей (гидрохимия, геохимия, нефтяное загрязнение) / Г.Г. Матишов, Л.Г. Павлова, Г.В. Ильин и др. — Апатиты, 1997. — 404 с.
- The Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediments: UNESCO Manuals and Guides. — 1982. — № 11. — 38 p.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД АМУРСКОГО ЗАЛИВА

Т.В. Бойченко, Н.К. Христофорова, Л.С. Бузолева
Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия,
e-mail: marineecology@mail.ru

Амурский залив — один из заливов второго порядка, входящих в состав зал. Петра Великого, который считается одним из наиболее продуктивных районов дальневосточных морей (Подорванова и др., 1989). Однако из-за отсутствия достаточно мощных и эффективных городских очистных сооружений прибрежные воды Амурского залива в течение десятилетий используются как приемник почти неочищенных сточных вод. Основные источники загрязнения залива — это промышленные и бытовые стоки Владивостока и его пригородов, морской транспорт, сельскохозяйственные стоки и сточные воды Уссурийска, поступающие в залив вместе с водами р. Раздольной (Tkalin et al., 1993; Огородникова, 2001; и др.).

За последние 20 лет ситуация в заливе существенно изменилась. В связи со спадом экономики в 1990-е гг. изменился объем и характер стоков: уменьшилось количество промстоков, но возросло количество хозяйственно-бытовых стоков, которое сопровождается усилением органического загрязнения залива. По сравнению с 1988 г. в 2000 г. произошло снижение объемов сброса сточных вод на 53,3 млн м³/год (44 %). В 2000 г. общий объем сточных вод составил 67,8 млн м³/год, из них 44,4 — без очистки; 12,1 — недостаточно очищенных; 11,3 млн м³/год — нормативно чистых (без очистки). По многолетним наблюдениям, наиболее загрязненными являются внутренняя и прилегающая к Владивостоку части залива (Нигматулина, 2007).

Использование различных методов оценки качества среды залива, таких как гидрохимический контроль, биоиндикация (Khristoforova, Kozhenkova 2002; Маркина и др., 2007; и др.), определение нефтеуглеводородов (Черняев и др., 2006), тяжелых металлов в воде, грунтах и гидробионтах (Христофорова, Коженкова, 2000; Ковековдова, Симоконь, 2004; Марченко, 2007; и др.) предоставляли возможность выявить лишь определенный вид загрязнения, но не давали комплексного анализа его состояния. В связи с этим поиск и использование оперативных экспресс-методов оценки качества среды, позволяющих своевременно выявить изменение экологической ситуации, являются чрезвычайно актуальными.

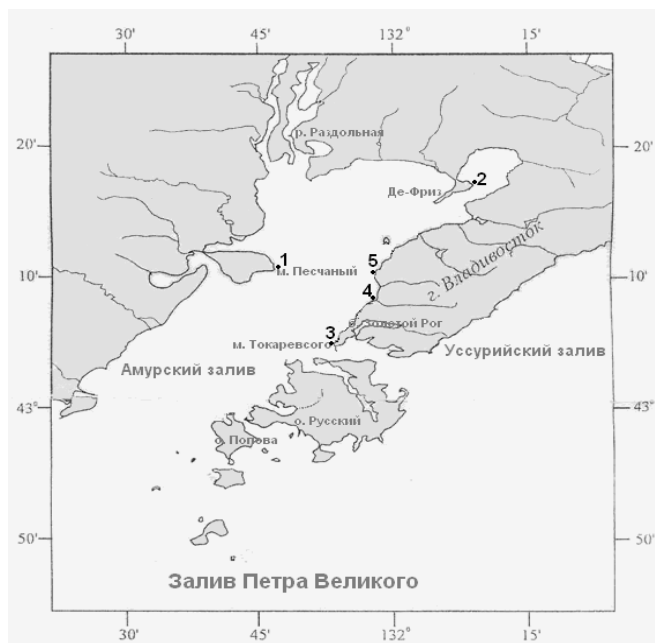
Среди методов биологического контроля в оценке качества среды наиболее адекватными являются методы микробной индикации. Применение этих методов позволяет оценить степень и характер загрязнения морской воды. Микробиологические методы дают возможность определить наличие в водной среде широкого спектра загрязняющих веществ (Цыбань и др., 1990). Кроме того, микроорганизмы являются удобными объектами для изучения, поскольку они отличаются уникальной способностью быстрой адаптации к изменяющимся условиям среды обитания, имеют возможность трансформировать и утилизировать практически все существующие в природе органические соединения, обладают высокими темпами размножения и значительной скоростью роста (Руководство ..., 1992; Олейник и др., 1996).

Целью данной работы являлась оценка современного состояния прибрежных вод Амурского залива, с помощью методов микробной индикации.

В 2007 г. весной, летом и осенью были проведены комплексные экспедиции в Амурском заливе, которые включали химико-экологическую оценку качества вод и изучение микробных сообществ водной толщи. Настоящая работа является частью этих комплексных исследований. Выбирая сезоны, мы руководствовались рабочей гипотезой о проявлении разных источников загрязнения в зависимости от времени года: весна — поверхностный смыл, лето — мощное рекреационное воздействие и развитие продукционных процессов, осень — прекращение действия рекреации, разбавление вод осадками, снижение скорости создания продукции и развитие деструктивных процессов. Кроме того, учитывается вклад очистных сооружений, действовавших в течение всего года. На рис. 1 показан район работ и станции отбора проб. Ст. 1 (мыс Песчаный) — западная сторона залива, находящаяся под влиянием р. Амба и других малых

рек, а также стоков промышленного города Уссурийска и смылов с полей, ферм и сельхозугодий, расположенных в долине р. Раздольной, загрязненные воды которой движутся вдоль западного берега залива. Ст. 2 (п-ов Де-Фриза) — вершина залива, куда сбрасываются воды после станции биологической очистки, расположенной на этом полуострове. Ст. 3 (Токаревский маяк) — выход из самой загрязненной акватории в зал. Петра Великого — бухта Золотой Рог. Ст. 4 (Спортивная гавань) — отражает антропогенное влияние на залив и состояние рекреационных участков акваторий. Ст. 5 (Вторая речка) — поставщик разнообразных стоков в прибрежную зону от мощного жилого массива и промышленных предприятий.

Рис. 1. Район работ и станции отбора проб: 1 — мыс Песчаный, 2 — п-ов Де-Фриза, 3 — Токаревский маяк, 4 — Спортивная гавань, 5 — Вторая речка



Пробы отбирали из поверхностного слоя воды в стерильные пластиковые шприцы объемом 20 мл, и анализировали непосредственно после доставки в лабораторию. Количество бактерий отдельных физиологических групп (нефтеуглеводородокисляющих, фенолокисляющих) оценивали на основе метода предельных разведений с использованием элективных сред, для приготовления которых использовали дрожжевой экстракт (0,005 %) с минеральными солями, куда добавляли один из следующих субстратов: нефть, дизельное топливо, фенол (в конечной концентрации 0,1 %) как единственный источник углерода для бактерий (Руководство ..., 1980). Количество липолитиков определяли на среде Селибера с добавлением оливкового масла. Для определения наиболее вероятного числа клеток микроорганизмов использовали таблицу Мак-Креди (Руководство ..., 1983).

Анализ численности колониеобразующих форм гетеротрофных микроорганизмов (КГМ) проводили на среде СММ (среда для морских микроорганизмов) с добавлением 1,5 %-ного агара чашечным методом Коха (Youchimizu, Kimura, 1976). Бактерии группы кишечной палочки обнаруживали с использованием селективной среды Эндо. Определяли каталазоположительные, оксидазоотрицательные грам-отрицательные бактерии (Руководство ..., 1983). Количество металл-резистентных форм в сообществе гетеротрофных культивируемых микроорганизмов определяли также чашечным методом Коха, используя селективные среды, приготовленные на основе среды СММ с добавками солей металлов в концентрациях, ингибирующих рост чувствительных форм бактерий. В качестве добавок использовали хлориды металлов — Cu, Pb, Cd.

Результаты и их обсуждение. Весна. Как видно из данных рис. 2, общая численность гетеротрофных бактерий на разных станциях значительно варьирует.

Наибольшее количество гетеротрофов наблюдается на ст. 5 (предустье Второй речки) и 1 (мыс Песчаный), составляя соответственно $7,2 \cdot 10^5$; $2,4 \cdot 10^5$ КОЕ/мл, наименьшее — на Спортивной гавани (ст. 2) ($4,0 \cdot 10^3$ КОЕ/мл). Следовательно, показатели численности гетеротрофов различаются на два порядка величин, свидетельствуя о разнокачественности вод: олигосапробных — в Спортивной гавани и мезосапробных — на остальных станциях.

Численность гетеротрофных микроорганизмов во многом определяются различными экологическими факторами, одним из которых является наличие доступной органики. Таким образом, предустьевая зона Второй речки загрязнена органическими веществами в наибольшей степени.

Практически на всех станциях (исключая мыс Песчаный), отмечено присутствие энтеробактерий, наличие которых превышает допустимый нулевой уровень (СанПин № 4631-88) (рис. 3). Максимальное число энтеробактерий найдено в предустье Второй речки ($1,9 \cdot 10^3$ КОЕ/мл). Это высокое число объясняется выходом коллектора, несущего коммунально-бытовые стоки от жилмассива и предприятий микрорайона Вторая речка. Практически равные показатели численности энтеробактерий ($(2,4-2,5) \cdot 10^2$ зафиксированы в водах у п-ова Де-Фриза и на Спортивной гавани.

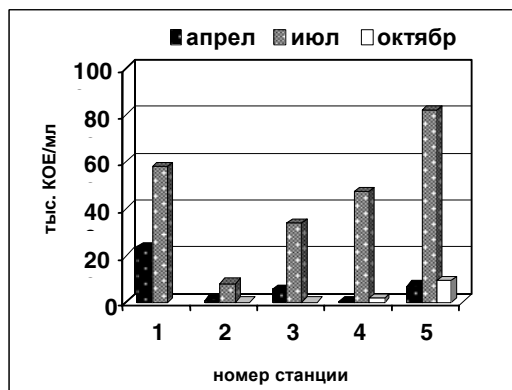


Рис. 2. Сезонная динамика численности гетеротрофных микроорганизмов в прибрежных водах Амурского залива



Рис. 3. Сезонная динамика численности энтеробактерий в прибрежных водах Амурского залива

Как отмечалось, на п-ове Де-Фриза находятся очистные сооружения биологической очистки вод, в Спортивную гавань добегают воды, сбрасываемые от гостиницы «Амурский Залив». Сходное количество энтеробактерий на этих двух станциях говорит о том, что очистные сооружения не справляются с нагрузкой и недоочищают поступающие на них сточные воды. В ходе исследований выявлено, что вся акватория Амурского залива в той или иной степени подвержена фенольному загрязнению. Как следует из данных таблицы, наибольшее содержание фенолоксилирующих бактерий выявлено у мыса Песчаного — $2,0 \cdot 10^5$ кл/мл, наименьшее — в районе сброса сточных вод после очистных сооружений — $1,5 \cdot 10^3$ кл/мл. Высокая численность бактерий у мыса Песчаного обусловлена, по-видимому, природными источниками — стоком многочисленных межгорных рек и ручьев западного побережья залива, выносящих продукты деструкции растительного опада и разрушения павших стволов деревьев.

Максимальная численность нефтеокисляющих микроорганизмов выявлена на ст. Вторая речка ($4,5 \cdot 10^4$ кл/мл), что, по-видимому, вызвано утечками с судов, стоящих на рейде, а также смывом с поверхности микрорайона, где находятся мусоросжигательный завод, воинские части, автозаправки, автомобильные мойки. Самая низкая численность микроорганизмов этой группы зарегистрирована у п-ова Де-Фриза — $4,5 \cdot 10^3$ кл/мл.

Число микроорганизмов, расщепляющих жиры, на всех пяти станциях изменяется в пределах порядка величин, с наибольшим количеством в устье Второй речки ($1,5 \cdot 10^3$ кл/мл), минимумом у п-ова Де-Фриза.

Как видно на рис. 4, Cu- и Cd-устойчивые микроорганизмы распределяются в прибрежной зоне залива практически равномерно, при этом численность Cu-устойчивых везде на порядок величин больше, чем Cd-устойчивых. Неравномерностью распределения характеризуются Pb-устойчивые бактерии: наибольшее их количество обнаружено у Токаревского маяка и в устье Второй речки ($5,7 \cdot 10^3$ и $2,1 \cdot 10^3$ КОЕ/мл соответственно), что, очевидно, вызвано поверхностным смывом и переносом к прибрежным водам автомобильного выхлопа. Спортивная гавань наиболее защищена как от поверхностного стока, так и от автотранспортного загрязнения, о чем свидетельствуют наименьшие показатели численности Pb-устойчивых бактерий. Подтверждается эта мысль и наименьшим числом в гавани Cu- и Cd-устойчивых бактерий, отражающих уровень антропогенного и техногенного пресса.

Лето. В летний период у мыса Песчаного количество нефте- и фенолоксилирующих микроорганизмов, деструкторов дизельного топлива возросло в несколько раз — наблюдается рост органического загрязнения. Металл-резистентные микроорганизмы, напротив, отсут-

вуют, за исключением Cd-устойчивых бактерий ($6,8 \cdot 10$ КОЕ/мл), численность которых, однако уменьшалась, на два порядка величин по сравнению с весной.

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах Амурского залива (2007 г.)

Станция	Эколого-трофические группы микроорганизмов (кл/мл)			
	ДТ	Ф	Н	Л
Апрель				
1. Мыс Песчаный	$1,5 \cdot 10^5$	$2,0 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^2$
2. П-ов Де-Фриза	$1,5 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^2$
3. Токаревский маяк	$4,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^2$
4. Спортивная гавань	$9,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^2$
5. Вторая речка	$4,5 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$
Июль				
1. Мыс Песчаный	$2,5 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^4$
2. П-ов Де-Фриза	$1,5 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$
3. Токаревский маяк	$4,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^5$	$2,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$
4. Спортивная гавань	$9,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^5$	$9,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$
5. Вторая речка	$2,5 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^3$
Октябрь				
2. П-ов Де-Фриза	$4,5 \cdot 10^2$	—	$2,5 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^3$
3. Токаревский маяк	$4,5 \cdot 10^2$	—	$2,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^2$
4. Спортивная гавань	$9,5 \cdot 10^4$	—	$9,5 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$
5. Вторая речка	$2,5 \cdot 10^3$	—	$4,5 \cdot 10^4$	$4,5 \cdot 10^2$

Примечание. ДТ — деструкторы дизельного топлива, Ф — фенолоксиляющие микроорганизмы, Н — нефтеоксиляющие микроорганизмы, Л — липолитики.

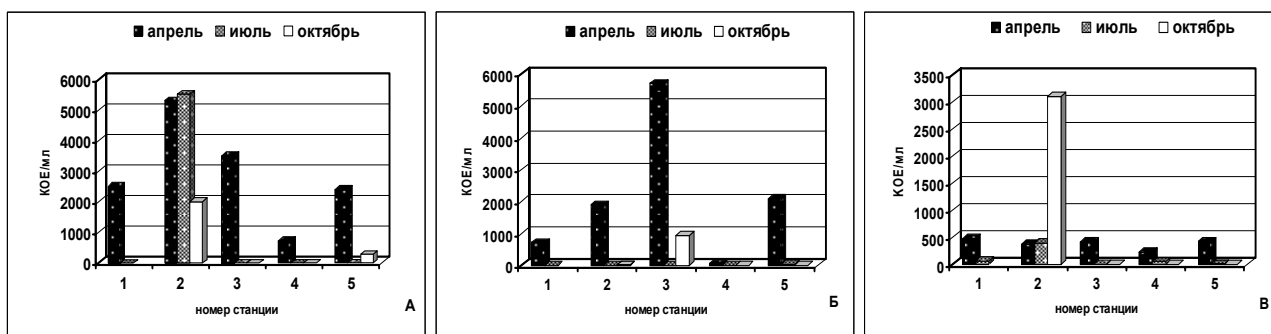


Рис. 4. Сезонная динамика численности металл-резистентных микроорганизмов в поверхностных водах: А — Cu-резистентные, Б — Cd-резистентные, В — Pb-резистентные микроорганизмы

У п-ова Де-Фриза зафиксировано сильное увеличение количества энтеробактерий, обусловленное недоочищенными водами очистных сооружений, пресом отдыхающих и увеличением температуры, способствующим развитию данной группы микроорганизмов.

На Спортивной гавани, также происходит заметное увеличение численности энтеробактерий (на два порядка по сравнению с весной), что, несомненно, связано с мощным пресом рекреантов. Липолитики подтверждают этот антропогенный пресс. Помимо данных эколого-трофических групп здесь фиксируются также деструкторы дизельного топлива и нефтеоксиляющие микроорганизмы, что связано с активным использованием отдыхающими катеров, моторных лодок и других плавсредств, а также регулярными рейсами маломерных судов, швартующихся у пирса в этой гавани.

В предустье Второй речки в летний сезон также возросло количество энтеробактерий и липолитиков. Кроме того, здесь фиксируются Pb-устойчивые микроорганизмы, что связано с загрязнением, поступающим от автомобильного транспорта.

Осень. В октябре на ст. 2, как и в апреле, выявляются минимальные количества нефтеоксиляющих микроорганизмов. Однако обращают на себя внимание Cd-резистентные бактерии ($3,1 \cdot 10^3$ КОЕ/мл). Если для апреля мы указывали на равномерность распределения микроорганизмов этой эколого-трофической группы по акватории залива, то осенью они фиксируются только у п-ова Де-Фриза, причем на порядок величин больше, чем в июле.

Привлекает внимание и ст. 4, где регистрируются низкие количества нефтеокисляющих микроорганизмов (на два порядка ниже, чем в июле), что, очевидно, связано с прекращением навигации маломерных судов, а также с понижением температуры.

Cu-резистентные микроорганизмы, являются показателями антропогенного пресса. В апреле их численность была примерно одинаковой по всему заливу, но к октябрю, после активного перемешивания вод, они фиксировались лишь на ст. 5 и 2 ($2,8 \cdot 10^2$ и $2,0 \cdot 10^3$ КОЕ /мл соответственно).

Ст. 3 выделялась количеством Pb-резистентных микроорганизмов ($9,5 \cdot 10^2$ КОЕ/мл), что, очевидно, обусловлено поверхностным смывом после осенних дождей и выносом загрязненных вод из бухты Золотой Рог. Осенью их содержание находилось практически на таком же уровне, как и весной.

С помощью микробной индикации дана оценка состояния прибрежных вод Амурского залива. Выявлено распределение эколого-трофических групп микроорганизмов (КГМ, энтеробактерии, Cu-, Cd-, Pb-резистентные микроорганизмы, липолитики, фенолдеградаторы, нефтеуглеводородоокисляющие микроорганизмы), характеризующих влияние человека на прибрежную зону залива. Полученные результаты показали, что отклик микроорганизмов, адаптированных к конкретным видам загрязняющих веществ, объективно отражает не только общее загрязнение акватории, но также указывает на уровень содержания и источники поступления отдельных поллютантов.

ЛИТЕРАТУРА

Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тенденция изменения химико-экологической ситуации в прибрежных акваториях Приморья. Токсичные элементы в донных отложениях и гидробионтах // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 137. — С. 310–320.

Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А., Журавель Е.В. Биотестирование воды из Амурского залива с помощью культуры микроводоросли *PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM* BOHLIN (*BACILLARIOPHYTA*) // Материалы конф. «Морская Экология-2007». — Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2007. — Т. 1. — С. 152–156.

Марченко А.Л. Тяжелые металлы в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья: Автореф. ... канд. биол. наук. — 2007.

Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 1. — С. 73–76.

Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы зал. Петра Великого. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. — 193 с.

Олейник Г.Н., Якушин В.М., Кабакова Т.Н. Реакция бактериопланктона как индикатор изменений в экосистеме водоемов в результате антропогенного загрязнения // Гидробиол. журн. — 1996. — Т. 32, № 2. — С. 29–41.

Подорванова Н.Ф., Иващенко Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1989. — 199 с.

Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. — М.: МГУ, 1983. — 390 с.

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. А.В. Цыбань. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 193 с.

Христофорова Н.К., Коженкова С.И. Изменение уровней тяжелых металлов в морской среде // ДАН. — 2000. — Т. 374, № 1. — С. 136–138.

Цыбань А.В., Панов Т.В., Барина С.П. Индикаторная микрофлора в Балтийском море // Исследование экосистемы Балтийского моря. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — Вып. 3. — С. 69–83.

Черняев А.П., Лукьянова О.Н., Черкашин С.А. Распределение нефтяных углеводородов и оценка состояния биоты в Амурском заливе (Японское море) // Экол. химия. — 2006. — Т. 15. — С. 28–38.

Khristohorova N.K., Kozhenkova S.I. The use of the brown algae *Sargassum* spp. In heavy metal monitoring of the marine environment near Vladivostok, Russia // Ocean and Polar research. — 2002. — Vol. 24(4). — P. 325–329.

Tkalin A.V., Belan T.A., Shapovalov E.N. The state of marine environment near Vladivostok, Russia // Mar. Pollut. Bull. — 1993. — Vol. 26. — P. 418–422.

Youchimizu M., Kimura T. Study of intestinal microflora of Salmonids // Fish. Pathol. — 1976. — Vol. 10, № 2. — P. 243.

ХЛОРОРГАНИЧЕСКИЕ ПЕСТИЦИДЫ В МОРСКИХ, ПРЕСНОВОДНЫХ И ЭСТУАРНЫХ ВИДАХ РЫБ ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО И ОЗ. ХАНКА

М.Д. Боярова¹, О.Н. Лукьянова²

¹ Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток, Россия

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, г. Владивосток, Россия

Пестициды — собирательный термин, включающий различные химические соединения, применяемые для борьбы с вредными организмами в сельском хозяйстве, здравоохранении, промышленности. Среди пестицидов ранее широко применялись и до сих пор применяются во многих странах хлорорганические соединения, в первую очередь дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ) и гексахлорциклогексан (ГХЦГ). Их популярность обуславливается высокой токсичностью, устойчивостью, экономической эффективностью. Однако со временем накапливались данные об их опасности для дикой природы и человека. Многие из этих веществ, помимо высокой токсичности, обладают ярко выраженными кумулятивными свойствами и накапливаются в организме, вследствие чего наблюдаются изменения иммунологического статуса, мутагенные и тератогенные аномалии. В настоящее время практически все природные биоценозы в той или иной мере подвержены действию пестицидов. Большой антропогенный пресс испытывают пресные водоемы, прибрежные зоны морей, эстуарии. В связи с высокой персистентностью (устойчивостью) во внешней среде, способностью к аккумуляции и многочисленными отдаленными последствиями применения, изучение накопления пестицидов в биосфере остается актуальным. В водных экосистемах пестициды адсорбируются на частицах органического вещества и оседают на дно. Донные отложения, таким образом, становятся вторичным источником загрязнения гидробионтов (Павлова, 1992; Сапожников, Соколова, 1994; Исидоров, 1999).

Регулярный мониторинг содержания ХОП в водных организмах Дальнего Востока России ранее не проводился. Некоторые данные об уровне ХОП в морских экосистемах приведены в работе А.В. Ткалина с соавторами (Tkalin et al., 1997). Целью данной работы является определение современного уровня содержания пестицидов в некоторых промысловых видах рыб различных экологических групп.

Согласно общей схеме метаболизма ксенобиотиков в организме животных, основное количество поступающих токсикантов аккумулируется в печени. Печень у рыб, как и у многих других живых организмов, выполняет основную роль в детоксикации и хранении поллютантов. Содержание пестицидов было определено в печени рыб, собранных в 2000–2006 гг. в различных районах зал. Петра Великого Японского моря и оз. Ханка.

Во всех образцах печени рыб из зал. Петра Великого были определены изомеры ГХЦГ (α , β , γ) и ДДТ и его метаболиты (ДДД и ДДЕ). Максимальные концентрации ХОП были обнаружены в печени камбалы полосатой из Амурского залива, минимальные — в печени сельди тихоокеанской из зоны влияния р. Туманной.

Суммарное содержание ХОП в печени звездчатой камбалы, выловленной в Амурском заливе и бухте Сивучьей, составляло соответственно 55,0 и 135,2 нг/г. В печени этого же вида камбал из заливов северо-востока Сахалина в 1996 г. максимальная сумма ХОП была 17,5 нг/г, а минимальная — 2,1 нг/г сырой массы (Христофорова, Латковская, 1998). Содержание ХОП в печени камбалы Глосса из Аральского моря варьировало от 13 до 28 нг/г (Амиргалиев и др., 1993). В печени камбал *Pleuronectes platessa* из Северного моря сумма ХОП составляла 54 нг/г и преобладали пестициды группы ДДТ (42 нг/г) (Franklin, 1987). Сумма ДДТ и его метаболитов в печени камбал из побережья и эстуариев атлантического побережья США составляла от 11 до 390 нг/г сырой массы (Hanson, 1997). В печени трески (*Gadus morhua*), выловленной в прибрежных водах зал. Мэн Атлантического океана, у восточных берегов Северной Америки, максимальное суммарное содержание ДДТ и его метаболитов составляло 820,9 нг/г, сумма изомеров ГХЦГ равнялась 24,0 нг/г (Monosson, Lincoln, 2006). Таким образом, концентрации ХОП у рыб зал. Петра Великого соответствуют диапазону содержания пестицидов у рыб различных районов Мирового океана в современный период.

При изучении видовых особенностей аккумуляции хлорорганических соединений разными видами рыб установлено, что в печени трех видов камбал: звездчатая, полосатая и темная, выловленных в Амурском заливе, максимальная концентрация ХОП составляла 736 нг/г у полосатой камбалы. В печени звездчатой камбалы сумма пестицидов равнялась 55 нг/г и преобладали изомеры ГХЦГ (49 нг/г). Высокие концентрации пестицидов были определены и в печени темной камбалы, но у данного вида преобладала сумма ДДТ и его метаболитов (352 нг/г). Полученные различия могут быть вызваны как особенностями метаболизма, так с разным уровнем содержания липидов в органах на определенных стадиях репродуктивного цикла. Это вызывает различную активность процессов биотрансформации и приводит к неодинаковой аккумуляции липофильных ксенобиотиков (Garcia et al., 2000).

В печени полосатой камбалы из Амурского залива сумма ХОП, как изомеров ГХЦГ, так и ДДТ и его метаболитов была выше, чем в Уссурийском заливе за все годы исследований. Это отражает, несомненно, более высокую степень загрязнения Амурского залива (рис. 1).

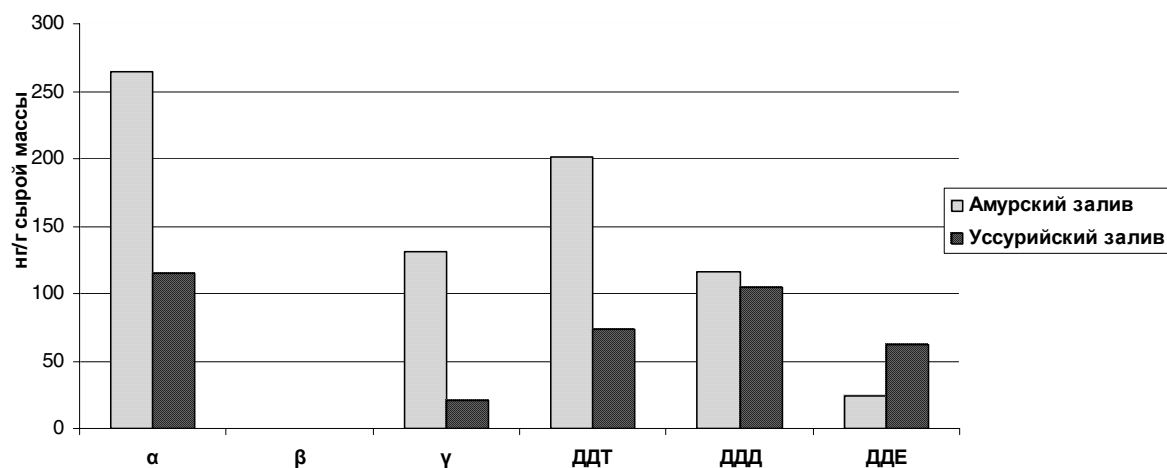


Рис. 1. Максимальные содержания изомеров ГХЦГ и ДДТ и его метаболитов в печени полосатой камбалы из Амурского и Уссурийского заливов

В состав ихтиофауны зал. Петра Великого входят весьма разнородные по экологической характеристике виды рыб. В бухте Сивучьей в юго-западной части залива из видов-резидентов — постоянных обитателей вод залива, исследованы донные и придонные виды — камбала, навага, золотистый бычок, керчак снежный, а также пелагические — сельдь, крупночешуйная красноперка и лобан. В печени у типично донных рыб (камбалы) содержание изомеров ГХЦГ выше (звездчатая — 135,0 нг/г, темная — 160,0 нг/г), чем у пелагических видов (сельдь — 10,6 нг/г, красноперка — 53,0 нг/г). Способность ХОП адсорбироваться на частицах взвеси и аккумулироваться в осадках способствует их большему накоплению в органах именно придонных рыб. Среди исследуемых видов пелагических рыб наибольшее суммарное содержание ХОП выявлено в печени лобана, в 3 раза больше, чем у красноперки, и в 13 раз больше, чем у сельди. Лобан является типичным южным мигрантом и приходит в зал. Петра Великого из прибрежных, более загрязненных вод Корейского полуострова.

В 2006 г. определяли содержание пестицидов в крупночешуйной и мелкочешуйной красноперке, выловленных в эстуарии р. Раздольной в кутовой части Амурского залива (см. таблицу).

Суммарное содержание ХОП в печени красноперок в 2006 г. составляло от 230 до 400 нг/г сырой массы. В печени камбал из Амурского залива в этот период сумма ХОП была в диапазоне от 50 до 70 нг/г. В эстуариях, в зоне смешения морских и пресных вод, растворимость хлорорганических соединений увеличивается, и они в большей степени аккумулируются водными организмами. Поэтому, как правило, содержание ХОП у эстуарных видов выше, чем у морских.

Хлорорганические соединения в печени рыб из исследованных районов зал. Петра Великого присутствовали как в виде исходного вещества, так и как продукты его деградации.

Известно, что степень деградации позволяет определить давность нахождения пестицида в среде (Ровинский и др., 1990). Отражением этого процесса являются коэффициенты α/γ -ГХЦГ и ДДТ/ДДЕ. Увеличение относительного содержания α -ГХЦГ и ДДЕ говорит о давнем поступлении пестицидов в экосистемы и постепенном разложении исходных веществ — γ -ГХЦГ и ДДТ соответственно. Величина коэффициентов α/γ -ГХЦГ и ДДТ/ДДЕ в печени рыб, выловленных в устье р. Туманной, подтверждали «свежее» поступление пестицидов. В печени рыб из других районов коэффициент α/γ -ГХЦГ был выше единицы, что демонстрирует давность поступления загрязнителя в зал. Посыета, бухту Сивучья, Амурский и Уссурийский заливы. Значения коэффициента ДДТ/ДДЕ в 2004 г. в печени рыб из Амурского залива свидетельствовали о «свежем» поступлении ДДТ. Такая же закономерность отмечена для красноперок из эстуария р. Раздольной в 2006 г. У рыб из других районов зал. Петра Великого величина коэффициента была близка к единице, что позволяет сделать заключение о постепенной трансформации исходного вещества и накоплении в органах рыб метаболитов ДДТ. В печени камбал из заливов северо-востока Сахалина отношения концентраций α/γ -ГХЦГ составляли от 2,0 до 5,0, а ДДТ/ДДЕ до 0,2 отражая отсутствие поступления пестицидов в прибрежные воды (Христофорова, Латковская, 1998).

Содержание изомеров ГХЦГ и ДДТ и метаболитов (нг/г сырой массы) в органах красноперок (N = 3) из Амурского залива (2006)

Вид, орган	Изомеры ГХЦГ				Метаболиты ДДТ				Σ ХОП
	α -	β -	γ -	Σ	ДДТ	ДДД	ДДЕ	Σ	
Красноперка мелкочешуйная, мышцы	0–1,9	0–2,5	Н/о	1,9–2,5	0,2–5,9	0–2,4	4,9–6,3	8,9–10,8	10,8–13,3
Красноперка крупночешуйная, мышцы	1,2–1,4	0–1,1	Н/о	1,2–2,3	3,0–3,9	0–1,8	2,8–5,5	5,8–13,0	7,2–15,3
Красноперка мелкочешуйная, печень	17–11	0–7	0–9	17–27	109–206	30–48	70–104	210–311	237–328
Красноперка крупночешуйная, печень	12	8	6	26	156	58	162	379	403

Результаты исследований показывают, что степень загрязнения рыб, выловленных в зал. Петра Великого, примерно соответствует состоянию рыб из прибрежья и эстуариев различных районов мира. В настоящее время рыбы из зал. Петра Великого более загрязнены хлорорганическими пестицидами, чем рыбы из прибрежных вод о. Сахалин, но значительно меньше, чем рыбы из Балтийского моря или Атлантического побережья США. Поступление пестицидов продолжается в отдельные районы прибрежных вод Приморья, находящихся под влиянием трансграничного переноса поллютантов (устье р. Туманной) и активной хозяйственной деятельности населения (Амурский залив).

В 2005 г. было проведено исследование содержания пестицидов в рыбах оз. Ханка. Были проанализированы рыбы-бентофаги — косатка-скрипун (*Pseudobagrus fulvidraco*), конь пестрый (*Hemibarbus maculatus*) и хищники — верхогляд (*Chanodichthys erythropterus*) и амурская щука (*Esox reichertii*). Пестициды обнаружены у всех исследованных организмов. Общая сумма ХОП у бентофагов составляла 130, хищников — от 340 до 890 нг/г сырой массы (рис. 2).

Среди изомеров ГХЦГ преобладал гамма-изомер, концентрация ДДТ практически у всех видов была выше ДДД и ДДЕ. Величины коэффициентов альфа ГХЦГ/гамма ГХЦГ и ДДТ/ДДЕ позволяют судить о продолжающемся поступлении хлорорганических соединений в экосистему оз. Ханка.

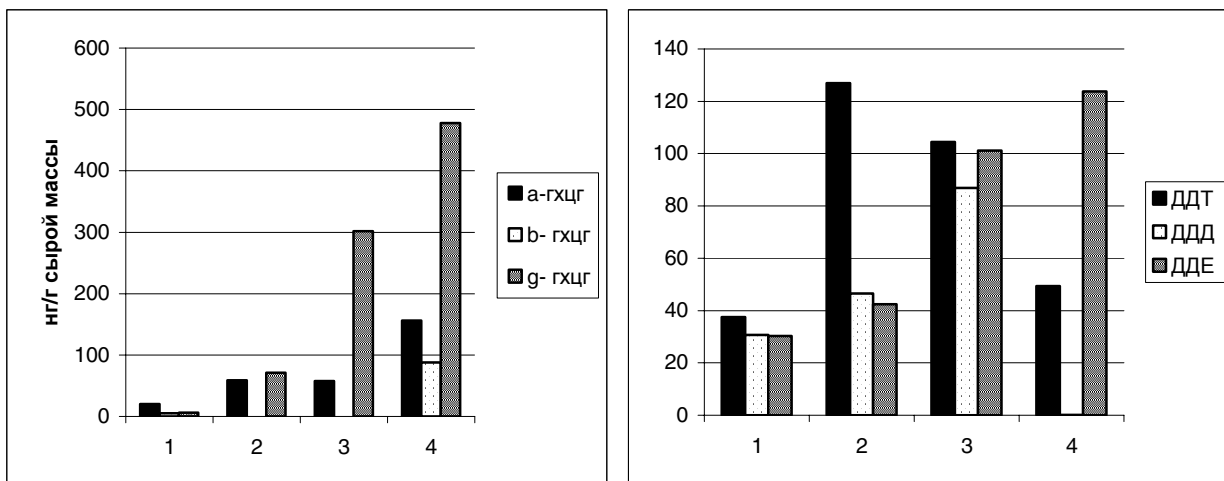


Рис. 2. Содержание ДДТ и его метаболитов и изомеров ГХЦГ в печени рыб оз. Ханка: 1 — конь пестрый, 2 — верхогляд, 3 — косатка-скрипун, 4 — амурская щука

Общее содержание ХОП у рыб оз. Ханка было выше, чем у эстуарных и морских рыб зал. Петра Великого.

ЛИТЕРАТУРА

Амиргалиев Н.А., Ермаханов З., Тагаева Ф.Е., Накупбеков С.Т. Уровень накопления пестицидов в органах и тканях камбалы, акклиматизированной в Аральском море // Особенности регулирования и нормирования поступления в рыбохозяйственные водоемы из диффузных источников. — СПб.: ГосНИОРХ, 1993. — Вып. 335. — С. 112–119.

Исидоров В.А. Введение в химическую экологию. — СПб.: Химиздат, 1999. — 144 с.

Павлова Л.Г. К вопросу об экологическом нормировании химических загрязняющих веществ, самоочищении и вторичном загрязнении северных морей // Теоретические подходы к изучению экосистем морей Арктики и Субарктики. — Апатиты, 1992. — С. 90–100.

Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 270 с.

Сапожников В.В., Соколова С.А. Распределение загрязняющих веществ в воде и донных осадках Белого моря // Комплексные исследования экосистемы Белого моря. — М.: ВНИРО, 1994. — С. 104–108.

Христофорова Н.К., Латковская Е.М. Хлорорганические соединения в заливах северо-востока Сахалина // Вестн. ДВО РАН. — 1998. — № 2. — С. 34–45.

Franklin A. Aquatic Environmental Monitoring Report: MAFF Direct. Fish. Res. — Lowestoft, 1987. — № 16. — 38 p.

Garcia L.V., Porte J., Albaiges J. Organochlorinated pollutants and xenobiotic metabolizing enzymes in Mediterranean mesopelagic fish // Mar. Pollut. Bull. — 2000. — № 40. — P. 764–768.

Hanson P.J. Response of hepatic trace elements concentration in fish exposed to elemental and organic contaminants // Estuaries. — 1997. — Vol. 20, № 4. — P. 659–676.

Monosson E., Lincoln D. Comparison of PCBs, organochlorine pesticides, and trace metals in cod liver from Georges Bank and Stellwagen Bank, USA and Canada // Mar. Pollut. Bull. — 2006. — № 52. — P. 572–597.

Tkalin A.V., Lishavskaya T.S., Hills J.W. Organochlorine pesticides in mussels and bottom sediments from Peter the Great Bay near Vladivostok // Ocean Res. — 1997. — Vol. 19, № 2. — P. 115–119.

ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В ВОДЕ АЗОВСКОГО МОРЯ

Л.А. Бугаев, С.И. Катаскова, А.В. Войкина, И.Н. Игнатенко, М.В. Матвейчук,
Л.С. Радишевская, В.А. Баева

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Ростов-на-Дону, Россия

Оценка загрязненности окружающей среды имеет большое значение для объяснения тех или иных феноменов, наблюдаемых в различных уровнях организации жизни. Гидробионты испытывают постоянный непосредственный контакт с водой через кожные покровы, в процессе дыхания и питания. По этой причине водные организмы гораздо в большей степени, чем наземные, подвержены негативным влияниям в случае загрязнения среды поллютантами различной природы.

В силу особенностей хозяйственной деятельности человека и небольшого размера, Азовское море испытывает существенный прессинг антропогенного происхождения. Все реки восточного и северного бассейнов проходят по районам с интенсивным сельским хозяйством. По данным исследований сотрудников Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Ракитский, 2004), в Ростовской области в последние годы (2000–2006) пестицидная нагрузка на поля составляет около 2 кг/га по действующим веществам. Химические вещества, используемые в сельскохозяйственном производстве, в растворенном и твердом виде выносятся в акваторию Азовского моря, где возможно их оседание и фильтрация в донных отложениях или разбавление в водной массе. В настоящее время в перечень разрешенных для применения включено более 600 наименований пестицидов, а объемы превышают тысячи тонн в год. Ассортимент препаратов постоянно изменяется, так же как изменяется соотношение тех или иных классов химических веществ, к которым относятся действующие вещества пестицидов.

С целью исследования загрязнения донных отложений и воды действующими веществами современных пестицидов был произведен отбор проб в прибрежной зоне акватории Азовского моря. Выбор точек отбора проб определялся особенностями географии: как правило, вблизи впадения рек или мест возможных активных турбулентных процессов, приводящих к усиленному оседанию и фильтрации веществ в донных отложениях (районы наносных кос).

Химический анализ предусматривал количественное определение содержания действующих веществ пестицидов в воде и донных отложениях методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Колонка 4,6x150,0 мм Reprosil-PUR ODS-3, 5 мкм (Элсико, Россия); термостатирование — 40 °С; подвижная фаза: ацетонитрил/вода (70/30) в изократическом режиме; скорость потока 0,3 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы — 10 мкл. Экстрагирование веществ из образцов воды и донных отложений проводилось согласно принятым методикам (Другов, Родин, 2002а, б).

Результаты исследований

Химический анализ на выявление в донных отложениях действующих веществ пестицидов дал следующие результаты (табл. 1). Стойкость веществ, которые были обнаружены, довольно высока. Для Тебуконазола, Пенцикурона и Ципроконазола стабильность от 1 до 20 лет. Наиболее токсичные вещества по показателям ПДК: Имазалил — 0,005 мг/л, Пенцикурон — 0,050 мг/л, Фамоксадон — 0,025 мг/л.

Токсическое воздействие пестицидов, аккумулированных в донных отложениях, на гидробионтов трудно оценить. Эти вещества исключены в основной своей массе из основного обменного фонда биогеохимического цикла. При этом происходят закономерные деструкционные процессы, ведущие к разложению веществ. Конечно, какая-то доля веществ попадает обратно в круговорот за счет придонных волнений воды, активности животных-детритофагов, но она очень незначительна.

Оценка по совокупной концентрации найденных в донных отложениях пестицидов показала, что наиболее загрязненными точками являлись районы устья р. Мокрая Чумбурка,

Ейский лиман и район гирла Бейсугского лимана. Наименее загрязнены донные отложения северной части Таганрогского залива. Причиной такого распределения, скорее всего, являются особенности грунтов, соотношение песчаных, илистых, глинистых фракций. Специально этот вопрос не исследовался.

Таблица 1

Содержание действующих веществ пестицидов в донных отложениях прибрежной зоны Азовского моря

Номер станции	Район отбора проб	Содержание веществ в донных отложениях, мг/кг сухой массы
1	Устье р. Мокрый Еланчик	Имидаклоприд — 1,21; Тиабендазол — 1,78; Тебуконазол — 0,03
2	Устье р. Миус	Имидаклоприд — 0,77; Тиабендазол — 1,46; Ленацил — 0,05; Этофумесат — 0,01
3	У восточного берега косы Беглицкая	Имидаклоприд — 1,02; Тиабендазол — 1,34; Ципроконазол — 0,01; Имазалил — 0,01; Фамоксадон — 0,01
4	Устье р. Кагальник	Имидаклоприд — 0,29; Тиабендазол — 2,56; Ленацил — 0,39; Этофумесат — 0,10
5	Устье р. Мокрая Чумбурка	Имидаклоприд — 1,84; Тиабендазол — 2,87; Этофумесат — 0,002
6	Ейский лиман	Имидаклоприд — 1,44; Тиабендазол — 2,33; Ципроконазол — 0,01; Этофумесат — 0,09; Имазалил — 0,03; Фамоксадон — 0,06
7	У косы Долгая	Не исследовалось
8	У косы Долгая	Не исследовалось
9	У косы Камышеватская	Не исследовалось
10	Ясенский залив, у гирла Бейсугского лимана	Имидаклоприд — 1,46; Тиабендазол — 1,92; Ципроконазол — 0,07; Этофумесат — 0,15; Фамоксадон — 0,02; Цинидон-этил — 0,03

Спектр загрязнения для донных отложений и воды, отобранных в одном месте совпадает не полностью, что может объясняться различным временем удержания веществ этими средами. Вода более динамична по составу поллютантов и отражает текущее поступление пестицидов в водоем, в отличие от донных отложений, где происходит постепенная кумуляция веществ и относительное выключение их из биогеохимических циклов.

Вода, в отличие от донных отложений, постоянно и непосредственно воздействует на гидробионтов через кожные покровы, пищеварительный тракт, жабры. Именно поэтому токсические вещества, присутствующие в воде гораздо опасней тех, которые седиментированы в донных отложениях. Для всех обнаруженных веществ имеются утвержденные ПДК для рыбохозяйственных водоемов, что позволяет провести оценку опасности, которую могут представлять эти вещества.

Система контроля и регламентации качества водной среды рыбохозяйственных водоемов основана на установлении предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воде путем выполнения экспериментальных исследований на гидробионтах — представителях разных трофических уровней водной экосистемы. В модельном водоеме токсическое действие каждого пестицида оценивается минимум на 8 тест-объектах по 32–58 тест-функциям, определяется 80–120 тест-параметров, на основании которых в конечном результате выводится предельно допустимая концентрация — величина, не оказывающая отрицательного влияния на режим среды и состояние ее обитателей. Для каждого пестицида лимитирующее звено — свое. Разброс величин токсикометрических параметров между звеньями может составлять 2–3 порядка.

Зная качественный и количественный состав загрязнения водной среды, тест-параметры, полученные при разработке норматива (ПДК), могут иметь диагностическое и

прогностическое значение в экспрессном мониторинге загрязнения теми или иными ксенобиотиками открытого рыбохозяйственного водоема. Принцип анализа основан на сопоставлении величины «загрязнения» и экспериментально установленных концентраций, при которых происходят физиолого-биохимические нарушения у гидробионтов и концентраций, при которых наступает гибель организмов.

В табл. 2 представлена краткая токсикологическая информация по обнаруженным в воде действующим веществам пестицидов. Для удобства и простоты даны только крайние значения по пороговой концентрации для наименее устойчивых гидробионтов (для каждого вещества свое звено) и летальные концентрации (ЛК₁₀₀) для наиболее устойчивых гидробионтов (для каждого вещества свое звено).

Таблица 2

Краткая токсикологическая характеристика действующих веществ пестицидов, обнаруженных в воде Азовского моря

Вещество	Концентрация в воде, мг/л	ПДК, мг/л	Пороговая концентрация, мг/л	ЛК ₁₀₀ , мг/л
Станция № 1				
Римсульфурон	0,0011	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0099	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0151*	0,0005	0,014	20,0
Станция № 2				
Имидаклоприд	0,0117	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0185*	0,0005	0,014	20,0
Тебуконазол	0,0002	0,1	0,2	80,2
Имазалил	0,0016	0,001	0,005	9,55
Фамоксадон	0,00001	0,005	0,025	50,0
Станция № 3				
Римсульфурон	0,0014	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0126	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0162*	0,0005	0,014	20,0
Этофумесат	0,0003	0,007	0,1	154,0
Тебуконазол	0,0002	0,1	0,2	80,2
Фамоксадон	0,0004	0,005	0,025	50,0
Станция № 4				
Дикамба	0,0008	50,0	100,0	3551,0
Римсульфурон	0,0003	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0094	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0011*	0,0005	0,014	20,0
Ципроконазол	0,0001	0,007	0,1	78,6
Станция № 5				
Дикамба	0,0007	50,0	100,0	3551,0
Римсульфурон	0,0004	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0102	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0027*	0,0005	0,014	20,0
Ленацил	0,0009	1,0	5,0	1600,0
Метрибузин	0,0002	0,5	1,0	370,7
Ципроконазол	0,0004	0,007	0,1	78,6
Этофумесат	0,0010	0,007	0,1	154,0
Тебуконазол	0,00003	0,1	0,2	80,2
Фамоксадон	0,0010	0,005	0,025	50,0
Станция № 6				
Римсульфурон	0,0001	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0081	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0020*	0,0005	0,014	20,0
Ципроконазол	0,00003	0,007	0,1	78,6
Имазалил	0,0001	0,001	0,005	9,55
Станция № 7				
Римсульфурон	0,0009	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0099	1,0	3,0	298,5
Тебуконазол	0,0159	0,1	0,2	80,2
Станция № 8				
Римсульфурон	0,0017	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0128	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0169*	0,0005	0,014	20,0
Ципроконазол	0,0145	0,007	0,1	78,6
Этофумесат	0,0003	0,007	0,1	154,0

Вещество	Концентрация в воде, мг/л	ПДК, мг/л	Пороговая концентрация, мг/л	ЛК ₁₀₀ , мг/л
Тебуконазол	0,0003	0,1	0,2	80,2
Фамоксадон	0,00003	0,005	0,025	50,0
Станция № 9				
Римсульфурон	0,0002	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0019	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0012*	0,0005	0,014	20,0
Ципроконазол	0,0001	0,007	0,1	78,6
Пенцикурон	0,00004	0,01	0,05	1000,0
Станция № 10				
Дикамба	0,0039	50,0	100,0	3551,0
Римсульфурон	0,0002	5,0	10,0	1663,3
Имидаклоприд	0,0132	1,0	3,0	298,5
Тиабендазол	0,0206*	0,0005	0,014	20,0
Тебуконазол	0,0004	0,1	0,2	80,2
Имазалил	0,0034	0,001	0,005	9,55

* Превышение концентрации действующего вещества в водоеме над значением ПДК.

Видно, что концентрации почти всех веществ, обнаруженные в различных местах водоемов не превышают предельно допустимые концентрации. Исключение составляет Тиабендазол (ПДК — 0,0005 мг/л). Причина очень низкого значения ПДК заключается не в его феноменальной токсичности, а в высокой стабильности. Если посмотреть таблицу, пороговая концентрации его намного выше и составляет 280 ПДК. Обнаруженные концентрации Тиабендазола в некоторых случаях находятся на уровне пороговых. Это северное побережье Таганрогского залива. Таким образом, обнаруженные в воде концентрации действующих веществ пестицидов являются очень незначительными при рассмотрении обособленного действия каждого вещества.

Однако загрязнение водного объекта в данных случаях состоит из нескольких пестицидов одновременно. Токсикологические эффекты пестицидов накладываются друг на друга, усиливая токсическое действие — так называемый эффект аддитивности. Механизм действия пестицидов на водные организмы неоднозначен и зависит от химической структуры вещества. Не всегда имеет место дозозависимый эффект, и расчет токсичности смеси по формуле Finney дает только среднюю острую летальность ЛК₅₀. Исходя из этого, для оценки опасности смеси «загрязнителей» для гидробионтов использовали всю зону экспериментально установленных токсичных параметров концентраций.

Подход направлен на выявление максимально возможного негативного эффекта. В реальности аддитивный токсический эффект значительно ниже за счет возможного отсутствия синергизма между веществами, высокой буферной способности естественных экосистем. Таким образом, опираясь на представления об аддитивном действии пестицидов на гидробионтов, можно предполагать следующие эффекты в экосистеме Азовского моря:

- Станция № 1: возможны отклонения биохимических показателей у рыб. Для гидробионтов остальных звеньев трофической цепи загрязнение безвредно.

- Станция № 2: возможна угроза для зоопланктона, фитопланктона и ихтиофауны, так как загрязнение находится в зоне пороговых и летальных концентраций.

- Станция № 3: возможны физиолого-биохимические нарушения у рыб и негативное воздействие на общую численность и коэффициент скорости роста микроводорослей. Для гидробионтов остальных звеньев трофической цепи загрязнение безвредно.

- Станция № 4: токсический эффект у гидробионтов всех трофических уровней отсутствует.

- Станция № 5: возможны физиолого-биохимические нарушения у рыб и негативное воздействие на общую численность и коэффициент скорости роста микроводорослей. Для гидробионтов остальных звеньев трофической цепи загрязнение безвредно.

- Станция № 6: возможны негативное воздействие на репродуктивную способность и структуру популяции зоопланктонных организмов, нарушения физиолого-биохимические процессы у рыб.

- Станция № 7: токсический эффект у гидробионтов всех трофических уровней отсутствует.

- Станция № 8: возможны физиолого-биохимические нарушения у рыб и негативное воздействие на общую численность и коэффициент скорости роста микроводорослей. Для гидробионтов остальных звеньев трофической цепи загрязнение безвредно.

- Станция № 9: токсический эффект у гидробионтов всех трофических уровней отсутствует.

- Станция № 10: возможно негативное воздействие на репродуктивную способность и структуру популяции зоопланктонных организмов; возможны случаи летального исхода у зоопланктонных организмов и рыб.

Таким образом, анализ показал, что если рассматривать отдельно каждое количество пестицида обнаруженное в воде Таганрогского залива и Азовского моря, то в этих дозах загрязнение не представляет опасности для гидробионтов. Если предположить максимальный аддитивный характер действия пестицидов, то при обнаруженных дозах ядохимикатов негативное воздействие затрагивает не всю гидросферу, а только ее фрагменты: микроводоросли, зоопланктон и ихтиофауну. Наиболее загрязнены: участок у гирла Миусского лимана, Ейский лиман район косы Долгой со стороны Азовского моря и Ясенский залив у гирла Бейсугского лимана.

ЛИТЕРАТУРА

Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. — СПб.: Анатолия, 2002а. — 755 с.

Другов Ю.С., Родин А.А. Экологическая аналитическая химия. — СПб.: Анатолия, 2002б. — 464 с.

Ракитский В.Н., Сеницкая Т.А. Ассортиментный индекс пестицидной нагрузки территорий в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. — 2004. — № 5. — С. 38–40.

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ПЕСТИЦИДНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ

Л.А. Бугаев, Т.М. Смыр, Н.А. Жердев, А.В. Войкина, И.Н. Игнатенко, М.В. Матвейчук,
Л.С. Радишевская, В.А. Баева

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Ростов-на-Дону, Россия

Исследование накопления тех или иных поллютантов в тканях гидробионтов позволяет оценить персистентность веществ, их устойчивость к биотрансформации. Накопление чужеродных веществ в тканях организма потенциально опасно и может сказаться на физиологических и биохимических процессах, а в некоторых случаях интенсивного токсического воздействия и на морфологии особи. Степень накопления веществ зависит от многих факторов: спектра питания, подвижности (способности активно избегать участков с загрязнением), возраста, климатических условий обитания, персистентности вещества.

При нормальных условиях применения пестицидов в сельском хозяйстве в водоемы попадает минимальное количество препаратов (Санитарная охрана ..., 1974). Это подтверждается исследованиями заморных явлений рыбы в водоемах по причине хозяйственной деятельности человека. Ведущее место здесь принадлежит промышленным и муниципальным стокам воды (80–90 % случаев). Предполагается, что заморы рыбы из-за попадания в водоем пестицидов возникают только в 2 % (и даже реже) всех наблюдаемых случаев. Гораздо более серьезным вопросом является накопление персистентных пестицидов и других химических продуктов в отдельных видах водных организмов, в которых стойкие соединения могут накапливаться в довольно значительных количествах.

В связи с массовым использованием химических веществ в промышленности и сельском хозяйстве к 90-м гг. XX века токсикозы рыб стали массовым явлением не только в естественных водоемах, но и в рыбоводной практике. Ущерб, наносимый токсикозами, стал доминировать над последствиями заморных явлений и других болезней вместе взятых (Токсикозы рыб ..., 2006). Исследования, проведенные после 2001 г., показали, что на акваториях Верхней, Средней и Нижней Волги у всех видов рыб повсеместно регистрируются признаки хронического токсикоза, проявляющиеся в основном в изменениях в печени, сердце, кишечнике и других внутренних органах (Токсикозы рыб ..., 2006).

Целью исследования являлось проведение анализа токсикологического состояния производителей бычка-кругляка, тарани, судака и пиленгаса. Все исследуемые объекты занимают различные экологические ниши в экосистеме Азовского моря. Наблюдаются значительные различия в миграционной активности, горизонтах обитания, спектрах питания. Перечисленные особенности являются очень важными факторами, определяющими степень риска подверженности интоксикации загрязняющими акваторию веществами, в том числе и пестицидами.

Для токсикологических исследований производился анализ содержания действующих веществ пестицидов в печени рыб. Акцентирование на этом органе связано с тем, что печень выполняет в организме роль активного биологического барьера между организмом и окружающей средой, а высокое содержание жира обеспечивает условие для накопления в органе липофильных, в том числе и чужеродных, веществ.

После вылова рыбы печень замораживалась при температуре минус 20 °С. Экстракция веществ производилась по методикам, описанным в руководствах по проведению экологических анализов (Другов, Родин, 2002а, б). Химический анализ предусматривал количественное определение содержания действующих веществ пестицидов в печени методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Колонка 4,6x150,0 мм Reprosil-PUR ODS-3, 5 мкм (Элсико, Россия); термостатирование — 40 °С; подвижная фаза: ацетонитрил/вода (70/30) в изократическом режиме; скорость потока 0,3 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы — 10 мкл.

Результаты исследований. В ноябре 2006 г. в ходе морского рейса был произведен отлов производителей пиленгаса и судака. Задачей исследования был анализ накопления

исследуемых веществ в тканях рыб в предзимовальный период. Известно, что в течение всего нагульного сезона, который начинается по окончании нереста, рыбы активно питаются, что отражается в активном полостном жиронакоплении, увеличении массы печени. Логично предположить, что к началу зимы в тканях рыб накапливается максимальное в течение года количество инородных липофильных веществ.

Исследования показали, что в тканях производителей пиленгаса было обнаружено 10 действующих веществ (Имазалил, Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол). Доля рыб с обнаруженными теми или иными веществами была высока: Имазалил — 100 %, Имидаклоприд — 100, Метрибузин — 80, Римсульфурон — 80, Тиабендазол — 100, Цинидон-этил — 80, Ципроконазол — 80 %.

Обнаруженные в тканях рыб вещества различаются уровнем своей токсичности и стабильности, поэтому концентрация веществ в печени сама по себе мало информативна. Для проведения сравнительного анализа следует стандартизировать полученные данные. В токсикологии количественной мерой токсичности веществ могут выступать различные показатели: пороговые концентрации, ПДК, те или иные летальные концентрации. Наиболее точной количественной характеристикой токсичности является значение среднелетальной концентрации (LK_{50}), так как чувствительность большинства животных в популяции близка среднему значению. Для стандартизации данных нам представляется возможным опираться на относительные единицы: концентрация вещества в печени к среднелетальной концентрации в воде. В данном случае наибольший вклад в суммарную токсичность вносит Имазалил, обладающий очень высокой токсичностью для рыб ($LK_{50} = 0,037$ мг/л).

В тканях производителей судака были обнаружены: Дикамба, Имазалил, Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Пенцикурон, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имазалил — 100 %, Имидаклоприд — 100, Ленацил, Метрибузин — 71, Пенцикурон — 71, Римсульфурон — 100, Тебуконазол — 71, Тиабендазол — 86, Цинидон-этил — 71, Ципроконазол — 71 %. Как и в предыдущем случае, общая токсичность определялась Имазалилом.

В тканях производителей пиленгаса, отловленных в Азовском море в апреле 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 86, Цинидон-этил — 100 %. Общий уровень токсичности обнаруженных веществ в данной выборке был значительно ниже, чем у пиленгаса, отловленного в осенне-зимний период в основном за счет отсутствия среди обнаруженных веществ Имазалила. По уровню токсичности наиболее часто встречавшихся веществ (Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил) различий между выборками не было.

У судака, отловленного в Азовском море в этот же период были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Клопиралид — 56, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 86, Цинидон-этил — 89 %.

У производителей тарани, отловленных в Ейском лимане в марте 2007 г. во время нерестового хода были обнаружены следующие вещества: Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 100 %.

У производителей тарани, отловленных в Ясенском заливе в марте 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 100, Цинидон-этил — 100, Ципроконазол — 63 %.

Сравнение данных по интоксикации производителей тарани, отловленных в разных местах, показало, что имеется ряд веществ, одинаково часто обнаруживаемых в тканях обеих

популяций. Это Имидаклоприд, Римсульфурон и Тиабендазол. Средние концентрации веществ в выборках различны. Основные различия касаются обнаруженных у большинства особей, отловленных в Ясенском заливе, Цинидон-этила и Ципроконазола, которые у тарани из Ейского лимана встречались единично. Также, у тарани, отловленной в Ясенском заливе средняя концентрация имидаклоприда в печени почти в три раза превышала концентрацию этого вещества в печени тарани, отловленной в Ейском лимане. Различие обнаружено также по Тиабендазолу: средняя концентрация этого вещества в печени рыб из Ейского лимана почти в два раза превышала значения у рыб из Ясенского залива. В целом, можно сказать, что данные по интоксикации обеих популяций сопоставимы по своим значениям и набору поллютантов.

У половозрелых самцов бычка-кругляка, отловленного в Ясенском заливе в апреле 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 100, Цинидон-этил — 89 %.

У производителей бычка-кругляка, отловленного в Ейском лимане в мае 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имазалил, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд — 100 %, Римсульфурон — 100, Тиабендазол — 100 %.

Сравнительный анализ популяций бычка-кругляка, отловленного в Ясенском заливе и в Ейском лимане показывает, что помимо общих поллютантов, встречающихся у большинства рыб (Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол), имеются различия в наборе обнаруженных веществ. В Ейском лимане у значительной части рыб обнаружены Дикамба, Имазалил, Клопиралид и Метрибузин; в Ясенском заливе — Цинидон-этил. Суммарная интоксикация действующими веществами была выше у бычка из Ейского лимана за счет токсичного Имазалила.

Обобщая результаты по интоксикации рыб действующими веществами современных пестицидов можно констатировать, что наиболее часто в печени следующие вещества: Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил (рис. 1). Остальные действующие вещества встречались значительно реже или в единичных случаях.

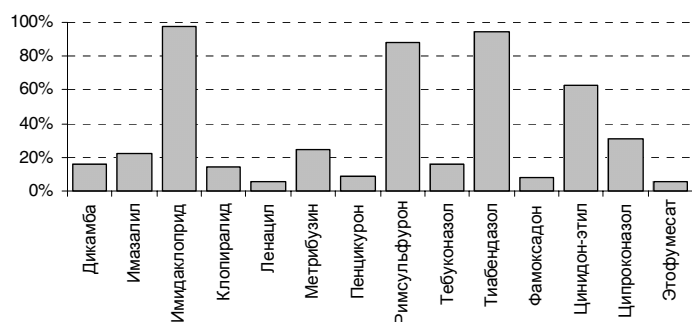


Рис. 1. Частота встречаемости интоксикации действующими веществами пестицидов во всей обследованной выборке рыб

При исследовании рыб, относящихся к различным экологическим группам, закономерен вопрос об их различиях в уровнях интоксикации действующими веществами пестицидов. Источники отличий могут быть многочисленны: это и ареал обитания, и активность избегания загрязненных участков, и спектр питания.

Если анализировать рыб, отловленных примерно в одни сроки (в данном случае это март—апрель), по концентрации тех веществ, которые встречались у всех видов (Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол), можно отметить, что наименьшие концентрации этих веществ обнаруживались у пиленгаса и судака, нагуливавшихся в Азовском море и имеющих высокую миграционную активность (рис. 2). Несколько большие концентрации были у оседлого хищника и бентофага бычка-кругляка. Наибольшие концентрации веществ выявлены у тарани, которая, несмотря на высокую миграционную активность, занимает ареал приазовских лиманов, Таганрогского

залива и прибрежной зоны восточной и северо-восточной части Азовского моря, как правило, в определенных районах моря.

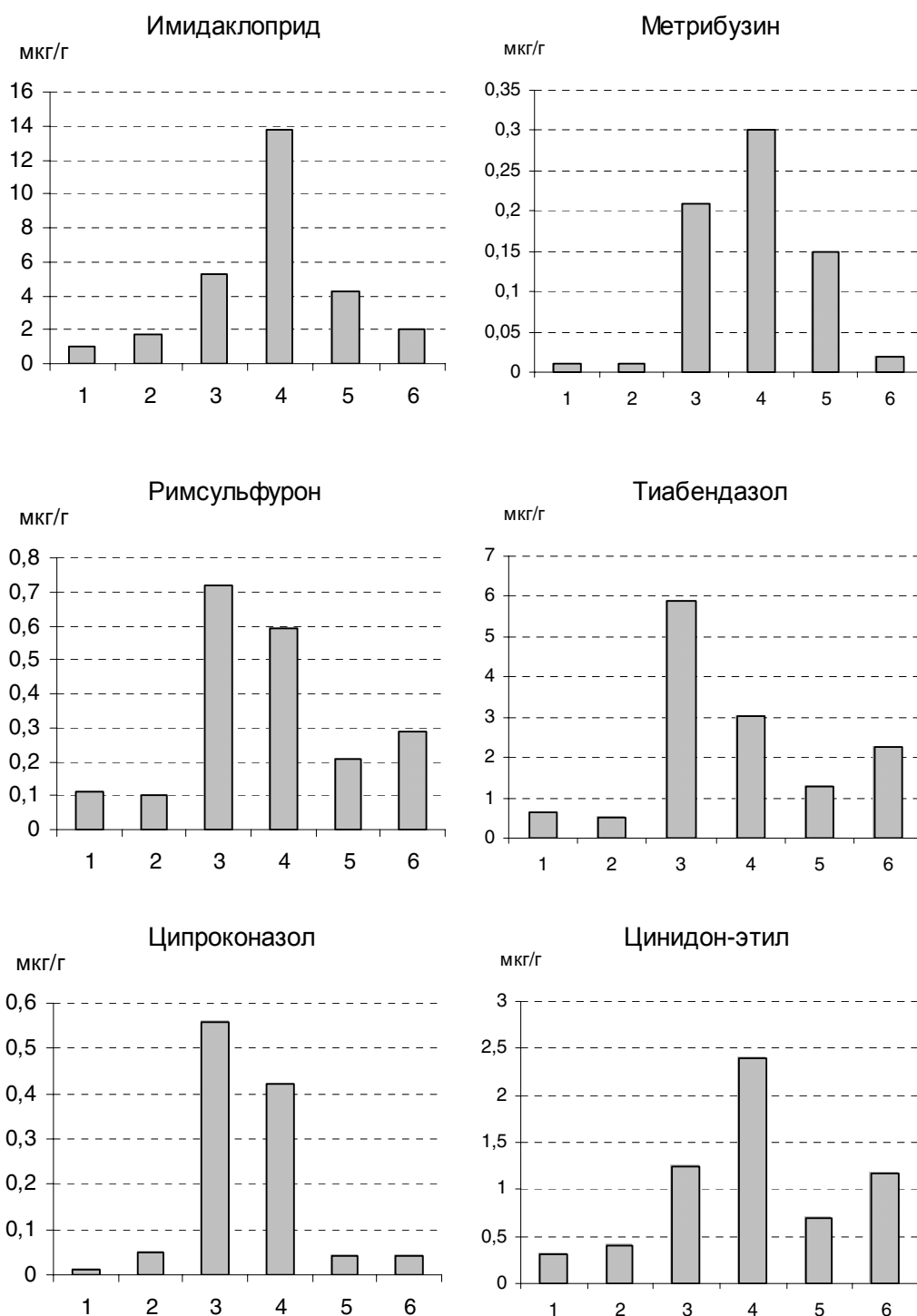


Рис. 2. Средние значения концентрации действующих веществ пестицидов в печени рыб: 1 — пиленгас — Азовское море (апрель 2007); 2 — судак — Азовское море (апрель 2007); 3 — тарань — Ейский лиман (март 2007); 4 — тарань — Ясенский залив (март 2007); 5 — бычок-кругляк — Ясенский залив (апрель 2007); 6 — бычок-кругляк — Ейский лиман (май 2007)

Антропогенное загрязнение вод создает «экстремальность» условий обитания для живых организмов. Токсичные вещества являются дополнительной нагрузкой на организм и способны изменять уровень метаболизма. Для выживания в условиях токсического загрязнения вод особи несут энергетические затраты по детоксикации, что отражается на их морфофизиологических показателях (Моисеенко, 2000).

Морфологический анализ рыб, как в осенне-зимний, так и в весенний периоды показал отсутствие признаков, детерминированных интоксикацией организма. Изменений в жаберном аппарате, которые часто сопровождают хронический токсический, даже слабо выраженный, процесс, не было обнаружено ни у одной особи. Состояние печени у представителей всех исследуемых видов было удовлетворительным. Состояние желудочно-кишечного тракта у производителей всех исследуемых видов также было нормальным.

Физиологическое состояние рыб оценивали по результатам гематологического анализа. Известно, что гематологические показатели, обладая высокой лабильностью, служат индикатором патологических процессов в организме. Тем не менее, неспецифичность реакции крови не позволяет точно определить источник измененного физиологического состояния. Для выявления некоторых закономерностей между интоксикацией организма рыб действующими веществами пестицидов и реакцией крови был проведен анализ на выявление связи обнаружения действующего вещества в печени с возникновением морфологических нарушений в красной крови. Следует сказать, что проведенный анализ не учитывал концентрацию веществ в печени, а лишь его наличие или отсутствие.

Было выявлено, что в ряде случаев наблюдается зависимость между анализируемыми признаками (вещество-нарушение красной крови). В парах признаков Дикамба-коагуляция, Клопиралид-коагуляция, Пенцикурон-гипохромазия, Ципроконазол-гипохромазия, Тебуконазол-смещение ядер эритроцитов обнаружена тесная связь между обнаружением в печени пестицида и выявлением морфологических нарушений в крови. Таким образом, можно предположить, что некоторые действующие вещества при попадании в организм рыб могут увеличивать риск развития тех или иных нарушений морфологии эритроцитов.

Анализ токсикологического состояния исследуемых видов рыб позволяет сделать заключение о том, что современный уровень пестицидного загрязнения акватории Азовского моря не оказывает выраженного негативного и лимитирующего воздействия на верхние, как правило, самые уязвимые звенья трофических цепей. Тем не менее, несмотря на небольшую историю применения этих пестицидов в сельском хозяйстве, обнаружение их в тканях рыб является сигналом для актуализации мониторинговых наблюдений с целью предотвращения отрицательных влияний на количественные и качественные параметры экосистемы Азовского моря.

ЛИТЕРАТУРА

- Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. — СПб.: Анатолия, 2002а. — 755 с.
- Другов Ю.С., Родин А.А. Экологическая аналитическая химия. — СПб.: Анатолия, 2002б. — 464 с.
- Моисеенко Т.И. Морфофизиологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. — 2000. — № 6. — С. 463–472.
- Санитарная охрана внешней среды / под ред. В.А. Руденко. — Л., 1974. — 191 с.
- Токсикозы рыб с основами патологии. Справочная книга. — СПб.: ГОСНИОРХ, 2006. — 179 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АМУРСКОЙ ИХТИОФАУНЫ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УРМИ

В.Н. Бурик

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан, Россия, e-mail: ecolicap@mail.ru

Река Урми является одним из двух составляющих истоков р. Тунгуска, крупного левого притока р. Амур. Ее бассейн занимает северо-восточную часть территории Еврейской автономной области (ЕАО). Бассейн р. Урми для исследований интересен смешанным «пограничным» составом ихтиофауны, где наряду с типичными северными видами, населяющими таежные реки Хабаровского края, обитают характерные для юга Дальнего Востока теплолюбивые рыбы. В Урми массово идут на нерест и нагул холодноводные виды (лососеобразные и др.), поскольку данная речная система имеет большое количество горных притоков. Из теплолюбивых видов рыб здесь на границе ареала обитают представители автохтонного китайского ихтиокомплекса, а также представители отрядов сомообразных и окунеобразных.

С 2001 по 2007 г. в бассейне р. Урми ихтиологические наблюдения в разное время проводились нами в пойме р. Урми и ее притоков — рек Ин, Глинянка, Бастак, Сореннак (рис. 1). Методами исследований являлись контрольные ловы ставными сетями с ячеей различного размера, время экспозиции от 4 до 12 ч, ловы крючковыми снастями, подъемниками и ловушками. Кроме определения качественного состава видов в контрольных ловах проводилась также частная биометрия. Систематика рыб исследуемой территории приведена в соответствии с последними отечественными и мировыми данными (Богуцкая, Насека, 2004). Материалом биометрии служили выборки наиболее типичных для изучаемых биотопов видов. В ходе исследований определялись также температура воды на глубине 0,5 м и глубина водоемов.

Река Урми является многоводной таежной рекой полугорного типа, средняя скорость течения 0,7–1,0 м/с, температура воды летом не выше 18 °С. Глубины по фарватеру от 3 до 8 м. Общая длина реки 458 км, площадь бассейна составляет 15 тыс. км². В теплый период года основная масса рыб бассейна Урми поднимается на нерест и нагул в систему придаточных водоемов: в притоки, озера, заливы, старицы и т.п. Осенью идет обратная миграция рыб, сбивание в более крупные стаи для зимовки в зимовальных ямах русла Амура, низовьев Урми и Тунгуски. Кроме того, состав ихтиофауны р. Урми и ее притоков существенно меняется в зависимости от удаленности от устья, а также характера течения.

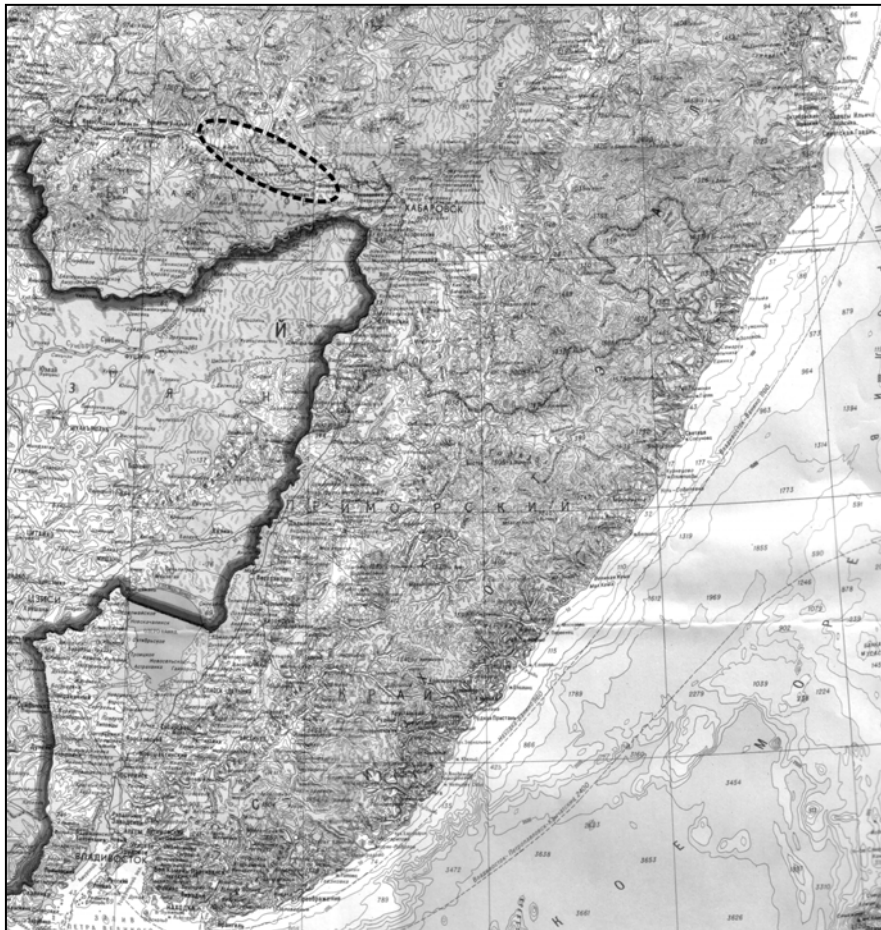


Рис. 1. Район исследований

Массовая миграция характерна для ленка (*Brachymystax tumensis*), амурской щуки (*Esox reicherti*), серебряного карася (*Carassius gibelio*), амурского язя (*Leuciscus waleckii*), коня-губаря (*Hemibarbus labeo*), амурского сома (*Parasilurus alotus*). Осенью по р. Урми идет нерестовая миграция осенней кеты (*Oncorhynchus keta*). Из туводных лососеобразных в Урми обитают также нижеамурский хариус (*Thymallus* sp. 1), амурский сиг (*Coregonus ussuriensis*), таймень (*Hucho taimen*). В последние годы отмечаются массовые заходы аухи (*Siniperca chuatsi*), из хищных видов встречаются также плоскоголовый жерех (*Pseudaspius leptcephalus*) и уссурийская косатка (*Pseudobagrus ussuriensis*) (по данным контрольных ловов 2007 г.).

В придаточных водоемах среднего и нижнего течения р. Урми (старичные заливы и протоки с медленным течением, глубиной до 3 м) состав ихтиофауны приблизительно одинаков (см. таблицу): здесь обитают амурская щука, серебряный карась, сазан (*Cuprinus carpio haemotopterus*), колючий горчак (*Acanthorhodeus asmussii*), амурский обыкновенный горчак (*Rhodeus seriseus*), язь амурский, подуст-чернобрюшка (*Xenocypris macrolepis*), троегуб амурский (*Opsariichthys bidens*), уклей (*Culter alburnus*), корейская востробрюшка (*Hemiculter leucisculus*), озерный гольян (*Phoxinus percnurus mantschuricus*), гольян Лаговского (*Phoxinus lagowskii*), амурский обыкновенный пескарь (*Gobio cynocephalus*), уссурийский пескарь (*Squalidus chankaensis*), чебачок амурский (*Pseudorasbora parva*), чебаковидный пескарь (*Gnathopogon strigatus*), пескарь-лень (*Sarcocheilichthys sinensis*), конь-губарь, конь пестрый (*Hemibarbus maculatus*), корейский вьюн (*Misgurnus buphoensis*), сом амурский, косатка-скрипун (*Pelteobagrus fulvidraco*), змееголов (*Chana argus*), ротан-головешка (*Perccottus glehni*), изредка встречается амурский сиг, заходит на нагул ауха. В нижнем течении Урми, наиболее разнообразном по составу ихтиофауны, встречаются представители семи ихтиокомплексов: автохтонного китайского (уклей, востробрюшка, подуст-чернобрюшка, троегуб, колючий горчак, плоскоголовый жерех, конь-губарь, пестрый конь, четыре вида пескарей); третичного равнинного (сазан, амурский язь, амурский обыкновенный пескарь, вьюн, амурский сом); бореально-предгорного (таймень, ленок, хариус, речные гольяны); пресноводного арктического (кета); индо-африканского (ротан-головешка, змееголов, косатка-скрипун); бореального равнинного (амурская щука, серебряный карась) и верхнетретичного (обыкновенный горчак).

Среднее и нижнее течение р. Ин, крупного притока Урми, характеризует то, что данный участок акватории играет роль миграционного пути как для рыб, идущих на нерест и нагул в мелкие равнинные, хорошо прогреваемые и богатые биотой водоемы (р. Глинянка, старицы, заливы), так и для рыб, мигрирующих в горные реки. Количество видов, постоянно обитающих в теплое время года в русле данного участка реки, относительно невелико. В нижнем течении р. Ин (от устья до залива у пос. Аур) встречаются некоторые теплолюбивые виды, представители автохтонного китайского и южных ихтиокомплексов: колючий горчак, корейская востробрюшка, подуст-чернобрюшка, уклей, амурский троегуб, конь-губарь, уссурийский пескарь, косатка-скрипун, змееголов, ауха. В своем среднем и верхнем течении р. Ин является полугорной со скоростью течения 1,5–1,0 м/с. Для среднего ее течения (район ст. Усов Балаган) характерны виды, мигрирующие на участки с более медленным течением, в основном карпообразные и сомообразные, а также реофильные холодноводные виды.

Немного выше места впадения р. Глинянка по берегам встречаются заболоченные осоково-вейниковые луга, в воде достаточно большое количество илесто-песчаной взвеси. Данный участок акватории играет роль миграционного пути для рыб, идущих на нерест и нагул в богатые биотой равнинные водоемы, а также для рыб, мигрирующих на нерест в горные реки. Для этого биотопа характерно обилие реофильных видов (55 %), стенобионты могут встречаться эпизодически во время миграций. Отряд лососеобразных здесь представлен 5 видами: кета, нижеамурский хариус, ленок, таймень, амурский сиг. Здесь обитает также амурская щука — представитель отряда шукообразных. Таймень и кета в р. Ин крайне редки. Карпообразные представлены тремя стенобионтными видами — сазан, серебряный карась, корейский вьюн, и реофильными рыбами: речные гольяны (*Phoxinus phoxinus*, *Ph. lagowskii*, *Ph. oxucephalus*), амурский обыкновенный горчак, язь амурский, амурский обыкновенный пескарь. Из сомообразных здесь могут встречаться амурский сом, косатка-скрипун. Стенобионтные виды из отряда окунеобразных — змееголов, ротан-головешка в русле р. Ин могут встречаться лишь во время миграций. Ихтиофауна р. Ин включает представителей шести ихтиокомплексов: пресноводного арк-

тического (кета), бореально-предгорного (таймень, ленок, хариус, речные голяны), третичного равнинного (сазан, язь амурский, амурский обыкновенный пескарь, вьюн, сом амурский), индоафриканского (ротан-головешка, змееголов, косатка-скрипун), бореального равнинного (амурская щука, серебряный карась), и верхнетретичного (обыкновенный горчак).

Встречаемость видов рыб в контрольных ловах в зал. Никифоровский р. Урми (экз.)

Вид рыбы	18 октября 2004 г. (экспозиция 12 ч)				
	Сеть яч. 15 мм дл. 25 м	Сеть яч. 20 мм дл. 25 м	Сеть яч. 35 мм дл. 25 м	Сеть яч. 40 мм дл. 25 м	Сеть яч. 45 мм дл. 25 м
Щука амурская	–	–	2	–	–
Карась серебряный	–	2	10	1	1
Язь амурский	20	8	1	–	–
Востробрюшка корейская	3	–	–	1	–
Троегуб амурский	7	3	–	–	1
Горчак колючий	16	1	–	–	–
Конь-губарь	1	–	–	–	–
	16 августа 2005 г. (экспозиция 4 ч)				
	Сеть яч. 20 мм, дл. 25 м	Сеть яч. 30 мм, дл. 50 м	Сеть яч. 35 мм, дл. 210 м	Сеть яч. 40 мм, дл. 115 м	Сеть яч. 50 мм, дл. 200 м
Карась серебряный	–	1	35	2	–
Косатка-скрипун	–	–	2	–	–
Конь пестрый	–	–	1	–	–
Троегуб амурский	1	1	–	1	2
Подуст-чернобрюшка	–	–	1	–	–
Сазан	–	–	–	–	1
	17 августа 2005 г. (экспозиция 8 ч)				
	Сеть яч. 20 мм, дл. 25 м	Сеть яч. 30 мм, дл. 50 м	Сеть яч. 35 мм, дл. 210 м	Сеть яч. 40 мм, дл. 115 м	Сеть яч. 50 мм, дл. 200 м
Карась серебряный	–	–	41	8	3
Косатка-скрипун	–	–	1	–	–
Конь-губарь	–	–	2	–	–
Троегуб амурский	1	1	7	2	3
Подуст-чернобрюшка	–	–	–	–	–
Пескарь-лень	–	–	1	–	–

Из мелких рек бассейна Урми состав ихтиофауны определялся для правых притоков р. Ин: реки Глинянка, Бастак, Сореннак.

Река Глинянка почти на всем своем протяжении имеет равнинный характер течения, среднюю скорость около 0,2 м/с. Берега ее низкие, в среднем течении поросшие осоково-вейниковыми сырыми лугами с кочкарником. Глубины до 1,5 м, в летний период вода прогревается до 22 °С и выше. Для биотопа р. Глинянки характерны как стенобионты, так и умеренно реофильные виды рыб. Обычны здесь представители карпообразных: голян Лаговского, амурский обыкновенный горчак, язь амурский, корейский вьюн. Реже встречается амурский обыкновенный пескарь, в заливах обитают серебряный карась и озерный голян, в нижнем течении могут встречаться сазан и конь-губарь. Из представителей отряда окунеобразных в заливах обычен ротан-головешка, более редок змееголов. Из сомообразных встречаются сом амурский, косатка-скрипун, а также найденная в 2007 г. в нижнем течении реки косатка-крошка (*Pelteobagrus mica*) (рис. 2). Представитель отряда щукообразных — амурская щука в Глинянке малочисленна. Присутствие немногочисленных представителей туводных лососевых рыб (ленок, нижеамурский хариус) объясняется нахождением в верховьях реки участков с быстрым течением и хорошей аэрацией воды, пригодных для нереста этих рыб. Ихтиофауна р. Глинянка включает представителей шести ихтиокомплексов: автохтонного китайского (конь-губарь), третичного равнинного (язь амурский, амурский обыкновенный)



Рис. 2. Косатка-крошка *Pelteobagrus mica*

венный пескарь, вьюн, сом амурский), индо-африканского (ротан-головешка, змееголов, косатка-скрипун), бореального равнинного (амурская щука, серебряный карась), бореально-предгорного (гольян Лаговского) и верхнетретичного (обыкновенный горчак). Многие теплолюбивые виды, относящиеся к автохтонному китайскому ихтиокомплексу, в Глинянке не обнаружены. По-видимому, эти рыбы не поднимаются так высоко по притокам Амура (200–250 км от русла р. Амур).

Правые притоки р. Ин — река Бастак с ручьями, система рек Большой и Малый Соренак — типичные реки низкогорий, в среднем течении представляют собой потоки с прозрачной холодной водой (летом температура не выше 14 °С), с относительно небольшим количеством взвеси (за исключением периодов обильных паводков). Для биотопов верховий горных рек характерно ихтиосообщество реофильных рыб, видовой состав обеднен. Здесь обычны приходящие на нерест представители отряда лососеобразных: нижеамурский хариус и ленок, из карпообразных повсеместно встречается гольян Лаговского. По своему происхождению все виды данного ихтиосообщества относятся к бореально-предгорному ихтиокомплексу. Для более продуктивных биотопов среднего течения р. Бастак характерно большое видовое разнообразие. Здесь также обитают исключительно реофильные виды рыб, наряду с перечисленными выше тремя видами, из карпообразных встречаются обыкновенный гольян и амурский язь, из лососеобразных может заходить на нерест кета. Из трескообразных в 2007 г. в среднем течении р. Бастак обнаружен налим обыкновенный (*Lota lota*) — типичный представитель холодноводных рыб Голарктики. В данном сообществе, кроме видов бореально-предгорного ихтиокомплекса присутствуют представители третичного равнинного (язь амурский, налим) и пресноводного арктического (кета) ихтиокомплексов.

Пойменные озера низовий рек Глинянка и Бастак представляют собой водоемы с обильной водной растительностью и небольшими глубинами (до 1,5 м). Состав ихтиофауны, пополняемый паводками, обеднен, так как происходят частые заморы во время промерзания. Из карпообразных здесь обитают серебряный карась, озерный гольян, корейский вьюн, многочислен ротан-головешка, представитель окунеобразных. Виды данного сообщества являются представителями трех ихтиокомплексов: бореального равнинного (серебряный карась, озерный гольян), третичного равнинного (вьюн) и индо-африканского (ротан-головешка).

Таким образом, распространяясь в пределах бассейна р. Урми достаточно широко, амурская ихтиофауна представляет значительное разнообразие в наиболее тепловодных водоемах, подходящих многим видам по экологическим условиям. Обитание наиболее теплолюбивых рыб автохтонного китайского ихтиокомплекса скорее всего ограничено средним течением р. Ин, выше которого (например, в относительно теплую равнинную р. Глинянка) данные виды мигрировать не могут. Возможно, эта ситуация связана с физической невозможностью этих рыб преодолеть сильное течение, поскольку в Глинянке обитают теплолюбивые сомообразные и окунеобразные. Однако в условиях биотопов с умеренным течением ряд представителей автохтонного китайского ихтиокомплекса (корейская востробрюшка, уклей, подуст-чернобрюшка, пестрый конь, троегуб амурский, колючий горчак и др.) обитает достаточно высоко по притокам Амура, поднимаясь вверх по водной системе Тунгуска—Урми не менее чем на 150 км, проявляя значительную экологическую пластичность.

ЛИТЕРАТУРА

Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. — 389 с.

СОСТОЯНИЕ ГОНАД УСТРИЦЫ *CRASSOSTREA GIGAS* (THUNBERG), КУЛЬТИВИРУЕМОЙ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

М.А. Ващенко¹, Н.Л. Hsieh², В.И. Радашевский¹

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: mvaschenko@mail.ru, radashevsky@mail.ru

² Research Center for Biodiversity, Academia Sinica, Nankang, Taipei, Taiwan,
e-mail: zohl@gate.sinica.edu.tw

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* (Thunberg) интродуцирована более чем в 60 стран и культивируется практически во всем мире (Ruesink et al., 2005). На Тайване устричные фермы занимают около 1/6 всей площади хозяйств марикультуры и приносят ежегодную прибыль свыше 60 млн новых тайваньских долларов (Fang et al., 2006). Быстрый рост населения и развитие промышленности Тайваня во второй половине 20-го века сопровождалось интенсивным загрязнением западного побережья острова, где традиционно были расположены устричные хозяйства. В 1986 г. на Тайване впервые были обнаружены устрицы с зеленым цветом мягких тканей, вызванным высоким содержанием меди (Han, Hung, 1990). С тех пор были проведены многочисленные исследования содержания тяжелых металлов и других загрязняющих веществ в воде, осадках и мягких тканях устриц (Jeng et al., 2000; Hung et al., 2001; Hsia, Liu, 2003; Fang et al., 2006; и др.), а также проведена оценка риска здоровья людей, потребляющих в пищу загрязненные морепродукты (Han et al., 2000). Вместе с тем влияние загрязнения морской среды на состояние самих устриц до сих пор не исследовано.

Район Хсиангшан на севере западного побережья долгое время был крупнейшим производителем морепродуктов на Тайване. Основание индустриального парка в районе г. Хсинчу в 1980-х гг. привело к сильному загрязнению прибрежной зоны биогенами (фосфор- и азотсодержащими веществами), тяжелыми металлами (Cu, Zn, Cd) и полихлорированными бифенилами (Lin, Hsieh, 1999; Fang et al., 2006; табл. 1), и в 2006 г. хозяйства марикультуры в Хсиангшане были закрыты. В настоящее время устрицы выращиваются в северо-восточных, юго-западных районах Тайваня, а также на прилегающих мелких островах.

Цель настоящей работы — сравнительный гистологический анализ состояния гонад устрицы *C. gigas*, культивируемой в загрязненных и относительно чистых районах западного побережья Тайваня.

Таблица 1

Показатели качества воды в районах культивирования устрицы *C. gigas* у западного побережья Тайваня (по данным Агентства охраны окружающей среды Тайваня и неопубликованным данным Hsieh (2006 г.). В скобках — число измерений)

Параметр	1. Пенгху	2. Чикю	3. Беймен	4. Путаи	5. Хсиангшан
Температура, °C	21,8±0,5(3)	20,9±0,9(9)	19,1±0,9(3)	18,9±0,7(3)	22,7(1)
Соленость, ‰	34,6±0,1(3)	17,8±1,7(9)	34,1±0,6(3)	34,1±0,6(3)	29,5(1)
Растворенный кислород, мг/л	7,0±0,2(3)	6,6±0,4(9)	7,4±0,2(3)	7,4±0,2(3)	4,29(1)
Нитриты, мкг/л	2,3±0,3(3)	50±20(3)	30±10(3)	70±50(3)	144,9(1)
Нитраты, мкг/л	27±12(3)	270±60(3)	75±25(2)	60±10(3)	3417,7(1)
Cd ²⁺ , мкг/л	0,2±0,2(3)	< 1,0(3)	0,04±0,02(2)	0,05±0,03(2)	1,0±0,1(3)
Cu ²⁺ , мкг/л	0,6±0,2(3)	20,0±0(2)	1,1±0,2(3)	1,2±0,1(3)	22,7±6,8(3)
Zn ²⁺ , мкг/л	5,0±2,0(3)	15,70±3,80(3)	8,2±2,7(3)	8,1±2,6(3)	59,0±30,0(3)

Материалы и методы. Устрицы (длина раковины 8–10 см) были получены в период с 25 апреля по 4 мая 2006 г. из 4 марикультурных хозяйств, расположенных вдоль западного побережья Тайваня (табл. 1). Устрицы с о. Пенгху в южной части Тайваньского пролива (ст. 1) были использованы в качестве контроля, поскольку на острове отсутствует развитая промышленность, и прибрежные воды сравнительно чисты. Чикю (ст. 2), Беймен (ст. 3) и Путаи (ст. 4) — традиционные районы культивирования устриц в юго-западных провинциях Тайва-

ня. В районе Хсиангшана (ст. 5) устрицы были собраны на брошенных устричных установках, занимающих большие участки литорали.

Из средней части мягкого тела моллюска вырезали дорсальную часть, содержащую в основном пищеварительную железу и покрывающую ее гонаду, фиксировали 4 %-ным раствором формальдегида на фосфатном буфере (рН 7,5) и приготавливали гистологические срезы. Состояние гонад устриц было оценено на основании полуколичественных индексов (Kim et al., 2006). На основании морфологических описаний стадий репродуктивного цикла *C. gigas* (Яковлев, 1978; Steele, Mulcahy, 1999) определяли пол и следующие стадии зрелости гонад каждой особи: 0 — недифференцированная, 1 — незрелая, 2 — развивающаяся, 3 — преднерестовая и 4 — зрелая гонада. Индекс зрелости гонад (ИЗГ) определяли для самок, самцов и всей выборки (за исключением гермафродитов) по формуле: $ИЗГ = \sum(n \times F) / N$, где n — число особей на стадии F (от 0 до 4) и N — общее число особей в выборке. Срезы гонад исследовали на наличие гистопатологических изменений, таких как дегенерация, атрезия и лизис ооцитов, фагоцитоз погибших женских и мужских гамет гемоцитами (резорбция), инфильтрация соединительной ткани гемоцитами, присутствие «коричневых» клеток, содержащих липофусцин-подобный пигмент (ЛПП), и паразитов. Частоту встречаемости каждой патологии и индекс патологических изменений (ИПИ) определяли по формуле: $ИПИ = \text{общее число патологий в гонадах} / \text{число проанализированных особей}$. Значения ИПИ были рассчитаны отдельно для самок (максимум равен 5) и самцов (максимум равен 4), а также для всей выборки, включая особей с недифференцированными и гермафродитными гонадами.

Для сравнения средних значений полуколичественных индексов применяли однофакторный дисперсионный анализ ANOVA, сопровождающийся тестом Таки для множественного сравнения всех пар групп или тестом Даннета для множественного сравнения всех пар групп с контрольной группой. Для статистического анализа использовали компьютерную программу GraphPad Prism, версия 4.0 для Windows (GraphPad Software, San Diego, CA).

Результаты и их обсуждение. Большинство устриц со станций 1–4 имели хорошо развитые гонады кремового цвета, тогда как у большей части моллюсков со ст. 5 гонады практически отсутствовали. Устрицы с зеленой мантией были обнаружены на всех станциях за исключением контрольной ст. 1; на ст. 5 их доля была наивысшей (66,7 %) (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика устриц из разных районов западного побережья Тайваня в 2006 г.
(в скобках — доля, %)

Район	Общее число устриц	Устрицы с зеленой мантией	Самки	Самцы	Гермафродиты	Недифференцированные	Отношение самки/самцы
1. Пенгху	28	0	14(50)	10(35,7)	3(10,7)	1(3,6)	1,40
2. Чику	22	4(18,2)	9(40,9)	10(45,5)	1(4,5)	2(9,1)	0,90
3. Беймен	22	5(22,7)	9(40,9)	10(45,5)	0	3(13,6)	0,90
4. Пугай	20	2(10)	5(25)	13(65)	0	2(10)	0,40
5. Хсиангшан	27	18(66,7)	10(37)	8(29,6)	1(3,8)	8(29,6)	1,25
<i>Всего</i>	<i>119</i>	<i>29(24,4)</i>	<i>47(39,5)</i>	<i>51(42,9)</i>	<i>5(4,2)</i>	<i>16(13,4)</i>	<i>0,90</i>

Соотношение полов (число самок/число самцов) варьировало от 0,4 (ст. 4) до 1,4 (ст. 1), однако для общей выборки этот параметр был близок к единице (0,9) (табл. 2). 4,2 % всей выборки составляли гермафродиты — функциональные самцы, в ацинусах гонад которых присутствовали немногочисленные пристеночные ооциты. Доля гермафродитных особей была наивысшей на ст. 1 (10,7 %), по одному гермафродиту найдено на ст. 2 и ст. 5 (соответственно 4,5 и 3,8 %, см. табл. 2). Соотношение полов в популяциях *C. gigas* из других районов мира также часто отличается от единицы (Steele, Mulcahy, 1999; Fabiox et al., 2005; и др.), однако встречаемость устриц-гермафродитов на Тайване выше, чем сообщалось в литературе ранее (от 0 до 2,95 %; см. для обзора: Steele, Mulcahy, 1999; Fabiox et al., 2005). Детерминация пола *C. gigas* — процесс очень сложный и слабоизученный, управляемый как генетическими факторами, так и факторами окружающей среды (Guo et al., 1998). Для выяс-

нения причин высокого уровня гермафродитизма у устриц из прибрежных вод Тайваня необходимы специальные исследования.

Полуколичественный анализ выявил четкие различия в степени зрелости гонад и уровне патологических изменений в них у устриц разных полов и из разных мест обитания (табл. 3). Гонады устриц с контрольной ст. 1 были наиболее зрелыми (доля самок и самцов на стадии 4 репродуктивного цикла составила соответственно 71,5 и 80,0 %). У устриц со ст. 5 гаметогенез был сильно подавлен, значения ИЗГ были более чем в 2 раза ниже, чем у моллюсков со ст. 1 (табл. 3). Наиболее характерные черты устриц со ст. 5 — это высокая доля моллюсков с недифференцированными гонадами (около 30 %, см. табл. 2) и высокая встречаемость самцов и самок на стадии 1 репродуктивного цикла (соответственно 80 и 50 %). Устрицы со ст. 2–4 имели промежуточные значения ИЗГ, не во всех случаях достоверно отличные от контроля (табл. 3), хотя доля самок и самцов на стадии 4 репродуктивного цикла была существенно ниже, соответственно 12–44 и 25–50 %.

Таблица 3

Полуколичественные индексы состояния гонад *S. gigas* из разных районов у западного побережья Тайваня в 2006 г.

Район	ИЗГ			ИПИ		
	Самки	Самцы	Вся выборка	Самки	Самцы	Вся выборка
1. Пенгху	3,64 ^a	3,80 ^a	3,56 ^a	1,86 ^a	1,00 ^a	1,46 ^a
2. Чикю	2,56 ^b	3,25 ^a	2,40 ^b	3,00 ^a	2,75 ^c	2,88 ^c
3. Беймен	2,10 ^a	3,25 ^a	2,56 ^b	2,56 ^a	1,50 ^a	2,13 ^a
4. Путаи	2,60 ^a	3,25 ^a	3,00 ^a	1,80 ^a	1,13 ^a	1,47 ^a
5. Хсиангшан	1,50 ^c	1,50 ^c	1,04 ^c	4,40 ^c	3,00 ^c	3,60 ^c

Примечание. Надстрочный курсив обозначает статистически значимые различия между контрольной ст. 1 и другими станциями: ^b $p < 0,05$, ^c $p < 0,01$. Различия между индексами, обозначенными одинаковыми буквами, недостоверны.

Гистопатологические изменения были выявлены в женских и мужских гонадах у устриц со всех станций, однако встречаемость различных патологий и значения ИПИ сильно варьировали (табл. 3). Наиболее существенными патологиями были дегенерация, лизис и резорбция ооцитов и инфильтрация гемоцитами ацинусов и межацинарной соединительной ткани. Самая высокая встречаемость этих патологий (100 %) и наибольшие значения ИПИ отмечены у устриц со ст. 5, а наименьшие значения этих параметров найдены для выборок со ст. 1 и 4 (28–40 %, табл. 3). Высокие значения ИПИ отмечены также у устриц со ст. 2, однако отличия от контроля были достоверными не во всех случаях.

Встречаемость паразитов в гонадах устриц была в целом невысокой. Наиболее часто встречались паразиты в гонадах самцов с контрольной ст. 1 (40%). У устриц с других станций этот показатель варьировал от 0 до 30%. Среди паразитов преобладали черви, предположительно нематоды, локализованные в соединительной ткани и окруженные толстым слоем гемоцитов.

Благодаря исключительно высокой коммерческой ценности, репродуктивный цикл *S. gigas* и влияние различных факторов среды на процессы воспроизводства этого вида активно исследуются в разных районах мира. Результаты многочисленных работ свидетельствуют, что в умеренной зоне для *S. gigas* характерен годовой репродуктивный цикл, включающий стадию активного гаметогенеза весной, созревание гонад и нерест летом — ранней осенью с последующим периодом резорбции невыметанных гамет, и стадию покоя в течение поздней осени — зимы, когда высока встречаемость особей с недифференцированными гонадами. В то же время, сведения о репродуктивном цикле *S. gigas* в субтропической зоне, в том числе в прибрежных водах Тайваня, немногочисленны и противоречивы, и ни в одной из работ не был использован гистологический анализ для оценки годовой динамики состояния гонад. Есть данные об одном (летне-осеннем) или двух (весеннем и осеннем) пиках репродуктивной активности устриц из разных районов культивирования (Chen et al., 1989; Wu, Yang, 1999).

Результаты настоящего исследования показали, что гонады устриц со ст. 2–5 были менее зрелыми, чем гонады моллюсков с контрольной ст. 1. Наиболее сильно был подавлен гаметогенез у моллюсков со ст. 5. Состояние гонад устриц с этих двух станций оценивалось посредством визуального и микроскопического (мазки гонад) анализа каждые 2 нед с февраля по май 2006 г. Гонады устриц со ст. 1 быстро развивались в этот период, тогда как в состоянии гонад моллюсков со ст. 5 изменений практически не было. Таким образом, высокая встречаемость устриц с недифференцированными гонадами и резорбирующимися гаметами на ст. 5 в мае обусловлена не прошедшим недавно нерестом, а действием неблагоприятных факторов среды.

В многочисленных исследованиях показано, что на репродуктивный цикл *C. gigas* влияют такие факторы как температура, фотопериод, обилие пищи, соленость, а также загрязнение среды обитания (Steele, Mulcahy, 1999; Fabiox et al., 2005; и др.). Установлено, что созревание половых клеток устриц происходит даже при температуре воды 8–10 °С. Температура прибрежных вод Тайваня достаточно высока в течение года, и исследованные районы не различаются существенно по этому параметру (табл. 1). Тихоокеанская устрица, как и другие представители рода *Crassostrea*, — эвригалинный вид, способный к выживанию и воспроизводству в широком диапазоне солености. Генетически детерминированная нижняя граница соленостного диапазона для взрослых особей *C. gigas* составляет 12 ‰ (Ярославцева и др., 1990). Периодическое снижение солености до этого значения не оказывает видимого влияния на развитие гонад устриц. Из 5 исследованных нами районов только ст. 2 расположена вблизи устья реки, где средняя соленость составляет около 18 ‰ (табл. 1), что значительно выше генетически детерминированной нижней границы соленостного диапазона.

В связи с вышесказанным мы полагаем, что основным фактором, негативно влияющим на гаметогенез *C. gigas* из прибрежных вод Тайваня является загрязнение. По данным мониторинга состояния морской среды, в настоящее время прибрежная зона Хсиангшана (ст. 5) загрязнена сильнее, чем другие традиционные районы культивирования устриц (Han et al., 2000; Jeng et al., 2000; Fang et al., 2006; см. табл. 1). По нашим данным, в 2006 г. устрицы со ст. 5 содержали в 17,0 раз больше меди, чем устрицы со ст. 1 (соответственно 3714,0 и 218,3 мкг/г сух. массы), в 3,0 раза больше цинка (3761,0 и 1233,0 мкг/г) и в 1,5 раза больше кадмия (2,27 и 1,50 мкг/г). Данные о содержании тяжелых металлов в тканях устриц из других районов в 2006 г. отсутствуют, однако моллюски с мантией зеленого цвета были найдены на всех станциях, кроме ст. 1, а на самой загрязненной ст. 5 их было 67 % (см. табл. 2). Установлено, что мягкие ткани устриц приобретают зеленый цвет в результате накопления меди в концентрациях свыше 500 мкг/г сух. массы (Han, Hung, 1990). Результаты мониторинговых исследований свидетельствуют, что и в 1990-е гг. концентрации Cu и Zn в устрицах из провинции Хсиангшан были значительно выше, чем в моллюсках из других исследованных в настоящей работе районов (Lin, Hsieh, 1999; Han et al., 2000; Jeng et al., 2000; и др.).

Прибрежная зона западного Тайваня загрязнена не только тяжелыми металлами, но и органическими и металлоорганическими соединениями. Оловоорганические соединения (моно-, ди-, три- и тетрабутилолово) найдены в тканях устриц из 6 районов, включая Хсиангшан (ст. 5), Тайнан (ст. 2 и 3 в настоящей работе) и Путай (ст. 4) (Hsia, Liu, 2003). Полихлорированные бифенилы (Fang et al., 2006) и ДДТ (Han et al., 2000) обнаружены в тканях устриц практически из всех марикультурных провинций западного Тайваня.

Примечательно, что влияние загрязнения среды обитания на гаметогенез и репродуктивный цикл *C. gigas* изучено крайне слабо. Возможно, частично это связано с тем, что устрицы способны накапливать Cu и Zn в высоких концентрациях без очевидного вреда для общего их состояния. Тем не менее, известно, что в популяциях устриц, обитающих в условиях антропогенного загрязнения, нередко отсутствует нерест и высока доля особей с недифференцированными гонадами и резорбирующимися половыми клетками на протяжении всего года (Steele, Mulcahy, 1999). Гибель и резорбция ооцитов, обнаруженные у 28–100 % моллюсков в разных районах Тайваня, являются серьезной патологией, влияющей на воспроизводство популяции устриц в целом. Нарушение гаметогенеза может быть одной из причин уменьшения количества оседающей молодежи устриц, наблюдающегося в прибрежной зоне Тайваня в последние годы.

Настоящее исследование выполнено при поддержке Национального научного совета Тайваня (NSC 94-2621-B-001-014) и Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ 05-04-90589-ННС), а также за счет грантов ДВО РАН (06-1-П16-057, 06-III-A-06-158).

ЛИТЕРАТУРА

- Яковлев Ю.М. Репродуктивный цикл гигантской устрицы в Японском море // Биол. моря. — 1978. — № 3. — С. 85–88.
- Ярославцева Л.М., Сергеева Э.П., Кашенко С.Д. Изменение чувствительности к опреснению в онтогенезе гигантской устрицы // Биол. моря. — 1990. — № 6. — С. 36–42.
- Chen C.P., Tsai W.S., Chen C.H., Hsu H.W. Oyster cultivation in Penghu: weight and condition factor changes: Aquaculture of oysters and control of oyster leeches in Penghu. COA Fisheries Series № 17. — Taipei, Taiwan, 1989. — 72 с. (На кит. яз.)
- Fabiox C., Huvet A., Le Souchu P. et al. Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock // Aquaculture. — 2005. — Vol. 250. — P. 458–470.
- Fang M.D., Fang H.-T., Lee C.-L. et al. Concentrations of polychlorinated biphenyl congeners in cultivated oysters (*Crassostrea gigas*) in Western Taiwan // Arch. Environ. Contam. Toxicol. — 2006. — Vol. 51. — P. 223–231.
- Guo X.M., Hedgecock D., Hershberger W.K. et al. Genetic determinants of protandric sex in the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* Thunberg // Evolution. — 1998. — Vol. 52. — P. 394–402.
- Han B.C., Hung T.C. Green oysters caused by copper pollution on the Taiwan coast // Environ. Pollut. — 1990. — Vol. 65. — P. 347–362.
- Han B.C., Jeng W.L., Hung T.C. et al. Estimation of metal and organochlorine pesticide exposures and potential health threat by consumption of oysters in Taiwan // Environ. Pollut. — 2000. — Vol. 109. — P. 147–156.
- Hsia M.P., Liu S.M. Accumulation of organotin compounds in Pacific oysters, *Crassostrea gigas*, collected from aquaculture sites in Taiwan // Sci. Total Environ. — 2003. — Vol. 313. — P. 41–48.
- Hung T.C., Meng P.J., Han B.C. et al. Trace metals in different species of mollusca, water and sediments from Taiwan coastal area // Chemosphere. — 2001. — Vol. 44. — P. 833–841.
- Jeng M.S., Jeng W.L., Hung T.C. et al. Mussel watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan, 1991–98 // Environ. Pollut. — 2000. — Vol. 110. — P. 207–215.
- Kim Y., Ashton-Alcox K.A., Powell E.N. Histological techniques for marine bivalve molluscs: update. — Silver Spring, MD. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 27, 2006. — 76 p.
- Lin S., Hsieh I.J. Occurrences of green oyster and heavy metals contaminant level in the Sien-San area, Taiwan // Mar. Pollut. Bull. — 1999. — Vol. 38. — P. 960–965.
- Ruesink J.L., Lenihan H.S., Trimble A.C. et al. Introduction of non-native oysters: Ecosystem effects and restoration implications // Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst. — 2005. — Vol. 36. — P. 643–689.
- Steele S., Mulcahy M.F. Gametogenesis of the oyster *Crassostrea gigas* in southern Ireland // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. — 1999. — Vol. 70. — P. 673–686.
- Wu W.L., Yang M.N. The reproductive cycle of *Crassostrea gigas* Thunberg, 1773 from Taiwan // Bull. Malacol. Taiwan ROC. — 1999. — Vol. 23. — P. 39–46. (На кит. яз.)

ПРОЧНОСТЬ БИССУСНОГО ПРИКРЕПЛЕНИЯ ТРЕХ ВИДОВ ПРОМЫСЛОВЫХ МИТИЛИД (*BIVALVIA*) ИЗ ЯПОНСКОГО МОРЯ В СВЯЗИ С ОСОБЕННОСТЯМИ ИХ ОБИТАНИЯ*

Е.Е. Вехова, Н.И. Селин

Институт биологии моря ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: evechova@mail.ru

Двустворчатые моллюски семейства Mytilidae, многие представители которого являются промысловыми или активно культивируются, часто образуют массовые скопления на мелководных участках литорали и верхней сублиторали. К этим поселениям обычно приурочены многочисленные донные беспозвоночные, находящие здесь убежища от неблагоприятного воздействия среды (хищников, волнобоя и т.д.) и обильную кормовую базу. От отношения того или иного вида митилид к условиям среды, следовательно, зависит как состояние конкретного поселения и обилие промыслового объекта, так и облик донного населения. Показателем приспособленности моллюсков к обитанию в контрастных условиях сублиторали и оценки масштабов возможных нарушений целостности природных поселений при естественном или при неблагоприятном антропогенном воздействии могут быть данные по прочности прикрепления к субстрату. В связи с этим исследовали адгезивные свойства биссусных нитей и особенности биссусного прикрепления к субстрату у трех обычных представителей донных сообществ Японского моря — мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*), мидии блестящей (*Mytilus coruscus*) и модиолуса (*Modiolus modiolus*).

Материалы исследования — моллюски, собранные в зал. Восток (зал. Петра Великого) летом 2001 г. на глубине 0,5–1,5 м с крупных валунов и скал на небольшом участке дна, представляющем собой умеренно защищенное побережье, относящееся к третьему биоморфическому типу сублиторали третьей степени прибойности (Лукин, Фадеев, 1982). Прочность биссусной связи митилид ($L = 10\text{--}130$ мм) с субстратом (F , кг) оценивали в природных условиях по силе, которую необходимо приложить для отрыва одиночно живущего моллюска от грунта, используя пружинные динамометры (Price, 1980, 1982) с ценой деления 500, 100 и 1 г и максимальной допустимой нагрузкой соответственно 25,0, 7,0 и 0,5 кг. В лаборатории штангенциркулем с точностью до 0,1 мм у моллюсков измеряли длину раковины (L), на весах ВЛКТ-500 с точностью до 0,1 г оценивали прижизненную массу тела (W), а также определяли индивидуальный возраст (T) по регистрирующим структурам раковины (Золотарев, 1989). У моллюсков разного размера исследовали индивидуальную прочность нитей на разрыв (f , ньютон) на устройстве, принципиально не отличавшемся от применявшегося в исследованиях с *Mytilus edulis* (Price, 1981). Для этого у каждой особи тестировали по 30 нитей из разных частей биссуса, отмечали место разрыва и находили среднюю величину прочности нитей. Полученные данные послужили для расчета уравнений регрессии. Статистическую обработку данных проводили в Statgraphics Plus for Windows и Microsoft Excel.

Проведенное нами тестирование нитей на разрыв показало, что в проксимальной части они разрушаются почти в 1,5–4,0 раза чаще, чем в дистальной. Так, у *C. grayanus* это соотношение составило соответственно 61,5 и 38,5 %, у *M. coruscus* — 83,0 и 17,0 %, а у *M. modiolus* — 71,0 и 29,0 % случаев. Исследования биомеханических свойств отдельных частей нити, проводившиеся ранее на *M. edulis*, *M. trossulus*, *M. galloprovincialis* и *M. californianus*, позволили установить, что дистальная часть является более прочной, чем диск и проксимальная часть, при этом два последних участка нити разрушаются при сходной силе растяжения (Allen et al., 1976; Smeathers, Vincent, 1979; Price, 1981; Bell, Gosline, 1996; Carrington, Gosline, 2004).

Все это свидетельствует, что биссусные нити являются уникальными природными биополимерами с поразительными механическими свойствами, сочетающими в себе особенности мягкого каучука и твердого нейлона. Они способны пружинить и растягиваться и тем

* Работа поддержана Фондом содействия отечественной науке.

самым сглаживать неблагоприятное воздействие среды, в частности волновое, обычное для прибойных побережий и периодов штормов. Эти особенности связаны с разной структурной организацией проксимального и дистального участков нити (Allen et al., 1976; Smeathers, Vincent, 1979). В этом отношении результаты, полученные нами при исследовании биссусных нитей у *C. grayanus*, *M. coruscus* и *M. modiolus*, не противоречат литературным данным, и можно заключить, что наличие у представителей семейства Mytilidae двух участков — проксимального и дистального — характерная функциональная особенность этой структуры.

Результаты корреляционно-регрессионного анализа свидетельствуют, что прочность нитей тесно коррелирует с размером, массой тела и возрастом моллюсков и хорошо аппроксимируется уравнением простой аллометрии (см. таблицу, рис. 1). Наиболее тесная взаимосвязь этих показателей характерна для *M. coruscus* (коэффициент детерминации составляет от 74,3 до 84,6 %), самая низкая (коэффициент детерминации от 42,0 до 44,4 %) — для мидии Грея. Тесная связь также отмечается между прочностью прикрепления, размером, массой тела и возрастом моллюсков (см. таблицу) — коэффициент детерминации во всех случаях выше 70 %.

Параметры уравнений, описывающих зависимость прочности биссусных нитей (f , н) и прочности прикрепления моллюсков к субстрату (F , кг) от размера (L), массы тела (W) и возраста (T) у *Crenomytilus grayanus*, *Mytilus coruscus* и *Modiolus modiolus*

Вид	Коэффициенты		SElna	SEb	R ²	P	n
	a	b					
			$f = aL^b$				
<i>C. grayanus</i>	0,3339	0,1884	0,2090	0,0472	42,0	<0,001	24
<i>M. coruscus</i>	0,0681	0,7335	0,3931	0,0904	84,6	<0,001	14
<i>M. modiolus</i>	0,0191	0,6359	0,6484	0,1517	63,7	<0,001	12
			$f = aW^b$				
<i>C. grayanus</i>	0,5896	0,0592	0,0685	0,0149	43,0	<0,001	23
<i>M. coruscus</i>	0,6521	0,2339	0,1301	0,0311	82,4	<0,001	14
<i>M. modiolus</i>	0,1281	0,2148	0,2148	0,0528	62,3	<0,001	12
			$f = aT^b$				
<i>C. grayanus</i>	0,5647	0,1156	0,0765	0,0282	44,4	<0,001	23
<i>M. coruscus</i>	0,8554	0,3684	0,1225	0,0625	74,3	<0,001	14
<i>M. modiolus</i>	0,1114	0,5386	0,2088	0,1113	70,1	<0,001	12
			$F = aL^b$				
<i>C. grayanus</i>	0,0157	1,4935	0,3876	0,0867	73,5	<0,001	114
<i>M. coruscus</i>	0,0123	1,7083	0,4301	0,1052	83,8	<0,001	56
<i>M. modiolus</i>	0,0055	1,6527	0,3643	0,0845	84,9	<0,001	70
			$F = aW^b$				
<i>C. grayanus</i>	1,3935	0,4897	0,1320	0,0287	73,2	<0,001	114
<i>M. coruscus</i>	1,9581	0,6061	0,1012	0,0308	88,4	<0,001	56
<i>M. modiolus</i>	0,6976	0,5776	0,1224	0,0295	84,9	<0,001	70
			$F = aT^b$				
<i>C. grayanus</i>	1,8565	0,7873	0,1474	0,0583	64,5	<0,001	114
<i>M. coruscus</i>	2,8134	1,2160	0,1191	0,0882	78,8	<0,001	56
<i>M. modiolus</i>	0,7459	1,1893	0,1543	0,0790	76,9	<0,001	70

Примечание. SE — стандартная ошибка; R² — коэффициент детерминации, %; P — уровень значимости; n — объем выборки, экз.; остальные обозначения см. в тексте.

Анализ линий регрессии, построенных по соответствующим степенным уравнениям регрессии (см. таблицу, рис. 1), показал, что в онтогенезе по мере увеличения размера, массы тела и возраста моллюсков прочность биссусных нитей возрастает, что отмечалось для *M. edulis* (Price, 1981). Наиболее интенсивно этот показатель изменяется у *M. coruscus*. Например, при длине раковины 30 и 120 мм прочность нити у *C. grayanus* составляет в среднем 0,633 и 0,823 н, у *M. coruscus* — 0,825 и 2,281, у *M. modiolus* — 0,116 и 0,401 н (соответственно около 64,6 и 83,9 г, 84,1 и 232,7, 11,8 и 40,9 г). Сходная картина наблюдается при анализе изменения в онтогенезе прочности биссусных нитей относительно массы тела моллюсков (рис. 1, А).

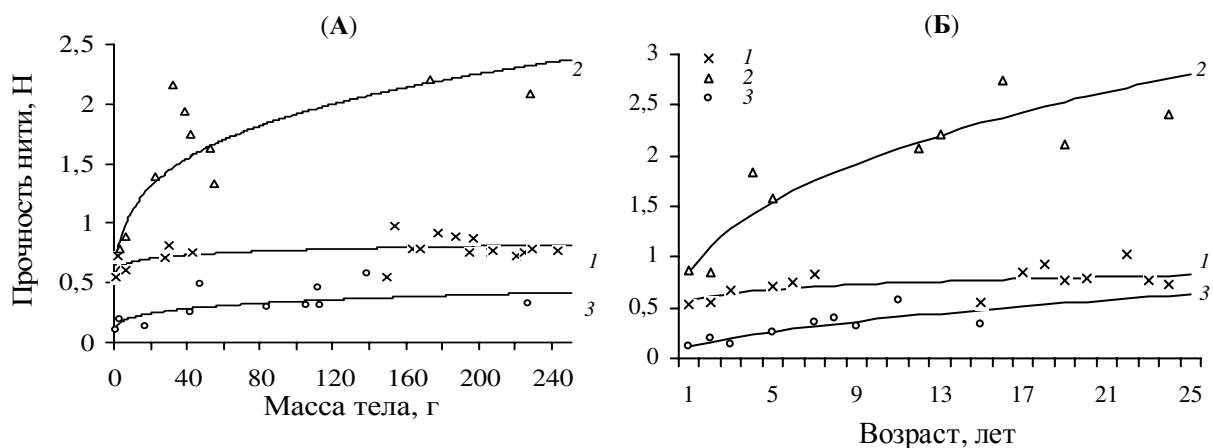


Рис. 1. Изменение в онтогенезе прочности биссусных нитей у *Crenomytilus grayanus* (1), *Mytilus coruscus* (2) и *Modiolus modiolus* (3)

Наши данные свидетельствуют о существенных межвидовых различиях возрастной изменчивости прочности биссусных нитей моллюсков (рис. 1, Б). Достаточно отметить, что у *C. grayanus* в возрасте, например, 5 и 15 лет биссусные нити выдерживают нагрузку в среднем соответственно до 0,680 и 0,772 н (69,4 и 78,7 г), а у *M. modiolus* — соответственно 0,265 и 0,479 н (27,0 и 48,8 г). У *M. coruscus* этого же возраста прочность биссусных нитей несравненно выше — соответственно 1,548 и 2,319 н (157,9 и 236,5 г). Во всех случаях попарное сравнение линий регрессии показало, что наблюдаемые межвидовые различия статистически достоверны (Fфакт. = 117,90 – 322,20, P < 0,001).

Анализ коэффициентов уравнений и соответствующих им линий регрессии показал (см. таблицу, рис. 2), что моллюски различаются прочностью прикрепления. В онтогенезе этот параметр наиболее интенсивно увеличивается относительно размера, массы тела и возраста у *M. coruscus*, а у *C. grayanus* и *M. modiolus* изменяется почти с равной интенсивностью. Например, для того чтобы в природе оторвать от субстрата моллюска размером 30 мм, в первом случае необходимо приложить усилие в 4,1 кг, во втором — в 2,5 кг, в третьем — 1,5 кг. Сходная картина наблюдается при анализе изменения в онтогенезе прочности прикрепления относительно массы тела и возраста моллюсков (рис. 2). Например, прочность прикрепления к субстрату молодых особей *M. coruscus* в 2–3 раза больше таковой равновозрастных особей *C. grayanus* и *M. modiolus*. С возрастом эта разница между *M. coruscus* и двумя другими видами увеличивается еще значительно, а между мидией Грея и модиолусом к 15 годам становится менее существенной. Во всех случаях наблюдаемые различия статистически значимы (Fфакт. = 27,60 – 335,40, P < 0,001).

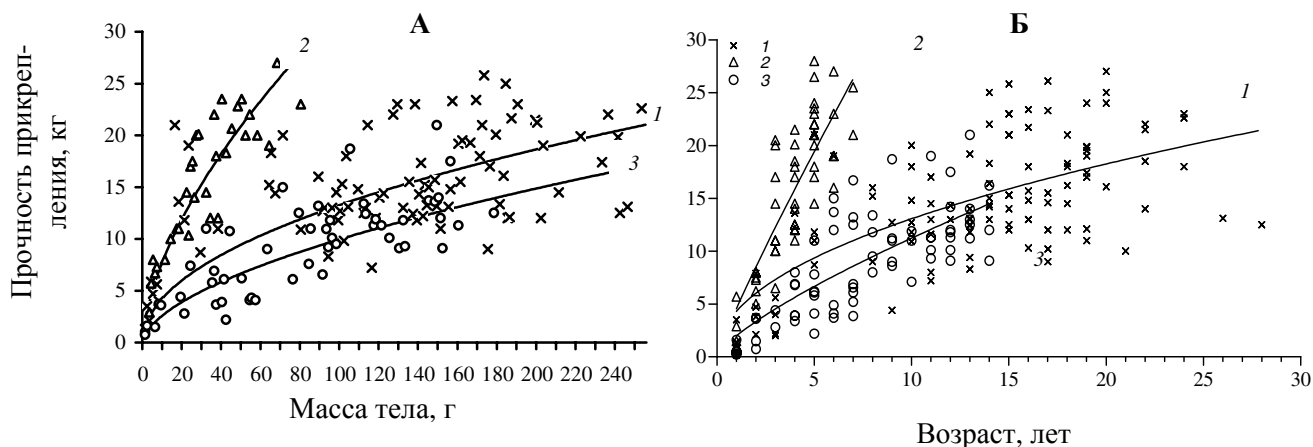


Рис. 2. Изменение в онтогенезе прочности прикрепления к грунту у *Crenomytilus grayanus* (1), *Mytilus coruscus* (2) и *Modiolus modiolus* (3)

Таким образом, анализируемые виды моллюсков существенно различаются прочностью прикрепления к субстрату. Это в значительной мере связано с формированием у них разных по прочности биссусных нитей. Поскольку в исследовании тестировали нити и моллюсков из одного и того же местообитания, то правомочно заключить, что биомеханические свойства нитей отражают исторически выработанное приспособление *M. coruscus*, *S. grayanus* и *M. modiolus* к обитанию в разных биотопах, где каждый из видов достигает наибольшего расцвета и часто по показателям обилия доминирует в сообществе. Наблюдаемые межвидовые различия прочности нитей и биссусного прикрепления *S. grayanus*, *M. coruscus* и *M. modiolus* отражают их адаптацию, прежде всего к гидродинамическим условиям среды. Из рассматриваемых нами видов наиболее адаптирован к существованию в условиях частого и значительного волнового воздействия *M. coruscus*, хуже всего — *M. modiolus*. В соответствии с этим связаны особенности пространственного распределения моллюсков: *M. coruscus* обитает на открытых прибойных участках скалистых мысов от уреза воды до глубины 3 м, *S. grayanus* наиболее мощные скопления образует у открытых побережий на твердых грунтах на глубине 8–12 м или в бухтах на небольшой глубине на смешанных грунтах и биогенных субстратах, а поселения *M. modiolus* обычно встречаются на мягких и смешанных грунтах в условиях отсутствия прямого воздействия волн (Скарлато и др., 1967; Скарлато, 1981; Higo et al., 1999).

Полученные данные свидетельствуют, что для добычи моллюсков необходимо приложить разное усилие. Для модиолусов в поселениях на мягких осадках оно будет гораздо меньше, чем для мидии Грея и тем более для добычи мидии блестящей. Однако, учитывая, что модиолус и мидия блестящая обычно рассматриваются в виде прилова при промысле мидии Грея, при необходимости в расчетах физических затрат следует ориентироваться на показатели прочности прикрепления, характерные для этого вида.

ЛИТЕРАТУРА

- Золотарев В.Н. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. — Киев: Наук. думка, 1989. — 112 с.
- Лукин В.И., Фадеев В.И. Особенности планирования гидробиологических работ на акваториях большой протяженности // Подводные гидробиологические исследования. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. — С. 13–20.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. — Л.: Наука, 1981. — 479 с.
- Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В. и др. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посъет (Японское море) // Исслед. фауны морей. — 1967. — Т. 5(13). — С. 5–61.
- Allen J.A., Cook M., Jackson D.J. et al. Observations on the rate of production and mechanical properties of the byssus threads of *Mytilus edulis* L. // J. Mollusc. Stud. — 1976. — Vol. 42, № 2. — P. 279–289.
- Bell E.C., Gosline J.M. Mechanical design of mussel byssus material yield enhances attachment strength // J. Exp. Biol. — 1996. — Vol. 1996, № 4. — P. 1005–1017.
- Carrington E., Gosline J.M. Mechanical design of mussel byssus: Load cycle and strain rate dependence // Amer. Malacol. Bull. — 2004. — Vol. 18, № 1–2. — P. 135–142.
- Higo S., Callomon P., Goto Y. Catalogue and bibliography of the marine shell-bearing mollusca of Japan. Gastropoda. Bivalvia. Polyplacophora. Scaphopoda: Elle Sci. Publ. — 1999. — 748 p.
- Price H.A. Seasonal variation in the strength of byssal attachment of the common mussel *M. edulis* L. // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. — 1980. — Vol. 60, № 4. — P. 1035–1037.
- Price H.A. Byssus thread strength in the mussel, *Mytilus edulis* // J. Zool. — 1981. — Vol. 194. — P. 245–255.
- Price H.A. An analysis of factors determining seasonal variation in the byssal attachment strength of *Mytilus edulis* // J. Mar. Biol. Assoc. U.K. — 1982. — Vol. 62, № 1. — P. 147–155.
- Smeathers J.E., Vincent J.F.V. Mechanical properties of mussel byssus threads // J. Mollusc. Stud. — 1979. — Vol. 45. — P. 219–230.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА ДАЛЬНОГО (КАМЧАТКА) В 2000–2006 ГГ.

Н.М. Вецлер

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Озеро Дальнее, расположенное на юго-востоке Камчатского полуострова, является нерестово-нагульным водоемом, обеспечивающим естественное воспроизводство одного из стад тихоокеанского лосося — нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.). Озеро относится к бассейну р. Паратунка, впадающей в Авачинскую губу, и находится на высоте 29,7 м над уровнем моря. По морфометрическим показателям оз. Дальнее — водоем средней величины, длиной 2,5; средней шириной 0,54 км, площадью зеркала 1,36 км², средней глубиной 31,5 м. Максимальная глубина (60,5 м) находится в центральной части озера (Крогиус и др., 1969, 1987).

Цель работы — обобщение и анализ результатов изучения озера за 2000–2006 гг. Материалом для исследований являлись данные круглогодичных гидрологических и гидрохимических наблюдений, выполненных на постоянной станции в центральной глубоководной части пелагиали озера. В работе также были использованы данные за 1981–1999 гг.

Озеро Дальнее является сточно-проточным. В озеро с севера и юга впадает большое количество ручьев, поверхностный сток которых составляет 38 % годового стока с водосбора. 50 % годового стока составляют грунтовые воды (Крогиус и др., 1969). Весной и летом во время таяния снежного покрова происходит смыв органических и биогенных веществ с водосборных площадей. Значительное количество аллохтонного органического материала поступает в озеро с поверхностными и грунтовыми водами в октябре и ноябре во время осенних циклонов, сопровождающихся обильными дождями. Сток воды из озера происходит через р. Дальнюю, расход воды которой в течение года изменяется от 1,5 м³/с в половодье до 0,2 м³/с в межень (Крогиус и др., 1987).

Размах колебаний уровня воды в озере в течение года невелик и составляет 35 см. Пик половодья наблюдается обычно в середине июня. Диапазон изменений уровня воды от поступления талых вод в 1981–2006 гг. составил 22–50 см при среднемноголетней величине, равной 36 см. Подъем уровня воды происходит также осенью — в октябре—ноябре во время усиления циклонической деятельности в бассейне озера. Меженный период обычно приходится на зимние месяцы (рис. 1).

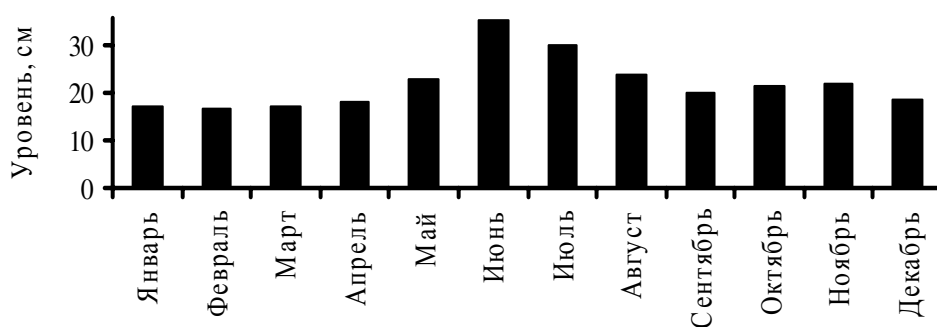
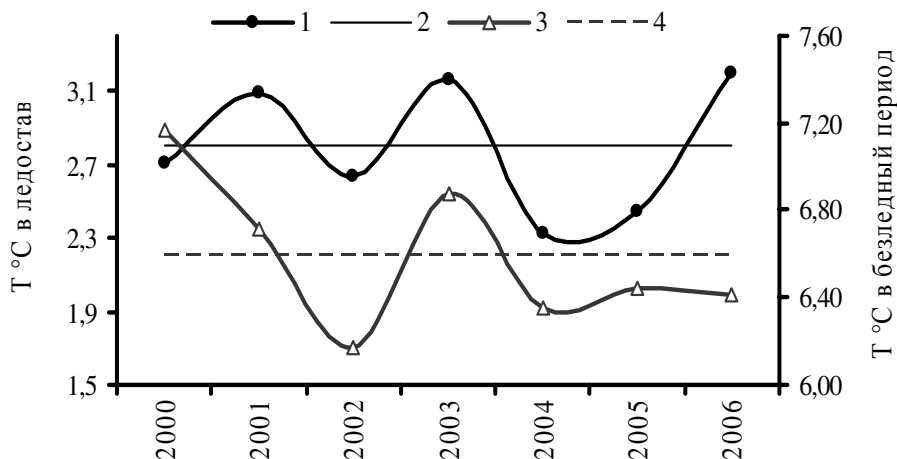


Рис. 1. Сезонная динамика среднемноголетних значений уровня воды в оз. Дальнем в 1981–2006 гг.

Климатические условия района и морфометрические характеристики озера определяют его термический режим. Зимой температура поверхностных вод близка к нулю, в летний период верхние слои озера прогреваются до 20 °С. Максимальный прогрев водоема в 2000–2006 гг. был отмечен в августе, минимальный — в январе. Оз. Дальнее ежегодно покрывается льдом. Образование сплошного ледового покрова на озере препятствует сильному выхолаживанию водной массы и резким колебаниям температуры воды в зимний период. Амплитуда многолетних изменений зимней температуры воды не превышает 1 °С (Вецлер, 2006). Ледостав в 2000–2006 гг. в среднем длился 170 дней, а средняя температура воды в слое 0–50

м в этот период составляла 2,8 °С. Наибольшее охлаждение водной массы было отмечено в 2004–2005 гг., наименьшее — в 2006 г. (рис. 2).

Рис. 2. Динамика средней температуры воды (T , °С) слоя 0–50 м в ледостав (1) и в безледный период (3) и их средне-многолетние значения (соответственно 2 и 4) в пелагиали оз. Дальнее в 2000–2006 гг.



После разрушения льда (в конце мая — начале июня) совместное воздействие конвекции и ветра обеспечивают

весеннюю циркуляцию озерных вод. В 2000–2006 гг. в озере наиболее часто происходила полная циркуляция, что способствовало обогащению придонных слоев кислородом, а верхних горизонтов — биогенными элементами. Неполная весенняя циркуляция была отмечена в 2000, 2001 и 2003 гг.

Прямая стратификация в 2000–2006 гг. обычно устанавливалась в первой декаде июля. Температура воды в эпилимнионе в среднем изменялась от 9,8 до 19,3 °С, а граница между эпилимнионом и металимнионом находилась, преимущественно, на глубине 10 м. Период летней стратификации обычно заканчивался в конце сентября. Полная осенняя циркуляция происходила в конце октября — начале ноября. Наибольший прогрев водоема в летне-осенний период был отмечен в 2000 г. (7,2 °С), наименьший — в 2002 г. (6,2 °С) (рис. 2). На основании многолетних исследований оз. Дальнее была принята классификация термического режима озера. Холодными считаются годы со средней температурой слоя 0–50 м ниже 4,5 °С, умеренными — с температурой от 4,5 до 4,8 °С, теплыми — с температурой 4,9 °С и выше. В 2000–2003 гг. теплосодержание озерных вод было на среднем уровне и выше. Наибольший прогрев озера был отмечен в 2000 г. (5,0 °С). 2004–2005 гг. относятся к ряду холодных лет с температурой воды ниже 4,4 °С.

Сравнение межгодовых изменений средней прозрачности в безледный период 1981–2006 гг. показало, что в 1981–1995 гг. происходило ее снижение, начиная с 1996 г. тенденция сменилась на противоположную, и прозрачность воды начала постепенно возрастать. В 2006 г. средняя прозрачность воды была максимальной за последние 21 года (1985–2006 гг.) и превысила среднемноголетнюю величину, равную 5,2 м (рис. 3).



Рис. 3. Многолетняя динамика средней прозрачности воды в пелагиали оз. Дальнее в 1981–2006 гг.

Уменьшение прозрачности воды в 1981–1995 гг., вероятно, было связано с ростом количества взвешенного органического вещества (ВОВ) в озере после многочисленных заходов

производителей нерки в 1984–1990 гг. Известно, что одним из основных источников обогащения нерестовых озер Камчатки органическими и биогенными веществами являются тела отнерестовавших рыб-производителей (Крохин, 1957, 1967, 1974; Агатова и др., 2004). В результате снижения численности заходов дальнеозерской нерки в 1991–2006 гг. и, как следствие, уменьшения ВОВ в озере, в 1996–2006 гг. происходил постепенный рост прозрачности воды.

Мониторинг биогенного режима в 2000–2006 гг. включал определение минеральных форм фосфора, азота (аммония, нитритов и нитратов), кремния и общего железа.

Фосфор. Источниками фосфора в озере являются внутриводоемные процессы и поступление его с половозрелой неркой, поверхностным и грунтовым стоками (Крохин, 1957, 1967). Значительное количество фосфатов аккумулируется в придонном слое оз. Дальнее (Погодаев, 2002). Их концентрация у дна зависит от суммарного поступления фосфора с отнерестовавшей неркой за предшествующие три года (Вецлер и др., 2006). В 2000–2006 гг. количество минерального фосфора на 50 м, в среднем, составляло 0,036 мг P/л и было наименьшим за двадцатилетний период исследований (1981–2006 гг.) (рис. 4).

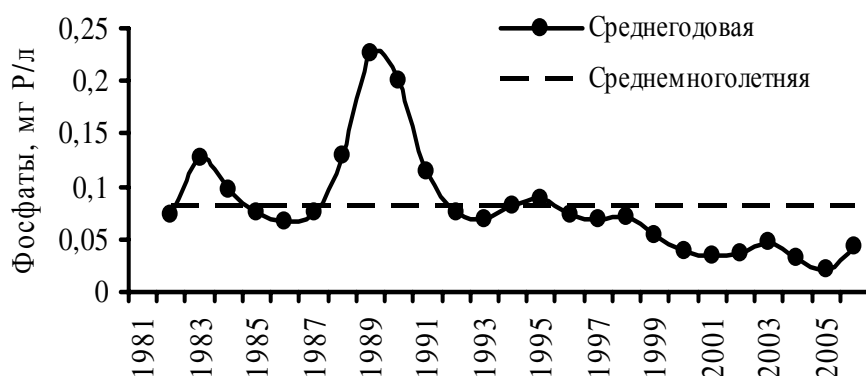


Рис. 4. Многолетняя динамика концентрации фосфатов в придонном слое в оз. Дальнее в 1981–2006 гг.

В 2000–2006 гг. снижение содержания фосфатов было отмечено и во всей водной массе. Средняя их концентрация в слое 0–50 м не превышала 0,028 мг P/л и была ниже среднеголетнего показателя, рассчитанного для периода 1981–2006 гг. (0,033 мг P/л). Количество минерального фосфора в эвфотическом слое (0–20 м) в 2000–2006 гг. варьировало в пределах 0,014–0,024 мг P/л и было преимущественно выше среднеголетнего уровня (0,019 мг P/л), т.е. несмотря на незначительное поступление минерального фосфора с нерестующей неркой в последнее десятилетие (1991–2006 гг.), особенности трансформации фосфора в водоеме создавали достаточно высокий уровень фосфатов в эвфотическом слое при низкой концентрации их у дна и во всей толще воды (рис. 5).

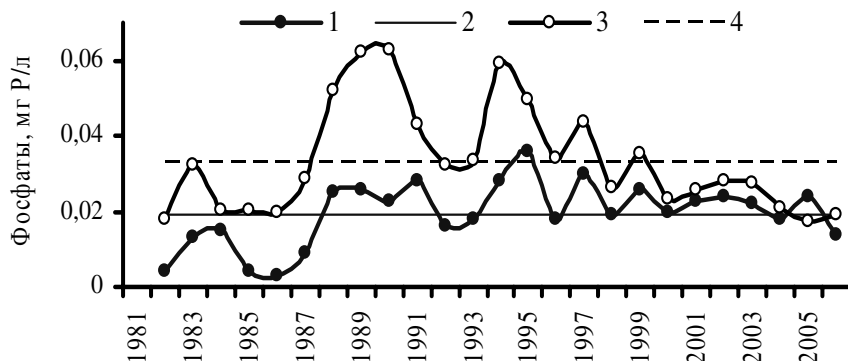


Рис. 5. Многолетняя динамика концентрации фосфатов в слое 0–20 (1) и 0–50 м (2) и их среднеголетние значения (соответственно 3 и 4) в оз. Дальнее в 1981–2006 гг.

Азот. Минеральный азот содержится в озерной воде в трех формах: аммонийной, нитритной и нитратной. Содержание аммонийного азота в слое 0–50 м в 2000–2006 гг., в среднем, составило 0,09 мг N/л, с максимумом концентрации 0,18 мг N/л в 2004 г., когда значительное количество аммония образовалось при минерализации органического вещества, поступившего с отнерестовавшей неркой в 2003 г. (более 30 тыс. шт.) (рис. 6).

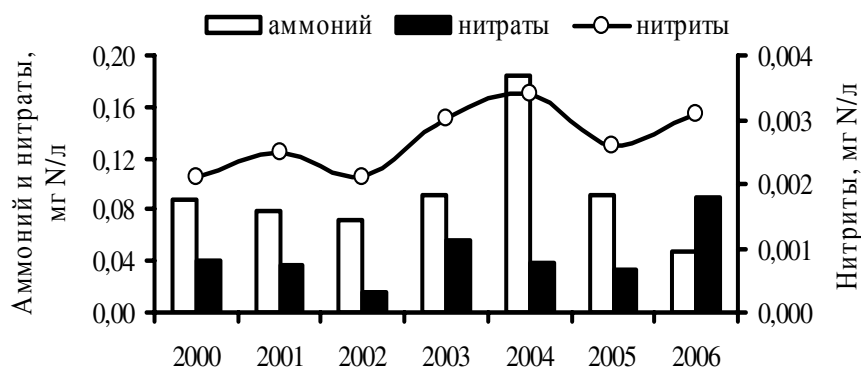


Рис. 6. Многолетняя динамика концентрации минеральных форм азота в слое 0–50 м в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

Нитриты являются промежуточной формой окисления азота и содержатся в озере в небольшом количестве. В 2000–2006 гг. межгодовые колебания концентрации нитритного азота не превышали тысячной доли мг и, в среднем, составили 0,003 мг N/л (рис. 6). Содержание нитратов в озерных водах было достаточно стабильным и колебалось в небольших пределах: от 0,02 до 0,09 мг N/л (рис. 6). В период 2000–2005 гг. преобладающей формой азота в озере, в основном, был аммоний. Исключением является 2006 г., когда в озере почти в течение всего года было отмечено повышенное содержание нитратов.

Кремний. Воды оз. Дальнее характеризуются высоким содержанием кремния. Его количество в слое 0–50 м колебалось от 3,0 (2000 г.) до 4,6 мг/л (2002 и 2006 гг.). Средняя концентрация кремнекислоты за 2000–2006 гг. составила 4,1 мг/л. Характер межгодовых колебаний концентрации кремния в верхнем двадцатиметровом слое, в основном, был аналогичен изменениям в слое 0–50 м. Исключением является повышенное его содержание в эвфотическом слое в 2005 г. (рис. 7).

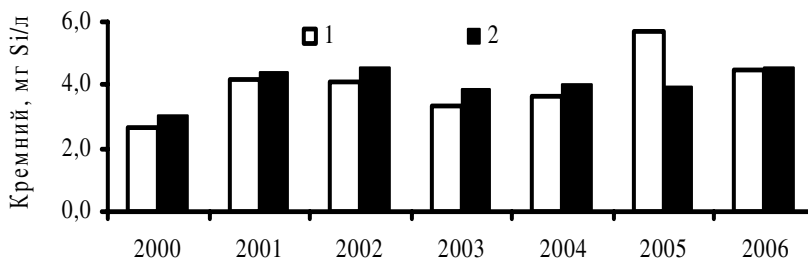


Рис. 7. Многолетняя динамика концентрации кремния в слоях 0–20 (1) и 0–50 м (2) в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

Железо. Содержание железа в слое 0–50 м в 2000–2006 гг., в среднем, составило 0,05 мг/л, с максимумом концентрации 0,07 мг/л в 2001 г. В 2000 и 2006 гг. железо в озерной воде было отмечено в следовых количествах. Сравнительный анализ многолетних изменений содержания железа в слое 0–20 м показал, что значительным повышением его концентрации в ряду 2000–2006 гг. отличался 2005 г. (рис. 8).

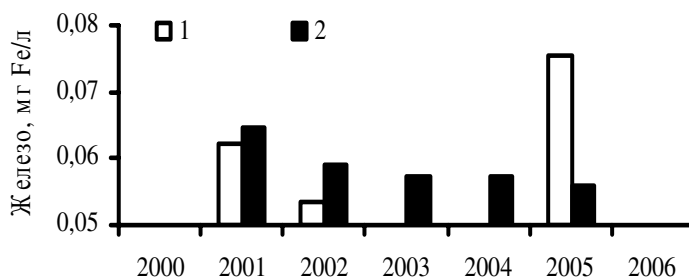


Рис. 8. Многолетняя динамика концентрации железа в слоях 0–20 (1) и 0–50 м (2) в оз. Дальнее в 2000–2006 гг.

Таким образом, по гидрологическому режиму 2000–2003 и 2006 гг. относятся к ряду теплых, с устойчивой температурной стратификацией водных масс в зимний и летний периоды и полным осенним перемешиванием. В 2004–2005 гг. термический режим водоема ха-

рактировался как холодный. В 2002 и 2004–2006 гг. происходила полная весенняя циркуляция озера. Неполное весеннее перемешивание озерных вод было отмечено в 2000–2001 и 2003 гг.

В результате снижения заходов производителей нерки и, как следствие уменьшения количества ВОВ, в оз. Дальнее в последние годы происходило постепенное увеличение средней прозрачности воды.

Анализ динамики гидрохимического режима озера показал, что в 2000–2006 гг. в озере расходовались запасы минерального фосфора, аккумулированные в придонном слое, и количество фосфора, циркулирующего в экосистеме, постепенно снижалось. Тенденция к постепенному убыванию фосфатов прослеживалась во всей водной массе. Тем не менее, особенности трансформации фосфора в водоеме обеспечивали достаточно высокое содержание минерального фосфора в эвфотическом слое. Содержание железа и кремния в воде озера в 2000–2006 гг. было подвержено значительным межгодовым колебаниям, что, вероятно, определялось поступлением со стоком и динамикой внутриводоемных процессов. Доминирующей формой азота в 2000–2006 гг., в основном, являлся аммоний. Значительное повышение его концентрации в озерных водах происходило при минерализации органического вещества, поступившего с отнерестовавшей неркой в предшествующий год.

Автор выражает огромную благодарность Т.К. Уколовой и В.Д. Свириденко, выполнившим гидрохимические анализы и предоставившим материалы для данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

Агатова А.И., Лапина Н.М., Торгунова Н.И. и др. Органическое вещество и скорости его трансформации в нерестово-нагульных озерах Камчатки // Водные ресурсы. — 2004. — Т. 31, № 6. — С. 691–701.

Вецлер Н.М. Многолетние колебания температуры воздуха в бассейне озера Дальнее (п-ов Камчатка) и их влияние на термический режим водоема // Материалы Дальневост. регион. конф., посвященной памяти А.П. Васильковского. — Магадан, 2006 — С. 206–209.

Вецлер Н.М., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. Гидрохимический режим оз. Дальнее в 1999–2004 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. — 2006. — Вып. 7. — С. 142–149.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. Сообщество пелагических рыб озера Дальнего. — Л.: Наука, 1969. — 86 с.

Крогиус Ф.В., Крохин Е.М., Меншуткин В.В. Тихоокеанский лосось (нерка) в экосистеме оз. Дальнего (Камчатка). — Л.: Наука, 1987. — 200 с.

Крохин Е.М. Влияние размеров пропуска производителей красной на фосфатный режим нерестовых озер // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 57. — С. 31–54.

Крохин Е.М. Источники обогащения нерестовых озер биогенными элементами // Изв. ТИНРО. — 1957. — Т. 45. — С. 29–35.

Крохин Е.М. К расчету количества аллохтонного органического вещества, поступающего в оз. Дальнее // Изв. ТИНРО. — 1974. — Т. 90. — С. 93–96.

Погодаев Е.Г. Состояние экосистемы оз. Дальнего (прошлое, настоящее, будущее). Фосфатный режим // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. — 2002. — Вып. 6. — С. 291–295.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ И ВОЗДУХА В ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО (СЕВЕРО-ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ЯПОНСКОГО МОРЯ)

Л.А. Гайко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: gayko@yandex.ru

На акватории зал. Петра Великого в настоящее время регулярные измерения температуры воды и воздуха производят четыре береговые гидрометеостанции (ГМС): Посьет, Гамов, Владивосток и Находка (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Периоды инструментальных наблюдений за гидрометеорологическими параметрами
на прибрежных ГМС зал. Петра Великого

ГМС	Периоды наблюдений			
	над температурой воздуха		над температурой воды	
Посьет	1931–2006	76 лет	1933–2006	74 года
Гамов	1923–2006	84 года	1937–1995	59 лет
Владивосток	1881–2006	126 лет	1901–2006	106 лет
Находка	1932–2006	75 лет	1934–2006	73 года

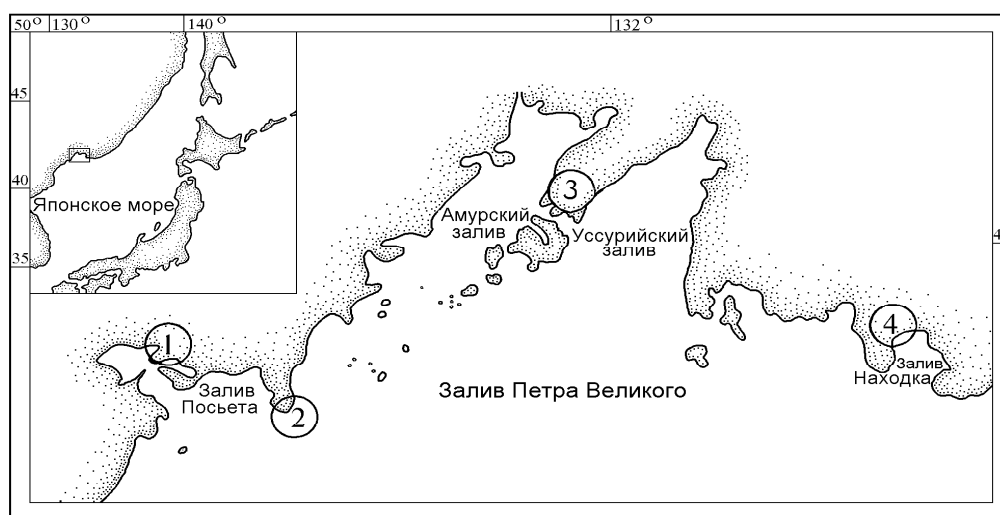


Рис. 1. Схема размещения гидрометеорологических станций на акватории зал. Петра Великого: 1 — ГМС Посьет, 2 — ГМС Гамов, 3 — ГМС Владивосток, 4 — ГМС Находка

Сведения о средней месячной температуре воды и воздуха приведены в табл. 2. Минимальные значения температуры воды на всех ГМС зал. Петра Великого наблюдаются в январе—феврале, максимальные, как правило, — в августе. Лишь в отдельные годы эта закономерность нарушается: так, максимальная температура иногда наблюдается в сентябре, реже — в июле. Отрицательные температуры воды на ГМС Посьет и Находка наблюдаются в течение четырех месяцев (с декабря по март), а на двух других, ГМС Гамов и Владивосток, — три месяца (с января по март).

Годовой ход температуры воздуха над зал. Петра Великого, так же, как и температуры воды, имеет один минимум и один максимум (табл. 2). Минимальные температуры наблюдаются в январе, максимальные — в августе. В заливе также отчетливо выражен свойственный морскому климату контраст между холодной весной и теплой осенью. Так, средние температуры апреля почти в два раза ниже, чем средние температуры октября. Отрицательные средние месячные температуры на этих станциях отмечаются в течение четырех месяцев, а на ГМС Находка даже пяти (еще и в ноябре). Самые низкие температуры отмечены в январе. Самые высокие температуры наблюдаются в августе, прогрев воздуха на всех станциях происходит до 20–21 °С. Температуры июля выше температур сентября для всех станций, но в Посьете и Находке эта разница более значительна (2,2–2,5 °С). При сравнении среднегодо-

вых значений температур между станциями, очевидно, что различия температуры воды достигают 1,6 °С, в то время как по температуре воздуха они не превышают 0,7 °С.

Таблица 2

Многолетняя средняя месячная температура воды и воздуха на прибрежных гидрометеорологических станциях зал. Петра Великого

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
П	<u>-1,6</u>	<u>-1,6</u>	<u>-0,3</u>	<u>4,7</u>	<u>11,1</u>	<u>16,6</u>	<u>21,0</u>	<u>23,1</u>	<u>19,5</u>	<u>12,5</u>	<u>4,2</u>	<u>-0,9</u>	<u>9,0</u>
	-10,3	-7,3	-1,1	5,7	10,7	14,5	18,9	21,0	16,7	9,7	0,6	-7,3	6,0
Г	<u>-0,8</u>	<u>-1,1</u>	<u>-0,3</u>	<u>2,0</u>	<u>6,3</u>	<u>11,5</u>	<u>16,2</u>	<u>19,9</u>	<u>18,3</u>	<u>13,2</u>	<u>6,3</u>	<u>1,5</u>	<u>7,8</u>
	-9,4	-6,5	-0,9	4,9	9,4	13,0	17,8	20,5	17,4	10,7	1,6	-6,0	6,1
В	<u>-1,5</u>	<u>-1,4</u>	<u>-0,4</u>	<u>3,2</u>	<u>8,7</u>	<u>14,1</u>	<u>18,8</u>	<u>21,5</u>	<u>19,3</u>	<u>13,4</u>	<u>5,9</u>	<u>0,6</u>	<u>8,5</u>
	-12,0	-8,8	-1,4	5,5	10,7	14,3	18,9	21,1	17,2	10,3	0,3	-8,1	5,7
Н	<u>-1,6</u>	<u>-1,6</u>	<u>-0,5</u>	<u>3,0</u>	<u>7,8</u>	<u>12,6</u>	<u>17,2</u>	<u>19,9</u>	<u>17,2</u>	<u>10,6</u>	<u>4,3</u>	<u>-0,1</u>	<u>7,4</u>
	-11,0	-7,9	-1,6	5,2	10,1	13,8	18,2	20,2	15,8	8,7	-0,3	-8,1	5,3

Примечание. П — ГМС Посыет, Г — ГМС Гамов, В — ГМС Владивосток, Н — ГМС Находка. В числителе — температура воды, в знаменателе — температура воздуха.

На рис. 2, 3 представлены межгодовая изменчивость температуры воды и воздуха. Из данных рис. 2 и 3 видно, что и средняя годовая температура воды, и средняя годовая температура воздуха претерпевают год от года весьма значительные изменения с довольно ярко выраженной синхронностью на всех станциях. Для температуры воды характерно увеличение разброса кривых разных станций относительно друг друга, при этом, хотя синхронность сохраняется, линии трендов как бы расходятся. В ходе температуры воздуха наблюдается обратная картина — кривые разных станций ближе между собой, линии трендов как бы сходятся, т.е. воздушные массы над рассматриваемым районом становятся все более однородными.

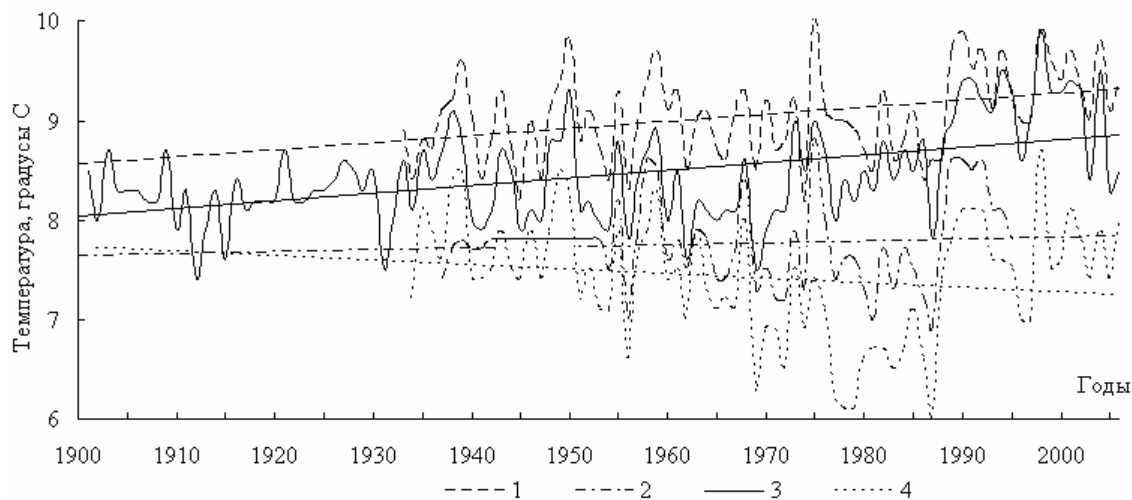


Рис. 2. Межгодовая изменчивость температуры воды на ГМС зал. Петра Великого: 1 — ГМС Посыет, 2 — ГМС Гамов, 3 — ГМС Владивосток, 4 — ГМС Находка и их трендовые составляющие

На всех гидрометеорологических станциях зал. Петра Великого в последние 50 лет (1957–2006) наблюдается рост температуры и воздушной, и водной среды. При этом можно отметить, что температура воздуха на станциях растет значительно быстрее, чем температура воды. Наибольший прирост температуры воды за 50 лет был отмечен во Владивостоке, самый большой прирост температуры воздуха — во Владивостоке и Находке, значительно превысив при этом рост температуры на двух других станциях (табл. 3).

Длительный ряд наблюдений на ГМС Владивосток позволяет проанализировать изменение температуры за вековой период. Здесь за 100 лет произошло увеличение температуры и воды, и воздуха, соответственно на 0,64 и 1,74 °С/100 лет.

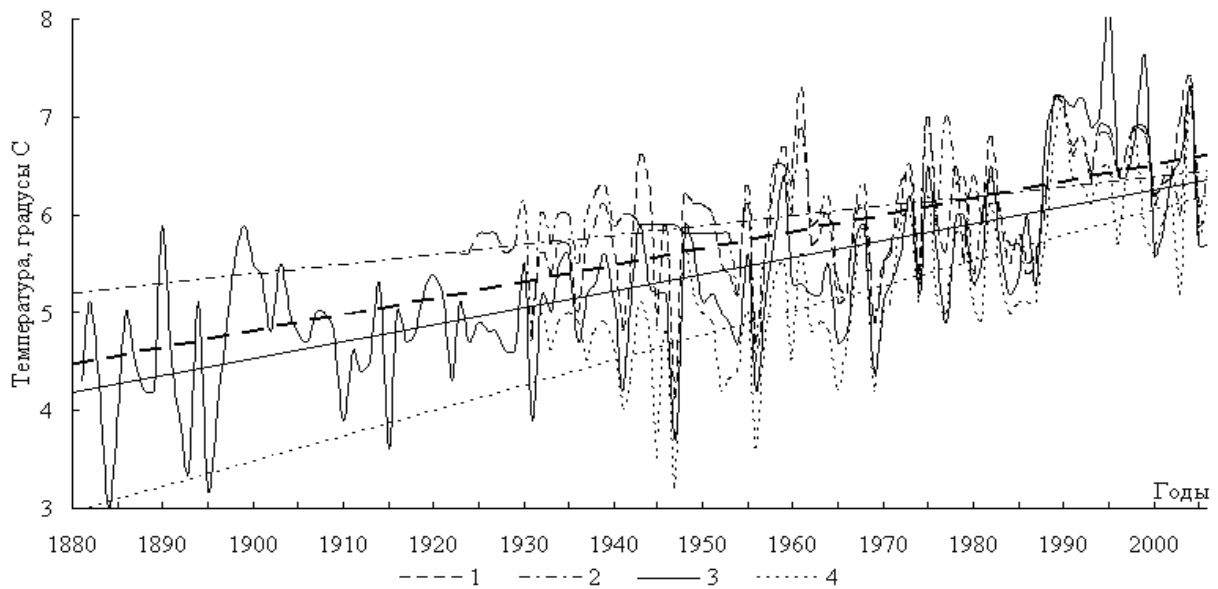


Рис. 3. Межгодовая изменчивость температуры воздуха на ГМС зал. Петра Великого. Обозначения как на рис. 2

Таблица 3

Изменение температуры воды и воздуха за полувековой период на станциях зал. Петра Великого

Температура воды		Температура воздуха	
Посьет	+0,1 °C/50 лет	Посьет	+1,0 °C/50 лет
Гамов	+0,4 °C/50 лет	Гамов	+0,9 °C/50 лет
Находка	+0,2 °C/50 лет	Находка	+1,6 °C/50 лет
Владивосток	+1,1 °C/50 лет	Владивосток	+1,7 °C/50 лет

Представляет интерес изменение среднегодовых аномалий температуры воды и температуры воздуха на каждой станции за рассматриваемый период (рис. 4, 5). На всех станциях они в меньшей или большей степени идентичны. До 1988 г. температуры колеблются около их среднемноголетних значений, а с 1989 г. резко преобладают положительные аномалии.

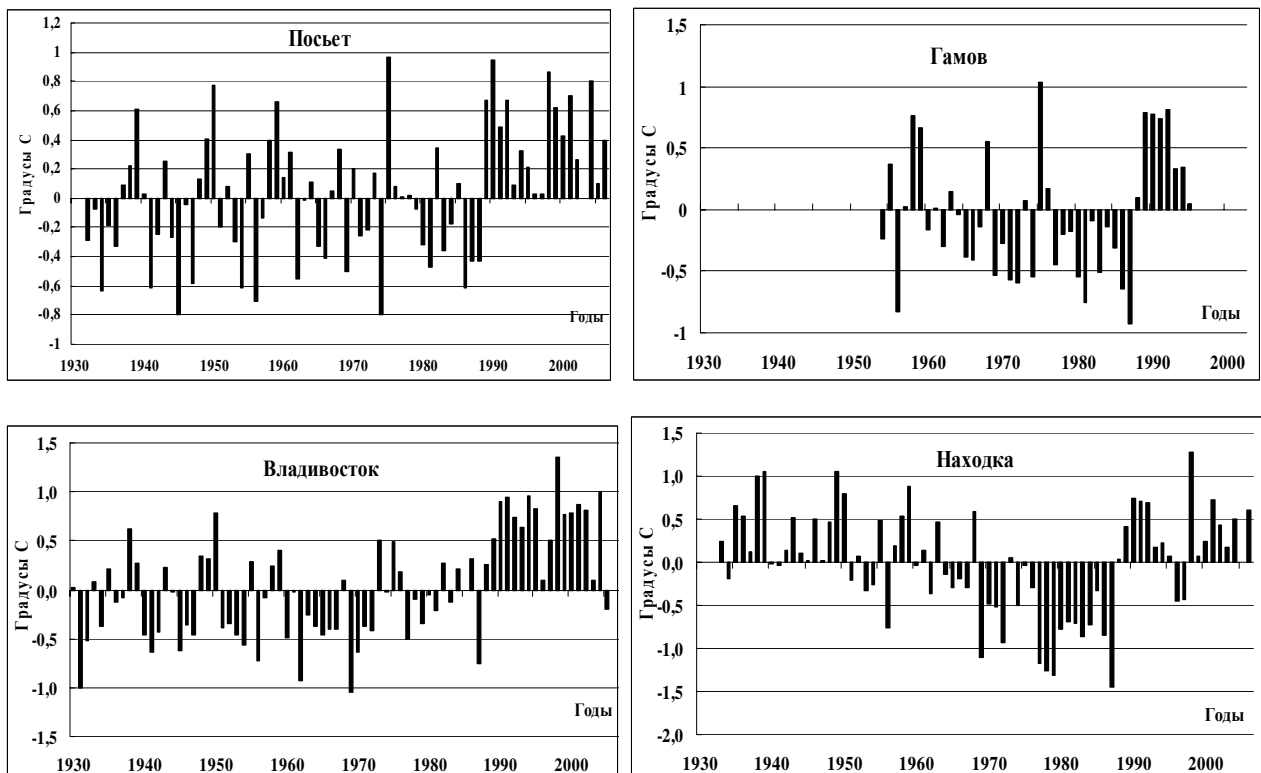


Рис. 4. Отклонения от нормы средней годовой температуры воды на ГМС зал. Петра Великого

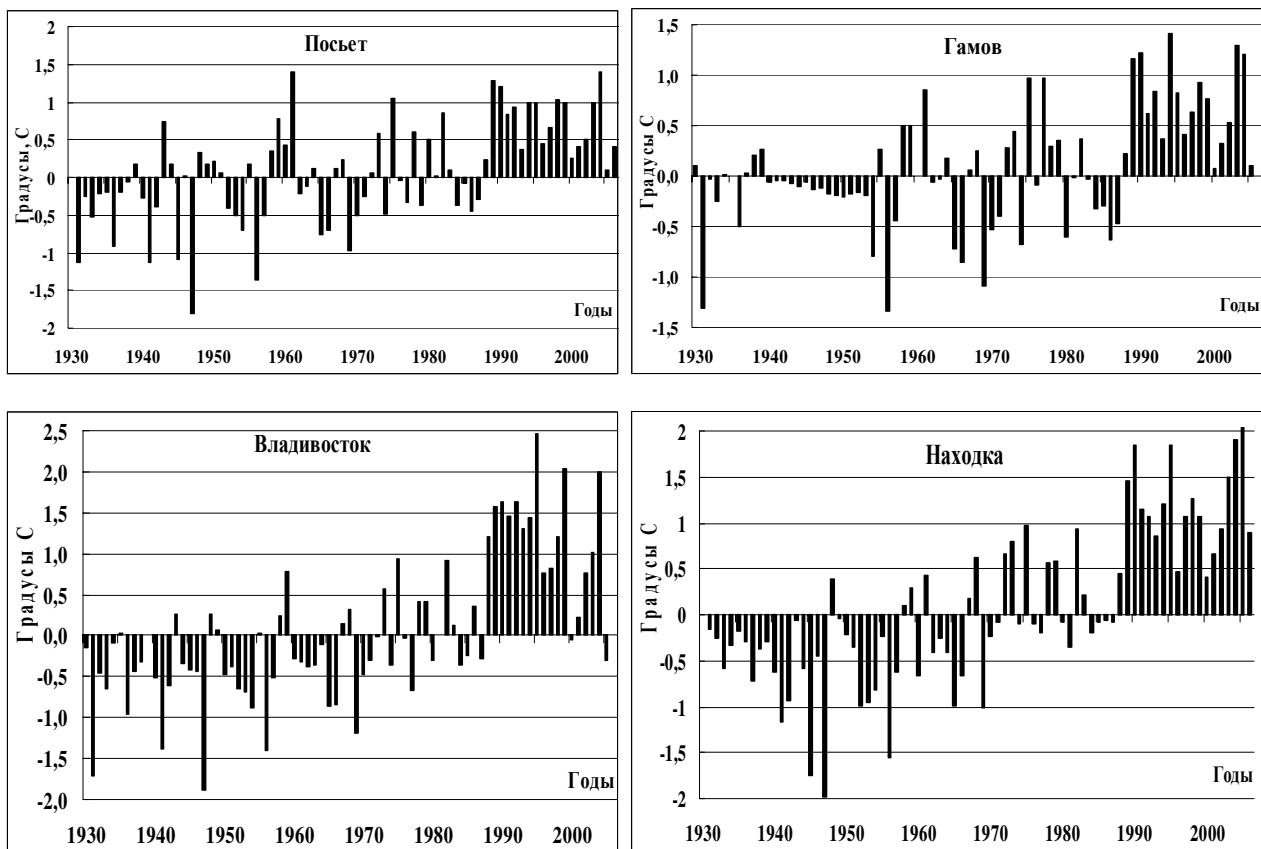


Рис. 5. Отклонения от нормы средней годовой температуры воздуха на ГМС зал. Петра Великого

Наши исследования на примере зал. Петра Великого подтверждают данные по диагностике глобального климата (Изменение климата, 2001, 2003; Кондратьев, Демирчян, 2001), что в XX веке период 1989–2000 гг. является самым теплым.

ЛИТЕРАТУРА

Изменение климата, 2001 г. Обобщенный доклад. Третий доклад МГЭИК. — М., 2003. — 220 с.
 Кондратьев К.Я., Демирчян К.С. Климат Земли и «Протокол Киото» // Вестн. РАН. — 2001. — Т. 71, № 11. — С. 1002–1009.

ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО МЯГКИХ ОСАДКОВ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Ю.А. Галышева, О.В. Нестерова, Р.П. Гришан

Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия

Заливы второго порядка и бухты различных участков вдоль побережья Приморского края, относящиеся к северо-западной части Японского моря, значительно отличаются по геоморфологическим, природно-климатическим условиям, а также степени и характеру антропогенного влияния. Южное и юго-западное морское побережье Приморья достаточно сильно изрезано. Его малые прибрежные акватории имеют выраженный «контакт» с сушей, значительное влияние речного стока, а также довольно высокую степень «отрезанности» от открытых морских вод, что обуславливает более интенсивное осадконакопление. Морское побережье восточного и северного Приморья — открытое и малоизрезанное, практически не имеющее выхода крупных рек и подверженное активным гидродинамическим процессам.

Фундаментальные исследования структуры и фаций донных осадков Японского моря были проведены Тихоокеанским океанологическим институтом ДВО РАН (Лихт и др., 1983). Среди опубликованных научных данных по изучению физических и химических свойств донных осадков выбранных нами полигонов исследований — бухт Троицы, Киевка и Рудная — мы нашли лишь работы Б.В. Преображенского с соавторами (2000) и В.М. Шулькина (2004). В первом случае опубликованы некоторые сведения о донных ландшафтах бухты Троицы (с указанием типов донных субстратов), во втором — данные о содержании тяжелых металлов в донных отложениях бухты Рудной, привлекается материал о распределении донных субстратов (без представления сведений о гранулометрическом анализе). Каких-либо опубликованных материалов по составу и свойствам донных отложений бухты Киевка нами вообще не найдено.

Цель работы — провести гранулометрический анализ и оценить содержание и качественный состав органического вещества в донных отложениях бухт различных участков побережья Приморского края, отличающихся физико-географическими, геоморфологическими и гидрологическими условиями.

Материалы и методы. Работы проводили в трех районах вдоль побережья Приморского края: юго-западном (бухта Троицы), юго-восточном (бухта Киевка) и северо-восточном (бухта Рудная) (рис. 1). *Бухта Троицы* — глубокооврезанная акватория закрытого типа, имеет узкий вход, сильно изрезанное побережье, относительно большие глубины (до 30 м) и представляет собой естественную «ловушку» для мелких фракций грунта. *Б. Рудная* — широко распахнутая акватория северо-восточного побережья Приморья, сообщается с открытыми водами Японского моря. Бухта относительно мелководна (до 20, в среднем 10 м), подвержена постоянному действию прилива и наката волн. С запада в бухту впадает одноименная река (р. Рудная). *Бухта Киевка* занимает промежуточное положение между описанными выше акваториями. Она располагается в юго-восточной части побережья на границе южного и северного Приморья, имеет широтную протяженность и широко распахнута с

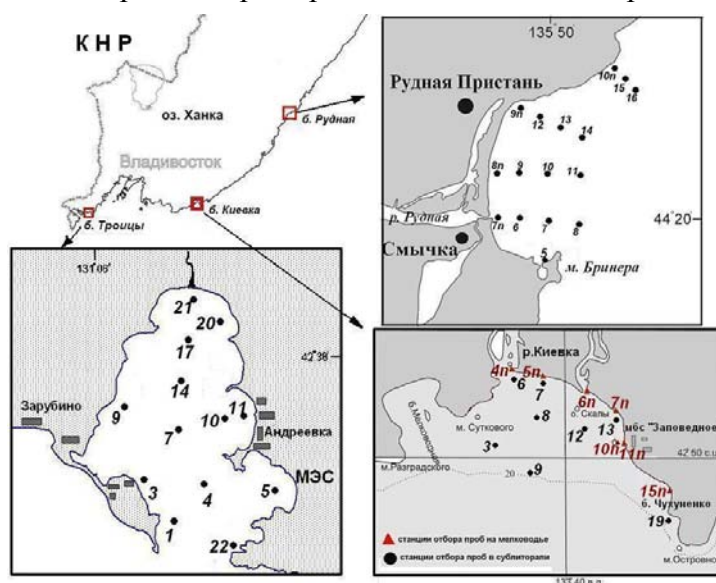


Рис. 1. Схемы расположения станций отбора проб (п – прибрежные станции)

южной стороны в Японское море. В центральной части в бухту двумя рукавами впадает полноводная р. Киевка, несущая большой объем вод и терригенного материала. Бухта относительно мелководна (7–12 м, максимум — 20 м — на выходе).

Пробы отбирали зубчатым водолазным дночерпателем (0,025 м²) и дночерпателем Ван-Вина (0,25 м²) с борта моторной лодки, катера и НИС «Профессор Насонов»: в бухте Рудной — с 18 по 26 июля, в бухте Киевка — с 4 по 11 августа 2007 г., в бухте Троица — с 21 по 27 сентября 2007 г. Донные осадки подсушивали, помещали в полиэтиленовые пакеты и этикетировали. Станции отбора проб располагались по всей площади акваторий, преимущественно по изобатам 5, 10, 15 и 20 м. Координаты фиксировали при помощи системы GPS.

Гранулометрический анализ и определение концентраций $C_{орг}$ проводили в лаборатории морской экологии и лаборатории химии почв Академии экологии, морской биологии и биотехнологии ДВГУ. Определение гранулометрического состава донных отложений производили ситовым методом (Петелин, 1967). Определение содержания $C_{орг}$ в морских донных осадках производили методом хромовокислого сжигания по Тюрину (Агрохимические исследования почв, 1975). Для каждой пробы соблюдали трехкратную повторность анализа. Всего проанализировано 40 проб донных отложений.

Результаты исследования. Гранулометрический состав, характеризующий степень дисперсности морских донных осадков, является одной из наиболее важных их характеристик. Он наряду с вещественным (минералогическим, химическим) составом обуславливает накопление и превращение в них различных химических соединений. Гранулометрический, как и вещественный, состав осадков отражает условия их образования и поэтому является основой для генетической классификации типов донных отложений. Типология мягких осадков в данной работе проведена в соответствии с общепринятой классификацией (Безруков, Лисицин, 1960).

Мягкие субстраты в бухте Троицы распространены в целом от глубины 5 м (за исключением вершины, где они накапливаются у самого уреза воды). Гранулометрический анализ показал, что в их составе доминируют фракции с диаметром частиц 0,25–0,10 мм, 0,50–0,25, 2,0–1,0 и менее 0,10 мм, что соответствует мелкому и среднему псаммиту мелкому и среднему гравия, а также алевритам (табл. 1). Характер пространственного распределения осадков равномерный: на глубине 5–10 м распределяются мелкие и средние псаммиты, 15–20 м — зона накопления алевритовых илов. Для нижней трети бухты Троицы (южная ее часть) свойственны довольно глубоководные районы (20 м) с распространением гравийного материала, являющегося, вероятно, результатом абразии входных мысов и их подводных гряд. Субстраты с примесью раковинного материала в составе осадков распространены локально — главным образом в районе Морской экспериментальной станции (ст. 5), где идет постоянный подсев молоди гребешка ТИБОХ ДВО РАН. Общее содержание ОВ в осадках варьировало от 0,19 до 2,60 %. Минимальные значения свойственны псаммитам (глубины 5–10 м), максимальные — алевритам центральной котловины бухты (20 м). Интересен факт обнаружения довольно высоких концентраций (1,97–2,20 %) $C_{орг}$ в гравийных грунтах южной трети бухты (20 м), что может быть обусловлено сносом его из алевритового участка дна центральной части бухты, а также активной береговой абразией.

Качественный состав ОВ мягких осадков бухты Троицы характеризуется в целом достаточно стабильным преобладанием негидролизуемого остатка ОВ, как наиболее устойчивой к минерализации части гумуса, над концентрациями гуминовых и фульвовых кислот. Последние являются легкорастворимыми фракциями, а следовательно, потенциально биодоступными для детритофагов. Диапазон варьирования показателя $C_{гк} + C_{фк}$ — т.е. суммы процентного содержания углерода гуминовых и фульвовых кислот в общем содержании ОВ ($C_{орг}$) — варьирует от 13 до 53 %. При этом, низкая доля (13–14 %) легкорастворимой части ОВ отмечается при самых высоких концентрациях (более 2 % $C_{орг}$), что говорит о более глубокой трансформации гумусовых веществ. Максимальная доля гуминовых и фульвокислот в общем составляет всего 40–53 % и свойственна мелким псаммитам с пониженным содержанием общего органического вещества (0,36–0,47 %). Доля гуминовых кислот, связанных с

кальцием ($C_{\text{гк}}\text{Ca}$), уступает связанному с подвижными полуторными окислами ($C_{\text{гк}}\text{R}_2\text{O}_3$) (табл. 1), что свидетельствует о преобладании аллохтонного ОВ, вносимого в бухту с терригенным стоком.

Таблица 1

Показатели гранулометрического состава и основные компоненты органического вещества мягких грунтов бухты Троицы

Станция	Глубина, м	Диаметр доминир. фракции, мм	Тип грунта	$C_{\text{общ}}$, %	$C_{\text{фк}}+C_{\text{зк}}$, % от $C_{\text{общ}}$	$C_{\text{гк}}\text{Ca}$, % от $C_{\text{ур}}$	$C_{\text{гк}}\text{R}_2\text{O}_3$, % от $C_{\text{ур}}$
1	20	2,0–1,0 5,0–2,0	Гравий мелкий, средний	1,967	18	16	84
3	10	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит мелкий, средний	0,414	22	38	62
4	20	2,0–1,0 5,0–2,0	Гравий средний, мелкий	2,220	19	26	74
5	10	2,0–1,0 1,0–0,5 0,50–0,25	Гравий мелкий; крупный и средний псаммит*	1,284	23	–	–
7	20	<0,1	Алеврит	2,600	14	26	74
9	10	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит мелкий, средний	0,811	22	26	74
10	10	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит мелкий, средний	0,360	53	40	60
11	5	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит мелкий, средний	0,471	40	–	–
14	15	<0,1	Алеврит	2,107	13	50	50
17	10	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,189	28	–	–
20	5	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,538	34	40	60
21	5	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,242	19	–	–
22	20	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит мелкий, средний	0,634	24	–	–

* Здесь и далее — присутствие обломочного раковинного материала, «–» — отсутствие данных.

В составе мягких осадков бухты Киевка доминировали мелкие и средние псаммиты, а также пелитовые алевриты (табл. 2). Мягкие осадки в бухте распределены довольно равномерно. От уреза воды до глубины 4–5 м и более распространяются мелкие и средние псаммиты, в центральной части бухты от 10–12 до 20 м сосредоточены пелитовые алевриты. На фоне однородного пространственного распределения песчаных и илистых осадков в бухте Киевка имеются локальные участки галечных грунтов. Так, мелкогалечный субстрат отмечен в районе бухточки Матросская, а также в проливе между о. Второй и районом Морской биологической станции «Заповедное» в восточной и юго-восточной части бухты Киевка. Кроме того, грунты в районе о. Второй имеют в своем составе довольно значимую долю битой ракушки. Валовое содержание ОВ в донных осадках бухты Киевка варьирует от 0,05 до 1,16 %. Минимальные значения отмечены в песчаных грунтах прибрежной зоны, распространяющихся на небольших глубинах и подверженных интенсивным гидродинамическим процессам — прибою и стационарному течению, формирующемуся за счет впадения вод р. Киевка в вершину бухты. Максимальное общее содержание ОВ зарегистрировано в грунтах, нахо-

дящихся в более стационарных гидродинамических условиях — пелитовых алевритах центральной части бухты. Исключение в общей картине распределения ОВ составляют мелкогалечные грунты с примесью ракуши, обогащенные илистой фракцией и локализующиеся в проливе между о. Второй и МБС. В данном районе бухты развито поле морской травы zostеры, отмирающие листья которой, а также корневища и инфауна способствуют обогащению донных субстратов органикой.

Таблица 2

Показатели гранулометрического состава и основные компоненты органического вещества мягких грунтов бухты Киевка

Станция	Глубина, м	Диаметр доминирующей фракции (ий), мм	Тип грунта	$C_{общ}$, %	$C_{фк}+C_{эк}$, % от $C_{общ}$
3	16,0	0,10–0,05; 0,05–0,01	Алеврит пелитовый	1,163	33
4п	0,5	0,50–0,25	Псаммит средний	0,050	–
5п	0,5	0,50–0,25; 0,25–0,10	Псаммит средний, мелкий	0,108	61
6п	0,5	0,50–0,25; 1,0–0,5	Псаммит средний	0,062	89
6	2,0	0,50–0,25; 0,25–0,10	Псаммит средний, мелкий	0,191	47
7п	0,5	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,121	64
7	2,0	0,50–0,25; 0,25–0,10	Псаммит средний, мелкий	0,161	25
8	16,0	0,10–0,05; 0,05–0,01	Алеврит пелитовый	0,756	58
9	20,0	0,10–0,05; 0,05–0,01	Алеврит пелитовый	0,926	29
10п	0,5	>10,0	Галька мелкая*	0,635	35
11п	0,5	0,25–0,10; 0,50–0,25	Псаммит мелкий, средний*	0,810	25
12	12,0	0,10–0,05; 0,05–0,01	Алеврит пелитовый	0,564	59
13	4,0	0,25–0,10; 0,50–0,25	Псаммит мелкий, средний	0,193	36
15п	0,5	0,25–0,10; 0,50–0,25	Псаммит мелкий, средний	0,160	47
19	14,0	3,0–2,0	Галька мелкая	0,170	–

Качественный состав ОВ мягких осадков бухты Киевка характеризуется в целом преобладанием негидролизуемого остатка ОВ над концентрациями гуминовых и фульвовых кислот, являющихся довольно легко растворимыми фракциями ОВ, а следовательно, потенциально биодоступными и усвояемыми для детритофагов. Диапазон варьирования показателя $C_{гк} + C_{фк}$ — т.е. суммы процентного содержания гуминовых и фульвовых кислот в общем содержании ОВ ($C_{орг}$) — варьирует от 25 до 89 %. При этом, низкая доля (25–35 %) легкорастворимой части ОВ отмечается при разных значениях его общего содержания. Однако максимальная доля (64–89 %) определена при низких концентрациях общего $C_{орг}$, преимущественно в районах приуроченных к местам впадения пресных водотоков (ст. 5п, 6п, 7п), что можно объяснить терригенным происхождением гумуса и начальной стадией его трансформации.

Для бухты Рудной характерен наиболее однородный физико-химический состав и распределение донных отложений (табл. 3). Так, выделено всего три типа субстратов: занимающие подавляющую площадь дна бухты мелкие и средние псаммиты, а также локализованные у мыса рядом с бухточкой Лидовка и в районе гавани у мыса Бринера небольшие участки мелкого гравия. Общее содержание ОВ варьирует от 0,06 % для гравийных грунтов района Лидовки, до 1,97 % — гравийные заиленные грунты гавани бухты. В песках содержание ОВ

довольно однообразно — около 0,3–0,7 % (табл. 3). Легкогидролизуемая фракция ($C_{гк} + C_{фк}$) варьирует от 19 до 83 %. Максимальная биодоступность свойственна грунтам с наименьшими концентрациями общего ОВ. Органика, накапливающаяся в грунтах района гавани у мыса Бринера, характеризуется относительно высоким общим содержанием ОВ, но низкой (33 %) долей легкорастворимых фракций. Состав гуминовых кислот (преобладание $C_{гк}R_2O_3$ над $C_{гк}Ca$) свидетельствует о доминировании терригенного по происхождению ОВ над образующимся собственно в бухте.

Таблица 3

Показатели гранулометрического состава и основные компоненты органического вещества мягких грунтов бухты Рудная

Станция	Глубина, м	Диаметр доминир. фракции, мм	Тип грунта	$C_{общ}$, %	$C_{фк} + C_{зк}$, % от $C_{общ}$	$C_{зк}Ca$, % от $C_{общ}$	$C_{зк}R_2O_3$, % от $C_{общ}$
5	5,0	0,25–0,10	Гравий мелкий, псаммит мелкий*	1,966	33	14	86
6	5,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,767	19	17	83
7	10,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,437	22	–	–
7п	0,5	0,50–0,25 0,25–0,10	Псаммит средний, мелкий	0,490	43	–	–
8	17,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,337	38	–	–
9	4,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,321	68	–	–
10	10,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,463	17	–	–
11	18,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,293	57	–	–
12	5,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,651	28	–	–
13	12,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,406	41	–	–
15	9,0	0,25–0,10	Псаммит мелкий	0,149	60	–	–
16	9,0	2,0–1,0, 1,0–0,5	Мелкий гравий, крупный псаммит	0,062	83	–	–

В результате общего анализа гранулометрического состава было выделено пять основных типов мягких осадков (табл. 4). Наиболее однообразный физический состав характерен для грунтов бухты Рудной. *Алевриты* накапливаются в бухтах Троицы и Киевка, причем для первой акватории — самой закрытой и глубокой из всех полигонов данного исследования — характерно наибольшее обогащение илистых грунтов органическим веществом. В бухте Рудной интенсивное влияние вод открытого моря препятствует аккумуляции тонких фракций. Мелкие и средние *псаммиты* распространены во всех трех акваториях, однако, в бухте Рудной их доля много больше, чем в Киевке и Троицы (до 84 % встречаемости в совокупности). Концентрации ОВ в этом типе осадков во всех акваториях примерно одинакова. *Гравийные* грунты имеют участки локализации в бухтах Троицы и Рудной, в бухте Киевка имеются районы с близкими по своим физическим свойствам *галечными* грунтами. Такие зоны во всех акваториях приурочены к переносу материала из районов абразии и могут включать раковинный материал. Общее содержание ОВ для данного типа грунтов выше, чем для псаммитов. В целом, донные отложения бухты Троицы характеризуются более высоким

средним содержанием ОВ с преобладанием негидролизуемого остатка, как наиболее устойчивого компонента гумуса в морской среде. Здесь в результате высокой степени изоляции от открытых вод зал. Посыета, ослабления процессов гидродинамики и усиления накопления тонких фракций происходит интенсивное депонирование органического вещества в донные отложения. Средние концентрации ОВ в бухтах Киевка и Рудная достоверно (практически вдвое) ниже, чем в бухте Троицы.

Таблица 4

Общее содержание органического вещества в основных типах мягких грунтов прибрежных морских экосистем северо-западной части Японского моря

Тип грунта	Частота встречаемости в бухте, %			Среднее содержание $C_{орг}$ %		
	Троицы	Киевка	Рудная	Троицы	Киевка	Рудная
Алеврит	16	26		2,354±0,349	0,852±0,254	
Псаммит мелкий	22	20	76	0,323±0,188	0,321±0,328	0,425±0,188
Псаммит средний	39	40	8	0,538±0,184	0,114±0,061	0,490±0,102
Гравий мелкий, средний	23		16	1,824±0,484		1,014±1,346
Галька мелкая		14			0,403±0,329	

Интенсивная прибойно-волновая деятельность, небольшие глубины и открытость данных бухт, способствуют преобладанию процессов вымывания органических веществ из донных отложений, над их депонированием. Однако доля легкорастворимых и биодоступных фракций в ОВ этих акваторий достоверно выше, чем в бухте Троица. Довольно четко прослеживается зависимость между содержанием органического вещества и глубиной формирования донных отложений.

На небольших глубинах (до 5 м) содержание $C_{орг}$ наименьшее и сильно варьирует, что объясняется активными процессами седиментогенеза, приливно-отливными явлениями, волновой деятельностью и т.д. Это приводит к активному перемешиванию частиц осадочного материала данной зоны и быстрому захоронению поступающего в морскую экосистему ОВ. Осадки, формирующиеся на глубине от 15 до 20 м характеризуются максимальным содержанием ОВ, что объясняется более стабильными гидродинамическими условиями. По мере продвижения от 0,5 до 20,0-метровой изобаты увеличивается доля негидролизуемого остатка в составе гумуса донных отложений. Это указывает на полное и активное проявление процессов трансформации гумусовых веществ, поступающих с суши, в результате которых большая часть ОВ представлена самой устойчивой фракцией.

Таким образом, исследование физико-химических характеристик донных субстратов малых прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря показало их зависимость от природных условий. Закрытым акваториям свойственно накопление высоких концентраций труднодоступного ОВ, открытым — однообразие донных субстратов, более низкие концентрации общего ОВ, но большее содержание в нем легкорастворимых фракций.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические исследования почв. — М.: Наука, 1975. — 660 с.
- Безруков П.Л., Лисицин А.П. Классификация осадков современных морских водоемов // Тр. ИОАН СССР. — 1960. — Т. 32. — С. 3–14.
- Лихт Ф.Р., Астахов А.С., Боцул А.И. и др. Структура осадков и фации Японского моря. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. — 286 с.
- Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. — М.: Наука, 1967. — 265 с.
- Преображенский Б.В., Жариков В.В., Дубейковский Л.В. Основы подводного ландшафтоведения (Управление морскими экосистемами). — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 352 с.
- Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — 279 с.

ВЛИЯНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ДОННЫЕ СООБЩЕСТВА БАРЕНЦЕВА И КАРСКОГО МОРЕЙ

В.В. Гальцова¹, Д.К. Алексеев²

¹ Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: gavalentina@hotmail.com; ² e-mail: dkalexeev@gmail.com

Поступление радиоактивных веществ в морские экосистемы является одним из наиболее опасных видов антропогенного воздействия на биоту. В северных морях радиоактивность бентосных организмов связана с их жизнедеятельностью на морском дне. Бенталь — основная зона, где происходит трансформация и накопление минерального и органического вещества, поступающего из пелагиали. Аккумуляция радиоактивных изотопов в донных осадках способствует загрязнению бентосных организмов, что приводит к дальнейшему ухудшению условий обитания всех групп гидробионтов, вызывая нарушение жизненно важных функций их организмов.

Основная цель нашего исследования заключалась в оценке возможного локального воздействия источников радиоактивного загрязнения на сообщества макро- и мейбентосных организмов.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи: 1) анализ структуры и организации сообществ макро- и мейобентосных (мелкие донные животные размером 0,1–3,0 мм) организмов в Баренцевом и Карском морях; 2) выявление общих закономерностей поступления радионуклидов в морские экосистемы и последующего накопления бентосными организмами; 3) оценка пространственного распределения содержания различных радионуклидов в морских донных осадках арктических морей России; 4) анализ структурных характеристик бентосных сообществ в районах, потенциально подверженных радиоактивному загрязнению; 5) биологический прогноз последствий возможного локального воздействия источников радиоактивного загрязнения на донные сообщества.

Материалы и методы

Основой для работы послужил материал, собранный в ряде экспедиций лаборатории морских исследований Зоологического института РАН (Голиков и др., 1993; Гальцова, Кулангиева, 1996), сборы экспедиций, организованных ВНИИОкеангеология (Погребов и др., 1995а, б), материалы Мурманского морского биологического института (Фролова, 2000) в районе Мурманского мелководья, количественные пробы мейобентоса, собранные комплексной экспедицией в ходе рейса НИС «Геолог Ферсман» в августе—сентябре 1993 г. в районе Новой Земли и ГС «Яков Смирницкий» в августе—октябре 1995 г. во время российско-американской экспедиции «Моря и эстуарии Российской Арктики» (МЭРА-95) (рис. 1).

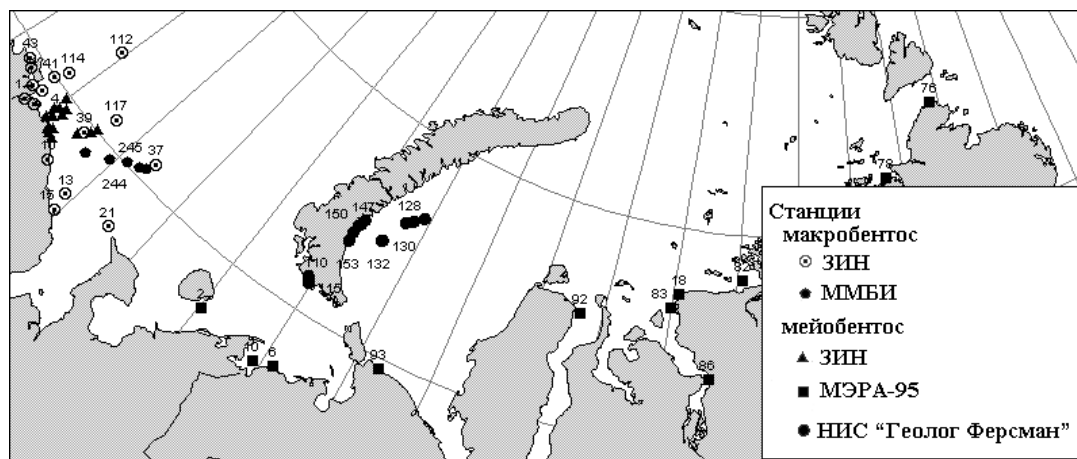


Рис. 1. Схема расположения макро- и мейобентосных станций в районе Мурманского мелководья, Новой Земли и в ходе экспедиции МЭРА-95

Сбор и обработка макробентосных проб производилась в соответствии с "Руководством по методам биологического анализа морской воды и донных отложений" (1980). Полученный материал разбирался по видам и группам и взвешивался. Группы организмов, сложные в систематическом отношении, определялись до таксонов высокого ранга.

Для отбора мейобентосных проб из дночерпателя использовался пробоотборник площадью 20 см² по методике, подробно описанной в работе В.В. Гальцовой и О.Е. Каменской (1993). Дальнейшая обработка проб производилась по стандартной методике (Гальцова, 1991). Количественному учету подвергались все группы мейобентоса, в том числе и временный компонент — псевдомейобентос (ювенильные стадии макробентических животных). Биомасса каждой группы мейобентоса определялась перемножением плотности поселений на среднюю массу представителей каждой группы животных.

Для получения количества накопленной в сообществах информации был вычислен индекс разнообразия Шеннона-Уивера, показывающий степень насыщенности среды обитания представителями различных таксономических групп (Shannon, Weaver, 1963):

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i .$$

где $P_i = N_i/N$ — доля плотности поселений i -й группы в общей плотности поселений всех групп.

Решение поставленных задач о влиянии радиоактивного загрязнения на пространственное распределение мейобентосных организмов производилось путем регрессионно-статистической обработки имеющихся данных, выполняемых на ПЭВМ.

Результаты и их обсуждение

Радиоактивное загрязнение может возникнуть вследствие различных причин, среди которых сброс промышленных вод, захоронение радиоактивных отходов, возникновение аварийных ситуаций.

В качестве объекта исследований по изучению структуры и организации макро- и мейобентосных сообществ был выбран район Мурманского мелководья, где на гребне Мурманской банки легла на грунт АПК "Курск" (69°37'08" с.ш. 37°33'03" в.д., глубина 115–116 м). Аварии, связанные с затоплением атомных подводных лодок, могут привести к самым тяжелым последствиям, когда различные нештатные ситуации могут оказать негативное воздействие на окружающую среду, и, прежде всего на морскую биоту.

Таксономический список макробентоса Мурманского мелководья включает 192 вида животных. Разница в количественных характеристиках (по биомассе) в различных сообществах макробентоса составляет несколько порядков величин. В среднем биомасса составляет десятки и сотни грамм на 1 м² площади дна. Значения индекса видового разнообразия Шеннона колебались от 0,87 до 2,32.

В самом общем виде можно констатировать, что в структуре макробентоса берегового склона преобладают усоногие раки и иглокожие, в основном морские ежи и офиуры. Структура населения банок характеризуется доминированием иглокожих (морских ежей, голотурий и звезд на Мурманской банке) и большим количеством двустворчатых моллюсков. Таксономическая структура населения впадин и желобов отличается доминированием двустворчатых моллюсков и большим количеством иглокожих (морских звезд в Канинском желобе и желобе Норд-Дьюпет). Трофическая структура макробиоценозов Мурманского мелководья складывается из неподвижных сестонофагов, подвижных сестонофагов, собирающих детритофагов (куда попадает Мурманская банка), грунтоедов и плотоядных. В биогеографической структуре преобладают бореально-арктические виды, затем идут арктические и в небольшом числе встречаются бореальные формы. Распределение макробиоценозов в шельфовой зоне Мурманского мелководья носит мозаичный характер.

Одна из задач нашего исследования заключалась в изучении возможного локального воздействия источников радиоактивного загрязнения на донные сообщества. Относительно

макробиоценозов, то на основе анализа литературных источников (Plus et al., 1993; Кузнецов и др., 1995) можно предположить следующее. Сообщества крупных донных животных самый инертный компонент морской донной экосистемы. Продолжительность жизни большинства макробентосных животных измеряется несколькими годами. Следовательно, эта категория бентоса не может мгновенно реагировать на увеличение уровня радиоактивности окружающей среды изменением своей структуры, включая биологическое разнообразие. Что можно ожидать с большой долей вероятности, так это значительное увеличение концентрации радионуклидов в самих гидробионтах, особенно в подвижных и неподвижных сестонофагах, детритофагах и грунтоедах.

Относительно сообществ мейобентосных организмов, то к настоящему моменту имеются единичные исследования, касающиеся воздействия радиоактивного загрязнения на мейобентосные сообщества. Для решения данной задачи использовался дополнительный материал, собранный в ходе экспедиции НИС «Геолог Ферсман» в районе Новой Земли в губе Черная (глубина 31–87 м), в заливах Степного и Абросимова (глубина 44–74 м) и в районе Новоземельской впадины (глубина 333–403 м), а также — в ходе экспедиции ГС «Яков Смирницкий» в 1995 г. в шельфовой зоне Баренцева и Карского морей, включая Обскую губу и Енисейский залив.

Губа Черная — место первых подводных, атмосферных и подземных испытаний ядерного оружия. Заливы Абросимова и Степного на восточном побережье архипелага стали местом подводного хранения барж, судов и контейнеров с радиоактивными отходами. Обская губа и Енисейский залив подвергались продолжительное время эмиссии радионуклидов с речным стоком. Результатом подобного рода воздействия явилось высокое содержание ^{137}Cs в морских грунтах (более 100 Бк/кг при средних значениях 0–10 Бк/кг) (рис. 2).

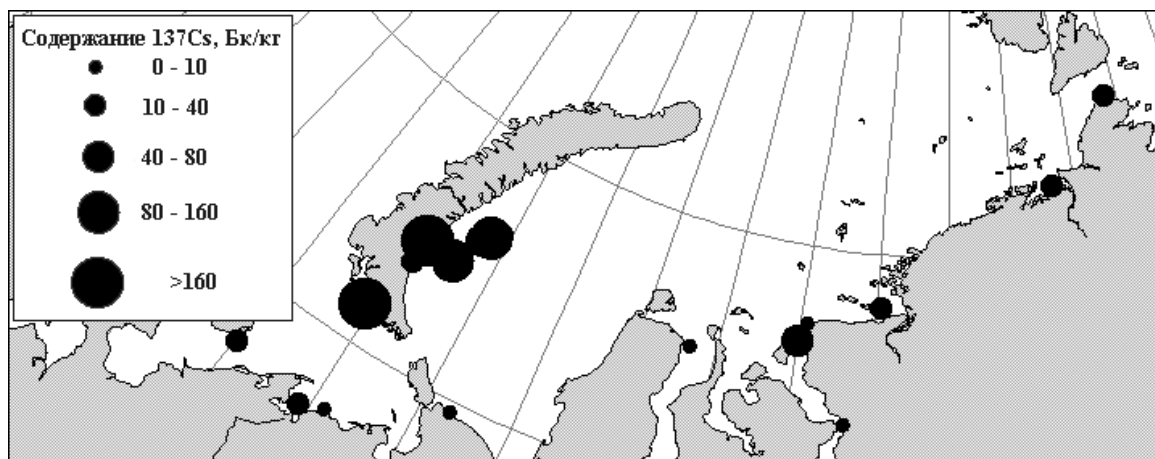


Рис. 2. Содержание ^{137}Cs в морских донных осадках в различных районах Баренцева и Карского морей (Бк/кг) по результатам экспедиции НИС «Геолог Ферсман» в 1993 г. и ГС «Яков Смирницкий» (МЭРА-95) в 1995 г.

Одной из основных задач было выяснение влияния концентрации радиоактивного цезия на мейобентосные организмы. В результате статистической обработки имеющегося в нашем распоряжении материала удалось установить следующее (см. таблицу).

С увеличением концентрации ^{137}Cs возрастает таксономическое разнообразие сообществ мейобентоса в исследованных регионах (рис. 3). В тоже время влияние содержания ^{137}Cs на количественные характеристики не однозначно. По всей видимости, небольшие концентрации ^{137}Cs могут приводить к увеличению численности мелкой донной фауны. Однако, достигая некоторой пороговой концентрации (порядка 20 Бк/кг) изменения в мейобентосных сообществах начинают носить необратимый характер, что приводит к уменьшению их плотности поселений (рис. 4).

Заключение

В ходе нашего исследования удалось установить, что мейобентос, быстрее реагирует на радиоактивное загрязнение путем изменения своего таксономического разнообразия и коли-

чественных характеристик, а макробентос — более инертный компонент, менее подверженный воздействию этого фактора. При залповом выбросе радионуклидов кратковременное повышение уровня радиации едва ли окажет существенное воздействие на локальные донные сообщества, если оценка воздействия производилась бы сразу после аварии. На изменение радиационной обстановки реагирует лишь мейобентос: меняется его биологическое разнообразие и количественные характеристики. Крупные донные животные (макробентос) — накапливают радионуклиды в клетках и тканях организма в течение достаточно длительного послеаварийного периода.

Значение коэффициента корреляции Пирсона, характеризующего взаимосвязь количественного распределения мейобентоса и видового разнообразия с концентрацией ^{137}Cs в различных районах Баренцева и Карского морей

Группа	Коэффициент корреляции		Критерий Стьюдента		Число степеней свободы	Связь
	r	σ_r	t	t_{st}		
Район Новой Земли, 1993 г.						
Индекс Шеннона	0,41	0,21	1,92	1,75	15	Достоверная положительная
Мейобентос	-0,43	0,21	2,08	1,75	15	Достоверная отрицательная
Шельфовая зона Баренцева и Карского морей, 1995 г.						
Индекс Шеннона	0,54	0,18	2,99	1,81	10	Достоверная положительная
Мейобентос	0,63	0,16	4,02	1,81	10	То же

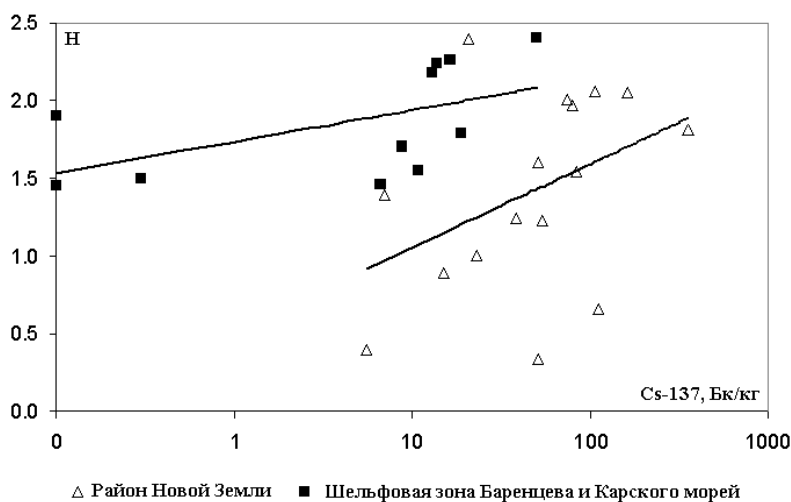


Рис. 3. Зависимость таксономического разнообразия сообществ мейобентоса от концентрации ^{137}Cs в различных районах Баренцева и Карского морей

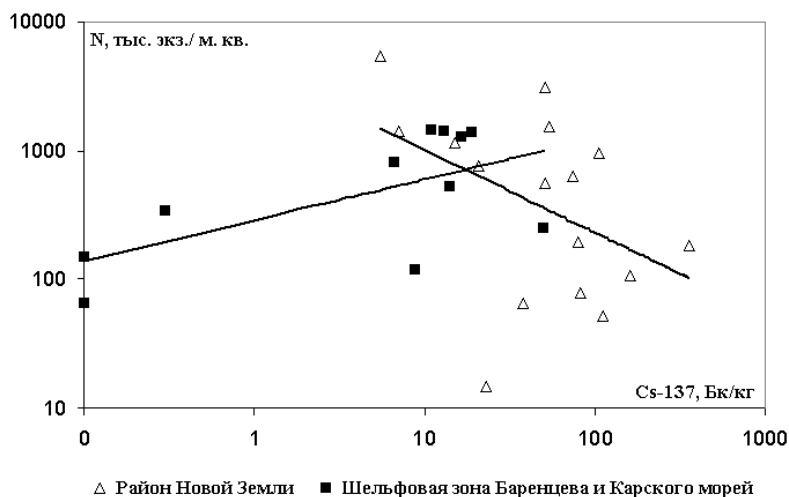


Рис. 4. Зависимость плотности поселений мейобентоса от концентрации ^{137}Cs в различных районах Баренцева и Карского морей

ЛИТЕРАТУРА

- Гальцова В.В. Мейобентос в морских экосистемах (на примере свободноживущих нематод) // Тр. ЗИН РАН. — 1991. — Т. 224. — 240 с.
- Гальцова В.В., Каменская О.Е. К методике исследования глубоководного мейобентоса // Питание морских беспозвоночных в разных вертикальных и широтных зонах. — М.: ИО РАН, 1993. — С. 91–94.
- Гальцова В.В., Кулангиева Л.В. Мейобентос губы Ярнышной Баренцева моря // Биол. моря. — 1996. — Т. 22, № 1. — С. 3–9.
- Голиков А.Н., Анисимова Н.А., Голиков А.А. и др. Донные сообщества и биоценозы губы Ярнышной Баренцева моря и их сезонная динамика. — Апатиты, 1993. — 56 с.
- Кузнецов А.П., Дандо П., Шмелев И.П. и др. Радионуклиды в донной фауне района нахождения АПЛ “Комсомолец” (Норвежское море) // Изв. РАН. Сер. Биол. — 1995. — № 4. — С. 467–471.
- Погребов В.Б., Гальцова В.В., Фокин С.И. Мейо- и микробентос района Приразломного месторождения нефти: оценка состояния в целях экологического мониторинга // Освоение шельфа арктических морей России. — СПб., 1995а. — С. 367–369.
- Погребов В.Б., Гальцова В.В., Фокин С.И. Мейо- и микробентос района Приразломного месторождения нефти: оценка состояния в целях экологического мониторинга // Вестн. СПбГУ. — 1995б. — Сер. 3, вып. 4(24). — С. 9–19.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений (временное) / под ред. А.В. Цыбань. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 188 с.
- Фролова Е.А. Ландшафтные наблюдения и структура зообентоса в южной части Новоземельской банки и на разрезе Новая Земля — пос. Дальние Зеленцы (по материалам 48-го рейса НИС «Дальние Зеленцы», 1988 г.) // Современный бентос Баренцева и Карского морей. — Апатиты, 2000. — С. 23–43.
- Plus E., Sjoblom K.-L., Ikaheimonen T.K. Monitoring of radionuclides in the Baltic Sea in 1989–1990. — STUK-A, 1993. — Vol. 105. — P. 35.
- Shannon C.E., Weaver W. The mathematical theory of communication. — Urbana, 1963. — 177 p.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА ЛОСОСЕВЫХ РЕК ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

Л.А. Гаретова

ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия, e-mail: micro@iver.as.khb.ru

Бактериопланктон является неотъемлемым компонентом водных экосистем. Доля микробных сообществ в суммарной биомассе планктона горных рек может составлять от 52 до 84 % (Копылов др., 2004), что указывает на важную роль бактериопланктона в функционировании трофической сети и деструкции органического вещества. Кроме того, микроорганизмы вследствие своих физиологических особенностей гораздо быстрее по сравнению с другими компонентами водных биоценозов реагируют на изменение физико-химических условий в водотоках, поступление органических веществ автохтонной и аллохтонной природы изменением численности определенных эколого-трофических групп.

Целью настоящей работы являлось исследование динамики численности эколого-трофических групп бактериопланктона лососевых рек принадлежащих бассейнам рек Амур и Тумнин в зависимости от абиотических и биотических факторов.

В период открытой воды 2001–2007 гг. были обследованы 2 группы лососевых рек: 1 группа — водотоки бассейна р. Амур (Ануй, Манома, Писуй, Малый Ады, Саласу, Малая Тучка, Ухта, Бичи), являющиеся местом нереста летней и осенней кеты; 2 группа — водотоки бассейна р. Тумнин (Хича, Большой Икчу, Аджаломи, Бута), где происходит нерест горбуши. Исследуемые водотоки находятся в горных и предгорных районах, истоки всех рек — в горных районах. В зависимости от длины русловой сети они входят в группы малых и средних водотоков.

Пробы воды для микробиологических анализов отбирали в стерильные емкости объемом 350 мл. Посевы проводили в полевых условиях не позднее чем через 1 ч после отбора по общепринятым в водной микробиологии методам (Кузнецов, Дубинина, 1989). Численность бактерий эвтрофной группы сапрофитов (ЭГС) определяли на стандартном рыбопептонном агаре (РПА); на обедненной среде (РПА:10) учитывали общую численность гетеротрофного бактериопланктона (ОЧГ); бактерий, усваивающих минеральный азот (УМА), учитывали на крахмало-аммиачном агаре; фенолрезистентных бактерий (ФРБ) — на среде РПА:10 с добавлением фенола в концентрации 1 г/л. Показатели численности микроорганизмов выражали в количестве колониеобразующих единиц в 1 мл воды (КОЕ/мл). Для оценки интенсивности процессов минерализации органического вещества в воде исследуемых водотоков рассчитывали коэффициенты микробиологической минерализации (КМ) по соотношению численности групп микроорганизмов УМА/ЭГС (Никитина, 1991). Индексы трофии (ИТ) водотоков рассчитывали по соотношению ОЧГБ/ЭГС (Марголина, 1989).

В группе водотоков бассейна р. Амур за период исследования показатели численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона значительно колебались. В межень августа 2001 г. при самых низких за период исследования уровнях режимов водотоков минимальная численность ЭГС (50 КОЕ/мл) была выявлена в воде р. Бичи, а максимальная (1900 КОЕ/мл) — в воде р. Писуй. Для длительных меженных периодов характерно увеличение доли указанной группы микроорганизмов в сообществе гетеротрофного бактериопланктона. Так, в реках Ануй и Саласу доля ЭГС составляла более 50 %, что указывает на присутствие в воде легкодоступного органического вещества (Максимов и др., 2002). Величина КМ, характеризующего степень минерализации органического вещества в воде, в меженный период для водотоков бассейна Амура превышало 1, что указывает на высокую активность микробных сообществ к минерализации органических веществ. Численность ФРБ — индикаторов содержания в воде исследуемых водотоков соединений фенольной природы в течение периода исследования составляла от десятков до сотен КОЕ/мл. Максимальные ее показатели (445 КОЕ/мл) были выявлены в воде р. Манома в августовский паводок 2005 г. Увеличение численности данной группы бактерий в 2–6 раз характерно и для других водотоков в паводковый период.

Важно отметить, что в речных экосистемах зоны муссонного климата случайные экстремальные события (в том числе весенне-летние паводки) являются доминирующими. В настоящее время они рассматриваются не как возмущающий фактор, наносящий некий урон экосистеме, а как необходимое условие существования водных биоценозов (Богатов, 2003).

Исследование динамики ОЧГ в воде наиболее крупных из изученных рек Анюй и Манома показало (рис. 1), что увеличение данного показателя в большей степени, чем от температурного фактора, зависит от паводков и обусловлено поступлением в воду с поверхностным стоком аллохтонных органических веществ и терригенных микроорганизмов. Оценка трофического статуса водотоков бассейна р. Амур по показателю ИТ показала, что в меженьный период его величина для большинства исследуемых водных объектов была выше 4, что характерно для водотоков олиготрофного типа.

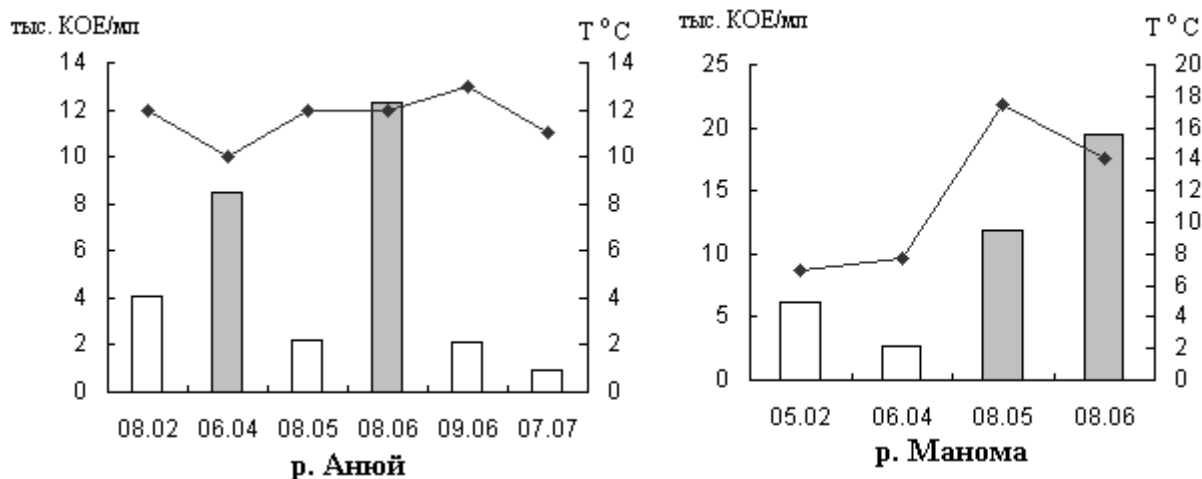


Рис. 1. Динамика общей численности гетеротрофного бактериопланктона в реках Анюй и Манома: по оси абсцисс — месяц и год отбора проб; столбики с заливкой — паводки

Дальневосточные лососи являются одним из основных компонентов экосистем бассейна Амура. Во время активного нереста в руслах малых рек скапливается огромная масса отмерших производителей. Для нерестовых рек горно-таежной зоны анадромное органическое вещество биомассы лососей является существенной составляющей в балансе органического вещества. Обследование приустьевых участков притоков Нижнего Амура 1-го порядка Малый Ады, Писуй, Большая Тучка, Ухта проводилось во время нерестового хода летней кеты (конец июля — начало августа 2001–2004 гг.) в условиях различной водности. Установлено, что максимальные показатели численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп в исследуемых водотоках соответствовали высоким уровенным режимам. Так, в августе 2003 г. ОЧГ в этой группе притоков увеличивалась по сравнению с этим же периодом маловодного 2001 г. в 2–4 раза, микроорганизмов ЭГС — в 2–6 раз, УМА — в 2–4 раза, ФРБ — в 3–6 раз. Нерестовый ход летней кеты в 2003 г. протекал активнее, чем в 2001 и 2004 гг., в руслах рек отмечалось обилие мертвых отнерестившихся особей. Реакция микробных сообществ на присутствие в воде анадромного органического вещества биомассы лососей зависела от температуры воды и морфометрических характеристик водотока (см. таблицу).

Интенсивнее микробиологическая деструкция этого вида органического вещества протекала в реках Малой Ады и Писуй о чем свидетельствуют более высокие величины ИТ и КММ по сравнению с двумя другими водотоками. Относительно низкие значения ИТ в данной группе водотоков указывают на увеличение в сообществе бактериопланктона доли бактерий ЭГС, проявляющих активность при высоком содержании в воде легкодоступных органических веществ, что, по-видимому, обусловлено присутствием в водотоках большого количества анадромного органического вещества. По мере увеличения средних за период исследования показателей ОЧГ, являющихся одной из характеристик уровня трофии водных

экосистем, приустьевые участки исследуемых водотоков располагаются в следующей последовательности: Большая Тучка, Ухта, Малый Ады, Писуй, что соответствует их морфометрическим характеристикам (длина русла, глубина, скорость течения).

Динамика численности гетеротрофного бактериопланктона малых притоков Нижнего Амура в период нереста летней кеты (2–8 августа 2003 г.)

Водоток	Т, °С	Глубина, м	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/мл				КМ	ИТ
			ОЧГБ	ЭГС	УМА	ФРБ		
Большая Тучка	10,2	0,5	1,6	0,60	0,7	0,01	1,4	0,37
Ухта	10,2	0,5	3,6	1,80	2,1	0,02	1,1	0,50
Малый Ады	23,2	1,5	4,9	0,30	1,7	0,01	6,6	0,04
Писуй	21,2	3,5	8,0	0,48	3,5	0,02	7,3	0,06

В водотоках горно-таежной зоны основной поток органического вещества осуществляется за счет эпилимнитных водорослей и листового опада. Сезонная динамика численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона в горных реках выражена слабее, чем в равнинных, что обусловлено незначительными колебаниями температуры их вод в течение летне-осеннего периода. Наиболее ярко она проявилась для слабо облесенных вследствие лесных пожаров водотоков бассейна р. Тумнин (рис. 2). Здесь численность эколого-трофических групп микроорганизмов осенью по сравнению с началом лета увеличивалась почти на порядок. Отсутствие лесного полога способствует более интенсивной освещенности водотоков и прогреванию воды. В результате, такие условия способствуют более интенсивному развитию эпилимнитных водорослей, после отмирания которых в воде увеличивается содержание легкодоступного органического вещества (Ulrich et al., 1993). В воде рек Аджаломы и Бута было отмечено максимальное среди всех исследуемых водотоков содержание органического вещества — 10,9 и 11,6 мг/л соответственно, что в 2–3 раза выше по сравнению с водотоками бассейна р. Амур.

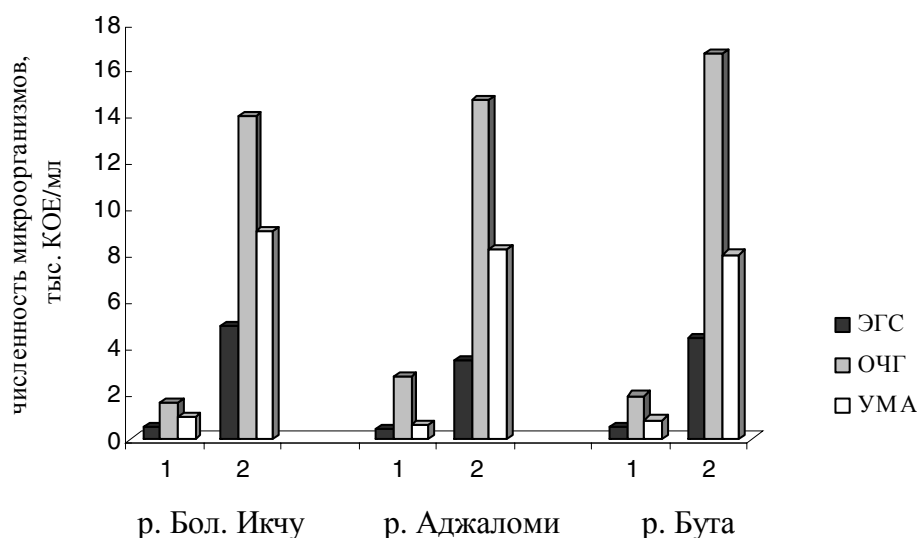


Рис. 2. Сезонная динамика численности эколого-трофических групп микроорганизмов в водотоках бассейна р. Тумнин: 1 — июнь, 2 — сентябрь 2002 г.

Таким образом, проведенные нами исследования показали, что структура и численность бактериопланктона лососевых рек находится в тесной связи с морфометрией водотоков и их гидрологическим режимом и присутствием доступного органического вещества. Динамика численности эколого-трофических групп гетеротрофного бактериопланктона отражает интенсивность и направленность микробиологических процессов, протекающих в экосистемах горных рек, и ее исследование является неотъемлемым звеном при оценке экологического состояния этой группы водных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

Богатов В.В. Основные итоги изучения структурно-функциональной организации пресноводных экосистем Дальнего Востока России // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — Вып. 2. — С. 5–11.

Копылов А.И., Косолапов Д.Б., Романенко А.В. и др. Микробная «петля» как компонент планктонных сообществ малых рек // Тез. докл. Всерос. конф. «Экосистемы малых рек: биоразнообразие, биология, охрана». — Борок, 2004. — С. 40.

Кузнецов С.И., Дубинина Г.А. Методы изучения водных микроорганизмов. — М.: Наука, 1989. — 228 с.

Максимов В.В., Щетинина Е.В., Крайкивская О.В. и др. Структура микробиоценозов и их активность как основа классификации и мониторинга состояния речных и приустьевых локальных экосистем Байкала // Микробиология. — 2002. — Т. 71, № 5. — С. 690–696.

Марголина Г.Л. Микробиологические процессы продукции и деструкции в пресных водоемах. — М.: Наука, 1989. — 120 с.

Никитина З.И. Микробиологический мониторинг наземных экосистем. — Новосибирск: Наука, 1991. — 222 с.

Ulrich K.E., Burton T.M., Oemke M.P. Effects of whole-tree harvest on epilithic algae communities in head-water streams // J. Freshwater Ecol. — 1993. — Vol. 8, № 2. — P. 83–92.

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЫБЕ РЕКИ АМУР

Е.М. Голубева¹, Л.М. Кондратьева², Д.В. Авдеев¹

¹ Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия;

² Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: kondrlm@rambler.ru

Экосистема р. Амур значительно загрязнена различными классами органических соединений, биогенными элементами и ионами тяжелых металлов (ТМ). В экстремальный зимний период на фоне снижения природного самоочищающего потенциала загрязнение различными веществами приводит не только к ухудшению качества воды, но и к изменению физиологического состояния рыб. Неблагоприятные факторы водной среды отражаются на общем состоянии ихтиофауны р. Амур, что неоднократно отмечалось на Нижнем Амуре, особенно в период ледостава (Кондратьева, 2005).

Жизнеспособность и продуктивность рыбы определяются влиянием токсичных соединений, совокупностью экологических факторов: физико-химическими параметрами водной среды (минерализация, рН, насыщенность кислородом) и биотическими взаимоотношениями в трофических цепях, проявляющимися через количество и качество кормовой базы. В зависимости от своего биологического состояния рыба по-разному реагирует на один и тот же раздражитель. Под влиянием химических факторов могут изменяться биологические циклы рыб (миграции, нерест, зимовки), что может не соответствовать температурному фактору. Так при изменении биологических циклов при более позднем нересте, икра может погибнуть, за счет чего резко снизится общая продуктивность отдельных популяций рыб. В некоторых случаях возможны зимние заморы рыбы не только в результате непосредственного воздействия химических факторов техногенного происхождения, а также при образовании продуктов разложения органических веществ различного генезиса (вторичное загрязнение).

Сочетание первичных и вторичных изменений при загрязнении природных вод органическими веществами приводит к ухудшению условий существования гидробионтов, нарушает «стереотипные связи рыб с окружающей средой». Одновременно с изменением вкуса и запаха воды угнетается нормальная жизнедеятельность водной растительности, фитопланктона и зообентоса, ухудшается состояние кормовой базы рыб. Более глубокие изменения происходят в качественном и количественном составе водных биоценозов: вымирают наименее устойчивые, но более ценные в пищевом отношении виды гидробионтов (Лукьяненко, 1987).

Многочисленными исследованиями загрязнения водоемов было показано, что между различными процессами в экосистемах могут возникать эффекты синергизма или антагонизма, которые необходимо учитывать при определении характера воздействия на водные организмы, включая ихтиофауну. Особую роль при определении допустимых нагрузок на водоемы играют биологические критерии: патологии и дисфункции водных организмов, сокращение структурных рядов популяций, смена доминантных видов и их стратегий (Моисеенко, 1998).

Многофакторность воздействия экотоксикантов может сопровождаться самыми неожиданными экологическими последствиями: гибелью рыб, изменением обмена веществ у отдельных чувствительных особей, а также отклонениями на генетическом, клеточном, тканевом, органном и популяционном уровнях. Однако такие аспекты, как отдаленные последствия комбинированных эффектов, которые напрямую связаны с продуктивностью, эффективностью воспроизводства ихтиоценозов в целом исследуются крайне редко в связи с целым рядом методических трудностей.

Довольно часто снижение защитных функций рыб происходит вследствие биоаккумуляции суперэкотоксикантов (ионы тяжелых металлов, хлорированные органические соединения и полиароматические углеводороды). Например, высокие концентрации ионов тяже-

лых металлов в тканях и органах рыб коррелируют с морфофизиологическими и морфопатологическими отклонениями в их организме (Коновалова, Болотова, 2001).

Специфика загрязнения р. Амур ионами тяжелых металлов обусловлена техногенным воздействием, аэрогенным переносом и ландшафтными особенностями территории водосбора. К числу наиболее опасных загрязнителей среди 40 тяжелых металлов, относятся лишь 15. Наиболее широко используются в различных сферах деятельности человека, накапливаются в биологических объектах и представляют опасность ртуть, кадмий, свинец, медь и цинк. Так, в 2000 г. в р. Амур в Хабаровском крае было сброшено 405,06 млн м³ сточных вод, в том числе содержащих ТМ: свинец — 0,12 т; кадмий — 0,01 т; медь — 0,64; никель — 0,08 т. Однако в экосистему р. Амур тяжелые металлы поступают не только со сточными водами. В низовье р. Амур токсичные вещества могут поступать с территории водосбора всего бассейна и со всеми притоками, различного иерархического уровня. Особое место в загрязнении р. Амур ионами тяжелых металлов занимают ее крупные притоки, среди них большое значение имеет правобережный приток, расположенный на территории КНР — р. Сунгари (Кондратьева и др., 2006).

Согласно программе исследований по проекту «Экологический кризис на Амуре и состояние здоровья коренных народов Севера» впервые было обследовано более 160 экз. рыбы, выловленных из основного русла, проток и пойменных озер экосистемы р. Амур в зимний и летний периоды 2002 г. (Кондратьева и др., 2003). При оценке уровня загрязнения рыб токсичными тяжелыми металлами Cu, Pb, Cd, Zn, As превышения пищевых ПДК не было отмечено, исключение составила ртуть (табл. 1). Однако содержание токсичных элементов в разных видах рыб значительно различалось в зависимости от мест вылова и сезонности. Так, максимальное содержание ТМ обнаружено главным образом в соме из различных местообитаний, в том числе ртуть выше пищевых ПДК (0,72 мг/кг).

Таблица 1

Диапазоны содержания токсичных тяжелых металлов в мышцах рыб р. Амур в период ледостава и открытого русла в 2002 г.

ТМ	Содержание ТМ в мышечных тканях, мг/кг сырого веса		
	ПДК, мг/кг	Зима, 41 экз. (min—max)	Лето, 120 экз. (min—max)
Cu	10,0	0,25–1,41	0,19–1,09
Pb	1,0	Н.о–0,13	Н.о–0,25
Cd	0,2	Н.о–0,05	Н.о–0,12
Zn	40,0	1,94–11,16	2,85–13,07
Hg	0,6	0,04– 0,72	0,02–0,30
As	1,0	Н.о–0,07	0,04–0,19

Следует подчеркнуть, что зимой было обнаружено превышение пищевых ПДК по ртути в различных видах рыб, независимо от типа их питания (хищные, травоядные, всеядные и бентософаги). Зная, что зимой рыба в основном не питается, можно предположить, что ртуть накопилась в рыбе вследствие биоаккумуляции в течение более длительного времени либо она поступала не по трофическим цепям, а через водную среду. Причем высокие концентрации ртути 0,25–0,72 мг/кг были характерны для таких рыб, как сом, чебак, конь пятнистый. Аналогичные результаты были получены сотрудниками ИВЭП ДВО РАН в зимний период 1996/7 г. Самый высокий уровень загрязнения различными ТМ был зарегистрирован в карасях, аухе, налиме и коне пестром, выловленных в основном русле р. Амур ниже г. Хабаровск (поселки Славянка, Лидога, Найхин).

Уровень загрязнения рыбы ТМ в летний период 2002 г. несколько отличался от характера загрязнения во время ледостава. Более значительным было загрязнение свинцом, кадмием, цинком и мышьяком — эти элементы относят главным образом к токсикантам антропогенного генезиса, которые могут поступать в водные экосистемы как со сточными водами, а также с поверхностным стоком и из атмосферы. Как и зимой, самой загрязненной тяжелыми

металлами рыбой был сом. В целом высокий уровень загрязнения рыбы ртутью с превышением ПДК был характерен только для зимнего периода. Тогда как максимальное загрязнение рыбы свинцом, цинком и мышьяком было установлено в летний период.

Ртуть, обладая уникальными экогеохимическими и экотоксикологическими свойствами, занимает особое место среди токсичных элементов в силу своей высокой токсичности, разнообразием форм существования, повышенной способностью к биопереносу, а также широким спектром негативных воздействий на организмы (Немова, 2005). Среди соединений ртути максимальной токсичностью обладает метилртуть, которая образуется в результате микробиологических процессов, происходящих в донных отложениях. Более высокая токсичность метилртути по сравнению с неорганической формой обусловлена ее липидорастворимостью, которая позволяет ей легче проходить через биологические мембраны, вызывая эмбриотоксический, тератогенный и гонадотоксический эффекты (Кузубова и др., 2000).

Экологический риск содержания ртути в рыбе необходимо рассматривать не только с позиции превышения пищевых ПДК, а также с учетом ее воздействия непосредственно на организм рыбы. Отмечено, что ртуть даже в микроколичествах снижает скорость роста молоди, вызывает набухание дыхательного эпителия, торможение роста и развития гонад, ухудшает обонятельные функции, снижает жизнеспособность спермы, приводит к изменению поведенческих реакций, потере ориентации, опусканию рыбы на дно и в конечном счете к ее гибели (Немова, 2005).

По мнению ученых, распределение ртути по органам не зависит от видовой принадлежности рыб и имеет следующий порядок мышцы > печень > кишечник > селезенка > мозг > гонады. Рыбы, особенно хищники, обладающие высокой способностью накапливать ртуть в тканях, широко используются в Европе для определения уровня загрязнения водоемов ртутью и другими тяжелыми металлами. Например, в Финляндии вылавливали щуку, содержащую до 6,9 мг/кг ртути, а в Швеции практически в 40 % озер щука содержит до 0,5 мг ртути на кг массы тела.

Особое внимание исследованию содержания ТМ в различных компонентах экосистемы р. Амур (вода, донные отложения, лед, рыба) было уделено после техногенной аварии в КНР (г. Цзилинь, ноябрь 2005 г.). Предполагалось, что наряду с производными бензола в воде во время прохождения фронта загрязнения в р. Амур повысилось содержание ТМ. Концентрацию ТМ в пробах определяли методом ICP-MS с индуктивно связанной плазмой.

Действительно, максимальные концентрации большинства тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb, Hg, Cd) были обнаружены в пробах воды, отобранных в р. Сунгари возле г. Харбин. Ниже по течению в основном происходило снижение содержания ТМ, однако в придонных водах возле г. Цзямусы отмечено увеличение концентрации Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, а в поверхностных водах возле г. Тунцзян — Hg. Содержание высокотоксичных ТМ в донных отложениях р. Сунгари на участке от г. Харбин до г. Тунцзян изменялось незначительно и составляло для кадмия 0,005–0,081 мкг/дм³, ртути 0,003–0,069 мкг/дм³. В то же время в районе г. Комсомольск-на-Амуре содержание этих ТМ в донных отложениях было намного выше. Концентрация кадмия составляла 0,079–0,141 мкг/дм³, а ртути 1,315–3,512 мкг/дм³.

В мышцах коня пестрого выловленного на различных участках р. Амур в период ледостава были обнаружены достаточно высокие концентрации ртути (0,10–0,42 мг/кг). В этом же виде рыб, выловленном в районе с. Нижнеленинское были отмечены также высокие концентрации свинца (рис. 1). Было установлено, что содержание ртути в мышечных тканях щуки изменялось незначительно в зимнее время, находясь в пределах 0,10–0,14 мг/кг (рис. 2). Однако в ее внутренних органах отмечено повышенное содержание ртути и свинца, более чем в 3 раза. Поэтому они могут выступать в качестве органов мишеней для этой рыбы в зимнее время. Концентрации мышьяка и кадмия фактически не изменялись во времени и были сопоставимыми во внутренних органах и мышцах. Эти примеры подтверждают ранее высказанное мнение о том, что в зимний период в амурской рыбе отмечается повышенное содержание ртути и этот элемент может выступать в качестве показателя риска для ихтиоценозов р. Амур.

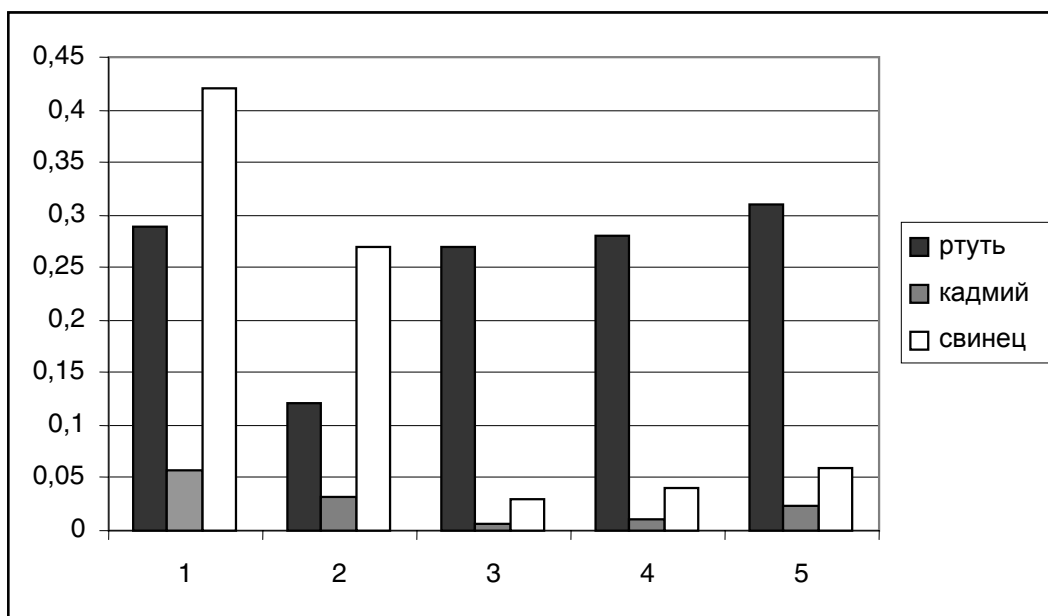


Рис. 1. Содержание ТМ (мг/кг сырого веса) в мышечных тканях коня-пестрого, выловленного в разное время на различных участках р. Амур: с. Нижнеленинское (1 — 15.01.2006 г.); с. Иннокентьевка (2, 3, 4 — 18.12.2006 г.; 5 — 26.03.2006 г.)

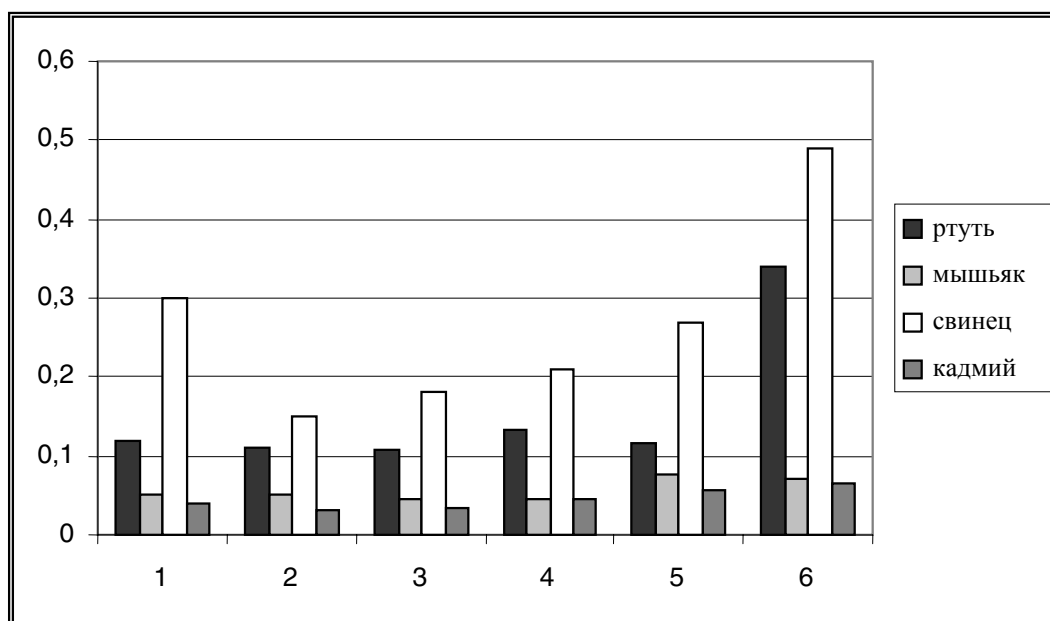


Рис. 2. Изменение содержания токсичных элементов в мышечных тканях щуки (мг/кг сырого веса), выловленной зимой в р. Амур ниже г. Хабаровск: 1 — 21.12.2005; 2 — 31.12.2005; 3 — 04.01.2006; 4 — 09.01.2006; 5 — 23.01.2006; 6 — внутренние органы (14.01.2006)

По сравнению с летним и зимним периодами 2002 г. уровень загрязнения рыбы ТМ в 2006 г. значительно не отличался, за исключением содержания свинца. Можно отметить его высокие концентрации в мышечных тканях касатки, ведущей придонный образ жизни — 3,1 мг/кг (табл. 2). Эта концентрация превышала ПДК для рыбной продукции более чем в три раза. Меньшая концентрация свинца обнаружена в коне-пестром: лето — 0,13 мг/кг, зима — 0,43 мг/кг. Концентрации мышьяка (0,01–0,12 мг/кг) и кадмия (0,003–0,050 мг/кг) были сопоставимы с таковыми в летний период 2002 г. Содержание ртути в летнее время колебалось от 0,01 до 0,26 мг/кг и не превышало ее содержание в аналогичный период 2002 г. В зимнее время содержание ртути в мышечных тканях рыб было несколько выше, чем летом, однако не выше, чем обычно в зимнее время.

Таблица 2

Содержание токсичных тяжелых металлов в мышцах рыб р. Амур в весенне-летний период 2006 г.

Тяжелые металлы	Содержание, мг/ кг сырого веса		
	Толстолоб	Касатка	Конь-пестрый
Pb	0,24–0,69	1,35– 3,10	0,13
Cd	0,003–0,050	0,01–0,03	0,03
Hg	0,01–0,02	0,08– 0,26	0,24
As	0,1–1,0	0,01–0,12	0,08

Таким образом, механизмы негативного воздействия ионов тяжелых металлов на различные группы гидробионтов существенно отличаются в разные сезоны, следовательно, даже при одних и тех же концентрациях ртути в органах рыб, негативные последствия в летнее и зимнее время будут отличаться. Это имеет особое значение для амурской рыбы, в которой в зимнее время отмечается увеличение концентрации ртути. Подвижность ртути зависит от степени гумифицирования водных объектов. В экосистемах с повышенным содержанием гуминовых веществ чаще всего встречаются высокие концентрации ртути в рыбе. Принимая во внимание высокий уровень содержания гуминовых веществ в р. Амур, можно говорить о серьезных предпосылках увеличения подвижности ртути и ее биоаккумуляции в рыбе, что значительно повышает степень экологического риска для воспроизводства рыбных ресурсов р. Амур.

ЛИТЕРАТУРА

- Кондратьева Л.М. Экологический риск загрязнения водных экосистем. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 299 с.
- Кондратьева Л.М., Чухлебова Л.М., Рапопорт В.Л. Экологические аспекты изменения органолептических показателей рыбы р. Амур в зимний период // Чтения памяти профессора В.Я. Леванидова. — Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2003. — Вып.2. — С. 113–118.
- Кондратьева Л.М., Канцыбер В.С., Зазулина В.Е., Боковенко Л.С. Влияние крупных притоков на содержание тяжелых металлов в воде и донных отложениях реки Амур // Тихоокеанская геология, — 2006. — Т. 25, № 6. — С. 103–114.
- Коновалова А.Ф., Болотова Н.Л. Применение методов индикации рыб для оценки загрязнения Белого озера тяжелыми металлами // Тез. докл. Междунар. симпоз. — Сыктывкар, 2001. — С. 83–84.
- Кузубова Л.И., Шуваева О.В. Аношин Г.Н. Метилртуть в окружающей среде: распространение, образование в природе и методы определения. Аналит. обзор: Экология. — Новосибирск, 2000. — Вып. 59. — 82 с.
- Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. — М.: Агропромиздат, 1987. — 240 с.
- Моисеенко Т.И. Экотоксикологический подход к нормированию антропогенных нагрузок на водоемы Севера // Экология. — 1998. — № 6. — С. 452–461.
- Немова Н.Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. — М.: Наука, 2005. — 164 с.

ГИДРОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ В ОЗЕРЕ БОЛЬШОЙ ВИЛЮЙ (ЭСТУАРИЙ РЕКИ БОЛЬШОЙ ВИЛЮЙ, ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)[†]

С.Л. Горин

ВНИРО, г. Москва, Россия, e-mail: gorinser@mail.ru

Озеро Большой Вилюй находится на восточном побережье Камчатки и входит в состав общей устьевой области рек Большой и Малый Вилюй. Посредством небольшой протоки оно сообщается с оз. Малый Вилюй и с Тихим океаном (рис. 1). Площадь акватории оз. Большой Вилюй — 8,1 км², средняя глубина около 3 м (до 6–7 м в северо-западной части).

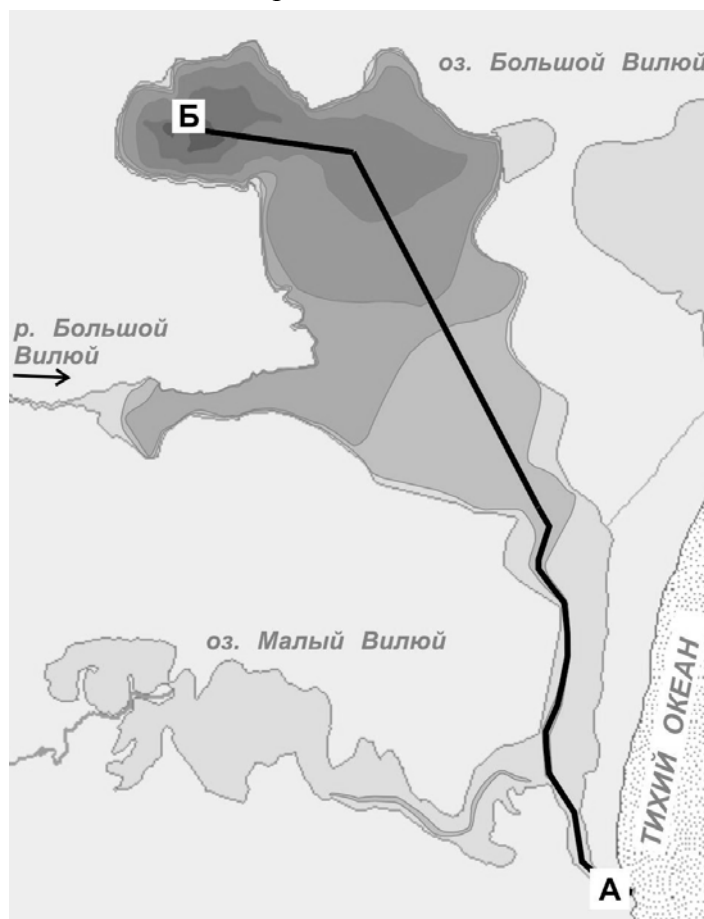


Рис. 1. Озеро Большой Вилюй
(изобаты проведены через 1 м)

Поскольку оз. Большой Вилюй входит в состав устьевой области, на гидрологические условия в нем оказывают совместное влияние речной сток и океанские приливы. Непосредственно в озеро впадает р. Большой Вилюй, истоки которой находятся на склонах Вилючинского вулкана. Питание реки преимущественно снеговое, большая часть стока проходит в теплое время года. Половодье начинается во второй половине мая и продолжается до конца июня. Расход воды на спаде половодья (в июле) составляет около 3 м³/с. Минерализация речных вод не превышает 20–40 мг/л, их температура зимой немного больше 0 °С, а летом достигает 10 °С. Приливы в Авачинском заливе имеют смешанный характер, их высота достигает 1,9–2,0 м в сизигию и уменьшается примерно до 1,0 м в квадратуру. Зимой температура тихоокеанской воды в прибойной зоне около 0 °С (минимальная измеренная температура минус 0,7 °С), а соленость 31–32 ‰. Летом (в июле—августе) температура тихоокеанской воды около 10 °С, соленость 27–28 ‰.

Гидрологические условия в озере формируются динамическим взаимодействием речных и морских вод, их смешением и трансформацией. Сезонные колебания уровня озера (до 1,00 м) обусловлены неравномерностью речного стока, а полумесячные (до 0,25 м) и суточ-

[†] Работа выполнена на основе результатов полевых работ 2002–2007 гг., проведенных автором совместно с А.А. Попрядухиным и Е.В. Шульгиной.

ные (до 0,20 м) связаны с приливами. Кроме того, в озерной протоке изменяются скорость и направление течения воды: во время половодья преобладает стоковое течение из озера в океан, в остальное время года происходит закономерная смена приливного и отливного течений. Продолжительность и скорость этих течений зависит от соотношения величин речного стока и приливов. Так, во время летнего сизигийного прилива вода из океана в озеро течет около 11 ч, а из озера в океан около 13 ч. Во время половодья возможна ситуация, когда приливного течения не появляется вовсе.

Во время прилива морские воды проникают в оз. Большой Виллой, причем объем приливной призмы в озере зависит от соотношения величин речного стока и приливов (рис. 2).

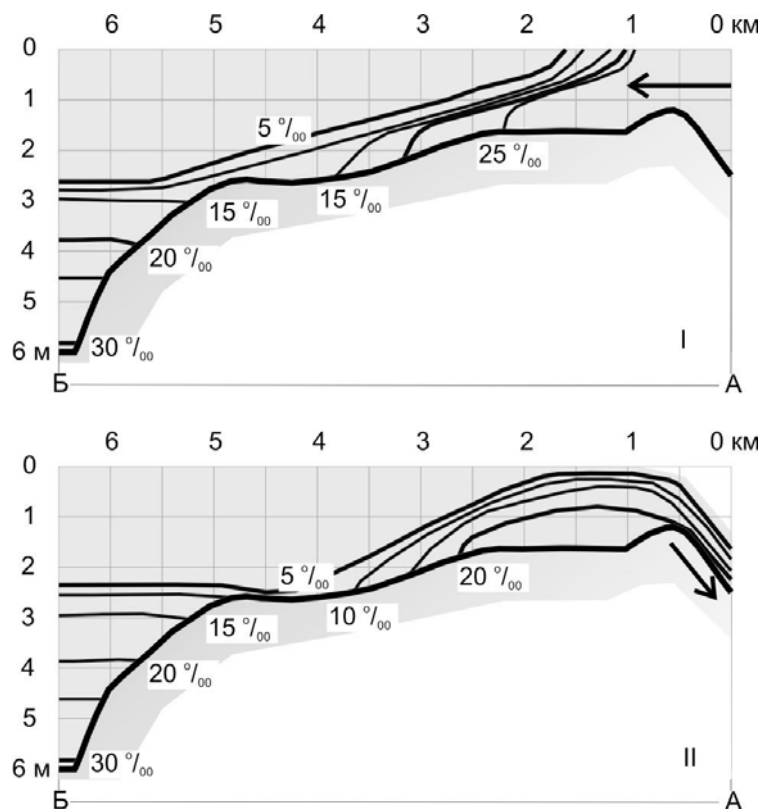


Рис. 2. Вертикальное распределение солености воды в оз. Большой Виллой на разрезе по линии А–Б (сизигия, на спаде половодья, *I* — прилив; *II* — отлив)

Летом в систему озер Большой и Малый Виллой за сутки поступает в 2–4 раза больше морской воды, чем речной. Осенью и зимой эта разница становится еще больше, что, помимо прочего, объясняется подъемом уровня океана из-за штормовых нагонов. В результате смешения и трансформации морских и речных вод в озере формируются вторичные (озерные) водные массы двух модификаций: придонные и поверхностные.

Придонные водные массы располагаются на глубинах более 4 м, им присущи высокая соленость, низкая температура, практически полное отсутствие растворенного кислорода и присутствие сероводорода (рис. 3). В течение большей части года гидрологические характеристики здесь изменяются мало. Во время приливов и сильных океанских штормов придонные воды частично обновляются свежими порциями морской воды.

Во время осенних и зимних штормов устье озерной протоки часто блокируется песчаными отложениями. В результате, водообмен с океаном может отсутствовать по 2–3 мес (а иногда до весны, когда во время половодья устье снова промывается), поэтому зимой для озера обычны низкая концентрация кислорода и высокое содержание сероводорода, что часто приводит к заморам рыбы.

Поверхностные водные массы располагаются до глубин 1,5–2,0 м, они сильно опреснены, их температура изменяется в широких пределах в зависимости от сезона и времени суток, насыщение кислородом близко к 100 % (летом достигает 200 %). Однородность распределения характеристик в этом слое обеспечивается постоянным ветровым перемешиванием.

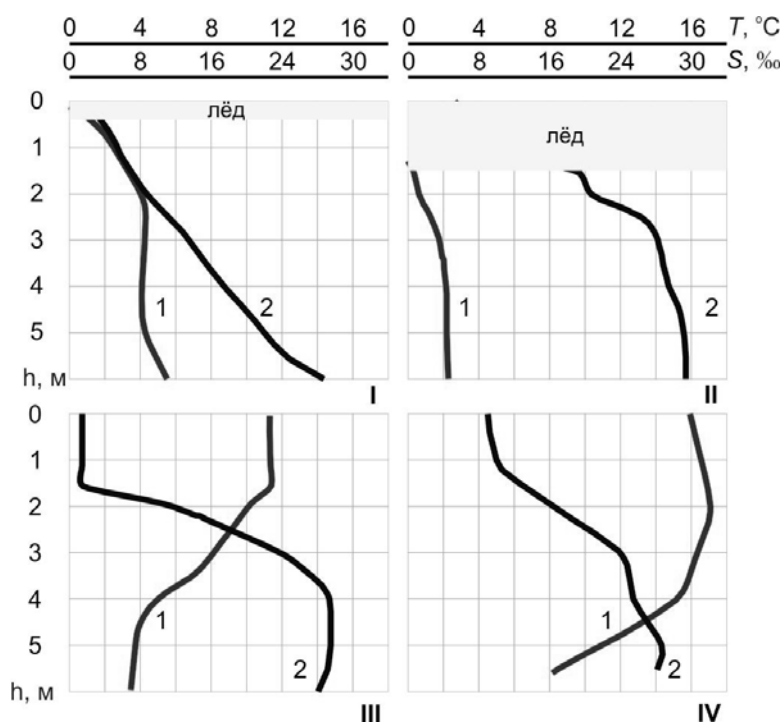


Рис. 3. Годовые изменения вертикального распределения температуры (1) и солености (2) воды оз. Большой Виллой (станция Б на рис. 1): **I** — начало зимы (1 нед после начала ледостава), 02.12.2006 г.; **II** — середина зимы; **III** — весна (на спаде половодья, через 2 нед после очищения от льда), 25.03.2007 г.; **IV** — середина лета, 28.07.2004 г.

Таким образом, гидрологическая структура глубоководной части оз. Большой Виллой характеризуется значительной устойчивостью водных масс, которая создается из-за больших различий в солености воды. Ветровое перемешивание захватывает только верхние горизонты, плотностное перемешивание слабое и охватывает средние и нижние горизонты во время подтока морских вод.

ПОПУЛЯЦИЯ ЧЕРНОМОРСКОЙ МИДИИ КАРАДАГСКОГО ЗАПОВЕДНИКА: ПРИЧИНЫ ДЕГРАДАЦИИ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

А.В. Гудимов

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, г. Мурманск, Россия,
e-mail: alexgud@mail.ru

Некогда обширная популяция черноморской (средиземноморской) мидии *Mytilus galloprovincialis* стремительно сокращается, особенно, в течение последнего десятилетия. Падение запасов мидии в Черном море стало катастрофическим (Шурова, 2001).

Основной причиной исчезновения дикой мидии справедливо считают ее выедание рапаной *Rapana thomasiana* — видом-вселенцем в Черное море в 1940-х гг. прошлого столетия (Драпкин, 1953; Марченко, 2006). По этой же причине в последние годы наблюдается резкое уменьшение популяции мидии в Карадагском заповеднике (Смирнова и др., 2006).

На одной из немногих оставшихся мидиевых банок акватории Кузмичевы камни летом (июль—август 2007 г.) насчитывалось до 500–600 рапан в диапазоне глубин 0,5–2,5 м, со средней численностью от 4 до 12 экз./м² (максимум — 25 экз./м²) на участках заселенных мидией. В данном месте, у вершины небольшой подводной скалы (диаметром около 5 м) уцелело локальное поселение относительно крупных мидий: длина раковин от 45 до 70 мм, возраст от 4 до 10 лет. К сожалению, размер моллюсков не послужил им конституционной защитой от брюхоногого хищника. Интенсивность выедания определялась неравномерностью распределения мидий (и, соответственно, рапан) и влиянием абиотических условий на банке. Волновая динамика не позволяла большинству хищников подниматься близко к поверхности или выползать на участки скалы с сильным прибоем. Рапаны занимали, главным образом, ниши на внутренней, обращенной к берегу, части скалы. Это отчасти защищало крупных мидий, их численность в обращенных к морю участках (глубина 0–0,5 м) достигала около 1000 экз./м², но моллюски распределялись пятнами, каждое из которых было менее 1 м². Насколько изменились численность и биомасса мидий (и рапан) на банке за последние 3–5 лет, оценить не удалось, поскольку это поселение мидий (как и скопление рапан) осталось не замеченным предыдущими исследователями (Марченко, 2006; Смирнова и др., 2006, 2008). Расчетно, при известном суточном рационе (Чухчин, 1984) одна рапана способна потребить за сутки 1–2 крупных мидии. Неудивительно, что мидийные банки исчезают такими темпами и рапана уже голодает (Смирнова и др., 2008). Интересно наблюдение сотрудника ИнБЮМ В.В. Трусевича (устное сообщение), обнаружившего на галечном грунте, что некоторые рапаны, захватили, как жертвы,... камни, размером и формой похожие на мидий.

В границах Карадагского природного заповедника НАН Украины (КаПриз НАНУ), расположенного между пос. Коктебель и Курортное, запас и площадь поселений *M. galloprovincialis* сократились в тысячи раз. Освободившие после выедания рапаной поверхности повсеместно и быстро заполняются поселениями митилястера *Mytilaster lineatus*. Плотные щетки, образуемые близкоразмерными экземплярами этого мелкого двустворчатого моллюска не только хорошо защищают его от хищников, но и, практически, не оставляют шансов для осаднения на субстрат личинок других видов, прежде всего, мидий. Образовавшиеся «биологические ножницы» — хищник + конкурент не оставляют мидии шансов на выживание. В результате, в тех местах береговой полосы, где еще есть поселения *M. galloprovincialis* они часто вытеснены в приповерхностный (0,5–1,0 м) или самый поверхностный слой (0–20 см), и даже на границу моря и суши (выше 0 глубин). В августе—октябре 2007 г. молодь мидий обнаружена автором в прибойной береговой полосе скал и отдельных камней акватории Кузмичевы камни. Мелкие мидии (около 10 мм) встречались единично, группами и отдельными небольшими пятнами-щетками, вкрапленными в плотные поселения митилястера. Поселения молоди этих двух видов опоясывали по периметру большинство камней и участки берега выше зоны бурых водорослей до уреза воды, выходя в зону заплеска. Ширина этого пояса составляла от 20 до 50 см, при численности мидий до 40 экз./дм² (в скоплениях). Плот-

ность поселений мидий была наибольшей на удаленных от берега камнях, где отдельные мидии достигали длины 40–50 мм. Редкие, локальные пятна поселений разноразмерных мидий на камнях, состоящие в основном из моллюсков до 20–30 мм длиной (иногда — до 50 мм), находились, главным образом, в зоне заплеска, — в супралиторали. Эти поселения пребывали значительную часть суток на воздухе, покрывались водой только от наката и гребней волн и периодически затоплялись при колебаниях уровня моря. В сентябре—октябре 2007 г. из-за значительного падения уровня моря супралиторальные поселения моллюсков более месяца находились на воздухе, увлажняемые только брызгами волн, что, конечно, должно было привести к массовой гибели молоди. Однако, выживание мидий именно в этом краевом биотопе обусловлено тем, что здесь мидии остаются почти неуязвимыми для рапан (хотя есть случаи обнаружения рапан и на урезе воды), хотя продолжают конкурировать с митилястером и становятся доступнее для чаек.

Предполагается (Смирнова и др., 2006, 2008), что помимо биологического пресса существуют и другие влияния, ослабляющие выживание мидий и снижающие их адаптационные возможности. Для выяснения функциональных адаптаций мидий к существующим условиям и изучения влияния абиотических факторов на жизнедеятельность моллюсков в 2005 г. автором было предложено инициировать совместные экспериментальные работы сотрудников ММБИ КНЦ РАН и КаПриз НАНУ.

В результате, в 2007 г. была впервые проведена регистрация поведенческих реакций черноморских мидий непосредственно в природных условиях: в море, в прибойной зоне акватории Кузмичевы камни (см. рисунок). Выполнены первые измерения параметров сердечного ритма мидий Черного моря *M. galloprovincialis* (табл. 1). До этого поведение мидий исследовалось только в аквариальных условиях (Слатина, 1989; Трусевич, Столбов, 2005), кардиоактивность не измерялась.

Запись движения створок мидии *M. galloprovincialis*, выполненная в прибрежной зоне акватории Карадагского заповедника (участок Кузмичевы камни) 3–5 июля 2007 г. Периоды уменьшения УРС в светлое время суток — в центре и по краям актограммы (раскрытие створок максимально в нижних частях кривой)

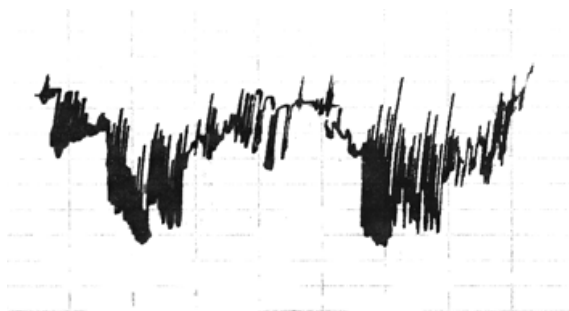


Таблица 1

Основные измеряемые параметры сердечного ритма (фрагмент рабочей таблицы):
И — средний кардиоинтервал (с), ЧСС — частота сердечных сокращений (ударов/мин),
СКО — среднеквадратичное отклонение, СИ — стресс индекс

Время	И	ЧСС	СКО	СИ
10/20/07 09:10:26	2,74	21,90	0,05	64,15
10/20/07 09:10:36	2,74	21,90	0,05	64,15
10/20/07 09:10:46	2,74	21,90	0,05	64,15
10/20/07 09:10:56	2,73	21,98	0,06	45,66
10/20/07 09:11:06	2,73	21,98	0,06	45,66
10/20/07 09:11:16	2,73	21,98	0,06	45,66
10/20/07 09:11:26	2,73	21,98	0,06	45,66
10/20/07 09:11:36	2,71	22,14	0,06	46,00

Исследования поведения (движения створок) и кардиоактивности мидий как в прибойной зоне, так и в аквариальных условиях показали наличие суточной динамики (рис. 1) и устойчивых индивидуальных особенностей параметров жизнедеятельности (табл. 2) моллюсков. Среднесуточная ЧСС карадагских мидий в октябре 2007 г., измеряемая непрерывно в течение 3 дней (с осреднением через каждые 10 с — табл. 1) в нормальных условиях открытого протока природной морской воды, составила 16 уд/мин (t воды = 18 °С).

Частота сердечных сокращений (ЧСС) трех мидий одного размера (55–60 мм), находящихся в одинаковых условиях

Время	Мидия1	Мидия2	Мидия3	Средняя
10/18/07 10:04:10	18,08	18,16	14,40	16,88
10/18/07 10:05:10	17,63	18,42	14,40	16,82
10/18/07 10:06:10	17,13	18,79	14,40	16,77
10/18/07 10:07:10	16,62	18,36	14,40	16,46
10/18/07 10:08:10	16,42	17,86	14,40	16,23
10/18/07 10:09:10	16,01	17,44	14,40	15,95
10/18/07 10:10:10	15,71	14,71	14,40	14,94
10/18/07 10:11:10	14,22	14,03	13,91	14,05
10/18/07 10:12:10	13,44	13,76	13,41	13,54
10/18/07 10:13:10	11,90	13,36	13,41	12,89
10/18/07 10:14:10	11,64	11,99	13,41	12,35

Достоверное уменьшение уровня раскрытия створок (УРС) и некоторое учащение сердцебиения (увеличение ЧСС) в светлое время суток свидетельствуют о наличии определенного стресса у моллюсков в дневное время. Экспериментально показано, что в любое время резкие изменения условий освещения (свет-тьнь), как и даже слабая вибрация являются для них настораживающим, стрессирующим фактором.

Исследования жизнедеятельности моллюсков в природе имеют сегодня прямое прикладное значение. Измерение параметров активности водных беспозвоночных становится одним из самых современных методов биомониторинга качества вод (Curtis et al., 2000; Gudimov, Gudimova, 2002). В настоящее время, регистрация состояния животных в природе и современный оперативный биомониторинг возможны по параметрам поведения (движения створок) (Gudimov, 1996, 2000) и/или сердечных сокращений двустворчатых моллюсков и ракообразных (Холодкевич и др., 2002). Мидии, как и многие другие морские беспозвоночные, являются прекрасными биосенсорами, реагирующими на малейшие изменения водной среды (Gudimov, 1996; Гудимов, 2006).

Мидии Карадагского заповедника, вытесненные в экстремальные условия выживания, когда из-за хищников, конкурентов и/или длительного осушения интенсивность и продолжительность их питания сокращается в несколько раз, неизбежно становятся особенно зависимы от абиотических условий водной среды: солёности, количества взвешенных частиц, загрязнения. Влияние этих факторов становится определяющим для выживания моллюсков. Относительное постоянство солёности поверхностного слоя прибрежных вод (Ковригина, Бобко, 2006) нивелирует возможность негативного влияния сезонного опреснения на мидий. Токсическое загрязнение акватории тоже крайне незначительно. Концентрация взвешенных веществ является в данных условиях единственным, по-сути, абиотическим фактором, лимитирующим функционирование и распространение мидиевых поселений.

В связи с неуклонно растущим береговым строительством и рекреационной эксплуатацией прибрежной зоны, уровень органического загрязнения и объемы терригенного поступления неуклонно растут (Ковригина, Бобко, 2006; Смирнова и др., 2006, 2008). В итоге, прозрачность морской воды в центре заповедника уменьшилась в несколько раз. Деградирующая популяция мидий уже неспособна обеспечивать чистоту прибрежных вод. Несмотря на то, что численность моллюсков мидий еще значительна (до 20–40 тыс. экз./м²) (Гринцов и др., 2006), в основном на уресе воды и до глубины 3–5 м, плотность поселений митилиастера на порядок выше.

Автор выражает искреннюю благодарность к.б.н. В.В. Трусевичу (ИнБЮМ НАНУ) за помощь в организации работ и конструктивные дискуссии и к.ф.-м.н. С.В. Холодкевичу (НИЦЭБ РАН) за предоставление аппаратуры для измерения кардиоактивности мидий.

ЛИТЕРАТУРА

Гринцов В.А., Мурина В.В., Евстигнеева И.К. Биоразнообразие и структура сообществ обростания скал Маяк и Золотые ворота в акватории Карадагского природного заповедника // *Летопись природы* 2004 г. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — Т. 21. — С. 51–64.

- Гудимов А.В. Поведение мидий (*Mytilus edulis* L.) в условиях колебаний факторов среды // ДАН. — 2006. — Т. 409, № 3. — С. 419–421.
- Драпкина Е.И. Новый моллюск в Черном море // Природа. — 1953. — № 9. — С. 92–95.
- Ковригина Н.П., Бобко Н.И. Особенности распределения гидрохимических показателей на акватории Карадагского заповедника в летне-осенний период 2004 года // Летопись природы 2004 г. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — Т. 21. — С. 30–40.
- Марченко В.С. Опыт учета численности и биомассы *Rapana thomasiana* в акватории Карадагского природного заповедника // Летопись природы 2004 г. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — Т. 21. — С. 166–169.
- Слатина Л.Н. Динамика суточных ритмов метаболизма и сократительной активности мускулатуры створок мидий Черного моря на протяжении годового цикла: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Иркутск, 1989. — 19 с.
- Смирнова Ю.Д., Глибина Н.А., Кондратьева Е.Н. и др. Гидрохимические и гидробиологические исследования в акватории Карадагского заповедника в 2004 году // Летопись природы 2004 г. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — Т. 21. — С. 40–50.
- Смирнова Ю.Д., Глибина Н.А., Кондратьева Е.Н. и др. Гидрохимические характеристики и состояние популяций мидий и рапан узкой прибрежной зоны акватории Карадагского заповедника в 2005 году // Летопись природы Карадага 2005 г. — Симферополь: СОНАТ, 2008. — Т. 22. — С. 45–55.
- Трусевич В.В., Столбов А.Я. Поведенческие реакции черноморских мидий в исследовании механизмов адаптации к особенностям среды обитания // Наукові записки: сер. Біологія, спецвыпуск: Гідроекологія (Тернопільський нац. Педуніверситет). — 2005. — № 4(27). — С. 251–254.
- Холодкевич С.В., Федотов В.П., Куракин Ф.С. и др. Непрерывная автоматическая биоиндикация качества воды, как среды обитания, на основе метода вариационной пульсометрии раков и моллюсков // Тез. докл. 5-й Междунар. специализир. выст. и конф. — СПб.: АКВАТЕРРА, 2002. — С. 26.
- Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. — Киев: Наук. думка, 1984. — 176 с.
- Шурова Н.М. Влияние солености на структуру и состояние поселений двустворчатого моллюска *Mytilus galloprovincialis* // Биол. моря. — 2001. — Т. 2, № 3. — С. 187–191.
- Curtis T.M., Williamson R. and Depledge M.H. Simultaneous, long-term monitoring of valve and cardiac activity in the blue mussel *Mytilus edulis* exposed to copper // Marine Biology. — 2000. — Vol. 136. — P. 837–846.
- Gudimov A.V. Continuous Biomonitoring of Effluents to the Coastal Zone on a Real-time Basis Using Organisms-Biosensors // Abs. 4th Inter. Conf. Coastal Zone Canada 2000: «Coastal Stewardship: Lessons Learned and Paths Ahead». — Saint John, Canada, 2000. — P. 30.
- Gudimov A.V. Mussel aquaculture for nutrient recycling and wastewater treatment: physiological abilities and limits in cold environment // Environ. Res. Forum. — 1996. — Vol. 5–6. — P. 123–130.
- Gudimov A.V., Gudimova E.N. Behavioural and physiological responses of two benthic invertebrates in bioassay of the sublethal effects of coastal pollution // Natural Wetlands for Wastewater Treatment in Cold Climates. — Chapter 13. — Boston: WITpress, 2002. — P. 225–248.

ОЦЕНКА САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН Г. ВЛАДИВОСТОК

В.А. Дегтярева, Л.С. Бузолева
ТИНРО-Центр, Дальневосточный государственный университет,
г. Владивосток, Россия

Город Владивосток является крупным промышленным центром, омывается водами Амурского и Уссурийского заливов. Он не имеет общегородских очистных сооружений, поэтому современное санитарное состояние большинства городских морских пляжей определяется в основном поступлением в прибрежную зону хозяйственно-бытовых, канализационных и промышленных стоков. Вместе с канализационными фекальными стоками в прибрежную зону поступает огромное количество патогенной и условно-патогенной микрофлоры.

В.В. Акимов (1969) отмечал, что в Приморском крае попытка лабораторного исследования прибрежных вод в пределах городской черты г. Владивостока была впервые предпринята санитарно-эпидемиологической лабораторией ТОФ и «Владивостокским институтом эпидемиологии и микробиологии» в 1948 г. Исследования проводились в акватории бухты Золотой Рог. На тот период в системе канализации города существовало 14 коллекторов, из которых ежегодно сточные воды поступали в бухту Золотой Рог (573 тыс. м³) и Амурский залив (580 тыс. м³). В 1953 г. в бухту Золотой Рог поступало уже 873 тыс. м³, в Амурский залив — 897 тыс. м³. Увеличение сбросов сточных вод в акватории зал. Петра Великого продолжалось, и к 1961 г. степень фекального загрязнения значительно возросла. В бухту Золотой Рог поступало уже 1783 тыс. м³, в Амурский залив — 1746 тыс. м³ (Акимов, 1969).

По данным «Государственного доклада о состоянии водных ресурсов в Приморском крае в 2002 г.» (2003), в морские воды зал. Петра Великого было сброшено 411,15 млн м³/год сточных вод. Согласно сводке А.А. Огородниковой (2001), в прибрежные акватории зал. Петра Великого ежегодно вместе с хозяйственно-бытовыми водами поступает в большом количестве патогенная и условно-патогенная микрофлора. По данным городской санитарно-эпидемиологической станции Госсанэпиднадзора, в летний период 2001 г. из вод Амурского залива и в районе Спортивной гавани был обнаружен холероподобный вибрион "Эль-ТОР". Во всех пробах, отобранных сотрудниками лаборатории морских ландшафтов ТИГ ДВО РАН совместно с краевым центром санитарно-эпидемиологического надзора из гидробионтов прибрежного мелководья Амурского залива от Токаревской кошки до ст. Санаторная, выявлены ротавирусы, вирус гепатита А (*Hepatitis virus*) и их антитела. В настоящее время по бактериологическим показателям 30 % проб воды Амурского залива не соответствует установленным нормам (Огородникова, 2001). Если учесть, что в черте г. Владивосток и его пригороде расположены пляжные зоны, активно посещаемые населением и туристами в летний период, то исследование санитарно-микробиологического состояния этих прибрежных вод имеет эколого-эпидемиологическое значение.

Цель работы — оценить санитарно-микробиологическое состояние прибрежных вод г. Владивосток.

Отбор проб производился в летне-осеннее время (июль—сентябрь) 2005 г. на 7 станциях, расположенных в местах активного летнего отдыха населения (бухты Лазурная, Тихая (Сухопутная), Патрокл, Федорова, Спортивная гавань, ст. Седанка, ст. Санаторная). Пробы воды были отобраны с глубины 10–15 см от поверхности в стерильные пластиковые шприцы объемом 20 мл, согласно правилам санитарной микробиологии МУ № 2285-1. Непосредственно перед отбором руки обрабатывали 95 %-ным этиловым спиртом. Бактериологическое исследование отобранных проб производилось не позднее двух часов с момента отбора. Обработку проб производили на базе лаборатории экологии патогенных бактерий НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН.

Для определения санитарно-показательных микроорганизмов использовали метод десятикратных разведений, с применением дифференциально-диагностических сред, для приго-

товления которых использовали стерильную воду или физиологический раствор. Для определения общего микробного числа использовали мясо-пептонный агар (МПА); бактерий рода *Enterococcus* — молочную среду с полимиксином; бактерии группы кишечной палочки обнаруживали с использованием селективной среды Эндо (Руководство ..., 1983).

Результаты и их обсуждение. Поступление органических веществ в воды морских акваторий существенно изменяет сапробность вод, т.е. весь комплекс качественной составляющей воды, содержащей органические вещества в определенной концентрации и определенной стадии минерализации.

Поэтому для определения сапробности как степени загрязнения морской воды, было определено общее микробное число (ОМЧ). Используя этот критерий, исходили из предположения, что высокое микробное число свидетельствует об общей бактериологической загрязненности воды (т.е. о высокой степени сапробности водоема), и о большой вероятности наличия в ней патогенных микроорганизмов. При этом показатель сапробности равный 10^6 и более характеризует полисапробные зоны (зоны сильного загрязнения), 10^4 – 10^5 — мезосапробные зоны (зоны умеренного загрязнения), 10 – 10^3 — олигосапробные зоны (зоны чистой воды) (Медицинская микробиология, 1999).

Согласно данным микробиологического анализа индекс ОМЧ был наиболее низким в июне и сентябре (10^5 – 10^6 КОЕ/мл), характеризуя исследуемые воды, как мезосапробные; в июле и августе он достигал 10^6 – 10^8 КОЕ/мл, соответствуя категории полисапробным водам. Изменения индекса обусловлены не только прессом рекреантов, но и высокими значениями температуры, оказывающими стимулирующее влияние на интенсивность биологических процессов в водоеме. Таким образом, в месяцы активного летнего отдыха, т.е. в июле и августе, все исследуемые пляжные территории можно охарактеризовать как полисапробные, или зоны сильного загрязнения, в июне и сентябре — как мезосапробные зоны, т.е. зоны умеренного загрязнения, кроме пляжных зон бухты Патрокл и ст. Седанка (полисапробные зоны).

Согласно СанПиН № 4631-88 санитарно-микробиологический анализ поверхностного водного источника в местах рекреации включает определение лактозоположительных *E. coli* (ЛКП), наличие которых свидетельствует о стойком фекальном загрязнении (допустимый уровень содержания *E. coli* в воде составляет не более 5 КОЕ/мл).

Полученные данные показали, что индекс ЛКП морской воды в июле и августе не соответствовал санитарным нормам во всех пляжных зонах. В августе этот показатель был наиболее высоким и превышал допустимый уровень индекса ЛКП в водах ст. Санаторная в 500 раз, ст. Седанка в 400, бухты Лазурная в 378, бухты Патрокл в 200, Спортивной гавани в 130, бухты Тихая в 36, бухты Федорова в 12 раз.

В июле допустимый уровень индекса ЛКП был превышен в водах бухты Патрокл в 378,0 раз, ст. Седанка в 274,0, бухты Лазурная в 3,6 и ст. Санаторная в 14,0 раз. В июне и сентябре показатель ЛКП не превышал допустимой нормы (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о прямом поступлении в воды бухт канализационных вод и поверхностного смыва с загрязненных пляжей и прилегающих территорий (Спортивная гавань — 7,8 млн м³; бухта Патрокл — 3,4 млн м³; бухты Тихая и Федорова — 0,9 млн м³ (Разрешение ..., 2003). Курортно-оздоровительные центры с их ведомственными пляжами также вносят существенный вклад в загрязнение морских акваторий Амурского и Уссурийского заливов (Экономическая характеристика ..., 2003).

Несмотря на то, что в воды Спортивной гавани поступает значительный выброс канализационных стоков, уровень загрязнения по показателям ЛКП здесь был такой же, как и на других исследованных станциях. На станциях Седанка и Санаторная была отмечена самая высокая численность ЛКП, хотя, прямых выходов канализационных вод там нет. По-видимому, это связано, прежде всего, с гидродинамическим режимом зал. Петра Великого, где ветровые течения оказывают существенное влияние на распределение водных масс. С мая по октябрь преобладающими становятся ветры южных румбов. Перенос вод в северном направлении способствует распространению фекального загрязнения, смещая водные массы от Спортивной гавани и бухты Федорова к вершине Амурского залива (район ст. Санаторной и ст. Седанка). Кроме

того, мелководные участки этой акватории в летний период значительно лучше прогреваются, чем глубоководные, способствуя созданию благоприятных условий для развития условно-патогенной и патогенной микрофлоры. И, наконец, это наиболее посещаемые отдыхающими загородные пляжи на побережье Амурского залива.

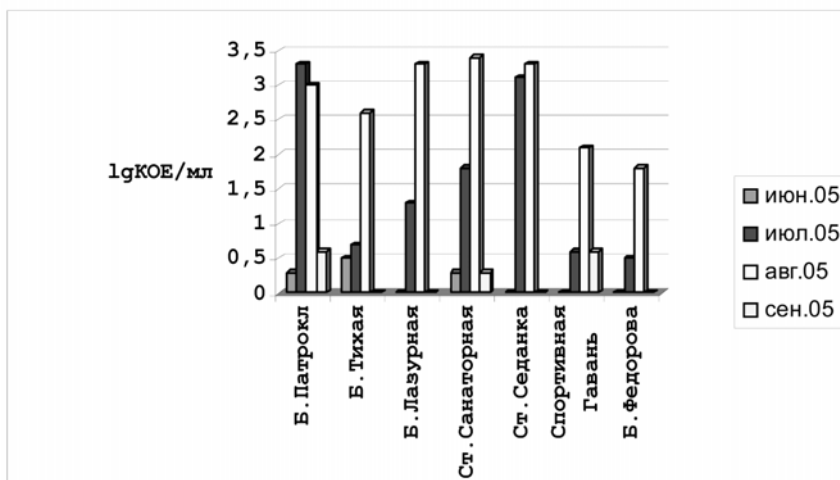


Рис. 1. Индекс показателя лактозоположительной кишечной палочки (ЛКП) в пробах воды пляжных зон г. Владивосток (пунктирной линией обозначены значения ПДК)

Микробиологическое загрязнение вод бухты Патрокл обусловлено, очевидно, несколькими причинами: мелководностью и хорошей прогреваемостью вод, а также поступлением стоков (поверхностного смыва) с морского кладбища, расположенного над бухтой.

Высокое микробиологическое загрязнение вод бухты Лазурная происходит в основном за счет того, что побережье бухты является рекреационной зоной, в черте которой расположен самый крупный городской пляж. Поэтому помимо лактозоположительной *E. coli*, как показателя постоянного поступления фекального загрязнения, в водах этой акватории были обнаружены бактерии рода *Enterococcus*, по количеству которых судят о наличии свежего фекального загрязнения. Согласно данным проведенного исследования, этот показатель превышал допустимый уровень в воде практически всех обследованных пляжей, особенно в воде прибрежной зоны бухты Патрокл (в 367 раз). Высокие показатели индекса энтерококка были также отмечены в бухте Тихая и Спортивной гавани (в 70 раз) (рис. 2). Согласно СанПиН № 4631-88, индекс энтерококка в воде поверхностных источников не должен превышать 1 КОЕ/мл).

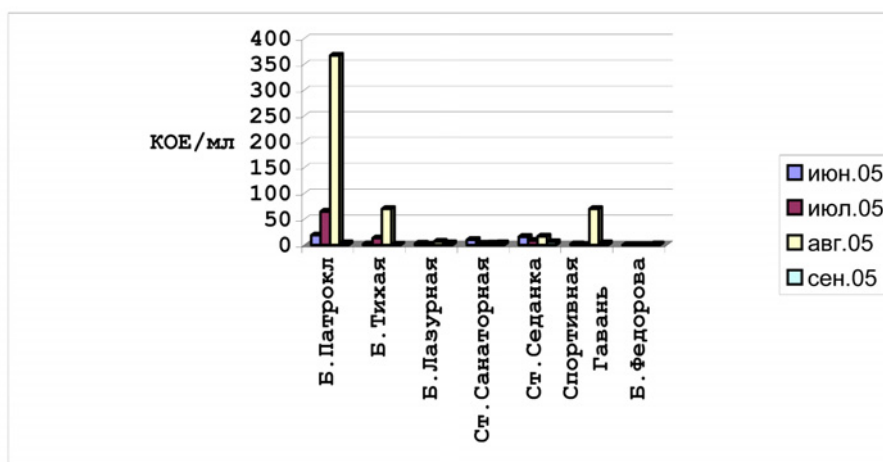


Рис. 2. Численность бактерий рода *Enterococcus* в морской воде пляжей г. Владивосток

Бактерии рода *Enterococcus* являются постоянными обитателями ротовой и кишечной полостей, а также мочеполовой системы человека. Энтерококки неустойчивы в окружающей среде (от нескольких часов до нескольких суток) и быстро теряют жизнеспособность, их присутствие в воде обусловлено постоянным источником свежего фекального загрязнения, т.е. выходом канализационных вод и количеством купающихся.

Следует отметить, что в воде пляжных зон города, кроме *E. coli*, были обнаружены и другие бактерий из сем. Enterobacteriaceae. Согласно СанПиН № 4631-88, этот показатель является основным нормируемым критерием, обеспечивающим наиболее надежный контроль присутствия в воде всех представителей кишечных бактерий. По нашим данным, вода на всех обследованных станциях была загрязнена энтеробактериями, особенно в июле и августе (10^2 – 10^3 КОЕ/мл). В июне и сентябре показатели санитарных норм по энтеробактериям были превышены незначительно (10–20 КОЕ/мл) (рис. 3).

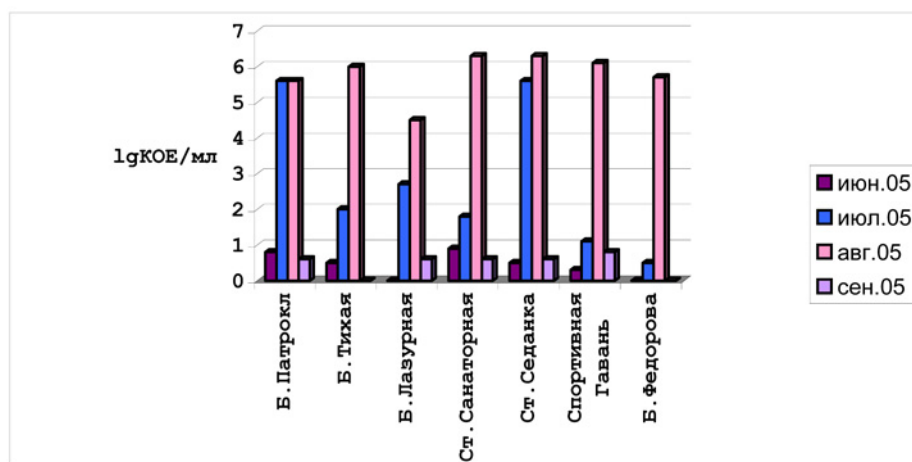


Рис. 3. Численность бактерий сем. Enterobacteriaceae в пробах морской воды пляжных зон г. Владивосток

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что морская вода, взятая в районе городских пляжных зон, не соответствует санитарно-эпидемиологическим показателям и не отвечает требованиям СанПиН № 4631-88 в отношении патогенных и условно-патогенных бактерий.

ЛИТЕРАТУРА

Акимов В.В. К вопросу о санитарной охране прибрежных морских вод Приморья // Вопросы краевой инфекционной патологии: Сб. тр. — Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1969. — Вып. 4. — С. 221–226.

Государственный доклад о состоянии водных ресурсов в Приморском крае в 2002 году. — Владивосток: Главное управление природных ресурсов и охраны окружающей среды по Приморскому краю, 2003.

Медицинская микробиология / под ред. В.И. Покровского, О.К. Поздеева. — М.: ГЭОТАР МЕДИЦИНА, 1999. — 1200 с.

Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. — Владивосток: ТИПРО-центр, 2001. — 193 с.

Разрешение на предельно-допустимый сброс (ПДС) на рельеф и водные объекты, МУП «Водопроводно-канализационное хозяйство», 11.06.99, Продлено 1.06.2003.

Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. — М.: МГУ, 1983. — 221 с.

СанПиН № 4631-88: Санитарные правила и нормы охраны прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения.

Экономическая характеристика (паспорт) муниципального образования г. Владивосток // <http://www.vladcity.ru/digits/2003/EconomicsTabs/intro.htm>.

ФАУНА АМФИПОД (AMPHIRODA, GAMMARIDEA) СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

В.Л. Джуринский

Зоологический институт Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: dzhurinskiy@zin.ru

Комплексное изучение бентоса Охотского моря проводилось отечественными исследователями в середине 20-го века. основополагающей работой по изучению морских организмов до сих пор является работа П.В. Ушакова “Фауна Охотского моря и условия ее существования” (1953). В работе приведен наиболее полный на то время список гидробионтов по многим группам животных. Список видов бокоплавов в работе П.В. Ушакова составлен Е.Ф. Гурьяновой и насчитывает 38 видовых названия. В 1957 г. общее количество видов бокоплавов, отмеченных в Охотском море разными исследователями возросло до 163. Изучением фауны гаммарид также занималась Р.Я. Маргулис (Margulis, 1963), она отметила 220 видов для Охотского моря. Н.Л. Цветковой (1975) был детально изучен состав и распределение прибрежных бокоплавов. По ее предположениям, фауна гаммарид Охотского моря насчитывает более 400 видов.

В то же время фауна бокоплавов северо-западной части Охотского моря исследована еще недостаточно и изучение видового состава амфипод является до сих пор актуальным. Настоящая работа основана на изучении проб с бокоплавами Шантарской экспедиции из трех акваторий: у о. Ионы, в зал. Аян и у мыса Энкен. В их состав входили количественные и качественные пробы, собранные водолазами с помощью мерных рамок, дночерпателем “Океан”, драгами и тралами, а также с макрофитов.

Всего было обработано 129 проб. Для каждой количественной пробы производилось взвешивание бокоплавов и их подсчет. Больше всего проб было собрано на глубинах до 40 м. включительно. До вида определено около 280 экз. гаммарид. Список определенных бокоплавов насчитывает 38 видовых названий, в том числе: 1 новый вид для науки и 1 новый вид для фауны Охотского моря.

Гаммариды обладают рядом особенностей, позволяющих им обитать в условиях низких температур. Большинство животных (45 %) собрано в горизонте 40–155 м — в слое зимнего переохлаждения, 29 % бокоплавов обнаружено на глубине до 40 м, где температуры в основном положительные, 26 % гаммарид собрано на глубине более 155 м — слой смешения вод. Общее низкое разнообразие бокоплавов можно объяснить тем, что промежуточный слой (40–155 м) распреснен, его соленость не превышает 32,8 ‰, что может являться естественным барьером для распространения многих видов гаммарид. В процессе работы был составлен список бокоплавов для северо-западной части Охотского моря: 38 видов относящихся к 27 родам и 17 семействам, а также составлен список для всей акватории Охотского моря (литературные и авторские данные), который насчитывает 303 вида, однако его можно считать предварительным и требующим уточнения. Для 57 видов дана биогеографическая характеристика (см. рисунок).



Биогеографическая характеристика фауны гаммарид северо-западной части Охотского моря (данные автора)

ЛИТЕРАТУРА

- Ушаков П.В. Фауна Охотского моря и условия ее существования. — М.: АН СССР, 1953. — 457 с.
Цветкова Н.Л. Прибрежные гаммариды северных и дальневосточных морей СССР и сопредельных вод. — Л.: Наука. 1975. — 257 с.
Margulis R. Ya. Additions to the Amphipoda Gammaridea of the sea of Okhotsk // Crustaceana. — 1963. — Vol. 5, pt 3. — P. 161–175.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ
И АДАПТАЦИОННЫХ МЕХАНИЗМОВ У ПОЛОСАТОЙ КАМБАЛЫ
PLEURONECTES PINNIFASCIATUS ИЗ АМУРСКОГО ЗАЛИВА
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ)**

В.Б. Дуркина

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия
e-mail: vdurkina@mail.ru

Воспроизводство и адаптация к внешней среде — две важные функции, которые необходимы для выживания особи и вида. Антропогенное загрязнение может существенно изменить среду обитания организмов, причем водные животные в большей степени, чем наземные, подвергаются его воздействию. В настоящее время имеется много данных о повреждении репродуктивной системы рыб, обитающих в загрязненных водоемах (Stott et al., 1983; Овен, 1993; Акимова, Рубан, 1996; Шатуновский и др., 1996; Багнюкова, Овен, 1999; Баранникова и др., 2002). Нарушение репродукции у рыб может проявляться функционально, без гистопатологических изменений в половых железах, однако значительно чаще исследователи регистрируют отклонения на разных стадиях развития половых клеток, массовую резорбцию ооцитов в нерестовый период, пропуски нерестового сезона, а при более глубокой патологии гонад наблюдают их соединительнотканное и жировое перерождение.

Вопрос о состоянии адаптационных механизмов у рыб из загрязненных водоемов менее освещен в литературе. Главную роль в процессах адаптации рыб играет кортизол — гормон, который синтезируется интерреналовой железой. Интерреналовая железа является гомологом коры надпочечников млекопитающих. Ее клетки, так же как и клетки коры надпочечников, чувствительны к малейшим изменениям внешней среды и также реагируют стереотипными перестройками на различные повреждающие факторы. Острое действие неблагоприятных факторов приводит к кратковременному увеличению размеров интерреналовых клеток рыб (Agrawal, Srivastava, 1978), что свидетельствует о развитии первой стадии стрессовой реакции организма на повреждение — стадии тревоги. Гипертрофия клеток железы обеспечивает поддержание в крови рыб высокого уровня кортизола, который регулирует метаболические процессы. Благодаря перестройке метаболизма при стрессе образуется дополнительное количество энергии, что позволяет организму тем или иным способом справиться с повреждением. Если действие неблагоприятного фактора носит длительный характер, то увеличенные размеры клеток интерреналовой железы могут сохраняться недели и даже месяцы (Bromage, Fuchs, 1976; Servizi et al., 1993), что характерно для второй стадии стрессовой реакции организма на повреждение — стадии резистентности. В литературе также имеются данные об истощении интерреналовой железы у рыб из загрязненных водоемов — явление, которое указывает на третью стадию хронического стресса. При этом размеры ядер интерреналовых клеток и уровень кортизола в плазме крови рыб, подвергающихся действию загрязняющих веществ, оказываются меньше, чем у рыб из чистых мест обитания (Hontela et al., 1997). Приведенные примеры свидетельствуют, что состояние интерреналовой железы рыб может быть показателем напряжения ее адаптационных механизмов.

В настоящей работе анализируется состояние яичников и интерреналовой железы у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus*, отловленной с разных участков Амурского залива (зал. Петра Великого Японского моря) в осенний, зимний и весенний сезоны 1999–2005 гг. Амурский залив относят к одним из наиболее экологически неблагополучных районов в зал. Петра Великого (Ващенко, 2000). Исследования по его загрязнению нефтепродуктами и фенолами ведутся с 70-х, а тяжелыми металлами и хлорорганическими пестицидами — с 80-х гг. прошлого века (Огородникова и др., 1997). Полосатая камбала — это массовый для Амурского залива мелководный вид, который не совершает дальних миграций (Моисеев, 1946). Несмотря на многолетнее поступление в воды залива различных загрязняющих веществ, полосатая камбала продолжает оставаться массовым видом на данной акватории, что

свидетельствует о ее способности к воспроизводству, а адаптационные механизмы, по-видимому, позволяют ей справляться с неблагоприятными условиями окружающей среды.

Качественная оценка состояния яичников полосатой камбалы из Амурского залива в разные годы приведена в табл. 1. У особей, выловленных в заливе в марте 1999 и 2000 гг., соответственно в районе железнодорожных (ж.-д.) станций Угольная и Океанская, яичники заполнены многочисленными превителлогенными ооцитами, среди которых встречаются редуцированные атретические фолликулы. У камбал, выловленных в марте 2005 г. в районе пос. Тавричанка и ж.-д. станции Океанская, ооциты превителлогенного роста встречаются редко, кроме них в яичниках присутствуют редуцированные атретические фолликулы. У рыб, выловленных в конце октября — начале ноября 1999–2000 гг. в районе ж.-д. станции Седанка и в ноябре 2003–2004 гг. в районе пос. Тавричанка, яичники содержат ооциты, заполненные желточными гранулами. Во всех выборках (за исключением 2003 г.), среди вителлогенных ооцитов встречаются ооциты с небольшими участками гомогенизированного желтка. В качестве характерной черты яичников полосатой камбалы, выловленной на разных участках Амурского залива в январе 2001–2005 гг., можно назвать массовую резорбцию зрелых яиц.

Таблица 1

Состояние яичников на разных стадиях зрелости (СЗ) у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* из Амурского залива в 1999–2005 гг.

Место отлова	Дата отлова, год/мес	СЗ яичников	Качественная характеристика содержимого яичников
Ст. Угольная	1999/III	II	Многочисленные превителлогенные ооциты
Ст. Океанская	2000/III	II	Многочисленные превителлогенные ооциты
Пос. Тавричанка	2005/III	VI	Редкие превителлогенные ооциты
Ст. Океанская	2005/III	VI	Редкие превителлогенные ооциты
Ст. Седанка	1999/X	IV	Среди вителлогенных ооцитов встречаются ооциты с участками гомогенизированного желтка
Ст. Седанка	2000/X–XI	IV	Среди вителлогенных ооцитов встречаются ооциты с участками гомогенизированного желтка
Пос. Тавричанка	2003/XI	IV	Вителлогенные ооциты с желточными гранулами
Пос. Тавричанка	2004/XI	IV	Среди вителлогенных ооцитов встречаются ооциты с участками гомогенизированного желтка
Ст. Седанка	2001/I	V	Отмечены процессы резорбции зрелых яиц
Ст. Седанка	2002/I	V	Отмечены процессы резорбции зрелых яиц
Ст. Седанка	2003/I	V	Отмечены процессы резорбции зрелых яиц
Пос. Тавричанка	2005/I	V	Отмечены процессы резорбции зрелых яиц

Причиной массовой резорбции зрелых половых продуктов у рыб могут быть разнообразные факторы, в том числе и загрязнение среды обитания. У многих видов резорбцию яйцеклеток легко распознать по морфологическим признакам: разрушению ядра и радиальной оболочки ооцитов и увеличению размеров фолликулярных клеток, вследствие активного поглощения последними желточных гранул ооцита (Фалеева, 1965, 1976; Кошелев, 1984; Miranda et al., 1999) и подсчитать процент разрушающихся яиц. Однако, оказалось, что у полосатой камбалы, в отличие от других видов рыб, сложно определить количество разрушающихся яйцеклеток в нерестовый период из-за особенностей картины их резорбции. Утилизация трофического материала разрушающихся ооцитов у камбалы осуществляется в обширных складчатых выростах фолликулярной стенки, в которые желток поступает в гомогенном виде, в то время как фолликулярные клетки, окружающие ооцит, не показывают явной фагоцитарной активности. Переход стенки фолликула в вырост бывает узким, поэтому на препаратах выросты чаще всего выглядят как отдельные структуры, которые располагаются рядом с яйцеклетками. К концу нерестового сезона в выростах появляются скопления гранул липофусцина, что указывает на завершение резорбции яиц. Подробнее атрезия овари-

альных фолликулов у полосатой камбалы в нерестовый период описана ранее (Дуркина, 2006).

Другим показателем повреждения репродуктивных процессов у полосатой камбалы служит раннее начало гомогенизации трофического материала ооцитов. Обычно преобразование желтка (его гомогенизация и оводнение) у рыб происходит во время созревания ооцитов (Гинзбург, 1968), это же отмечается и у исследованных ранее дальневосточных видов камбал (Иванков, 1976). В тех случаях, когда процесс гомогенизации трофического материала начинается до завершения вителлогенного роста, ооциты рыб подвергаются последующей резорбции (Привалихин, 2003). Это позволяет предположить, что у полосатой камбалы преждевременное начало гомогенизации трофического материала ооцитов (за 2,0–1,5 мес до нереста) можно рассматривать как показатель их низкого качества. Из данных табл. 2 видно, что количество ооцитов с этим признаком сильно варьирует у особей из одной выборки, кроме того, у рыб, выловленных в районе ж.-д. станции Седанка отмечается более высокий средний процент аномальных ооцитов, чем у рыб в районе пос. Тавричанка.

Таблица 2

Количество аномальных (с преждевременной гомогенизацией желтка) ооцитов у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* из Амурского залива

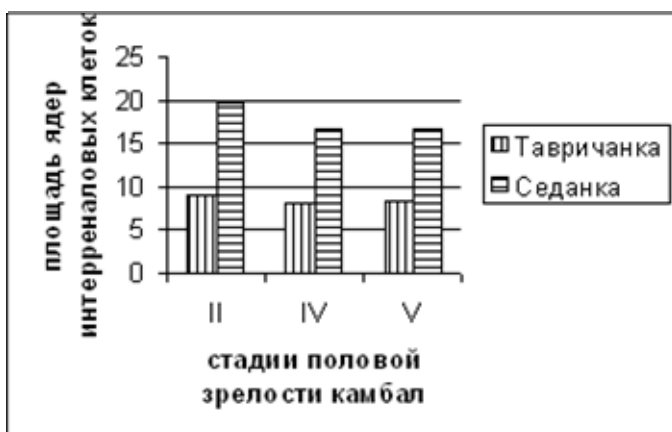
Место отлова	Дата отлова, год/мес	Количество (%) аномальных ооцитов у разных самок
Ст. Седанка	1999/X	15, 18, 46, 65 (среднее — 36)
Ст. Седанка	2000/X	4, 24, 32, 55, 59, 73, 86 (среднее — 39)
Пос. Тавричанка	2003/XI	0, 0, 0, 0, 0, 0
Пос. Тавричанка	2004/XI	6, 11, 11, 20, 22, 24, 27, 33 (среднее — 16)

По-видимому, нарушение развития ооцитов у полосатой камбалы начинается во время вителлогенеза, который приходится на теплое время года (июль—сентябрь). Данный период времени рыбы проводят в центральной относительно глубоководной части Амурского залива, уровень загрязнения донных осадков которой характеризуют как умеренный (Шулькин и др., 2002). Возвращаясь осенью на мелководье, камбалы заходят на участки залива с разным уровнем загрязнения, где и происходит более или менее выраженная реализация поврежденных, полученных ооцитами в период вителлогенеза.

Интерреналовая железа рыб характеризуется годовой цикличностью развития, которая тесно сопряжена с развитием гонад. Установлено, что на ранних стадиях гаметогенеза размеры ядер эндокринных клеток имеют минимальные, а перед нерестом — максимальные значения, что свидетельствует о гипертрофии клеток железы. Максимальная функциональная активность интерреналовой железы в нерестовый период связана с гормональным обеспечением репродуктивных процессов: созреванием и овуляцией гамет и нерестовым поведением. У особей полосатой камбалы, выловленных в 2000–2001 гг. в районе ж.-д. станции Седанка, гипертрофия ядер клеток железы наблюдается на ранних стадиях репродуктивного цикла, а не на поздних (см. рисунок). Так как на ранних стадиях гаметогенеза исключается действие половых гормонов на интерреналовую железу, то причиной ее гипертрофии в этот период может быть только один фактор — загрязнение среды обитания. У камбал, выловленных в 2004–2005 гг. в районе пос. Тавричанка, изменение площади ядер клеток железы в течение репродуктивного цикла выражено меньше; кроме того, у этих особей на разных стадиях половой зрелости площадь ядер интерреналовых клеток в два раза меньше ($P < 0,01$), чем у камбал, выловленных в районе ж.-д. станции Седанка. Следует отметить, что реакция интерреналовой железы камбал в первую очередь отражает степень стрессорной нагрузки окружающей среды на организм, тогда как загрязнение выступает лишь в качестве стрессорного фактора.

Таким образом, состояние яичников и интерреналовой железы у особей полосатой камбалы, выловленных на разных участках Амурского залива, может сильно варьировать. Минимальное повреждение репродуктивной системы и минимальное напряжение адаптацион-

ных механизмов отмечено у камбал с северного участка (район пос. Тавричанка), а максимальное — у камбал с северо-восточного участка залива (район ж.-д. станции Седанка). Эти показатели, скорее всего, отражают различия в уровне антропогенного загрязнения данных участков, а не межгодовые колебания исследуемых показателей. Гипертрофия интерреналовой железы у камбал с северо-восточной части залива свидетельствует о том, что рыбы находятся в состоянии хронического стресса (стадия резистентности), однако уровень загрязнения этой части Амурского залива еще не настолько высок, когда у камбал может наступить срыв адаптационных механизмов.



Площадь ядер интерреналовых клеток (в усл. ед.) на разных стадиях половой зрелости у особой полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* с двух прибрежных участков Амурского залива

ЛИТЕРАТУРА

- Акимова Н.В., Рубан Г.И. Систематизация нарушений воспроизводства осетровых (*Acipenseridae*) при антропогенном воздействии // *Вопр. ихтиол.* — 1996. — Т. 36, № 1. — С. 65–80.
- Багнюкова Т.В., Овен Л.С. Порционная плодовитость и нарушения гонадо- и гаметогенеза у некоторых черноморских рыб с многопорционным типом нереста // *Вопр. ихтиол.* — 1999. — Т. 39, № 1. — С. 98–104.
- Баранникова И.А., Баюнова Л.В., Саенко И.И., Семенкова Т.Б. Содержание стероидных гормонов в сыворотке крови осетра *Acipenser gueldenstaedtii* при нарушениях репродуктивной функции по сравнению с нормальным циклом // *Вопр. ихтиол.* — 2002. — Т. 42, № 2. — С. 221–224.
- Ващенко М.А. Загрязнение залива Петра Великого Японского моря и его биологические последствия // *Биол. моря.* — 2000. — Т. 26, № 3. — С. 149–159.
- Гинзбург А.С. Оплодотворение у рыб и проблема полиспермии. — М.: Наука, 1968. — 360 с.
- Дуркина В.Б. Способы резорбции вителлогенных ооцитов у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* // *Биол. моря.* — 2006. — Т. 32, № 1. — С. 69–72.
- Иванков В.Н. Особенности морфологии овогенеза у рыб различных систематических групп // *Биология рыб Дальнего Востока.* — Владивосток: ДВГУ, 1976. — С. 21–33.
- Кошелев Б.В. Экология размножения рыб. — М.: Наука, 1984. — 307 с.
- Моисеев П.А. Промысловые камбалы Дальнего Востока. — Владивосток: Примиздат, 1946. — 63 с.
- Овен Л.С. Нарушение оогенеза у некоторых видов рыб в разгар нерестового сезона // *Ихтиофауна черноморских бухт в условиях антропогенного загрязнения.* — Киев: Наук. думка, 1993. — С. 94–100.
- Огородникова А.А., Вейдемман Е.А., Силина Э.И., Нигматулина Л.В. Воздействие береговых источников загрязнения на биоресурсы залива Петра Великого (Японское море) // *Изв. ТИНРО.* — 1997. — Т. 122. — С. 430–450.
- Привалихин А.М. Резорбция развивающихся ооцитов как регуляторный механизм формирования индивидуальной и популяционной плодовитости у минтая *Theragra chalcogramma* (*Gadidae*) // *Вопр. ихтиол.* — 2003. — Т. 43, № 4. — С. 511–520.
- Фалеева Т.И. Анализ атрезии овоцитов у рыб в связи с адаптивным значением этого явления // *Вопр. ихтиол.* — 1965. — Т. 5, вып. 3(36). — С. 455–470.
- Фалеева Т.И. Особенности процесса атрезии овариального фолликула у ерша *Acerina cernua* (L.) при разных температурах // *Экологическая пластичность половых циклов и размножения рыб.* — Л.: ЛГУ, 1976. — С. 123–139.

Шатуновский М.И., Акимова Н.В., Рубан Г.И. Реакция воспроизводительной системы рыб на антропогенные воздействия // Вопр. ихтиол. — 1996. — Т. 36, № 2. — С. 229–238.

Шулькин В.М., Кавун В.Я., Ткалин А.В., Пресли Б.Дж. Влияние концентрации металлов в донных отложениях на их накопление митидами *Grenomytilus grayanus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 1. — С. 55–60.

Agrawal U., Srivastava A.K. Cold-shock induced changes in the interrenal tissue of a fresh water tropical teleost, *Colisa fasciatus* // Arch. anat. microsc. et morphol. exp. — 1978. — Vol. 67, № 1. — P. 1–10.

Bromage N.R., Fuchs A. A histological study of the response of the interrenal cells of the goldfish (*Carassius auratus*) to treatment with sodium lauryl sulphate // J. Fish Biol. — 1976. — Vol. 9. — P. 529–535.

Hontela A., Daniel C., Rasmussen J.B. Structural and functional impairment of the hypothalamo-pituitary-interrenal axis in fish exposed to bleached kraft mill effluent in the St Maurice River, Quebec // Ecotoxicology. — 1997. — Vol. 6. — P. 1–12.

Miranda A.C.L., Bazzoli N., Rizzo E., Sato Y. Ovarian follicular atresia in two teleost species: A histological and ultrastructural study // Tissue and Cell. — 1999. — Vol. 31, № 5. — P. 480–488.

Servizi J.A., Gordon R.W., Martens D.W. et al. Effects of biotreated bleached kraft mill effluent on fingerling chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1993. — Vol. 50, № 4. — P. 846–854.

Stott G.G., Haensly W.E., Neff J.M., Sharp J.R. Histopathologic survey of ovaries of plaice, *Pleuronectes platessa* L., from Aber Wrac'h and Aber Benoit, Brittany, France: long-term effects of the Amoco Cadiz crude oil spill // J. of Fish Diseases. — 1983. — Vol. 6. — P. 429–437.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ВОДЕ И ДОННЫХ ОСАДКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.Ю. Жилин, Л.И. Киреева

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, г. Мурманск, Россия, e-mail: zhilin@pinro.ru

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) рассматриваются как приоритетные загрязняющие вещества, подлежащие контролю при мониторинге состояния морской окружающей среды. Их содержание в различных природных матрицах интенсивно изучается, так как они проявляют канцерогенную и мутагенную активность (Ровинский и др., 1988).

В работе использованы экспедиционные материалы, собранные сотрудниками ПИНРО в Баренцевом море в период с 5 августа по 30 сентября 2006 г. Исследованиями были охвачены 16 рыбопромысловых районов. Отбор, подготовка и химический анализ проб воды и донных осадков выполнены в соответствии с нормативными документами и методическими руководствами (Руководство по химическому анализу ..., 1993; Determination of Polycyclic ..., 1997). Всего проанализировано 40 проб воды и 72 пробы донных осадков. Схемы станций отбора проб морской воды и донных осадков Баренцева моря представлены на рис. 1 и 2.

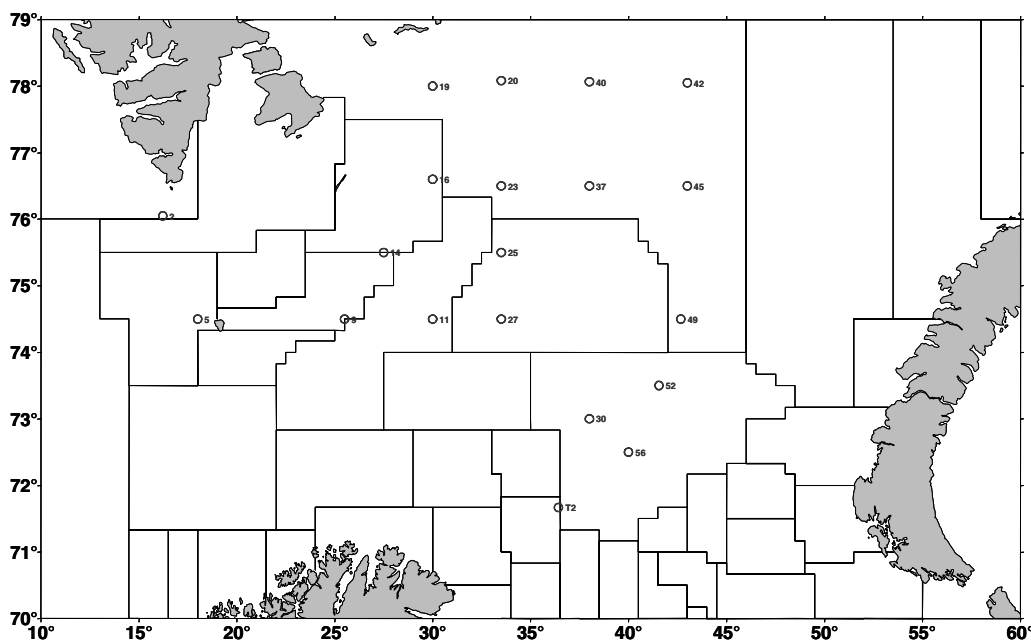


Рис. 1. Станции отбора проб воды

За общее содержание ПАУ (Σ ПАУ) принимали сумму концентраций 19 аренов: нафталин (Naph), 2-метилнафталин (2-Me), 1-метилнафталин (1-Me), аценафтилен (Acl), аценафтен (Ac), флуорен (Fln), фенантрен (Phe), антрацен (An), флуорантен (Flt), пирен (Py), бенз(а)антрацен (BaA), хризен (Chry), бенз(б)флуорантен (BbF), бенз(к)флуорантен (BkF), бенз(а)пирен (BaP), перилен (Per), индено(1,2,3-сd)пирен (IPy), дибенз(а,h)антрацен (DBA), бенз(г,h,i)перилен (Bper).

Углеводороды ароматической структуры обычно присутствуют в морской воде в очень малых концентрациях. Рыбохозяйственные нормативы содержания ПАУ в морской воде отсутствуют, поэтому данные о концентрациях ПАУ в морской воде чистых районов Антарктики могут служить приблизительным ориентиром для оценки минимальных концентраций, соответствующих глобальному фоновому уровню. В качестве такого ориентира можно принять среднюю концентрацию ПАУ, составляющую 20 нг/л (Stipps, 1995). Полученные данные о распределении Σ ПАУ в воде Баренцева моря представлены на рис. 3 и 4.

Некоторые ПАУ и особенно их метаболиты, проявляют ярко выраженные канцерогенные свойства. К ним относят BaA, BbF, BkF, BaP, IPy и DBA (Conney, 1982). Суммарные

концентрации этих соединений (Σ КПАУ) изменялись от 0,01 (ст. 25 и 42) до 0,36 нг/л (ст. 16) в поверхностном слое и от 0,01 (ст. 52) до 0,33 нг/л (ст. 40) в придонном слое воды, что составляло соответственно до 2,5 и 3,9 % от Σ ПАУ. В поверхностном слое воды Баренцева моря на большинстве станций из индивидуальных ПАУ преобладали нафталин и его метилированные производные, а также фенантрен, которые в сумме составляли 80–88 % от Σ ПАУ. В придонном слое воды доля нафталина и его производных также была велика — 73–82 % от Σ ПАУ. В исследованных промысловых районах на большинстве станций отсутствовали такие ПАУ, как BbF, BaP, DBA и Bper. Значимой корреляции между величинами концентраций индивидуальных ПАУ в исследованных пробах воды не наблюдалось, что свидетельствовало об отсутствии постоянных локальных источников загрязнения. Таким образом, суммарные концентрации ПАУ в воде исследованных районов Баренцева моря на некоторых станциях незначительно превышали глобальный фоновый уровень. При этом наблюдалась тенденция превышения концентраций ПАУ в придонном слое воды по сравнению с поверхностным.

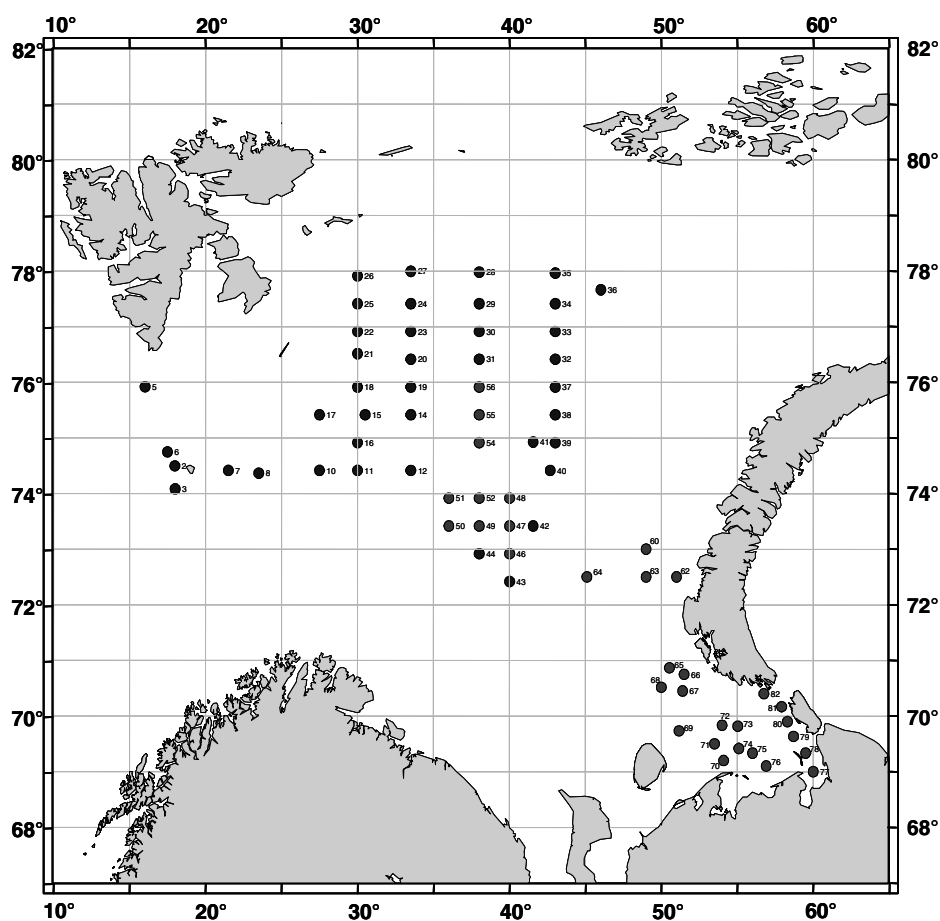


Рис. 2. Станции отбора проб донных осадков

Сходства и различия между составом компонентов ПАУ могут использоваться для идентификации источников их поступления в окружающую среду. ПАУ в водных массах Баренцева моря имели как пирогенное (высокотемпературное разложения органических топлив), так и петрогенное (нефтяное) происхождение. В качестве критериев происхождения ПАУ в воде Баренцева моря рассматривались известные отношения между концентрациями их индивидуальных конгигенов (Soclo et al., 2000). Практически во всех исследованных пробах воды, за исключением ст. 16 (поверхностный слой) и ст. 25 (придонный слой), величина отношения концентраций $Flt/Py > 1$, что характерно для ПАУ пиролитического происхождения.

Петрогенное загрязнение ПАУ характеризуется господством их низкомолекулярных аренов Naph, Acl, Ac, Flн, Phe, An, Flt и Py — Σ НМС, в то время как высокомолекулярные ПАУ BaA, Chry, BbF, BkF, BaP, Ipy, DBA и Bper — Σ ВМС, доминируют в загрязнениях, вызванных протеканием пиролитических процессов (Polycyclic aromatic hydrocarbon ..., 1990).

На всех станциях величина отношения $\Sigma\text{НМС}/\Sigma\text{ВМС} > 1$, что указывает на происхождение поступающих в морскую среду ПАУ как компонентов каменных углей и сырых нефтей.

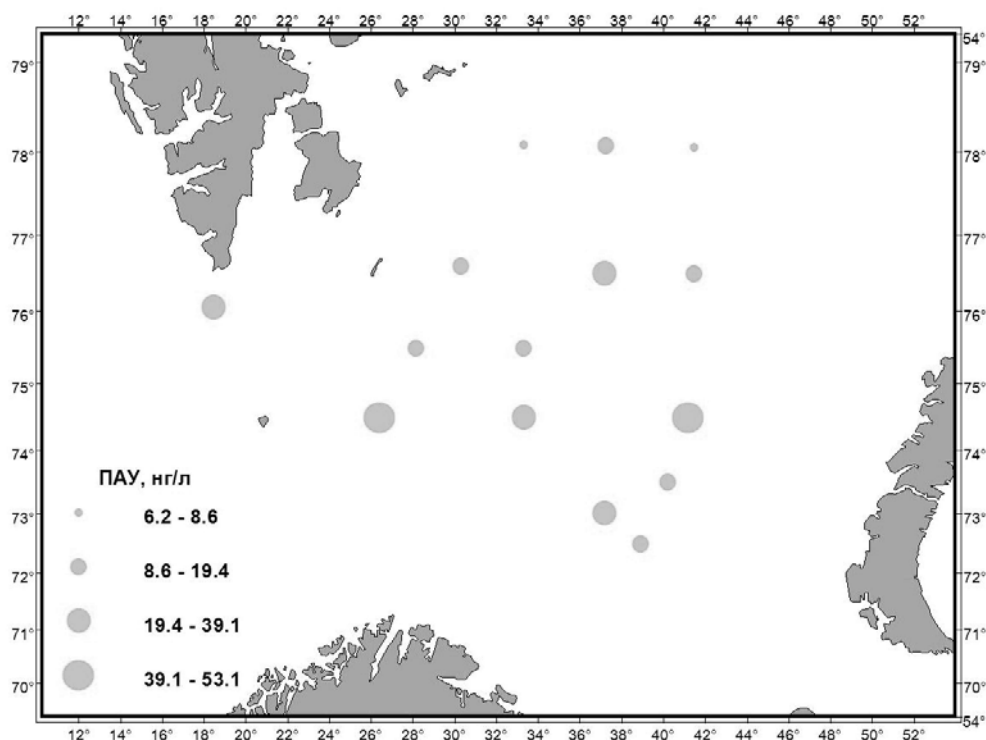


Рис. 3. Концентрация ПАУ в поверхностном слое воды Баренцева моря

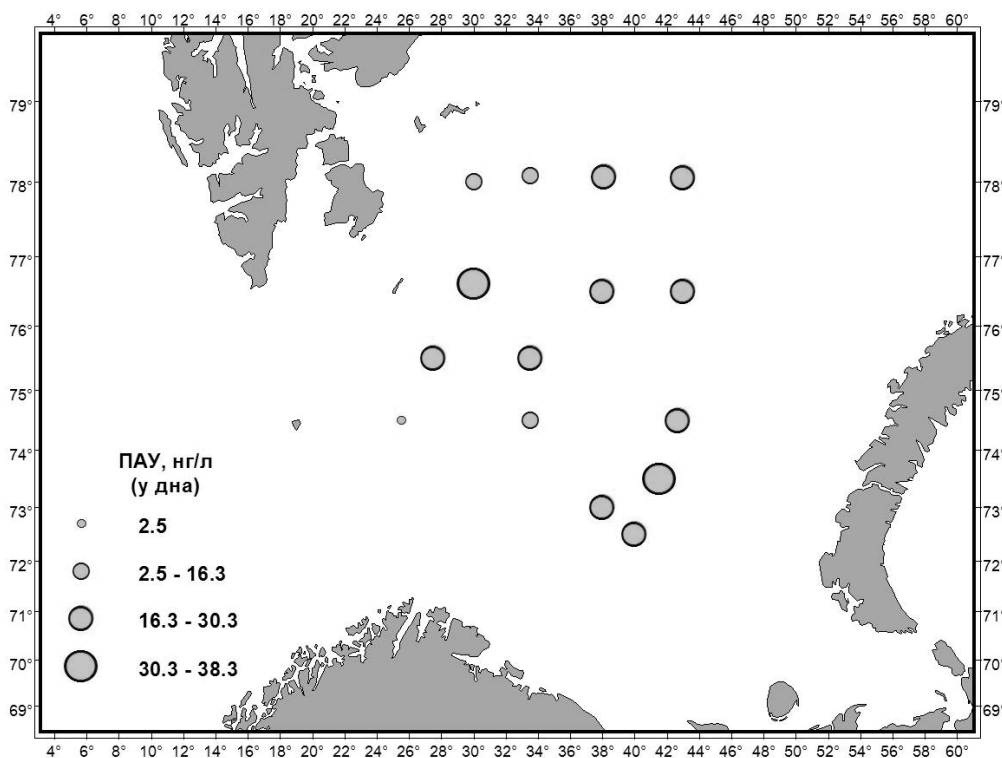


Рис. 4. Концентрация ПАУ в придонном слое воды Баренцева моря

Взвешенные минеральные и органические частицы, морские организмы, их фрагменты и продукты метаболизма способствуют перемещению загрязняющих веществ из поверхностных слоев воды в более глубокие, а также в донные осадки. Донные отложения — критическая зона в морской среде, где накопление загрязняющих веществ намного превышает их содержание в водной толще (Израэль, Цыбань, 1989). Данные о содержании $\Sigma\text{ПАУ}$ (нг/г сухой

массы осадка) в донных осадках исследованных промысловых районов Баренцева моря представлены на рис. 5. Максимальные уровни содержания ПАУ были найдены на ст. 5 и ст. 8 (соответственно 689 и 571 нг/г). В собранных в Баренцевом море пробах донных осадков преобладали тонкодисперсные илы с различной примесью песчаного и алевритового материала. Концентрация ПАУ коррелировала с содержанием тонкозернистых пород, сложенных более чем на 60 % из частиц размером менее 63 мкм. ΣКПАУ изменялась от 0,48 (ст. 64) до 287,00 нг/г (ст. 5) и составляло 9–61 % от ΣПАУ. Абсолютное значение ΣКПАУ было наиболее высоким в осадке на ст. 5, а относительное — в осадке на ст. 66.

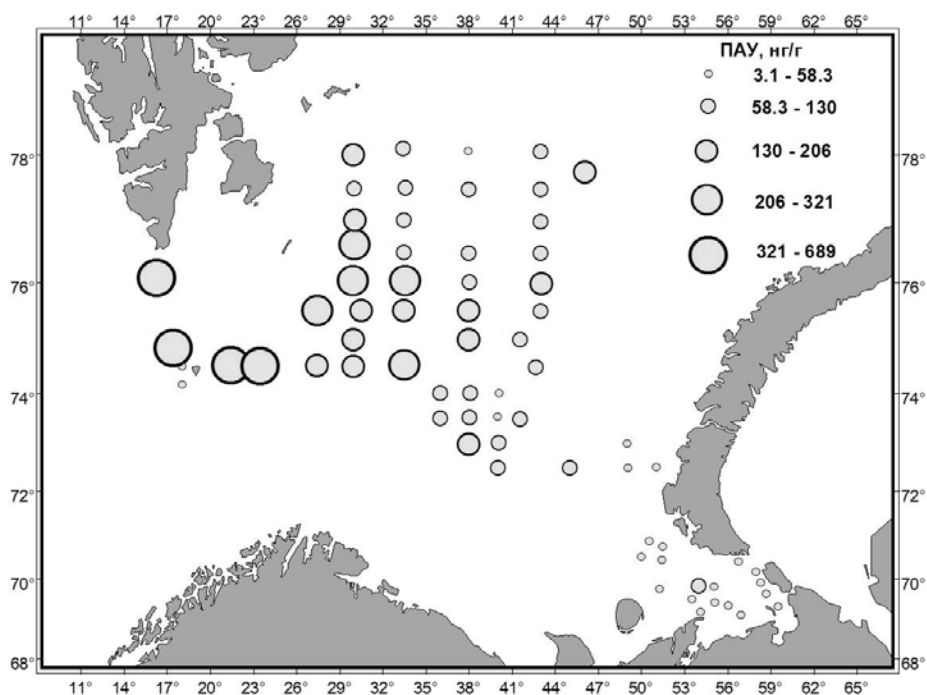


Рис. 5. Содержание ПАУ в донных осадках Баренцева моря

Среди всех известных потенциально канцерогенных ПАУ, бенз(а)пирен является единственным соединением, для которого установленные токсикологические характеристики позволяют судить об истинном уровне канцерогенной активности. Суммарная токсичность по бенз(а)пирену (Butler, Crossley, 1981) для исследованных образцов донных осадков Баренцева моря варьировала от 0,19 (ст. 76) до 61,20 нг/г (ст. 5). Максимальная суммарная токсичность в эквиваленте бенз(а)пирена обнаружена на ст. 5 и ст. 6. Средние значения относительного содержания канцерогенных ПАУ в суммарной токсичности уменьшаются в ряду: DBA (73,1 %), BaP (11,0 %), BbF (10,6 %), Iru (3,2 %), BaA (1,5 %) и BkF (0,6 %). На большинстве станций из индивидуальных ПАУ преобладали Phe, BbF и Bper, в сумме составлявшие 19–62 % от ΣПАУ. Исключением были образцы осадка на ст. 5–8 и ст. 17–22, где доминировал нафталин и его метилированные производные.

Величина отношения Phe/Ant для всех образцов донных осадков Баренцева моря была выше 10, а коэффициент Flt/Py на всех участках, кроме ст. 33, 35, 36, 37 и 43, превышал 1. Это указывает на наличие в донных осадках ПАУ как петрогенного, так и пиролитического происхождения, с преобладанием на вышеуказанных пяти станциях пирогенных ПАУ (Soclo et al., 2000). Отношение Phe/Ant указывает на явное присутствие нефтяного источника загрязнения. Его антропогенный характер на исследованных участках представляется маловероятным. Это подтверждается величиной отношения Chry/BaA (во всех пробах больше 1).

Практически для всех станций величина отношения ΣНМС/ΣВМС < 1 (значения находятся между 0,19 и 1,00), что указывает на образование ПАУ в результате сгорания органического топлива. Только в пробах осадков на ст. 68, 70, 74, 75, 76 и 80 отношение ΣНМС/ΣВМС значительно превышает 1 и достигает значения 3,99 (ст. 75), что свидетельствует в пользу преобладания петрогенных ПАУ.

Коэффициенты корреляции, рассчитанные по результатам анализа образцов донных осадков Баренцева моря достаточно высоки (средняя величина $r = 0,77$), что предполагает схожий характер источников поступления ПАУ в донные осадки. На основе величины корреляции между концентрациями фенантрена и антрацена ($r = 0,80$) можно говорить о постоянном характере поступления в донные осадки ПАУ пиролитического происхождения. Флуорантен и пирен также рассматриваются во время анализа природных матриц как продукты высокотемпературной конденсации низкомолекулярных ароматических соединений. Высокий коэффициент корреляции ($r = 0,96$) между этими двумя ПАУ указывает на их происхождение из одного источника независимо от участка отбора проб.

Средние значения Σ ПАУ на исследованных участках невысоки: по станциям в Печорском море — 19,3 нг/г, по станциям Баренцева моря — 157,0 нг/г сухой массы осадка. Эти величины соответствуют среднему уровню содержания ПАУ в донных осадках этих районов Баренцева моря, найденному ранее (46 и 146 нг/г) (Dale et al., 2004).

В России отсутствуют нормативы содержания загрязняющих веществ в морских донных осадках. В соответствии с классификацией уровней загрязнения морских донных осадков, принятой Норвежской Государственной Инспекцией по контролю загрязнения окружающей среды (SFT) (Klassifisering av miljøkvalität ..., 1997), Σ ПАУ (без учета нафталина и его производных) и содержание бенз(а)пирена в донных осадках исследованных районов Баренцева моря не превышало фоновых уровней — < 300 (за исключением ст. 5, 6, 7, 8, находящихся в Медвежинско-Шпицбергенском районе) и < 10 нг/г (ст. 8).

Таким образом, на основании полученных данных, уровень загрязнения ПАУ верхнего слоя донных осадков Баренцева моря может быть охарактеризован как фоновый. ПАУ имеют как петрогенное, так и пирогенное происхождение. В настоящее время антропогенные факторы не являются определяющими в формировании уровня содержания ПАУ донных осадков промысловых районов моря. Основным источником поступления ПАУ в верхний слой донных осадков являются процессы медленного созревания органического вещества в верхней зоне земной коры. Определяющее влияние на характер накопления и распределения ПАУ оказывает гранулометрический состав донных осадков — содержание ПАУ было выше в образцах грунта, состоящих более чем на 60 % из тонкозернистой фракции.

ЛИТЕРАТУРА

- Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. — Л.: Гидрометеоздат, 1989. — 528 с.
- Ровинский Ф.Я., Теплицкая Т.А., Алексеева Т.А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. — Л.: Гидрометеоздат, 1988. — 275 с.
- Руководство по химическому анализу морских вод (РД 52.10.243-92). — СПб.: Гидрометеоздат, 1993. — 264 с.
- Butler J.D., Crossley F. Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons absorbed on soot particles // Atmosphere Environment. — 1981. — № 15. — P. 91–94.
- Conney A.H. Induction of microsomal enzymes by foreign chemicals and car-cinogenesis by polycyclic aromatic hydrocarbons // Cancer. Res. — 1982. — Vol. 42. — P. 4875–4917.
- Cripps G.C. Baseline level of hydrocarbons in sea water of the Southern Ocean. Natural Variability and regional patterns // Mar. Poll. Bull. — 1995. — Vol. 30, № 2. — P. 133–145.
- Dale S., Petrova V., Klungsøyr J., Savinova T. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in Norwegian and Russian Arctic marine sediments: geochemical background, concentrations, geographic distribution and sources // Seventh workshop on Land Ocean interactions in the Russian Arctic, LOIRA project, P.P. Shirshov Institute of Oceanology of RAS. — Russia, Moscow, 2004. — P. 18–20.
- Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments: Analytical Methods // ICES Cooperative Research Report. — 1997. — № 222, annex 1. — P. 118–124.
- Klassifisering av miljøkvalität i fjorder og kystfarvann. Veiledning / J. Molvær, J. Knutzen, J. Magnusson et al. // SFT Veiledning. — 1997. — 97:03. — 36 p. (In Norwegian).
- Polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from combustion of crude oil on water / B.A.Jr. Berner, N.P. Bryner, S.A. Wise et al. // Environ. Science and Technol. — 1990. — Vol. 24. — P. 1418–1427.
- Soclo H.H., Garrigues Ph., Ewald M. Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Coastal Marine Sediments: Case Studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) Areas // Mar. Poll. Bull. — 2000. — Vol. 40, № 5. — P. 387–396.

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ФОСФОЛИПИДОВ, СВЯЗАННЫЕ С ЭКОЛОГИЕЙ МОЛЛЮСКОВ

С.А. Забелинский¹, М.А. Чеботарева¹, Е.П. Шуколюкова¹, Е.С. Аракелова²

¹ ИЭФиБ им. И.М. Сеченова РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: stas@iephb.ru;

² ЗИН РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Академик Е.М. Крепс (1971) в своих трудах отмечал, что при взаимодействии биомолекул все основные физико-химические свойства обусловлены сопряженными или частично сопряженными электронами π -состояний их атомов (Пюльман, Пюльман, 1965). Этот вопрос рассматривается нами на примере жирных кислот мембранных фосфолипидов педальной мышцы брюхоногих моллюсков, относящихся к разным экотипам (морским и пресноводным) и с разным уровнем энергетического метаболизма, определяемым прежде всего температурными условиями существования.

Материалом для исследования были морской переднежаберный моллюск из Белого моря *Buccinum undatum* и два вида пресноводных легочных гастропод *Limnaea stagnalis* и *L. ovata* из прибрежной зоны оз. Кривого, расположенного у мыса Картеш в районе Беломорской станции Зоологического института РАН, а также *L. stagnalis* из пруда в районе Балаклавы Крымского полуострова.

Широко распространенный вид *Buccinum undatum* обитает на глубинах от 5 до 30 м. Питается детритом животного происхождения и хищничает. Температура в пределах 5–9 °С является оптимальной для роста и развития, однако моллюски способны переносить более широкий диапазон температур — от минус 1,7 до плюс 20,0 °С (Голиков, 1980).

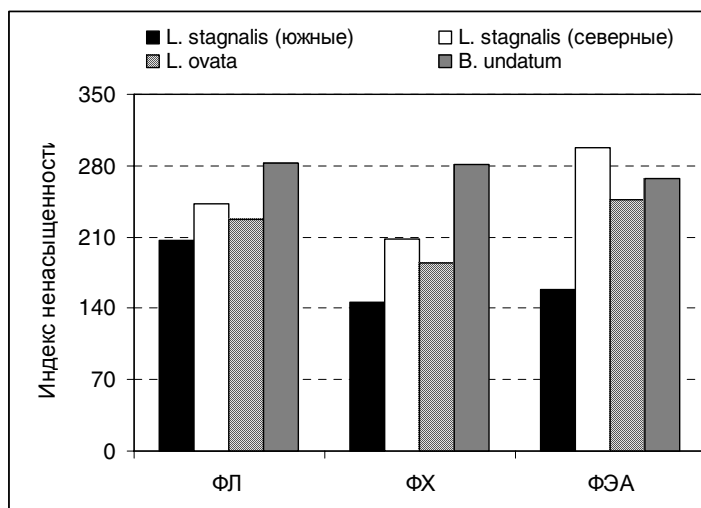
Близкородственные виды *L. stagnalis* и *L. ovata* проявляют сходство не только в образе жизни и во взаимодействии с общей средой обитания, но и в физиологических процессах, связанных с энергетическим обменом и потреблением пищи (Аракелова, 1986). Озерные водоемы на севере имеют короткий вегетационный сезон по сравнению с пресноводными водоемами Крымского полуострова, где были добыты *Limnaea stagnalis*. Вид этот относится к эвритермным, однако скорость роста популяции и длительность жизненного цикла в значительной степени определяются средними за сезон температурами (Березкина, Старобогатов, 1988). Соответственно, температурный оптимум для роста и развития у адаптированных к среде обитания моллюсков будет сдвинут в ту или иную сторону в зависимости от географического обитания. Таким образом, в ряду сравниваемых моллюсков наиболее уязвимыми при высоких температурах являются *Buccinum undatum*, по сравнению с *Limnaea stagnalis* Крымского полуострова.

Для биохимического анализа брались ткани педальной мышцы (ноги) у одиннадцати половозрелых особей близких по размеру. Общие липиды извлекались из ткани по методу Фолча (Folch et al., 1957), а отдельные фосфолипиды (ФЛ) разделяли двумерной хроматографией (Rouser et al., 1966) на силикагеле КСК. Жирные кислоты ФЛ в виде их метиловых эфиров разделяли на стеклянной колонке длиной 1,5 м, заполненной хромосорбом-W, на который было нанесено 3 % диэтиленгликольсукцината. Температура разделения составляла 194 °С.

Известно, что изменение липидного состава меняет свойства мембран и, соответственно, свойства связанных с мембраной белков: полиненасыщенность мембран увеличивает, а мононенасыщенность снижает активность мембранных протеинов (Else et al., 2004). По данным, приведенным в табл. 1–3, видно, что содержание моноеновых жирных кислот наибольшее у пресноводных моллюсков Крымского полуострова, а полиеновые кислоты, соответственно, отмечены как наименьшие по количеству по сравнению с остальными видами.

Рассмотрим далее такой важный показатель жирнокислотного состава как индекс ненасыщенности. Этот показатель является наиболее значимым для характеристики жидкостности мембраны. Индекс ненасыщенности суммарных ФЛ моллюска Крымского полуострова равен 207 и является низким по сравнению с остальными видами, обитающими в бореальной зоне. Аналогичные данные получены и для индивидуальных ФЛ — фосфатидилхолина (ФХ) и фосфатидилэтаноламина (ФЭА) (см. рисунок). Полученные данные также свидетельствуют

о том, что во всех случаях количество насыщенных жирных кислот значительно меньше, чем содержание ненасыщенных кислот (табл. 1–3). Это приводит к массивному появлению молекул ФЛ с двумя ненасыщенными кислотами, которое обуславливает образование в монослое мембраны участков с непрерывной цепью двойных связей. Такие связи могут более активно акцептировать электроны, по сравнению с другими участками монослоя мембраны, где углеродные атомы максимально насыщены. Кроме того, более высокая способность акцептировать электроны создает смещение электронного облака у атомов углерода с двойной связью, по сравнению с насыщенными углеродными атомами. Другими словами, атомы углерода являются в разной степени положительно заряженными в жидкокристаллической решетке монослоя мембраны. Все сказанное позволяет по-новому оценить роль жирных кислот фосфолипидов в мембране, как непосредственных энергетических переносчиков. Следует также обратить особое внимание на присутствие в мышечной ткани изученных моллюсков значительных количеств пигментов, которые обладают сопряженными связями. В молекулах, содержащих сопряженные двойные связи, электроны π -состояний делают эти молекулы миниатюрными сверхпроводниками в результате образования связанных электронных пар: электронные пары аналогичны электронным куперовским парам в обычных сверхпроводниках (Красин, 1971). Все атомы фосфолипидных молекул содержат электроны σ - и π -состояний. Сами электроны одинаковы, но связь между электронами разная. Поэтому электроны π -состояний стремятся к реакциям присоединения. В частности, наиболее сильно притягивающимися являются электроны π -состояний фосфолипидных молекул с противоположными спинами и импульсами, что приводит к образованию связей всей электронной системы мембраны. Так, в мембране молекулы ФЛ принимают ту конформацию, которая обеспечивает минимум свободной энергии при данной температуре. В результате гидрофобных взаимодействий происходит деформация электронных сфер молекул ФЛ и возникают межэлектронные притяжения, не противоречащие законам физики. Это притяжение преобладает над кулоновским отталкиванием. Следовательно, электронная система фосфолипидных молекул превращается в связанный коллектив, т.е. речь идет не об энергии отдельных электронов, а об энергии всей системы связанных электронов, рассматриваемой как целое. Тогда сфера находящихся в возбужденном состоянии электронов отделена от основного уровня некоторым энергетическим интервалом. Ясно, что при наличии энергетического интервала квантовые переходы не всегда будут возможны, т.е. электронная система не будет возбуждаться при малых скоростях своего движения, что и означает движение без трения. Это говорит о взаимодействии электронов с углеродными атомами жидкокристаллической решетки мембраны, атомы которой в разной степени являются положительно заряженными, поэтому возникает межэлектронное притяжение, способное преодолеть кулоновское отталкивание.



Индексы ненасыщенности суммарных фосфолипидов (ФЛ), фосфатидилхолина (ФХ) и фосфатидилэтаноламина (ФЭА) pedalной мышцы гастропод из разных местообитаний

Таблица 1

Основные жирные кислоты суммарных и индивидуальных фосфолипидов педальной мышцы
Limnaea stagnalis из южной и северной популяций

Жирные кислоты	Суммарные ФЛ	ФХ	ФЭА	Суммарные ФЛ	ФХ	ФЭА
	Крымский полуостров			Озеро Кривое		
C14:0	1,5±0,2	3,3±0,3	0,6±0,1	1,7±0,2	3,1±0,3	3,1±0,1
C14:1	0,5±0,2	2,2±0,2	Сл	0,6±0,1	1,6±0,1	–
C16:0	10,3±0,7	17,8±0,9	3,0±0,4	5,6,0±0,4	11,2±0,7	1,1±0,2
C16:1	2,7±0,4	7,2±0,6	3,1±0,3	2,8±0,3	4,8±0,5	0,6±0,1
C17:0	–	Сл	5,5±0,5	–	–	–
C17:1	–	1,3±0,2	Сл	–	–	–
C18:0	10,2±0,9	2,0±0,2	32,0±1,8	8,1±0,7	0,5±0,2	5,8±0,5
C18:1	12,1±1,0	23,6±1,1	11,2±0,9	11,5±0,9	18,7±1,1	6,7±0,7
C18:2ω6	7,4±0,6	9,1±0,8	1,5±0,2	7,7±0,8	12,1±1,0	7,2±0,5
C20:1	7,4±0,6	9,5±0,7	7,6±0,6	9,8±1,0	8,2±0,7	9,2±0,8
C20:2ω6	6,3±0,5	8,3±0,6	6,6±0,5	5,8±0,4	8,2±0,9	4,5±0,3
C20:3ω6	–	Сл	Сл	Сл	Сл	Сл
C20:4 ω6	20,2±1,2	9,3±0,8	21,3±1,8	20,0±1,5	12,4±1,0	19,6±0,9
C20:4 ω3	7,4±0,5	Сл	Сл	2,8±0,3	Сл	9,5±0,7
C20:5ω3	6,7±0,4	4,2±0,3	5,5±0,7	9,0±0,8	7,6±0,6	11,8±0,6
C22:4ω6	2,0±0,3	2,2±0,2	1,8±0,2	8,6±0,9	7,5±0,7	13,6±0,8
C22:5ω6	–	–	–	Сл	Сл	1,8±0,1
C22:5ω3	–	–	–	4,0±0,5	3,3±0,4	2,5±0,2
C22:6ω3	Сл	–	–	–	–	–
Полиеновые кислоты	50,0	33,1	36,7	57,9	51,1	70,5
Моноеновые кислоты	27,8	43,8	21,9	24,7	33,3	16,5
Насыщенные кислоты	22,0	23,1	41,1	15,4	14,8	8,0

Таблица 2

Основные жирные кислоты суммарных и индивидуальных
фосфолипидов педальной мышцы *L. ovata* из оз. Кривое

Жирные кислоты	Суммарные ФЛ	ФХ	ФЭА
C14:0	2,4±0,3	4,9±0,1	3,1±0,1
C14:1	0,8±0,1	2,2±0,3	0,5±0,1
C16:0	8,0±0,8	14,2±1,0	4,5±0,3
C16:1	3,6±0,4	7,2±0,6	4,5±0,3
C18:0	8,8±0,6	1,0±0,2	13,1±0,9
C18:1	11,0±0,5	16,6±1,1	12,2±1,0
C18:2ω6	6,6±0,7	11,1±0,9	2,1±0,3
C20:1	9,3±0,8	8,2±0,7	5,2±0,4
C20:2	5,4±0,4	6,0±0,4	8,5±0,7
C20:3	Сл	Сл	Сл
C20:4 ω6	17,0±1,2	9,2±0,7	25,5±1,2
C20:4 ω3	4,5±0,6	Сл	Сл
C20:5ω3	10,0±0,8	8,9±0,8	14,5±0,9
C22:4ω6	8,1±0,7	6,6±0,7	5,9±0,7
C22:5ω6	Сл	Сл	Сл
C22:5ω3	2,0±0,3	1,7±0,3	1,3±0,2
C22:6ω3	Сл	Сл	Сл
Полиеновые кислоты	53,6	43,5	57,8
Моноеновые кислоты	24,7	34,2	20,0
Насыщенные кислоты	19,2	20,1	20,7

Таблица 3

Основные жирные кислоты суммарных
и индивидуальных фосфолипидов педальной мышцы

B. undatum (Белое море)

Жирные кислоты	Суммарные ФЛ	ФХ	ФЭА
C14:0	2,3±0,2	4,4±0,4	1,2±0,2
C14:1	Сл	0,6	Сл
C16:0	6,6±0,6	9,7±0,8	5,0±0,4
C16:1	Сл	1,3±0,2	Сл
C17:0	Сл	Сл	0,9±0,1
C18:0	12,7±1,0	Сл	19,7±1,1
C18:1	7,5±0,6	12,0±0,9	4,4±0,4
C18:2ω6	1,6±0,2	2,0±0,2	1,2±0,1
C20:1	10,7±0,8	10,0±0,8	8,5±0,7
C20:2ω6	6,4±0,5	13,4±0,7	8,1±0,9
C20:3	—	Сл	Сл
C20:4 ω6	6,2±0,4	4,8±0,5	6,7±0,6
C20:4 ω3	4,4±0,5	3,8±0,4	3,0±0,3
C20:5ω3	22,6±1,1	16,0±0,7	30,0±1,5
C22:4ω6	4,0±0,4	5,5±0,6	3,0±0,3
C22:5ω3	12,5±0,9	7,6±0,7	6,3±0,4
C22:6ω3	2,5±0,3	8,7±0,8	1,9±0,2
Полиеновые кислоты	60,2	61,8	60,2
Моноеновые кислоты	18,2	23,9	12,9
Насыщенные кислоты	21,6	14,1	26,8

вия в мембране ослабевают как при снижении, так и при увеличении температуры, т.е. необходима оптимальная температура для образования электронных пар в функционирующей мембране. Эта оптимальная температура зависит от состава жирных кислот фосфолипидов, образующих мембрану моллюсков. Благодаря жирным кислотам фосфолипидов организм подбирает оптимальный режим функционирования отдельных органов (педальной мышцы) моллюсков.

Работа частично финансирована из гранта РФФИ НШ-5577.2006.4.

ЛИТЕРАТУРА

- Аракелова Е.С. Интенсивность обмена у брюхоногих моллюсков // Морфологические и экологические основы систематики моллюсков: Тр. ЗИН АН СССР. — 1986. — Т. 148. — С. 71–85.
- Березкина Г.В., Старобогатов Я.И. Экология размножения и кладки яиц пресноводных легочных моллюсков // Тр. ЗИН АН СССР. — 1988. — Т. 174. — С. 308.
- Голиков А.И. Фауна СССР. Моллюски. Т. 5, вып. 2. — Л.: Наука, 1980. — С. 508.
- Красин В.З. Корреляционные эффекты в π-электронной системе // Журн. структ. химии. — 1971. — Т. 12(4). — С. 745–759.
- Крепс Е.М. Конференция по эволюционной биохимии в Льеже // Журн. эвол. биохим. и физиол. — 1971. — Т. 7, № 1. — С. 110–117.
- Пюльман Б., Пюльман А. Квантовая биохимия. — 1965. — С. 546–547.
- Else P.L., Turner N., Hulbert A.J. The Evolution of Endothermy: Role for Membranes and Molecular Activity // *Physiol. Biochem. Zool.* — 2004. — Vol. 77(6). — P. 950–958.
- Folch J., Lees V., Sloane-Stenly G. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // *J. Biol. Chem.* — 1957. — Vol. 226. — P. 497–509.
- Rouser G., Siacotos N.N., Fleisher S. Quantitative analysis of phospholipids by thin-layer chromatography and phosphorus analysis of spots // *Lipids.* — 1966. — Vol. 226. — P. 85–86.

Эффект проводимости возникает благодаря притяжению между электронами, следовательно, в мембране может возникать достаточно большое количество электронных пар. Присутствие такой парной корреляции электронов π-состояний в фосфолипидных молекулах обнаруживается оптическими измерениями. В наших экспериментах мы изучали полосы поглощения жирных кислот ФЛ в хлороформе в районах 234 и 280 нм. Важно отметить, что эти полосы поглощения имеют очень низкую интенсивность. Вероятно, поэтому электронная система фосфолипидной части мембраны не дает электронного парамагнитного резонанса.

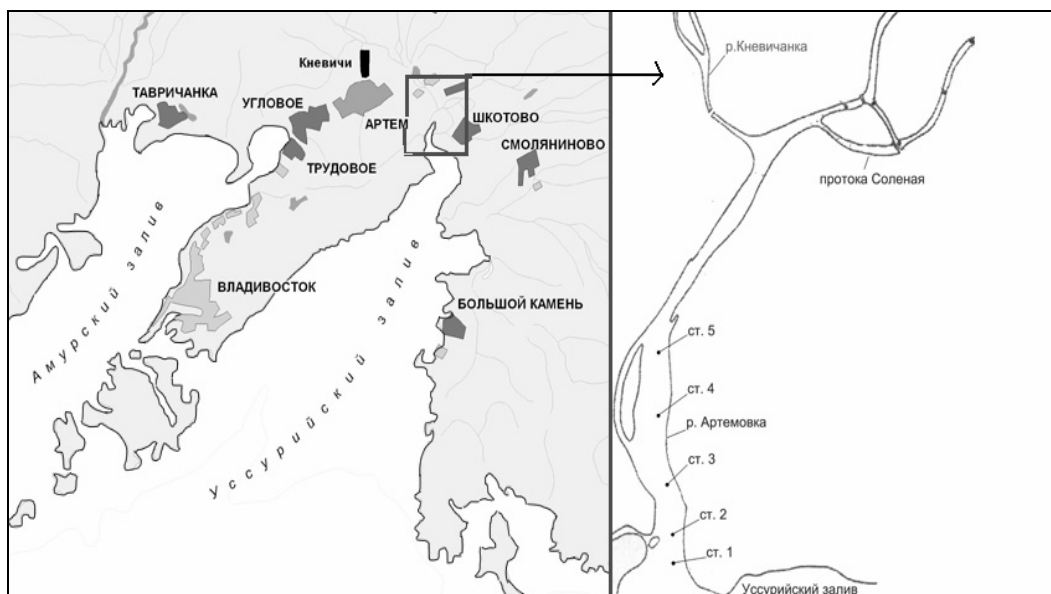
Состояние электронов в мембранах интактных клеток непрерывно меняется, так как в активных центрах мембраны необходимым этапом биохимических реакций является перенос одного электрона. Вероятно, в активных центрах и происходит распад электронных пар с утилизацией энергии. Распад электронных пар происходит, когда гидрофобные взаимодейст-

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОСИСТЕМУ РЕКИ АРТЕМОВКА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ) (НА ПРИМЕРЕ ИХТИОПЛАНКТОНА) 2005–2007 ГГ.

Ю.В. Завертанова

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: zavertanova@poi.dvo.ru

Река Артемовка является одной из больших рек бассейна зал. Петра Великого. Она берет начало на западном склоне хребта Пржевальского на высоте 460 м, течет в основном в южном направлении и впадает в зал. Муравьиный Уссурийского залива. Длина реки 73 км, а площадь водосбора 1460 км². Глубина в основном русле от 0,5 до 4,2 м. Течение спокойное, со скоростью от 0,5 до 0,8 м/с. По химическому составу вода реки относится к гидрокарбонатному классу и обладает малой минерализацией (58 мг/л в зимнюю межень, до 42 мг/л в половодье). Общая жесткость воды в течение года колеблется от 0,41 до 0,56 мг-экв/л (см. рисунок). В средней части реки в 70-х гг. XX в. было построено большое водохранилище, снабжающее питьевой водой г. Владивосток.



Места сбора проб иктиопланктона в эстуарии р. Артемовка в 2005 и 2007 гг.

В р. Артемовка обитает много пресноводных видов рыб, а в эстуарий заходит ряд морских видов (Линдберг, 1936; Волова, 1971; Самуйлов, 1971; Парин, 1972). Здесь также образуются скопления личинок и молоди, которые находят в воде эстуария необходимые кормовые организмы.

Однако районы низовья реки и ее эстуария находятся под сильным антропогенным воздействием. В нее попадают бытовые и промышленные стоки крупных населенных пунктов, сбрасываются воды Артемовской ГРЭС, поступают загрязнения с полей и ферм.

Загрязнения реки сказываются наиболее сильно на рыбах, находящихся на начальных стадиях развития, т.е. на личинках. Загрязнение среды обитания вызывает у предличинок и личинок рыб необратимые изменения в развитии или аберрации. Их легче обнаружить на ранних стадиях развития, так как постепенно происходит элиминация нежизнеспособных особей. Обращают внимание также на необычное поведение рыб и изменение их внешнего вида. Это свидетельство того, что рыба больна.

В работе представлены результаты наблюдений и исследований личинок и молоди рыб, обитающих в эстуарии р. Артемовка.

Личинки и молодь рыб собраны в период с мая по ноябрь 2005–2007 гг. на глубине 0,5–1,5 м в эстуарной зоне р. Артемовка, впадающей в Уссурийский залив. Обловы иктиопланк-

тона производили ежедекадно планктонным сачком из капронового газа № 15. Пробы фиксировали в 4 %-ном растворе формалина. Среди личинок и молоди рыб было собрано 50 особей из поверхностной пленки нефтепродуктов и 30 особей, поврежденных писциколезом и гельминтозом. Данные были обработаны с использованием пакета статистических программ MS EXCEL-2000 и STATISTICA 6.0 по общепринятым методикам (Боровиков, 2000).

Молодь рыб была выловлена в поверхностной пленке нефтепродуктов (бензин, дизельное топливо, смазочные масла). Те рыбы, которые были выловлены из этой пленки, имели «нефтяной» запах, и концентрация нефтепродуктов здесь составляла 0,1 мг/л. Содержание нефтепродуктов в рыбах было определено пробой варки, а степень загрязнения водоема нефтепродуктами определили визуально (Лукьяненко, 1983).

В основном была повреждена молодь рыб. Погибшие особи были тусклыми, ослизненными, с признаками очагового дерматита, проявляющегося пятнистой гиперемией кожи, распадом и слущиванием эпидермиса. Повреждена также роговица глаза. В жабрах отмечен отек лепестков, гиперемия капилляров, набухание, дистрофия, некробиоз и очаговое слущивание респираторного эпителия со слизистых клеток. Поражение внутренних органов ограничивалось застойной гиперемией и зернисто-вакуольной дистрофией клеток паренхимы.

Писциколез — инвазионная болезнь рыб, вызываемая пиявками, которые присасываются к коже, жабрам, вокруг глаз, в ротовой полости рыб. Характеризуется хроническим малокровием и необычным поведением животных. Рыбы беспокойно плавают по водоему, выбрасываются из воды, худеют и слабо реагируют на внешние раздражители. На их теле после отпадения пиявки остаются круглые ранки, которые часто кровоточат.

Поврежденные писциколезом особи *Tribolodon brandti* были встречены с августа до середины сентября 2006 г. Вся выловленная молодь была погибшей. Отмечены следующие признаки погибших особей. Во-первых, обнаружены пиявки, присосавшиеся к жабрам молоди рыб. У трех особей на теле насчитывалось до 4 пиявок. Во-вторых, погибшие рыбки выглядели сильно истощенными с атрофированной печенью, почками, увеличенной селезенкой.

Присосавшиеся пиявки были идентифицированы только до рода. Они были из сем. Piscicolidae и принадлежали к роду пиявок *Piscicola* spp.

Среди двадцати особей молоди *Chaenogobius annularus* восемнадцать были также повреждены пиявками, а две другие повреждены ленточными глистами, которых многие неверно называют солитерами. Личинки глистов находились в брюшной полости рыб, и поэтому брюшко у них было вздуто. Диагностированная болезнь называется лигулезом. Для человека такая рыба не опасна, и после удаления жабр и внутренних органов ее можно употреблять в пищу.

Профилактика заболеваний рыб р. Артемовка заключается в периодическом контроле чистоты водоисточников, установлении защитных сооружений, препятствующих распространению загрязнений и нефтепродуктов по поверхности воды; удаление загрязненной жесткой растительности. В водоохраной зоне реки необходимо запретить мытье автомашин и соблюдать природоохранное законодательство. Это будет способствовать оздоровлению экологической обстановки в р. Артемовка, что приведет к увеличению видового разнообразия и численности рыб.

ЛИТЕРАТУРА

- Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. — М.: Сов. наука, 2000. — 550 с.
- Волова Г.Н. Основные биоценозы континентальных водоемов Южного Приморья // Уч. зап. ДВГУ. — 1971. — Т. 15, вып. 3.
- Линдберг Г.У. Материалы по рыбам Приморья // Тр. ЗИН АН СССР. — 1936. — Т. 3. — С. 393–407.
- Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. — М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1983. — 320 с.
- Парин Н.В. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. — М.: Наука, 1968. — 186 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. — Л.: Гидромеоиздат, 1972. — Т. 18, вып. 3: Приморье. — 268 с.
- Самуйлов А.Е. Рыбы бассейна рек Майхе и Батальянзы // Уч. зап. ДВГУ. — 1971. — Т. 15, вып. 3. — С. 130–131.

ИЗМЕНЕНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И СОДЕРЖАНИЯ КАРОТИНОИДОВ В ЯИЧНИКАХ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА *ERIOCHEIR JAPONICA* НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ ЗРЕЛОСТИ

П.А. Задорожный^{1,2}, М.В. Калинина¹, Н.А. Винникова³

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: kalininamv@tinro.ru

² Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: zadorozhny@mail.ru

³ Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия

Японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonica* (de Naan, 1835) широко распространен в реках и эстуарно-прибрежных комплексах северо-восточной части тихоокеанского побережья от Японских островов до Сахалина (Определитель ..., 1995). В настоящее время работы по изучению биологии этого вида в Приморье являются актуальными в связи с возросшим интересом к его промыслу и разведению. Многие исследователи отмечают закономерное изменение цвета яичников мохнаторукого краба по мере их роста (Kobayashi, 2003; и др.). Данный факт известен для многих видов ракообразных. Известно, что гонады ракообразных содержат природные пигменты — каротиноиды, которые в свободном состоянии или в виде нековалентных ассоциатов с белком определяют цвет гонад (Goodwin, 1984).

Целью данной работы является оценка взаимосвязи между стадией зрелости и цветом гонад с изменениями содержания каротиноидов у самок японского мохнаторукого краба.

Самок японского мохнаторукого краба собирали в р. Раздольная Приморского края в 2006–2007 гг. Пол животных определяли по форме абдомена (Kobayashi, Matsuura, 1992).

Кусочки гонады фиксировали в 96 %-ном этиловом спирте и ФСУ, фиксированный материал заливали в парафин по стандартной методике (Ромейс, 1955). Срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилином Эрлиха и эозином. Препараты просматривали и анализировали под микроскопом LABOVAL 4. Стадии зрелости яичников определяли по классификации, предложенной Кобаяси (Kobayashi, 2003): 1-я — стадия пролиферации оогониев и хромосомных преобразований ооцитов, 2-я — стадия превителлогенеза, 3-я — первичного вителлогенеза, 4-я — вторичного вителлогенеза, 5-я — преднерестовая, 6-я — посленерестовая.

Цвет гонад определяли визуально, используя атлас Манселла (Munsell Book of Color ..., 1976) и следующую шкалу цветов: светло-желтый, желтый, бежевый, светло-фиолетовый, светло-коричневый, коричневый, темно-фиолетовый и темно-коричневый (Калинина и др., 2008), а также инструментально с помощью отражательного колориметра Chroma meter CR-400 (Konica Minolta), источник света С.

Для определения каротиноидов брали образцы гонад самок краба на разных стадиях зрелости. Навеску яичников экстрагировали ацетоном с последующим переводом каротиноидов в гексан (Карнаухов, 1988). Полученный экстракт сушили безводным Na₂SO₄ и подвергали спектрофотометрическому или хроматографическому анализу. Оптическую плотность экстрактов определяли с помощью спектрофотометра «Shimadzu UV-3100», с использованием удельного коэффициента поглощения 250 или 210 мл/см·мг. Хроматографию проводили на прямофазной колонке Zorbax Sil (5 мкм, 250,0×4,6 мм, Du Pont Co Ltd), используя хроматограф «Shimadzu» (насос LC-6A, детектор SPD-M6A), скорость потока элюента 1 мл/мин, детектирование на 450 нм. Каротиноиды разделяли в ступенчатом градиенте растворителей гексан—ацетон в объемных соотношениях 92 : 8 и 8 : 2. Смену элюента проводили на 11 минуте. Для калибровки детектора использовали метод внешнего стандарта. Фракция каротиноидов была выделена из моркови, астаксантин приобретен у Sigma. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 6.0 (StatSoft).

На начальных этапах развития (1-я стадия зрелости) яичники окрашены в молочно-белый или светло-желтый (кремовый) цвета. Яичники на 2-й стадии окрашены в различные оттенки желтого цвета (от желтого до бежевого, включая ярко- и грязно-желтый цвета). Го-

нады самок на 3-й стадии окрашены в светло-фиолетовый и светло-коричневый цвета. Яичники, находящиеся в начале 4-й стадии, имеют светло-коричневый цвет, а в конце 4-й стадии — коричневый или темно-фиолетовый цвета. Гонады на 5-й стадии окрашены в темно-фиолетовый и бурый цвета. Цвет яичников на 6-й (посленерестовой) стадии можно условно назвать «бежевый с включениями», поскольку на этой стадии гонады преимущественно заполнены ооцитами малого роста и не выметанными зрелыми ооцитами, которые визуальнo выглядят как мелкие черные вкрапления. Необходимо отметить, что начиная с 3-й стадии, яичники, находящиеся на «соседних» стадиях зрелости, в некоторых случаях имели одинаковый цвет. Например, светло-коричневый цвет встречался у животных, гонады которых находились в конце 3- — начале 4-й стадий, а темно-фиолетовый и коричневый цвета могли принадлежать самкам, гонады которых находились на 4- и 5-й стадиях.

Учитывая субъективность словесных описаний цвета, была проведена инструментальная и визуальная оценка цвета гонад с помощью отражательного колориметра и атласа цветов Манселла, что позволило получить точные и объективные результаты измерения цвета. В первом случае цвет измеряли в системе $L^*a^*b^*$, где L^* — светлота, a^* — краснота, учитывающая изменение цветового стимула от зеленого до красного, b^* — желтизна, учитывающая изменение цветового стимула от синего до желтого, во втором — использовали буквенно-цифровой метод обозначения цветового тона. Характеристики цвета в системе Манселла (цветовой тон, светлота, насыщенность) тесно связаны с характеристиками цветового восприятия, что позволяет широко применять ее для определения цвета различных объектов. Шкала цветности гонад и цветовые измерения приведены в таблице. Как видно из данных таблицы, по мере созревания яичников происходит уменьшение показателя светлоты L^* , причем наиболее резкий переход отмечается между бежевым и светло-коричневым цветами. Для коричневого, темно-фиолетового и бурого цветов различия между показателями цветности a^* и b^* не велики. Возникновение фиолетового оттенка связано с уменьшением цветового стимула b^* (т.е. увеличением доли синего цвета). Таким образом, полученные с помощью визуального (субъективного) и инструментального (объективного) методов оценки цветовые характеристики яичника на разных стадиях зрелости хорошо согласуются друг с другом.

Цветовые характеристики яичников *E. japonica* на разных стадиях зрелости

Стадия зрелости гонад	Название цвета	Цветовые характеристики				Концентрация каротиноидов, мг/100 г сырой ткани ¹
		по Манселлу	CIE $L^*a^*b^*$ (1976)			
			L^*	a^*	b^*	
1-я	Светло-желтый (кремовый)	5Y/9/2	57,8	7,6	35,7	1,4±0,3
2-я	Желтый (бежевый)	2.5Y/9/4	51,0	8,7	27,3	2,6±1,5
3-я	Светло-коричневый	7.5YR/8/6	37,2	9,9	24,3	7,8±1,6
3-я	Светло-фиолетовый	5P/7/6	29,7	8,6	9,8	9,7±4,3
4-я	Коричневый (шоколадный)	5YR/5/6	29,9	7,7	19,3	16,8±0,9
4-я	Темно-фиолетовый	2.5RP/2.5/4	24,7	4,5	6,7	18,8±1,5
5-я	Темно-коричневый (бурый)	2.5YR/2.5/2	24,2	5,8	12,6	22,0±2,5

¹ Приведены средние значения ± стандартное отклонение.

Известно, что за цветовые изменения гонад ракообразных отвечают каротиноиды — группа тетратерпеновых пигментов. Мы провели спектрофотометрический анализ их содержания на различных стадиях зрелости яичника. Обычно при таких измерениях используют удельный коэффициент поглощения 250 мл/см·мг (типичный для каротинов и ксантофиллов), измерение оптической плотности ведут на 450 нм (Карнаухов, 1988). Для объектов, содержащих большую долю кетокаротиноидов, например, лососевых рыб и ракообразных, часто применяют коэффициент 210 (характерный для кетокаротиноидов) и измеряют оптическую плотность на 470 нм (Screde, Storebakken, 1986).

Учитывая, что все эти группы каротиноидов представлены в яичниках крабов в сопоставимых количествах (Matsuno, Maoka, 1988), мы провели сравнение концентраций, рассчитанных с использованием обоих коэффициентов. Как видно из графика (рис. 1), при малых концентрациях показатели оптической плотности почти не различаются, а при увеличении концентрации наблюдается увеличение расхождения получаемых данных. Вероятно, расчеты с использованием значений оптической плотности на 450 нм дает несколько заниженные результаты, а на 470 — завышенные. По хроматографическим данным содержание только фракции каротинов составило 30–50 % общего количества пигментов, поэтому в дальнейшем мы использовали значения концентраций, полученных с использованием измерений оптической плотности при 450 нм.

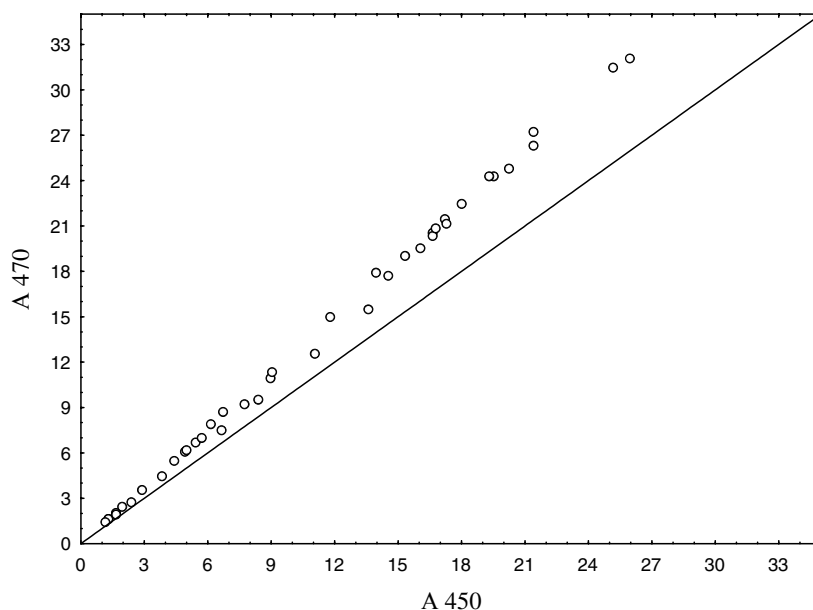


Рис. 1. Сопоставление концентраций каротиноидов, определенных спектрофотометрически. По оси абсцисс приведена концентрация (мг/100 г ткани), полученная при измерении оптической плотности на 450 нм и использовании коэффициента 250 мл/см·мг, по оси ординат — 470 нм и 210 мл/см·мг. Показана прямая $y = x$

На начальных этапах развития яичники в основном заполнены оогониями и ооцитами на стадиях хромосомных преобразований и превителлогенеза. В это время поступления запасных веществ в половые клетки еще не наблюдается, и гонады окрашены в бледные цвета (от кремового до бежевого). Среднее значение концентрации каротиноидов невелико и составляет 1,4 и 2,6 мг/100 г сырой ткани, соответственно. На стадии первичного вителлогенеза в ооцитах начинаются процессы накопления запасных веществ (и пигментов в том числе), при этом цвет гонад становится более насыщенным, но не интенсивным (светло-коричневый и светло-фиолетовый). Происходит значительное увеличение содержания каротиноидов в гонадах до 7,8 и 9,7 мг/100 г сырой ткани, соответственно. В дальнейшем процессы вителлогенеза начинают преобладать над процессами превителлогенеза, и цвет гонад постепенно меняется на коричневый (шоколадный) и темно-фиолетовый. При этом концентрация каротиноидов также продолжает увеличиваться (соответственно 16,8 и 18,8 мг/100 г). На преднерестовой стадии, когда гонада практически полностью заполнена закончившими трофоплазматический рост ооцитами, насыщенность и интенсивность окраски яичников становится максимальной, и они приобретают бурый цвет. На этой стадии концентрация каротиноидов увеличивается незначительно (до 22,0 мг/100 г). Учитывая спектры поглощения каротиноидов, фиолетовый и коричневый цвета вероятно обусловлены присутствием соответствующих каротинопротеинов (Goodwin, 1984).

Таким образом, в процессе созревания гонад самок происходит закономерное изменение цвета яичника, сопровождаемое более чем десятикратным увеличением содержания каротиноидов.

Качественный состав каротиноидов зрелых яичников довольно сложен. Первичное разделение экстракта методом ВЭЖХ на силикагеле дает 16 фракций, ряд из которых также представляет собой смесь нескольких каротиноидов (рис. 2).

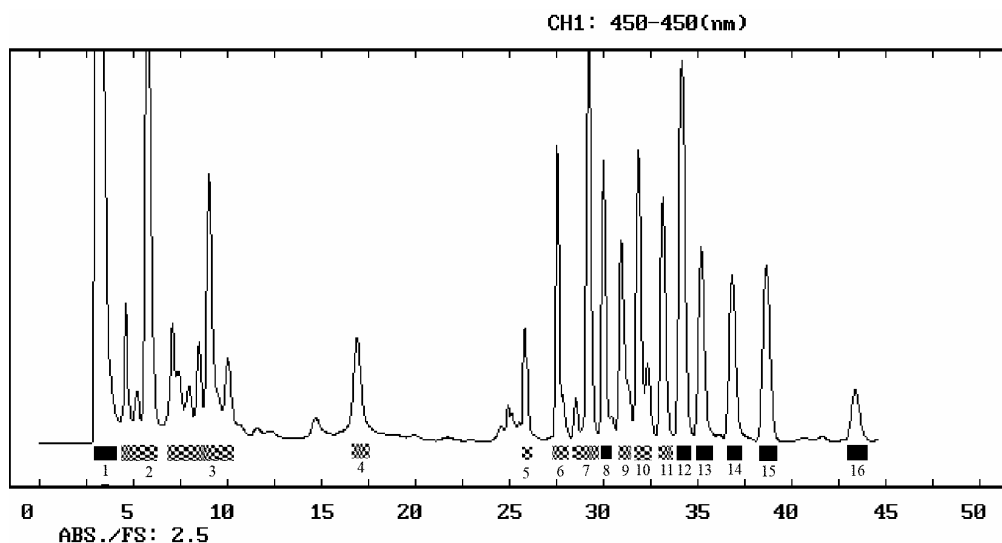




Рис. 2. Хроматограмма каротиноидов яичников *E. japonica*.  — кетокаротиноиды,  — каротиноиды с тонкой структурой спектра (по данным спектров поглощения)

На основании спектральных данных и хроматографического поведения пик 1 представляет собой фракцию каротинов (возможно, β,ϵ - и β,β -изомеры). Вещество пика 7 было идентифицировано как астаксантин, так как имеет те же спектральные данные и время удерживания, что и стандарт астаксантина. Для остальных компонентов на основании вида спектра поглощения (Бриттон, 1986) можно установить, является ли это вещество кетокаротиноидом (колоколообразный спектр) или нет (имеется 2 или 3 максимума) (рис. 2).

Почти десятикратное увеличение общего количества каротиноидов в процессе роста яичников сопровождается закономерным, хотя и небольшим, изменением соотношения основных пигментов (рис. 3).

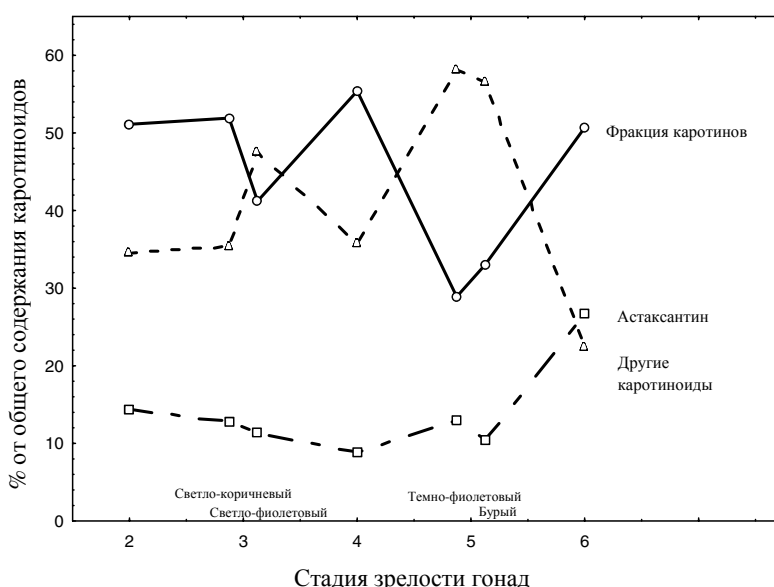


Рис. 3. Изменение соотношения фракций каротиноидов в течение репродуктивного цикла. За 100 % принята концентрация, определенная спектрофотометрически

На 2–5-й стадиях зрелости нами отмечено уменьшение относительного количества фракций каротинов с 51 до 33 % общего содержания каротиноидов и увеличения количества остальных компонентов, часть из которых, как можно предположить, является интермедиа-

тами конверсии β, β -каротина в астаксантин. Исключение составляет стадия 4. Принимая во внимание резкое увеличение концентрации пигментов (с 9,7 до 16,8 мг/100 г — см. таблицу), можно предположить, что скорость накопления каротинов на этой стадии превосходит скорость их утилизации. В то же время доля астаксантина на этих стадиях относительно постоянна. Яичники на 6-й (посленерестовой) стадии характеризуется невысоким суммарным содержанием каротиноидов ($2,1 \pm 1,1$ мг/ 100 г) и самым высоким процентным содержанием астаксантина (26,8 %).

Обнаруженные изменения содержания каротиноидов в яичниках *E. japonica* свидетельствуют об активности и важности пигментного метаболизма в репродуктивном цикле. В то же время для понимания механизмов изменения цвета необходимо исследование каротинопротеинов, отвечающих за фиолетовую и коричневую окраску яичников.

ЛИТЕРАТУРА

- Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. — М.: Мир, 1986. — 442 с.
- Калинина М.В., Винникова Н.А., Семенькова Е.Г. Созревание и цветковые характеристики яичников японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* (Crustacea: Decapoda, Grapsida) // Онтогенез. — 2008. — Т. 39, № 1. — С. 1–8.
- Карнаухов В.Н. Биологические функции каротиноидов. — М.: Наука, 1988. — 240 с.
- Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолыхина. — СПб.: ЗИН РАН, 1995. — Т. 2. — 629 с.
- Ромейс П.Н. Микроскопическая техника. — М.: Иностран. лит-ра, 1955. — 718 с.
- Goodwin T.W. The biochemistry of the carotenoids. Vol. 2: Animals. — L.: Chapman & Hall, 1984. — 224 p.
- Kobayashi S. Process of maturity and reproduction of female Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan) // Crustacean Res. — 2003. — Vol. 32. — P. 32–44.
- Kobayashi S., Matsuura S. Morphological changes of the exoskeleton of the female Japanese mitten crab, according to growth and maturity // Researches on Crustacea. — 1992. — Vol. 21. — P. 159–168.
- Matsuno T., Maoka T. The carotenoids of crab *Paralithodes brevipes* (Hanasakigani in Japanese) // Nippon Suisan Gakkaishi. — 1988. — Vol. 54. — P. 1437–1442.
- Munsell Book of Color. Mate finish collection. — Baltimore: Munsell Color, 1976.
- Screde G., Storebakken T. Characteristic of color in raw, baked and smoked wild and pen-reared Atlantic Salmon // J. Food Sci. — 1986. — Vol. 51. — P. 804–808.

ВРЕМЕННЫЕ СДВИГИ МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ И НЕКОТОРЫХ БИОТИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТ ЭКОСИСТЕМЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ

Ю.И. Зуенко, Е.И. Устинова, А.Н. Вдовин, В.А. Нуждин, Н.Т. Долганова
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: zuenko_yury@hotmail.com

В процессе поиска возможностей долгосрочного прогнозирования условий среды и запасов основных объектов рыбного промысла в Японском море был выявлен ряд статистически значимых связей между абиотическими и биотическими компонентами экосистемы. Для того чтобы понять природу этих связей, определены их временные сдвиги (асинхронность), величина которых позволяет сформулировать рабочие гипотезы о механизмах происходящих изменений. Изменчивость исследована для 25 рядов различных параметров продолжительностью от двух до пяти десятилетий, среди которых разнообразные климатические индексы, температура воды на поверхности моря и на подповерхностных горизонтах в разных частях моря и Тихого океана, биомасса зоопланктона в различных районах моря, численность поколений, биомасса массовых видов рыб и кальмаров и их суммарный вылов всеми странами Японского моря, но анализировались только значимые связи, причем только наиболее тесные для каждого из трех исследуемых уровней экосистемы: термических условий, зоопланктона и промысловых ресурсов.

Важнейшим и наиболее изменчивым параметром термических условий моря является температура воды на его поверхности (ТПМ), длительные ряды данных о которой собраны Японским метеорологическим агентством. Хотя между северной и южной частями Японского моря существуют принципиальные различия в режиме вод, межгодовые изменения ТПМ оказались сходными на всей его акватории. Более сильные их различия отмечены между сезонами. В зимний сезон ТПМ, как оказалось, наиболее тесно связана с интенсивностью Сибирского антициклона (рис. 1): на юге моря — с индексом SHI (среднее атмосферное давление в квадрате 40–65° с.ш. 80–120° в.д., осредненное за декабрь—февраль; Panagiotopoulos et al., 2005), на севере — с градиентом давления между центрами Сибирского антициклона и Алеутской депрессии (средним за декабрь—февраль; Vasilevskaya et al., 2003). Связь синхронная, отрицательная. Наиболее показательны последствия резкого ослабления Сибирского антициклона в период 1987–1992 гг. — в эти же годы ТПМ в Японском море резко повысилась. Природа связи очевидна — при ослаблении зимнего муссона уменьшаются теплопотери поверхности моря (и явный, и скрытый тепловой поток), кроме того, ослабевают холодные течения, имеющие в основном дрейфовую природу.

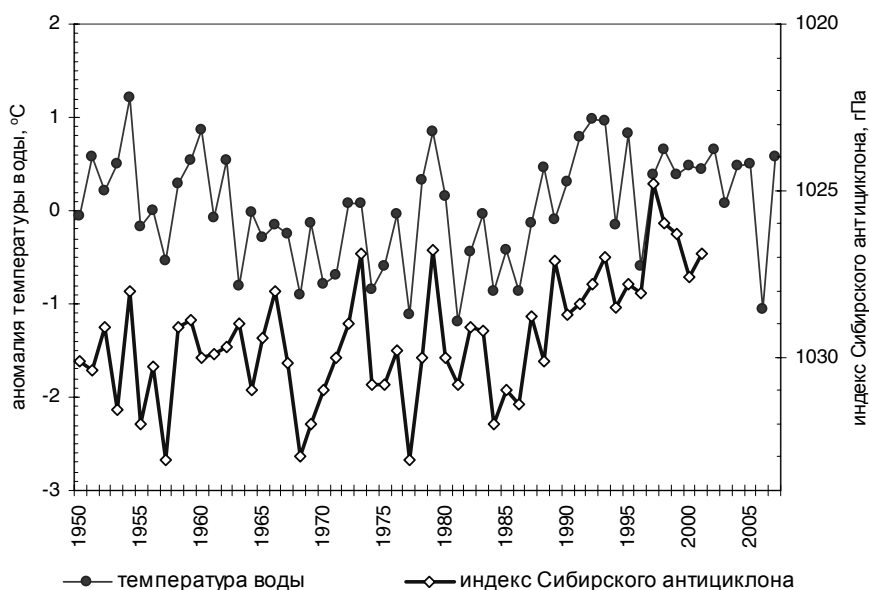
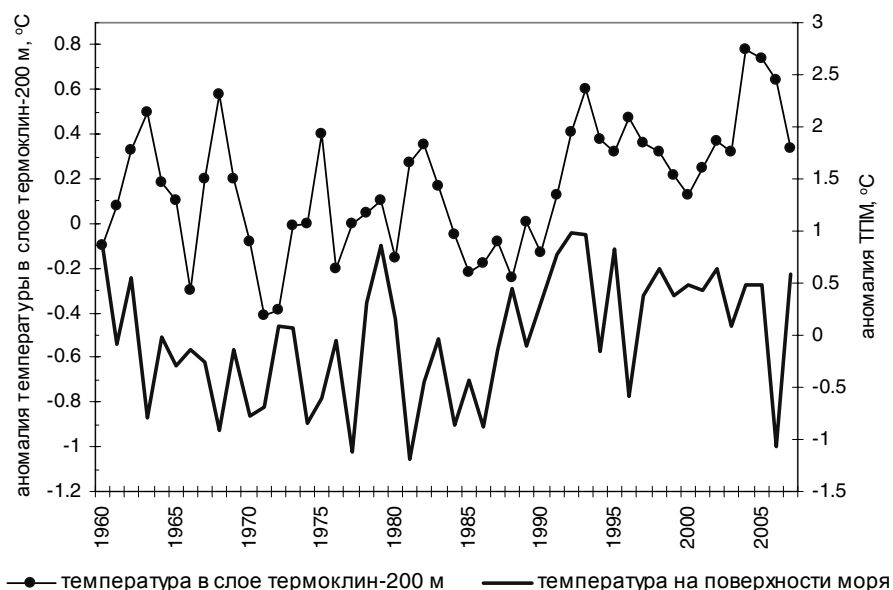


Рис. 1. Межгодовые изменения аномалий зимней (декабрь—февраль) температуры воды на поверхности южной части Японского моря в связи с изменениями индекса Сибирского антициклона

Летние термические условия в поверхностном слое Японского моря имеют более сложную природу, так как летний муссон оказывает неоднозначное воздействие на тепловой баланс моря: с одной стороны, при усилении муссона скрытый теплообмен усиливается за счет увеличения силы ветра, с другой стороны, усиление муссона способствует усилению теплых течений, а кроме того, может сопровождаться ростом влажности воздуха, что приводит к уменьшению скрытого теплообмена (явный теплообмен летом не играет существенной роли в Японском море). Статистический анализ связей летних ТПМ с разными климатическими индексами не выявил тесной связи ни с одним из них ($R < 0,5$), но можно отметить, что наивысшие коэффициенты корреляции отмечены также для синхронных связей.

Межгодовые изменения температуры воды на подповерхностных горизонтах (в слое термоклин — 200 м) тесно связаны с ТПМ в южной части моря. Такая связь наблюдается не только у берегов Южной Кореи, что естественно, но и у берегов России (рис. 2), причем если в корейской зоне сдвиг связи составляет 1 год, то на юге российской зоны — 3 года. Соответственно, ряды подповерхностной температуры в этих двух районах тесно связаны между собой со сдвигом 2 года. Заметим, что связь подповерхностной температуры у берегов России с зимней ТПМ на юге моря сильнее, чем с «местной» зимней ТПМ. Это означает, что температура в указанном слое характеризует не подповерхностную субарктическую водную массу местного формирования, распространение которой в Японском море летом ограничено Татарским проливом, а промежуточную водную массу, формирующуюся зимой на восточном участке Полярного фронта и оттуда распространяющуюся по всей глубоководной части моря (Senju, 1999). По-видимому, сдвиг между корейской и российской зонами указывает на антициклональную траекторию распространения свежих порций промежуточных вод.

Рис. 2. Межгодовые изменения аномалий температуры воды на подповерхностных горизонтах на разрезе по 132° в.д. в зоне России летом (июнь—август) в связи с изменениями аномалий температуры на поверхности южной части Японского моря ($35\text{--}38^\circ$ с.ш.) в декабре—феврале



Обилие зоопланктона во всех трех районах, для которых имеются длительные ряды (к сожалению, только для общей биомассы), обнаруживает наилучшую связь с температурой воды на подповерхностных горизонтах. По-видимому, это обусловлено тем, что крупные бореальные виды копепод, составляющие основу биомассы зоопланктона как на севере, так и на юге моря, большую часть своего жизненного цикла проводят в промежуточном слое моря. Труднее интерпретировать сдвиг связи: так, для зоны Южной Кореи, где имеются хорошие ряды наблюдений как для зоопланктона, так и для подповерхностной температуры, сдвиг составляет 3 года, в то время как копеподы живут не более 2 лет (рис. 3). Вероятно, эффект термического воздействия на организм копепод сказывается лишь в следующем поколении: условия, в которые они попадают после онтогенетического опускания на глубину при переходе к взрослому состоянию не оказывают существенного влияния на численность генерации, но меняют их физиологическое развитие, что определяет успешность нереста на будущий год, чис-

ленность потомства на копеодитных стадиях через 2 года (которая мало влияет на общую биомассу) и, наконец, численность и биомассу взрослого потомства через 3 года. Связь положительная, т.е. для «холодолюбивых» копеод благоприятны повышенные температуры, что не удивительно, учитывая, что температуры в промежуточном слое Японского моря существенно ниже (около 1 °С), чем в Тихом океане и даже в Охотском и Беринговом морях.

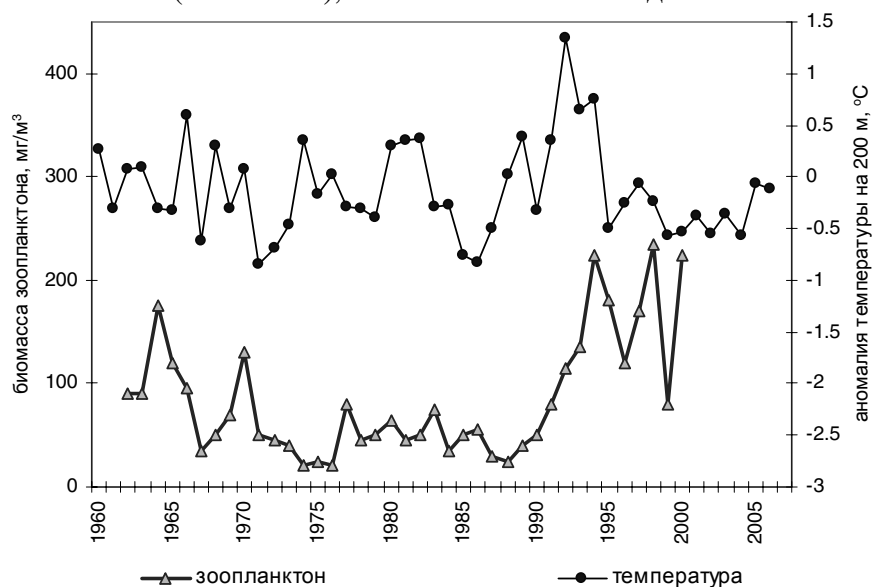


Рис. 3. Межгодовые изменения среднегодовых аномалий общей биомассы зоопланктона в зоне Южной Кореи (по: Kang et al., 2000, с дополнениями Y.-S. Kang) в связи с изменениями летней (июнь—август) температуры воды на горизонте 200 м на разрезе по 38° с.ш. в зоне Южной Кореи

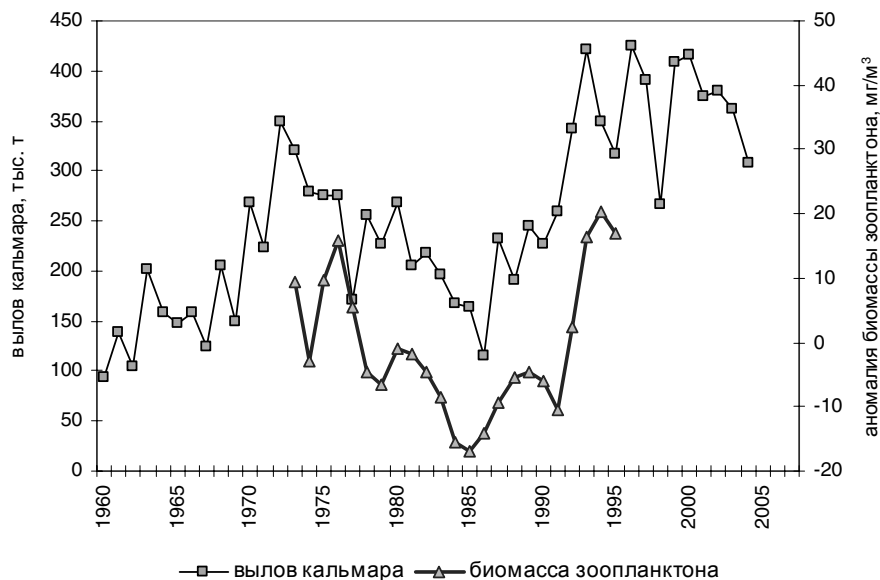
Изменения общей биомассы зоопланктона в зонах Южной Кореи, Японии и России хорошо коррелируют между собой, а также с подповерхностными температурами как в зоне Южной Кореи, так и в зоне России, но с разными сдвигами. Так, относительно подповерхностной температуры на юге зоны России, изменения в зоопланктоне здесь же, в зоне России отстают на 3 года, в зоне Южной Кореи — на 2 года, а в зоне Японии — происходят синхронно, т.е. изменения обилия зоопланктона происходят в последовательности «Япония—Корея—Россия», что соответствует последовательности антициклонального распространения промежуточных вод, описанной выше.

Среди промысловых объектов флюктуации сразу нескольких массовых видов (тихоокеанский кальмар, сайра, японская скумбрия), относящихся к субтропическому комплексу, оказались связанными с обилием зоопланктона, наиболее тесно — с его биомассой в зоне Японии (рис. 4). Это представляется естественным, поскольку все они — планктофаги, во всяком случае, в младшем возрасте, причем на юге моря происходит их воспроизводство. Сдвиги в связях между изменениями годового вылова этих объектов и обилия зоопланктона соответствуют возрасту вступления в массовый промысел и составляют: для кальмара (живущего 1 год) — 0–1 год, для скумбрии (вылавливаемой в основном в возрасте 0+–1+) — 1 год, для сайры (живущей около 2 лет) — 2 года. Синхронная положительная связь с обилием зоопланктона, но в зоне России, обнаружена и для численности поколений минтая популяции зал. Петра Великого. Полученная связь раскрывает механизм зависимости численности поколений минтая от подповерхностной температуры, найденной два десятилетия назад (Зуенко, 1987).

А вот уловы сардины демонстрируют отрицательную связь с обилием зоопланктона в зоне Японии, со сдвигом 3 года, причем значимых связей вылова сардины с другими тестируемыми факторами не получено. Несмотря на положительный сдвиг (изменения в зоопланктоне происходят на 3 года раньше изменений вылова), эта связь фактически отражает не влияние зоопланктона на сардину, а влияние сардины на зоопланктон (выедание): планктон потребляется в основном более многочисленной молодью сардины, в силу ее многочисленности (т.е. связь с численностью поколений предполагается синхронной), а трехлетний сдвиг соответствует возрасту вступления сардины в массовый промысел. Несомненно, сардина, имеющая в годы высокой численности запас, в десятки раз превосходящий запас ос-

тальных видов, вместе взятых, занимает особое место в экосистеме Японского моря. По-видимому, изменения ни одного из параметров среды не в состоянии контролировать флуктуации ее запаса, в обычном состоянии довольно низкого, но при определенном сочетании факторов вид способен увеличивать численность настолько, что оказывает существенный пресс на кормовую базу. Мы полагаем, что такое сочетание соответствует известной концепции «совпадения/несовпадения» (match/mismatch) Кушинга.

Рис. 4. Межгодовые изменения вылова тихоокеанского кальмара в Японском море в связи с изменениями среднегодовых аномалий общей биомассы зоопланктона в зоне Японии (на разрезе РМ-line; по данным Minami et al., 1999)



Для менее массовых, хотя и обычных видов рыб, тесная зависимость от состояния кормовой базы несвойственна. Так, изменения биомассы южного одноперого терпуга у берегов Приморья, как оказалось, более всего зависят от зимних температур воды на этой же акватории, причем с очень большим сдвигом, превышающим продолжительность его жизни — 10 лет. Столь большое отставание последствий в популяции от вызвавшей их причины, вероятно, обусловлено низкой плодовитостью терпуга. Для другого представителя субарктического ихтиоцена Японского моря — наваги, наоборот, более благоприятны зимы с низкими температурами, так как известно, что навага нерестится только при отрицательных температурах воды. Поскольку вид нерестится в прибрежной зоне, где наиболее велико влияние атмосферных условий, наилучшая корреляция (причем положительная) получена не с зимними ТПМ, а с индексом Сибирского антициклона. Сдвиг связи 1–2 года соответствует возрасту вступления наваги в массовый промысел.

Обобщая все выявленные связи, построена концептуальную модель влияния изменений климата на планктон и нектон Японского моря (рис. 5). При ее рассмотрении обращают на себя внимание две важных особенности:

1) летние условия не оказывают существенного влияния на биотические компоненты экосистемы, во всяком случае, это относится к рассмотренным компонентам;

2) нектонные компоненты делятся на три группы:

— массовые виды, за исключением сардины, (т.е. тихоокеанский кальмар, сайра, скумбрия, минтай) на которых изменения климата оказывают воздействие посредством изменения кормовой базы;

— немассовые, но обычные виды (южный одноперый терпуг и навага) на которые изменения климата оказывают влияние через абиотические условия воспроизводства;

— сардина, изменения запасов которой в представленной концептуальной модели являются дополнительным (наряду с изменениями климата) независимым предиктором, оказывающим воздействие на другие биотические компоненты.

Отметим, что климатический сдвиг конца 1980-х гг. оказал влияние на популяции всех исследованных видов, но за счет временных сдвигов в асинхронных связях последствия этого сдвига проявлялись в разное время, вплоть до 2000-х гг. В основном произошедшее поте-

пление климата имело благоприятные последствия для биотических компонент экосистемы, прежде всего, за счет роста обилия зоопланктона, однако оно же обусловило сокращение популяций сардины и наваги.

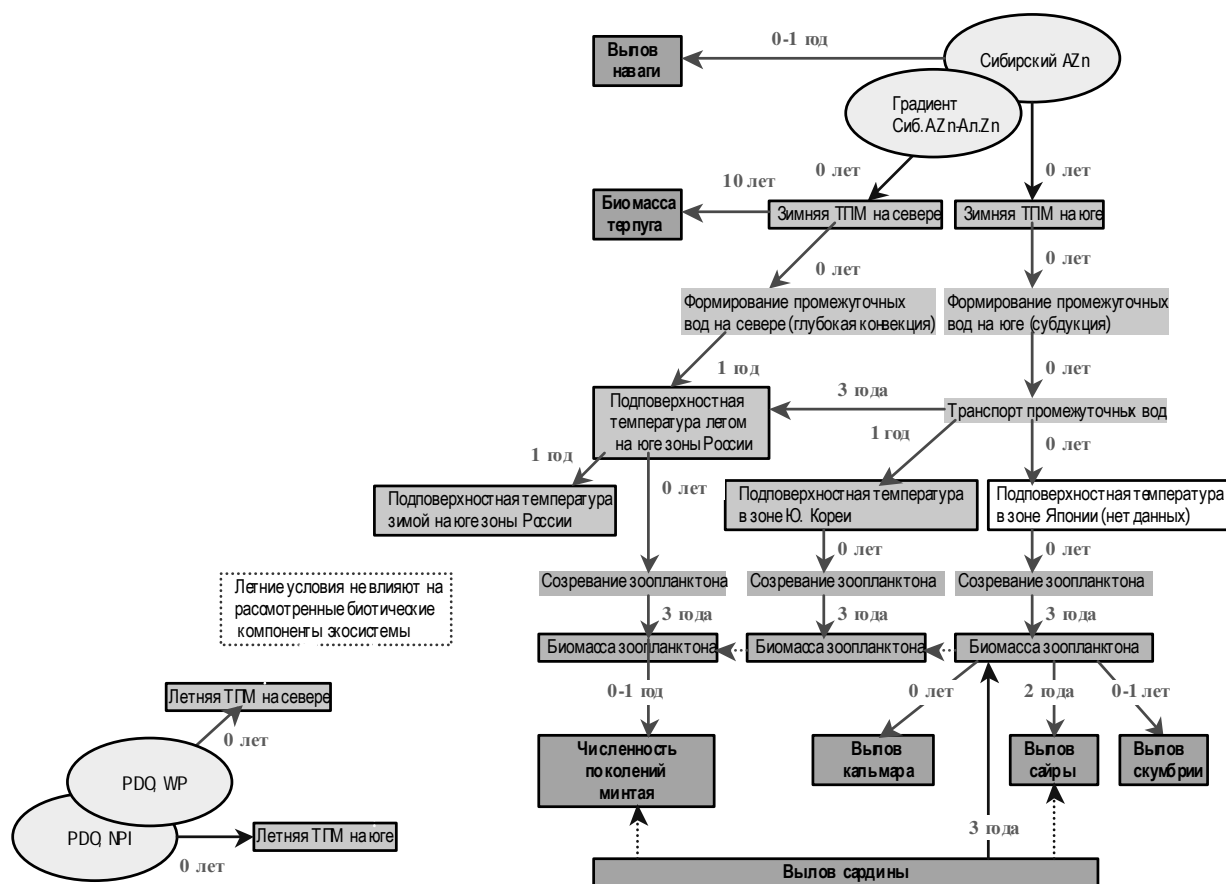


Рис. 5. Схема концептуальной модели влияния изменений климата на планктон и нектон Японского моря. Параметры, характеризующие абиотические и биотические компоненты экосистемы, даны в рамках. Стрелками показаны основные причинно-следственные связи (красными — положительные, синими — отрицательные, пунктирными — второстепенные), с указанием сдвигов, обеспечивающих наибольшие коэффициенты корреляции

ЛИТЕРАТУРА

- Зуенко Ю.И. Межгодовая изменчивость условий обитания минтая залива Петра Великого / ТИНРО. — Владивосток, 1987. — 10 с. — Деп. вЦНИИТЭИРХ, № 846-рх.
- Kang S., Kim S., Bae S. Changes in ecosystem components induced by climate variability off the eastern coast of the Korean Peninsula during 1960–1990 // Progress in Oceanography. — 2000. — Vol. 47. — P. 205–222.
- Minami H., Kawae S., Nagai N., Jifuku J. Long-term variability of oceanic conditions along the PM Line in the Japan Sea // Sokko Jiho. — 1999. — Vol. 66. — P. 63–80.
- Panagiotopoulos F., Shahgedanova M., Hannachi A., Stephenson D.B. Observed trends and teleconnections of the Siberian High: a recently declining center of action // J. Climate. — 2005. — Vol. 18, № 1. — P. 1411–1422.
- Senjyu Y. The Japan Sea intermediate water; its characteristics and circulation // J. Oceanography. — 1999. — Vol. 55. — P. 111–122.
- Vasilevskaya L.N., Savelieva N.I., Plotnikov V.V. Assessment of large-scale connection between the atmosphere and ice cover in the Sea of Okhotsk // Pacific Oceanography. — 2003. — Vol. 1, № 1. — P. 35–41.

МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ МОЛЛЮСКАХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Д.П. Кику, Л.Т. Ковековдова
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

Промысел моллюсков, устриц, мидий, гребешков в зал. Петра Великого существовал уже в 1908 г. В середине 90-х гг. прошлого столетия в промысел были вовлечены новые виды зарывающихся двустворчатых моллюсков. В настоящее время расширяется спектр и объем вылова промысловых видов моллюсков, к ним относятся анадара Броутона (*Anadara broughtoni*) и корбикула японская (*Corbicula japonica*), микроэлементный состав которых практически не изучен.

Прибрежные морские акватории все больше вовлекаются в сферу активной деятельности человека. В загрязнении прибрежно-шельфовой зоны доля антропогенного прессинга составляет 77 % (Zraievskij, 1994; Патин, 2001). Залив Петра Великого (Японское море) не является исключением. На побережье залива расположен г. Владивосток, и в него впадают реки Нарва, Барабаш, Амба, Раздольная, оказывающие влияние на экологическую ситуацию в заливе (Аникеев и др., 1991; Христофорова, 2005). Ежегодно в залив второго порядка — Амурский — со сточными водами поступает около 173 т металлов (Нигматулина, 2007). Такая ситуация не может не сказаться на накоплении элементов фильтрующими организмами.

Изменение химико-экологической ситуации прибрежных акваториях под антропогенным воздействием вызывает необходимость выяснения современных уровней содержания элементов в органах моллюсков (Ковековдова и др., 2006). Особенно это относится к токсичным элементам (Cd, As, Pb), концентрации которых в продуктах питания строго регламентируются.

Исследование микроэлементного состава малоизученных видов разных экологических групп моллюсков имеет высокое научное и практическое значение. Одними из таких видов являются анадара Броутона и корбикула японская.

Цель работы — изучение микроэлементного состава двустворчатых моллюсков анадара Броутона и корбикула японская зал. Петра Великого (Японское море) в связи с условиями существования.

Моллюски были отобраны в заливах Амурском и Уссурийском и устьях рек Раздольная и Артемовка (рис. 1).

От створок моллюсков отделяли мягкие ткани целиком и по органам, ткани высушивали при температуре 90 °С, гомогенизировали. Навеску 1 г обрабатывали 15 мл азотной кислоты и выдерживали 24 ч при комнатной температуре, затем нагревали при 120 °С в течение двух часов. Остаток фильтровали и доводили до 25 мл бидистиллированной водой в соответствии с ГОСТами 26929 и 269227.

Измерение концентраций железа, цинка, марганца меди проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы "Nippon Jarrell Ahs" модель AA-855. В качестве атомизатора служила однощелевая горелка, в качестве горючей смеси — ацетилен/воздух, корректор фона — дейтериевая лампа. В качестве стандартов применяли стандартные образцы растворов элементов, предназначенные для контроля правильности результатов анализа атомно-абсорбционным методом (ГСОРМ).

Концентрации кадмия, кобальта, никеля, свинца, мышьяка, селена определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре "Shimadzu" модель 6800, где атомизатором служила графитовая кювета. Коррекция фона проводилась с использованием дейтериевой лампы.

Современные диапазоны концентрации элементов в двустворчатых моллюсках представлены в табл. 1.

Рассмотрено распределение металлов по органам двустворчатого моллюска анадара Броутона (табл. 2).



Рис. 1. Карта-схема района работ: 1–5 — номера станций (1 — бухта Песчаная; 2 — устье р. Раздольной; 3 — устье р. Артемовка; 4 — бухта Муравьиная; 5 — бухта Суходол)

Таблица 1
Диапазоны концентраций элементов в двустворчатых моллюсках зал. Петра Великого, мкг/г сух. массы

Вид	Район отбора	Год отбора	Fe	Zn	Mn	Cu	As	Pb	Cd	Co	Cr	Se
<i>Anadara broughtoni</i>	Амурский залив	2002	525–1350	51–100	5–21	2,0–3,0	–	0,5–0,1	3,5–9,1	0,3–0,5	0,70–1,90	–
	Устье р. Раздольной	2003	402–1075	22–30	11–13	2,0–3,0	7,0–9,0	1,0–1,2	3,0–4,5	0,5–0,7	1,20–1,50	0,9–1,5
	Уссурийский залив	2002	481–840	67–104	9–24	1,8–3,0	–	0,1–0,3	0,6–5,4	0,1–1,5	0,40–1,50	–
		2006	575–625	95–100	15–50	2,0–5,0	5,6–12,5	0,1–0,2	3,7–9,0	0,4–0,7	0,90–2,70	0,1–1,6
<i>Corbicula japonica</i>	Устье р. Артемовка	2002	133–206	93–182	5–37	9,0–20,0	5,0–10,0	0,8–2,2	0,2–4,5	0,2–1,0	0,40–0,90	5,0–10,0
		2007	280–870	33–125	7–25	4,0–9,0	0,9–6,0	0,1–1,3	0,4–1,8	0,1–0,4	0,30–1,00	2,0–14,0
	Устье р. Раздольной	2002	100–2631	50–92	53–605	8,0–20,0	5,4–13,3	1,3–5,0	0,5–2,9	0,6–2,1	0,10–2,60	5,0–8,0

Таблица 2
Диапазоны концентрации элементов в органах анадары Броутона из отдельных районов зал. Петра Великого (мкг/г сух. массы)

Вид органа	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Co	Ni	Cr	As
Жабры	1818–2127	48–114	2,8–5,0	14–41	1,5–18,9	0,09–0,18	1,2–1,9	0,9–1,6	0,89–1,90	0,5–1,8
Печень	639–2045	40–59	5,1–13,6	4–8	1,2–3,1	0,04–0,20	2,0–2,8	1,8–2,8	0,83–4,50	0,8–1,5
Мантия	596–1064	31–71	2,0–3,2	4–30	1,0–10,3	0,04–0,17	0,4–1,5	0,3–0,8	0,39–2,93	0,4–1,2
Нога	318–637	31–67	1,4–2,0	2–6	0,6–2,5	0,04–0,14	0,3–0,4	0,2–0,4	0,45–0,75	0,2–0,4
Мускул замыкатель	250–417	56–112	0,7–1,9	7–19	1,5–10,2	0,03–0,10	0,1–0,3	0,1–0,3	0,43–0,66	0,3–1,8

Максимальные концентрации железа, цинка, кадмия и мышьяка отмечены в жабрах моллюска; меди, свинца, кобальта, никеля и хрома — в печени. Такое накопление связано с тем, что жабры являются фильтрующим органом, а печень — депонирующим. Концентрации железа, свинца и мышьяка в этих органах были близки. Минимальные уровни исследованных элементов обнаружены в ноге и мускуле замыкателе моллюска. Эти органы не участвуют в энергетическом обмене или репродуктивном цикле, а являются приспособительными к окружающей среде обитания, поэтому физиологически не нуждаются в микроэлементах, а содержат их как входящие в состав ткани.

Изменения концентраций элементов в зависимости от района обитания представлены на рис. 2–4. Анализ средних концентраций элементов в моллюсках из заливов Амурский и Уссурийский показал: максимальные концентрации Fe (п-ов Песчаный) и Pb (р. Раздольная) обнаружены в моллюсках из Амурского залива; Zn, Mn, Cu, Cd, Cr (бухта Суходол), Co и Ni (бухта Муравьиная) в анадарах из Уссурийского залива. Концентрации Zn, Mn, Cd, Co Ni и Pb в моллюсках из бухты Суходол в 2006 г. были выше по сравнению с уровнями этих элементов в анадарах в 2002 г. Такое обстоятельство позволяет отметить увеличение загрязнения металлами ктовой части Уссурийского залива. В ктовую часть Уссурийского залива впадают реки Артемовка, Шкотовка, Суходол и Петровка которые имеют опасный уровень загрязнения (от 10 до 20 ПДК по 8 элементам: Pb, Cd, Zn, Ag, Co, Ni, Mn, Cu) (Наумов, 2006).

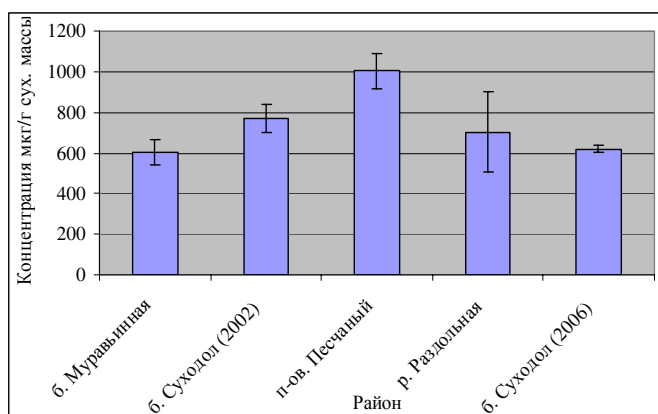


Рис. 2. Средние концентрации Fe в анадаре Броутона

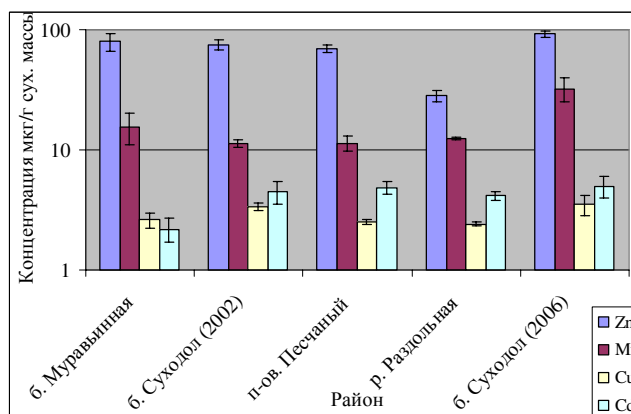
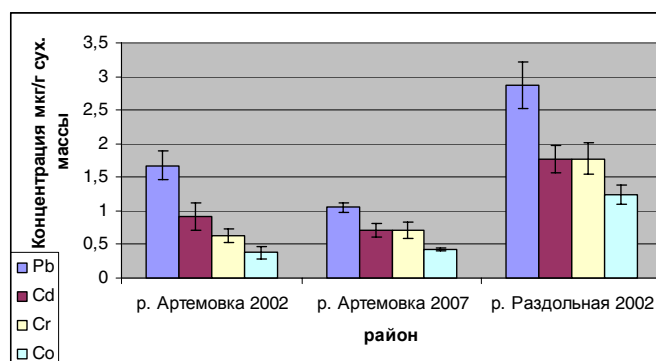


Рис. 3. Средние концентрации Zn, Mn, Cu, Cd в анадаре Броутона

Рис. 4. Средние концентрации Cr, Co, Ni, Pb в анадаре Броутона



Отмечено высокое содержание железа в органах анадары Броутона, по сравнению с другими видами двустворчатых моллюсков. Можно отнести этого моллюска к специфическим концентраторам железа. В отличие от других моллюсков такой экологической группы (зарывающейся) она зарывается в грунт на глубину до 25 см, где кислород становится лимитирующим фактором. Высокая потребность в кислороде анадарой приводит к образованию оксирадикалов в организме, которые вызывают патологические процессы. Однако этот моллюск очень устойчив к окислительному стрессу за счет связывания молекул кислорода с гемоглобином который способен изменять степень оксигенации (Reischl, 1986). Отличительная особенность анадары от других моллюсков — кровь красного цвета, в которой присутствуют типичный гемоглобин и ядерные эритроциты, что обуславливает высокие концентрации железа в теле моллюска.

Рассмотрели средние концентрации элементов в корбикуле японской из устьев рек Артемовка и Раздольная (рис. 5–7).

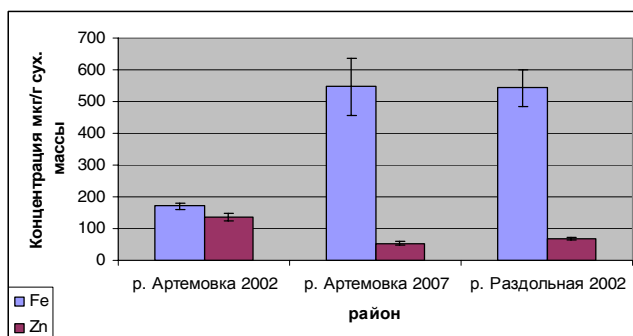


Рис. 5. Средние концентрации Fe, Zn в корбикуле японской

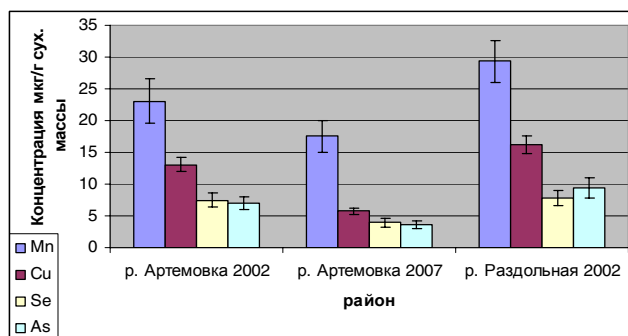


Рис. 6. Средние концентрации Mn, Cu, Se, As в корбикуле японской

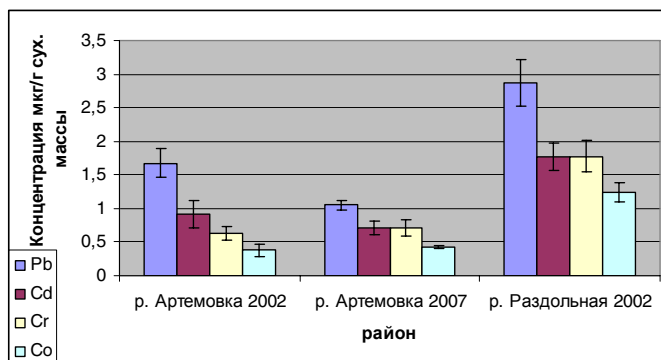


Рис. 7. Средние концентрации Pb, Cd, Cr, Co в корбикуле японской

Анализ средних концентраций элементов в корбикуле японской из заливов Амурский и Уссурийский показал: максимальные средние концентрации Fe, Mn, Cu, Se, As, Pb, Cd, Cr и Co обнаружены в корбикулах р. Раздольной. Оценка концентраций элементов в моллюсках из устья р. Артемовка выявила снижение содержания металлов в гидробионтах в 2007 г. по сравнению с 2002 г., за исключением Fe, Co и Cr.

Высокое содержание элементов в корбикулах из устья р. Раздольной обусловлено большим загрязнением реки металлами и металлоидами. По результатам комплексной оценки в 2003 г., эта река отнесена к «очень грязным»: ПДК отдельных элементов в ней превышалось от 2 до 8 раз.

Снижение концентраций элементов в корбикуле из р. Артемовка в 2007 г. по сравнению с 2002 г. возможно обусловлено снижением поступления металлов в реку.

Уровни содержания селена в корбикуле по сравнению с другими видами были приблизительно на порядок выше. Уровень содержания селена в осадках устьевых зон в 10 раз выше, чем в морских донных отложениях. Такое содержание селена в устьевом районе объясняется задержкой его на геохимическом барьере «река—море». При смешивании пресных и морских вод происходит коагуляция как растворенного неорганического, так и органического вещества, в результате значительная часть речного материала осаждается в эстуариях и дельтах (Лисицын и др., 1983), что отражается на моллюсках обитающих в эстуарных зонах.

Микроэлементный состав отдельных организмов в результате их адаптации к среде возможно изменяется. Поскольку моллюски фильтраторы и способны накапливать в своих тканях не только полезные, но и токсичные элементы, возникает необходимость исследования микроэлементного состава разных экологических групп моллюсков.

Высокие концентрации железа, обнаруженные в зарывающихся видах анадара Броутона и корбикуле японской, обусловлены условиями существования этих видов. Анадара является специфическим концентратором железа, в результате существования в среде с пониженным содержанием кислорода и этот элемент входит в состав гемоглобина обеспечивающего ткани моллюска кислородом. Высокие концентрации железа в корбикуле связаны с ус-

ловиями обитания моллюска в эстуарной зоне (геохимический барьер «река—море»). Известно, что в донных отложениях эстуарий, место обитания корбикулы, концентрации железа выше, по сравнению с грунтами морских экосистем. Из литературных источников известно (Авцин и др., 1991), что избыток железа в организме уменьшает его способность усваивать медь и цинк. Анадара и корбикула содержат меньшие концентрации цинка и меди по сравнению с другими видами моллюсков.

Санитарно-гигиеническая оценка промысловых двустворчатых моллюсков из зал. Петра Великого показала, что содержание Pb и As в моллюсках не превышало нормируемых величин. Отмечено превышение ПДУ кадмия в единичных особях анадары Броутона из бухты Суходол и акватории у п-ова Песчаный.

Таким образом, исследование микроэлементного состава различных экологических групп моллюсков позволяет использовать полученные результаты для биоиндикации среды их обитания и проводить оценку качества при использовании в пищевых целях.

ЛИТЕРАТУРА

Авцин А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчков Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. АМН СССР. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.

Аникеев В.В., Недашковский А.П., Шевцова О.В., Ильичева В.И. Внутрисуточная и вертикальная изменчивость калий-соленостного и натрий-соленостного отношений в прибрежных водах Японского моря // ДАН СССР. — 1991. — Т. 319, № 6. — С. 1445–1448.

Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В., Кику Д.П. Токсичные элементы в промысловых гидробионтах прибрежных акваторий северо-западной части Японского моря // Вопросы рыболовства. — 2006. — Т. 7, № 1. — С. 185–190.

Лисицын А.П., Демина Л.Л., Гордеев В.В. Геохимический барьер река—море и его роль в осадочном процессе // Биогеохимия океана. — М.: Наука, 1983. — С. 32–40.

Наумов Ю.А. Антропогенез и экологическое состояние геосистемы прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого Японского моря. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 300 с.

Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 1. — С. 73–77.

Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. — М.: ВНИРО, 2001. — 247 с.

Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона Дальний Восток — Приморье. — Владивосток, 2005. — 340 с.

Reischl E. High sulfhydryl content in the *Turtle erythrocytes*: is the a relation with resistance to hypoxia // Comp. Biochem. Physiol. — 1986. — Vol. 85B, № 4. — P. 723–726.

Zraievskij J. UNEP's future regional seas programmed with special reference the Black Sea and the North-West Pacific // Advisory Comm. Prot. Sea Conf. — L., 1994. — P. 17–21.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ КОЛЛАГЕНОВОЙ СТРОМЫ КОЖНОГО ПОКРОВА ОБЫКНОВЕННОГО КАРПА *CYPRINUS CARPIO* L., 1758

А.Б. Киладзе

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия,
e-mail: andreykiladze@yandex.ru

Введение

Современная тематика приоритетных исследований общей ихтиологии затрагивает такие важные вопросы, как морфологические адаптации органов к водным условиям обитания Pisces. Очевидно, что максимально полное раскрытие данной проблемы позволит осуществить реконструкцию адаптивной радиации рыб, а полученные результаты послужат дополняющим элементом к воссозданию важнейших этапов эволюции обширного типа Chordata. Кожный покров рыб в этом плане представляет собой модельный объект исследования, что связано с уникальной топографией данной системы органов, непосредственно сопряженной с условиями существования. Однако при всей изученности кожного покрова и его дериватов многие вопросы до сих пор ждут своего ответа. Так, из изысканий отечественных ученых практически полностью выпали исследования, посвященные структурной организации основополагающего слоя кожи — дермы. Систематических работ, посвященных решению данной проблемы, проведено явно недостаточно, что создает определенные трудности в постановке ряда задач сравнительно-анатомического характера, входящих в концепцию морфологических адаптаций кожи в эволюции Chordata. В этой связи конкретные исследования, обогащающие фактическую базу для дальнейших обобщений, крайне необходимы.

Из существующих работ, затрагивающих проблемы морфологического устройства коллагеновой стромы, необходимо упомянуть исследования, обращенные к объяснению структуры дермы в связи с локомоторикой рыб. Так, многими авторами (Muthiah et al., 1967; Gray, 1968; Viidik, 1973; Motta, 1977; Wainwright et al., 1978; Rajaram, Ramanathan, 1982; Naresh et al., 1997; Miyake et al., 1999; Lingham-Soliar, 2005) показана функционально-морфологическая корреляция движения рыбы в воде с характером укладки пучков коллагеновых волокон в дерме. Считают, что дерма — одна из главных анатомических единиц, которая играет важнейшую роль в динамическом плавании рыб. Коллагеновые волокна, агрегированные в поперечно-винтовые ряды, соединяются с подходящими мышцами, а те, в свою очередь, имеют непосредственную связь с костями. В результате создается уникальный морфологический комплекс, который позволяет генерировать осевую ундулаторную волну при движении гидробионта, что существенным образом снижает затраты рыбы на преодоление единицы пути в воде. В этом состоит основной биомеханический смысл такой структурной организации дермы рыб. Необходимо подчеркнуть, что практически во всех этих работах в качестве модельных объектов исследования были выбраны Elasmobranchii. В этом плане структура дермы костистых рыб изучена в меньшей степени (Fujii, 1968; Brown, Wellings, 1970; Videler, 1975). В этой связи постановка дополнительных гистологических исследований кожного покрова Teleostei в контексте последующей интерпретации результатов в рамках современной концепции локомоции представляется нам актуальным направлением, обладающим всеми признаками научной новизны.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования выбран кожный покров чешуйчатого карпа *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Cypriniformes), разведенного в условиях ЗАО «Лотошинский» Московской области. Были выбраны пять самцов, имеющих примерно одинаковые размерно-массовые параметры (масса — 600–650 г, длина — 32–34 см) и возраст 2+.

По три образца кожи были взяты с дорсальной области каждой особи, т.е. в обработке находилось 15 образцов кожи. Гистологические исследования включали фиксирование срезов в 10 %-ном нейтральном формалине с последующим окрашиванием по методу Ван-Гизона (Микроскопическая техника, 1996). Препараты изучили и сфотографировали с помо-

щью цифрового микроскопа марки Webbers Digital Microscope (Made in Taiwan) с программным обеспечением Deep View G50s, позволяющим анализировать гистологические препараты с разрешающей способностью от 10 до 600 крат. Было исследовано 15 гистологических препаратов. Морфометрические показатели устанавливали при помощи окуляра-микрометра марки МОВ-1-15[×]. Усредненные показатели по всем гистологическим препаратам обработали методами дескриптивной статистики с расчетом критерия Стьюдента при заданном уровне значимости, указывающем на достоверность полученных результатов (Громыко, 2001).

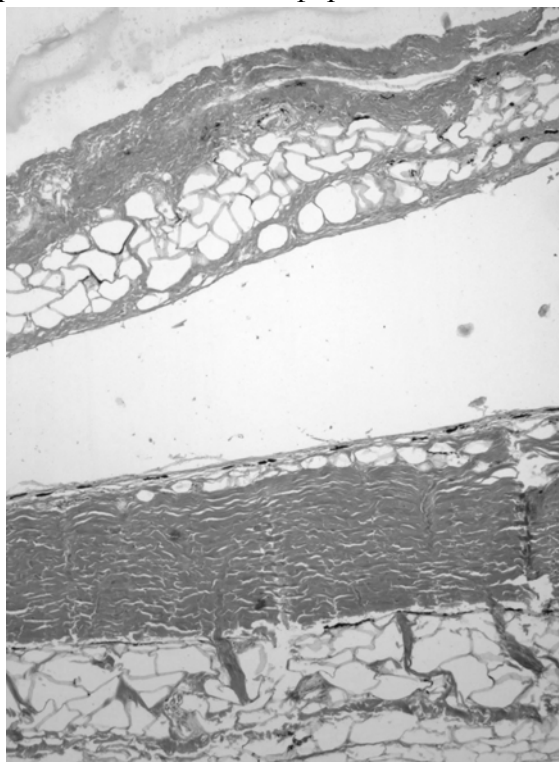
Результаты и их обсуждение

В процессе эволюции у рыб сформировалась целая плеяда механизмов адаптивной радиации кожного покрова, обеспечивающая беспрепятственное передвижение в воде. Наиболее известные из них — это мукоидный эпидермис, а также обтекаемая форма тела, достигающаяся черепицеобразным наслоением чешуи. Однако дерма наравне с другими гистологическими структурами также отвечает за механику передвижения гидробионтов. Очевидно, что для обоснования данного положения необходимо более подробно рассмотреть морфологию самой дермы как самостоятельного элемента кожного покрова рыб.

Дерма состоит из двух хорошо дифференцированных слоев — поверхностного и глубокого (рис. 1). Поверхностный слой дермы обыкновенного карпа образован соединительнотканными перегородками, формирующими трабекулярную структуру, что проявляется в пустотах значительного размера, которые сверху и снизу ограничены более плотным и толстым слоем соединительной ткани в виде пучков коллагеновых волокон. Пустоты имеют форму многогранников. Некоторые ячейки уплощены. На наш взгляд, именно в этих полостях локализовались скопления жировых клеток, которые в процессе приготовления гистологических срезов были удалены. Пучки коллагеновых волокон слабо развиты и являются лишь опорной стенкой для этих жировых включений. Важно указать на большую плотность верхней части поверхностного слоя; нижняя же часть этого слоя имеет более разрыхленную структуру пучков коллагеновых волокон. Обращает на себя внимание наличие стойкого ряда пигментных клеток в виде зернистых образований черного цвета. Это так называемый подэпидермальный слой. Пигментные клетки покрывают верхние части поверхностного и глубокого слоев, а также локализуются на границе с подкожной клетчаткой. Угол наклона поверхностного слоя дермы по отношению к глубокому слою достаточно острый (примерно 8–10°), что способствует черепицеобразному наслоению чешуи и формированию обтекаемой формы тела.

Рис. 1. Архитектоника коллагеновой стромы кожного покрова обыкновенного карпа *Cyprinus carpio* L., 1758. Дорсальная область. Окраска — по Ван-Гизону. × 100

Глубокий слой дермы представляет собой основной массив плотной неоформленной соединительной ткани, имеющей особую архитектуру укладки пучков коллагеновых волокон, сводящуюся к горизонтально-волнистому типу переплетения. Однако периодически такая ламеллярная структура прошивается более крупными поперечными пучками коллагеновых волокон, некоторые окончания которых теряются в глубине подкожной клетчатки, создавая единый морфологический комплекс «дерма — подкожная клетчатка — мышечный слой». Топологический характер данного слоя также можно описать как аркатурный или колоннадный, ибо сочетание крупных поперечных пучков коллагеновых волокон, образу-



щих множество микросегментов, с волнообразными поперечными пучками формируют уникальную геометрию глубокого слоя дермы, напоминающую совокупность микроарок. Плотность укладки пучков коллагеновых волокон достаточно велика. Это проявляется в минимальном количестве просветов между соединительнотканными слоями.

Подкожная клетчатка имеет гипертрофированное развитие и в несколько раз превышает толщину дермы. Ее архитектура сводится к наличию множества ячеек разнообразных геометрических форм, начиная от овально-прямоугольных и ромбических образований и заканчивая шестиугольниками. Завершающим элементом гистологической структуры кожного покрова обыкновенного карпа является мышечный слой, который локализуется под подкожной клетчаткой.

В качестве гистологических параметров, подвергнутых измерению, были выбраны такие признаки, как толщина поверхностного и глубокого слоев дермы, толщина пучков коллагеновых волокон поверхностного и глубокого слоев дермы, а также толщина подкожной клетчатки (см. таблицу).

Морфометрические показатели гистологической структуры коллагеновой стромы кожного покрова обыкновенного карпа *Cyprinus carpio* (n = 15; p < 0,05)

Толщина параметров кожного покрова	Статистические показатели			
	M ± m, мкм	±σ, мкм	Cv, %	t _d
Поверхностный слой дермы	243,75 ± 17,04	65,98	27,07	14,31
Глубокий слой дермы	280,21 ± 8,95	34,67	12,37	31,31
Подкожная клетчатка	372,92 ± 21,23	82,23	22,05	17,57
Пучки коллагеновых волокон поверхностного слоя дермы	3,63 ± 0,20	0,77	21,21	18,15
Пучки коллагеновых волокон глубокого слоя дермы	9,97 ± 0,70	2,71	27,18	14,24

Примечание. M ± m — средняя арифметическая простая с ошибкой средней арифметической; ±σ — среднее квадратическое отклонение; Cv — коэффициент вариации; t^d — критерий достоверности.

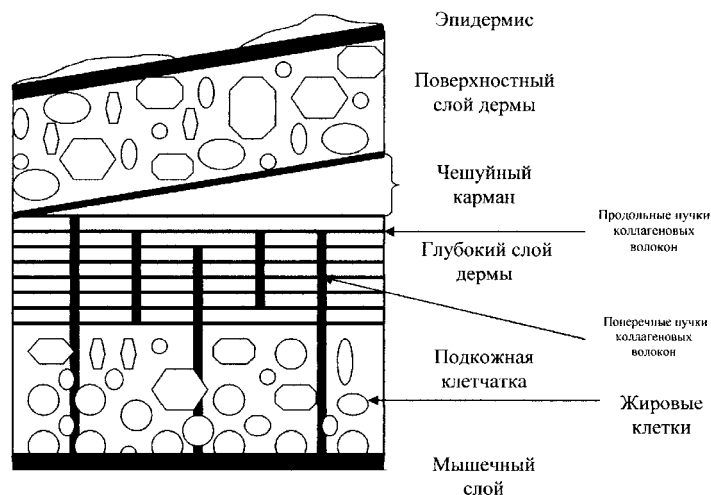
По нашему мнению, именно эти показатели отвечают за эволюционно-экологический статус и определяют характер приспособительной радиации рыб к тем или иным условиям существования. Общая толщина коллагеновой стромы кожного покрова обыкновенного карпа равна 896,88 мкм. Соотношение слоев дермы составляет 46,52 : 53,48, при некотором преобладании глубокого слоя. Соотношение толщины пучков коллагеновых волокон поверхностного слоя по отношению к пучкам глубокого слоя дермы составляет 1,00 : 2,75. Такое соотношение очевидно, ибо глубокий слой дермы испытывает максимальную биомеханическую нагрузку, что требует наличия более толстых пучков коллагеновых волокон.

На основе гистологических и морфометрических изысканий нами создана схематичная модель коллагеновой стромы кожи обыкновенного карпа (рис. 2), позволяющая визуально оценить физиологическую сопряженность каждого гистологического элемента в создании единого морфологического комплекса, обеспечивающего эффективное передвижение гидробионта в водной среде. Созданную топологическую модель коллагеновой стромы кожного покрова целесообразно положить в основу дальнейших сравнений геометрического сходства, являющейся частным случаем теории распознавания образов.

Таким образом, на основе последовательного рассмотрения качественных и количественных структурных перестроек плотной и рыхлой неоформленной соединительной ткани кожного покрова обыкновенного карпа появилась возможность реконструировать свойственный им характер адаптационных преобразований, воссоздав топологический образ коллагеновой стромы, играющей ведущую роль в элементарном акте локомоции.

Автор признателен своему научному консультанту д.б.н. О.Ф. Черновой (ИПЭЭ РАН) за ответственное редактирование статьи, а также чл.-корр. РАН Ю.Ю. Дгебуадзе (ИПЭЭ РАН) за критическое прочтение и обсуждение рукописи данной работы.

Рис. 2. Топология коллагеновой стромы кожного покрова обыкновенного карпа *Cyprinus carpio* L., 1758



ЛИТЕРАТУРА

- Громыко Г.Л. Теория статистики: практикум. 2-е изд., доп. и перераб. — М.: ИНФРА-М, 2001. — С. 30–32.
- Микроскопическая техника: руководство / под ред. Д.С. Саркисова и Ю.Л. Перова. — М.: Медицина, 1996. — 544 с.
- Brown G.A., Wellings S.R. Electron microscopy of the skin of the teleost, *Hippoglossoides elassodon*. *Z. Zellforsch. // Mikrosch. Anat.* — 1970. — Vol. 103. — P. 149–169.
- Fujii R. Fine structure of the collagenous Lamella underlying the epidermis of the goby, *Chasmichthys gulosus* // *Annot. Zool. Jpn.* — 1968. — Vol. 41. — P. 95–106.
- Gray J. Animal Locomotion. Chapter 2 // The mechanism of fish propulsion. — L.: Weidenfeld and Nicolson, 1968.
- Lingham-Soliar T. Caudal fin in the white shark, *Carcharodon carcharias* (Lamnidae): a dynamic propeller for fast, efficient swimming // *J. Morphol.* — 2005. — Vol. 264(2). — P. 233–252.
- Miyake T., Vaglia J.L., Taylor L.H., Hall B.K. Development of Dermal Denticles in Skates (*Chondrichthyes Batoidea*): Patterning and Cellular Differentiation // *J. Morphol.* — 1999. — Vol. 241. — P. 61–81.
- Motta P.J. Anatomy and functional morphology of dermal collagen fibres in sharks // *COPEIA.* — 1977. — Vol. 3. — P. 454–464.
- Muthiah P.L., Ramanathan N., Nayudamma Y. Mechanical properties of skin, hides and constituent fibres // *Biorheology.* — 1967. — Vol. 4. — P. 185–191.
- Naresh M.D., Arumugam V., Sanjeevi R. Mechanical behaviour of shark skin // *J. Biosci.* — 1997. — Vol. 22. — P. 431–437.
- Rajaram A., Ramanathan N. Tensile properties of ray fish skin // *Biomedical engineering-Recent developments* / Ed. S. Saha. — Oxford: Pergamon Press, 1982. — P. 191–194.
- Videler J.J. On the interrelationship between morphology and movement in the tail of the cichlid fish *Tilapia nilotica* (L.) // *Neth. J. Zool.* — 1975. — Vol. 25. — P. 143–194.
- Viidik A. Functional properties of collagenous tissues // *Int. Rev. Conn. Tissue Res.* — 1973. — Vol. 6. — P. 127–217.
- Wainwright S.A., Vosburgh F., Hebrank J.H. Shark skin: function in locomotion // *Science.* — 1978. — Vol. 202. — P. 747–749.

ВОЗРАСТНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ МНОГОЛЕТНИХ RHODOPHYTA И ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ИХ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ

Н.Г. Клочкова¹, Н.А. Писарева²

¹ Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: ninakl@mail.iks.ru

² Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: ekologia@mail.iks.ru

Красные водоросли — важнейшая группа макрофитобентоса. В морской альгофлоре всех широтных зон на их долю приходится более половины общего числа видов макрофитов. По сравнению с другими отделами макроводорослей они характеризуются более разнообразным и несравненно более сложным строением (Gabrielson, Garbary, 1986; Перестенко, 1988, 1994; Graham, Wilcox, 2000; и др.). Они не играют столь высокой продукционной роли и не имеют такого промыслового значения, как бурые водоросли. Если для бурых промысловых водорослей к настоящему времени накоплены значительные сведения по морфогенезу, биологии развития и размножения, то для красных водорослей подобная информация крайне скудна, поскольку изучение этой группы обычно ограничивалось решением таксономических задач.

В классификации Rhodophyta используются многообразные признаки морфологии. В тех случаях, когда их оказывается недостаточно, привлекаются признаки анатомической организации. Среди последних особенно часто используются различия в генеративной анатомии. С одной стороны, эти признаки достаточно надежны и постоянны, но с другой — не позволяют исследователю идентифицировать стерильные и закончившие размножение образцы или образцы, которые не имеют необходимых генеративных структур, например, мужские и тетраспоровые, в случае если в основу диагностического признака положено строение органов размножения женских растений.

В случае использования для определения таксономической принадлежности Rhodophyta анатомо-морфологических признаков исследователь также сталкивается с целым рядом трудностей. Они обусловлены как высокой морфологической вариабельностью растений, так и тем, что существующие описания ряда видов были выполнены на основании изучения ограниченного материала, обычно представленного растениями наиболее многочисленной возрастной группы из доминирующей спорофитной или гаметофитной генерации. Трудности в определении видов возникают и тогда, когда при их первоописаниях использовались наиболее старые или, напротив, молодые образцы. Основным отпечаток на морфологический облик растений накладывают стадия их развития, возрастная и экологическая изменчивость. Эти вопросы остаются еще недостаточно изученными для многих групп макрофитов, в том числе и для представителей Rhodophyta, обитающих в прибрежных водах Камчатки.

Изучение биологии развития красных водорослей в прикамчатских водах велось авторами с целью определения основных тенденций изменения морфолого-анатомических признаков с возрастом и в различных условиях среды обитания растений. Материал, использованный для изучения возрастной и экологической изменчивости у 9 видов Rhodophyta, собирался в разных районах побережья восточной Камчатки и Командорских островов в 2000–2006 гг. Наблюдения за сезонным развитием видов были проведены на материале, собранном в Авачинском заливе, главным образом, в горле Авачинской губы, бухте Спасения и у о. Старичков, в меньшей степени у Командорских островов. Наиболее типичные образцы этих видов представлены на рис. 1 и 2.

Среди изученных видов были выбраны багрянки, имеющие достаточно сложные в морфологическом отношении слоевища: пластинчатые, разным образом разветвленные кустики, корковые и членистые кораллиновые водоросли.

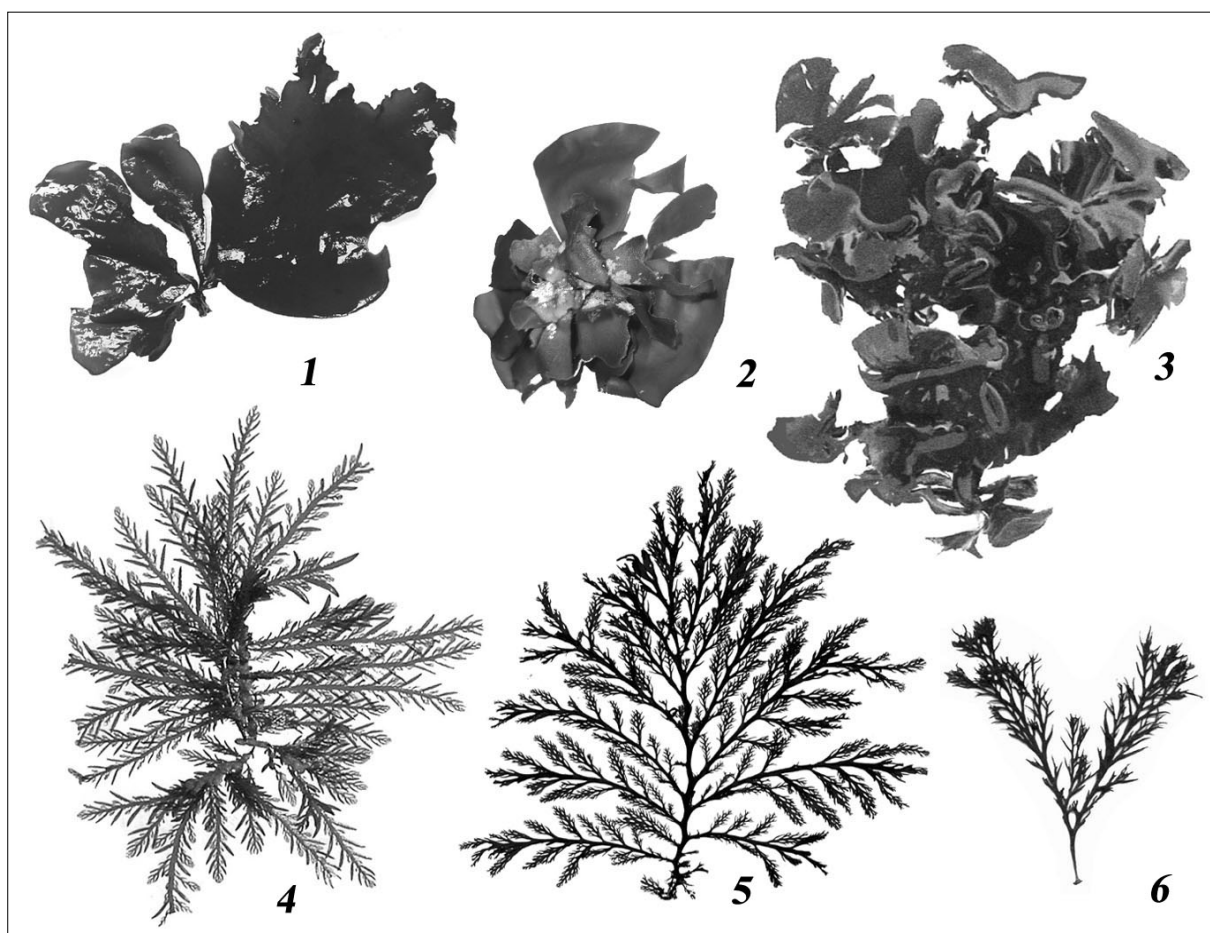


Рис. 1. Внешний вид изученных видов водорослей: 1 — *Neodilsea natashae*, 2 — *Constantinea simplex*, 3 — *Constantinea rosa-marina*, 4 — *Ptilota filicina*, 5 — *Odonthalia setacea*, 6 — *Odonthalia annae*

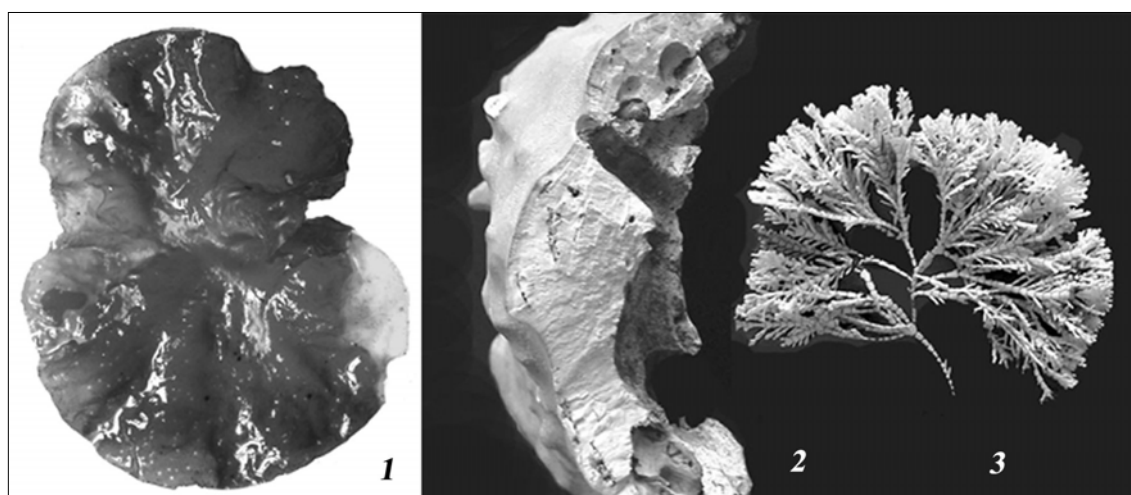


Рис. 2. Внешний вид изученных водорослей: 1 — *Turnerella mertensiana*, 2 — *Clathromorphum nereostratum* (боковая поверхность корки), 3 — *Corallina pilulifera*

Возрастная изменчивость пластинчатых Rhodophyta (на примере *T. mertensiana*) описана в нашей недавней работе (Писарева, 2006). Для определения возраста видов рода *Constantinea* подсчитывалось количество междоузлий у материнского стволика, поскольку при длительном созревании органов размножения у представителей этого рода в течение года образуется только одна щитовидная пластинка, при последующем разрушении которой на стволике остается узел-рубец. Для определения возраста у *P. filicina*, *O. setacea* и *O. annae* в ходе проведения сезонных исследований изучались особенности формирования адвентивных бо-

ковых веточек неограниченного роста. Возраст *C. pilulifera* определялся с учетом изменения длины центральной оси, степени нарушенности типа ветвления и развития адвентивных ветвей. У *C. nereostratum* возраст определяли на поперечных сколах корки по слоям, образованным параллельными рядами заросших в периталлий концептакулов.

В ряде случаев максимальный возраст растений определить точно не удалось. Максимальный возраст у некоторых видов в прикамчатских водах удалось определить достоверно, но вместе с тем наши исследования показали, что такие виды, как *N. natashae* и *C. pilulifera* живут не менее двух лет, а *T. mertensiana* — не менее трех. Самыми долгоживущими видами среди изученных являются *C. nereostratum* и *C. rosa-marina*.

По мере изменения возраста растений у большинства видов были зарегистрированы характерные изменения внешнего и внутреннего строения. Основные из них представлены в таблице.

Продолжительность жизни и возрастные анатомо-морфологические изменения у изученных видов

Вид	Продолжительность жизни	Возрастные морфологические изменения	Наиболее характерные возрастные изменения анатомического строения
<i>Turnerella mertensiana</i>	Три и более года	Меняются цвет, текстура и толщина пластины	Меняется количество слоев коры, плотность и толщина клеточных слоев, форма и размеры образующих сердцевину клеток
<i>Constantinea rosa-marina</i>	До сорока лет	Увеличивается количество междуузлий на стволике	Изменяется плотность сердцевины, толщина корового и подкорового слоев. В сердцевине появляются антиклинальные нити
<i>Constantinea simplex</i>	До девяти лет	Увеличивается количество остатков пластин на стволике	Изменяется толщина сердцевины, корового и подкорового слоев. В сердцевине увеличивается число периклинальных нитей
<i>Neodilsea natashae</i>	Не менее двух лет	Меняются текстура и толщина пластины	Меняется форма клеток подкорового слоя, размеры светопреломляющих клеток, частично их ориентация
<i>Clathromorphum nereostratum</i>	Более двадцати лет	Возрастает толщина корки, количество ее слоев	Изменяются очертания концептакулов, толщина нисходящего гипоталлиального и фотосинтетически активного слоев
<i>Corallina pilulifera</i>	Не менее двух лет	Меняется цвет и блеск интергеникул, порядок ветвления	Изменяются толщина периталлиального слоя клеток, размеры геникул, особенно их длина
<i>Odonthalia annae</i>	Не менее двух лет	Увеличивается порядок ветвления и цвет боковых ветвей	Не изучены
<i>Odonthalia setacea</i>	До четырех лет	Увеличивается порядок ветвления и цвет боковых ветвей	Не обнаружены
<i>Ptilota filicina</i>	До четырех лет	Меняются цвет боковых ветвей и увеличивается количество адвентивных ветвей	Не обнаружены

Как видно из данных приведенной таблицы, возрастные изменения видов красных водорослей с пластинчатой морфологией, как правило, приводят к огрубению текстуры, изменению пигментации и увеличению степени рассечения слоевищ к третьему году жизни. У *C. rosa-marina* с возрастом заметно удлиняется стволик, «деревенеет» его поверхность, особенно у камчатских представителей, где удлинение стволика составляет, в среднем, 75 мм в год. У *C. simplex* увеличивается количество остатков на стволике рассеченных пластин прежних лет, если они сохраняются. Возрастные изменения морфологии у видов, имеющих кустистое строение, приводят главным образом к изменению ветвления слоевища. У этих растений на первом году жизни вплоть до фазы зимнего покоя просматривается единая плоскость ветв-

ления. На втором и последующих годах жизни на перезимовавшем слоевище начинают расти, часто без особого порядка, адвентивные ветви, которые могут развиваться в другой плоскости. К концу второго года вегетации у растения от материнской оси отходят несколько аналогичных ей основных боковых ветвей. Они, как и материнская ось, становятся вальковатыми. У растений последующих лет развития порядок ветвления увеличивается и закономерно отражает возраст растений.

Наиболее характерные возрастные изменения анатомического строения у изученных нами видов, основная часть слоевища которых представлена пластиной, как у *T. mertensiana*, или пластинками, как у *C. rosa-marina* и *C. simplex*, проявляются в увеличении размеров клеток и нитей, толщины и плотности клеточных слоев: сердцевины, подкорки и коры. Изменения толщины корового слоя показаны на рис. 3.

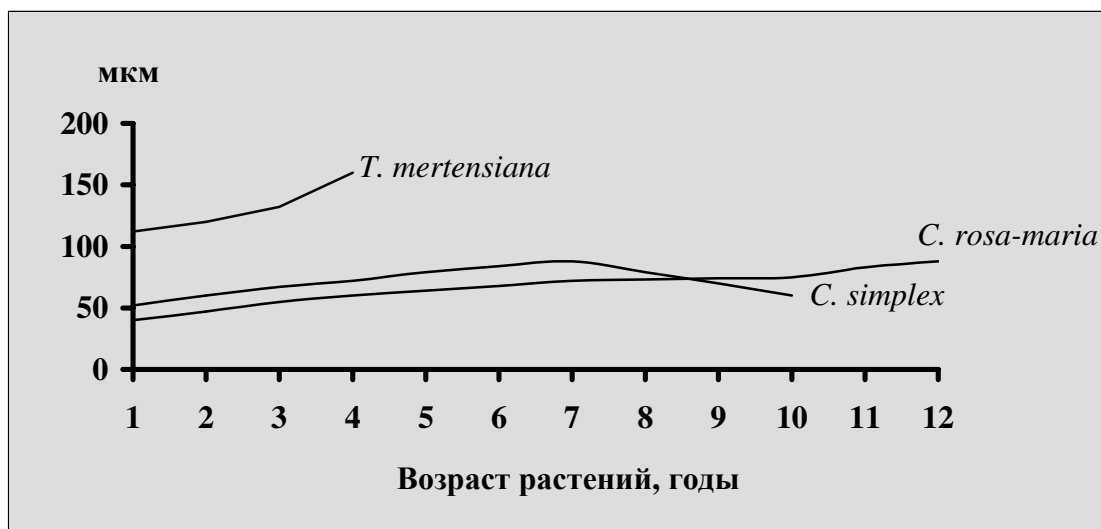


Рис. 3. Возрастные изменения толщины корового слоя у представителей родов *Turnerella* и *Constantinea*

На рис. 3 приведены средние значения толщины корового слоя у разновозрастных представителей трех видов Rhodophyta, которую измеряли у них в одни и те же месяцы вегетации. У видов рода *Constantinea* коровый слой несимметричен, поэтому его толщину измеряли на верхней стороне пластины последнего года, где он более развит за счет большего количества и плотности клеточных слоев. У *T. mertensiana* толщина корового слоя одинакова, ее измеряли с обеих сторон пластины. Анализ рис. 3 показывает прямую линейную зависимость толщины корового слоя от возраста растений у *T. mertensiana* и *C. rosa-marina*, в то время как у *C. simplex* после семи лет жизни эта зависимость становится обратной, что связано, вероятно, с глубоким старением растений. Можно предположить, что у *C. simplex* нам удалось собрать наиболее старые растения, в то время как у двух других видов мы имели дело со зрелыми растениями старшего возраста, еще не подверженными климаксным изменениям.

Если сравнить темпы прироста толщины корового слоя у трех выбранных нами видов красных водорослей в относительных значениях, когда за 100 % принимается максимальная величина, то прирост происходит неодинаково. Видимо, из-за меньшей продолжительности жизни у *T. mertensiana* на первом году жизни коровый слой образуется на 70 %, на втором — на 75 %, на третьем — на 83 %, по достижении трех лет коровый слой достигает максимальной толщины. У *C. simplex* и *C. rosa-marina*, которые обычно сбрасывают пластины ежегодно, на первом году жизни коровый слой достигает лишь соответственно 59 и 45 % своей максимальной толщины, а 100 % он достигает у растений семи и двенадцати лет соответственно.

Увеличение толщины корового слоя сопровождается увеличением толщины сердцевины и в целом толщины пластины. При измерении толщины пластины *T. mertensiana* мы обнаружили, что наибольшее значение общей толщины пластины также бывает у растений, которым больше трех лет. Однако ее прирост происходит скорее за счет утолщения сердцевин-

ны, чем корового слоя. Так, на первом году жизни общая толщина пластины *T. mertensiana* достигает лишь 49,0 % своего максимального значения, на втором — 51,0 %, на третьем — 55,5 % и лишь после трех лет она становится максимальной.

Экологическая изменчивость представителей Rhodophyta выражается, прежде всего, в изменении линейных размеров растений (длины, поперечника и др.) и степени их разветвленности. К примеру, при увеличении глубины произрастания происходит увеличение длины ветвей у видов, имеющих кустистое строение, длины стволиков и диаметра пластин у пластинчатых растений и толщины корок у корковых багрянок. Если взять одновозрастных представителей *C. rosa-marina* с Командорских островов и Камчатки, то размеры первых гораздо меньше, ведь на Командорских островах *C. rosa-marina* может произрастать и в литоральной зоне, в то время как у берегов восточной Камчатки она обычно встречается только на глубине более трех метров. Для красных водорослей действует общая закономерность: чем больше гидродинамическая нагрузка окружающей водной среды, тем более мелкими и кряжистыми становятся растения.

Большое влияние на облик растений Rhodophyta оказывает концентрация в воде биогенов. Так, мы обратили внимание, что в условиях несильного прибоя и высокого содержания биогенных веществ растения приобретают более крупные размеры, поскольку их линейный рост здесь весьма результативный.

Возрастная и экологическая изменчивость, часто оказывающая совместное воздействие, сильно отражается на морфологическом и анатомическом строении красных водорослей. Это снижает ценность диагностических признаков, используемых при идентификации видов. В тех случаях, когда для определения видов можно пользоваться только анатомическими признаками, необходимо обязательно учитывать возраст растений и экологические условия, в которых они находятся. Часто такие признаки, как общая толщина слоевища и отдельных внутренних слоев являются очень важными для диагностики видов, а ведь эти признаки могут перекрываться у видов со сходной морфологией (к примеру, у изучаемых нами видов *T. mertensiana* и *K. lacera*). Для достижения высокой точности таксономической идентификации необходимо знать возраст растений, условия их обитания. Если такие сведения достоверно получить не удастся, то наибольшую ценность в диагностике на уровне родов и видов приобретают постоянные таксономические признаки, подверженные лишь индивидуальной изменчивости (как, например, железистые клетки у *T. mertensiana*).

Все вышесказанное определяет необходимость дальнейшего изучения биологии развития видов красных водорослей и их морфогенетических преобразований, связанных с изменением возраста растений, фазы их онтогенеза, условий обитания. Многие багрянки являются потенциально промысловыми видами, поэтому сведения по этим вопросам могут быть востребованы в промысловой альгологии для разработки рекомендаций по рациональному использованию камчатских видов Rhodophyta.

ЛИТЕРАТУРА

Перестенко Л.П. Красные водоросли (Rhodophyta) северо-западной части Тихого океана: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1988. — 34 с.

Перестенко Л.П. Красные водоросли дальневосточных морей России. — СПб.: Изд-во «Ольга», 1994. — 331 с.

Писарева Н.А. Особенности развития гаметофитной стадии у некоторых красных пластинчатых водорослей на шельфе юго-восточной Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Материалы 7-й науч. конф. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — С. 290–293.

Gabrielson P.W., Garbary D.J. Systematics of red algae (Rhodophyta) // CRC Critical Reviews in Plant Sciences, 1986. — Vol. 3, issue 4. — P. 325–366.

Graham L.E., Wilcox L.W. Algae. — USA: Intern. Prentice Hall, 2000. — 640 p.

ОЦЕНКА МИКРОЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ ЯПОНСКОГО И ОХОТСКОГО МОРЕЙ

Л.Т. Ковековдова

ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: kovekovdova@mail.ru

Изучение уровней содержания металлов и металлоидов в промысловых гидробионтах представляет интерес как с общебиологических позиций, так и в связи с изменением экологической ситуации в морских акваториях.

Способность организмов регулировать ионный состав подвержена большим колебаниям. У многих животных тела по концентрации всех обычных ионов соответствуют внешней среде; некоторые животные способны регулировать содержание отдельных ионов (Проссер, 1967; Sidwell et al., 1978).

Многие исследователи, признавая, что уровни содержания и макро-, и микроэлементов зависят как от внутренних (биотических), так и от внешних (абиотических) факторов, придавали особое значение физико-химическим свойствам самих элементов, например атомному номеру, ионному потенциалу и т.д. (Патин, Морозов, 1981). Адаптируясь к среде, организмы вырабатывают механизмы регулирования функций применительно к повышенной и пониженной концентрации химических элементов в среде. Распределение микроэлементов между органами и тканями зависит также от той функции, которую выполняет орган, — депонирования, выделения, барьерной. Уровни содержания микроэлементов в организмах зависят как от экологической ситуации в среде их обитания, так и от биологических особенностей вида. Многие морские организмы способны избирательно концентрировать микроэлементы, в том числе и токсичные. Проблема концентрирования элементов морской среды организмами имеет исключительное значение в связи с повышенной антропогенной нагрузкой на морские акватории и возможностью накопления токсичных элементов промысловыми гидробионтами.

Цель работы — оценка уровней содержания металлов и металлоидов (As, Cd, Co, Cr, Mn, Hg, Fe, Cu, Ni, Pb, Zn, Se) в органах отдельных видов промысловых гидробионтов Охотского и Японского морей.

Объекты исследования: камбала Шренка *Pseudopleuronectes schrenki* из прибрежных акваторий о. Сахалин, сельдевая лососевая акула *Lamna ditropis*, скат щитоносный *Bathyraja parmifera*, минтай *Theragra chalcogramma*, кальмар *Todarodes pacificus* из Охотского моря; сельдь тихоокеанская *Clupea pallassii pallassii* (Val.), навага дальневосточная *Eleginus gracilis* (Til.), камбала желтоперая *Limanda aspera*, минтай *Theragra chalcogramma* из зал. Петра Великого (Японское море).

Атомно-абсорбционное определение элементов в органах гидробионтов проводили на спектрофотометрах: 1. «Nippon Jarrell Ash» АА-850, где атомизатором служила одноцелевая горелка, пламя ацетилен/воздух, корректор фона — дейтериевая лампа. 2. «Shmadzu» АА-6800, где атомизатором служила графитовая кювета, корректор фона — дейтериевая лампа.

Независимо от вида и экологии рассматриваемых рыб наибольшие концентрации токсичных элементов отмечены в печени. Для мышц рыб характерны низкие концентрации элементов. Концентрации цинка и меди в мышцах рыб меньше, чем в гонадах (табл. 1, 2). Известно, что органы, ответственные за процессы секреции, экскреции и депонирования веществ в организме рыб, характеризуются повышенными концентрациями токсичных элементов.

По данным Н.П. Морозова и С.А. Петухова (1986), диапазон концентраций цинка в мышцах рыб, принадлежащих к видам с различным типом питания, составил 11,7–52,4, а средняя концентрация — 22,2 мкг/г сырой массы. По данным З.К. Сейсумы с соавторами (1984), концентрации цинка в камбале-тюрко из Рижского залива находились в диапазоне от 9,1 до 10,8 мкг/г сырой массы. Средняя концентрация цинка в треске, выловленной в Северном и Ирландском морях, по результатам десятилетних исследований составила 5 мкг/г сырой мас-

сы (Vuncke et al., 1984). Концентрации цинка в мышцах пелагических рыб (скаты, акулы) из Охотского моря сравнительно ниже, чем указанные в работах С.А. Патина, Н.П. Морозова, С.А. Петухова, и близки к данным, полученным Vuncke с соавторами (табл. 2). Концентрации цинка в органах придонных рыб из Охотского и Японского морей сопоставимы с ними и имеют тенденцию к повышенным значениям (в пересчете на сырую массу).

Различие концентраций металлов в отдельных тканях и органах рыб зависит и от их биохимического состава. Металлы обладают высоким сродством к таким функциональным группам, как $-SH$, $=NH_2$, $-OH$, $-COOH$. Между тем, относительное количество реакционных групп и доступность их для образования металлоорганических комплексов специфичны для каждой ткани. Это объясняет тот факт, что концентрации кадмия в печени рыб на порядок выше, чем в остальных органах. Концентрации кадмия в органах рыб из зал. Петра Великого (Японское море) не превышали средних концентраций, известных для других районов Мирового океана (см. табл. 1). Следует отметить, что содержание этого токсичного элемента в печени придонных рыб из прибрежных акваторий значительно выше, чем у рыб из открытой части Охотского моря (табл. 2).

Ртуть обладает наибольшей степенью сродства к белковым молекулам. Известно, что от 60 до 96 % ее абсолютного содержания находятся в мышцах разных видов рыб. Характерной особенностью накопления ртути в рыбах является прямая зависимость между ее концентрацией и размером, массой, возрастом особей одного и того же вида (Renzoni, 1974; Topping, Graham, 1978). Из сопоставления данных с результатами многочисленных исследований содержания ртути в морских рыбах, можно сделать вывод, что концентрации этого чрезвычайно токсичного элемента в рыбах из зал. Петра Великого не велики и близки к среднему значению, которое составляет для рыб Тихого океана 0,05 мг/кг сырой массы.

Содержание мышьяка в рыбах изучено недостаточно. На основании наших исследований придонные рыбы накапливают в органах более высокие уровни этого элемента, по сравнению с пелагическими рыбами. Камбалы отличались повышенным содержанием мышьяка в мышцах.

Допустимые уровни содержания токсичных элементов в мышцах морских рыб согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 в мг/кг сырой массы составляют: для свинца — 0,01; для мышьяка — 5,0; для кадмия — 0,2; для ртути — 0,5. Содержание токсичных элементов в мышцах обследованных рыб в пересчете на сырую массу не превышало ПДУ.

Определено содержание элементов в органах головоногого моллюска кальмара *Berytheus magister* из Охотского моря (табл. 3).

Следует отметить, что наибольшие концентрации токсичных элементов меди, цинка, кадмия, свинца найдены в чернильной железе моллюска, мышьяка в мантии кальмара. Концентрации токсичных элементов в печени кальмаров выше, чем в мантии. Аналогичное распределение элементов было отмечено в органах кальмара из зал. Петра Великого (Ковековдова, Симоконь, 1999).

В соответствии с современными гигиеническими требованиями к качеству и безопасности сырья в пищевых продуктах, допустимые уровни содержания токсичных элементов в моллюсках согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 в мг/кг сырой массы составляют: для свинца — 10; для мышьяка — 5; для кадмия — 2. Содержание токсичных элементов в органах кальмара в пересчете на сырую массу не превышало ПДУ, за исключением Cd в печени и чернильной железе.

ЛИТЕРАТУРА

Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Микроэлементный состав промысловых головоногих моллюсков: кальмаров и осьминога // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 9–13.

Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. — М.: Агропромиздат, 1986. — 159 с.

Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 153 с.

Таблица 1

Диапазоны концентраций элементов в органах рыб из зал. Петра Великого, мкг/г сух. массы

Вид	Орган	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Zn	Se
Сельдь тихоокеанская <i>Clupea pallasii</i> <i>pallasii</i> (Val.)	Печень	1,1-2,9	0,1-1,4	0,2-0,4	0,03-0,27	12,0-27,0	260,0-413,0	0,038-0,378	1,7-2,7	0,15-0,98	0,09-0,16	58,0-84,0	2,4-6,0
	Гонады	0,4-1,5	0,1-0,2	0,03-0,10	0,04-0,29	4,6-5,1	49,0-107,0	0,004-0,009	0,9-4,3	0,08-0,14	0,02-0,04	39,0-90,0	0,8-2,4
	Мышцы	2,4-2,5	0,016-0,020	0,03-0,08	0,07-0,20	1,08-2,10	40,0-52,0	0,038-0,132	0,1-1,1	0,06-0,11	0,02-0,10	14,0-17,0	0,4-1,0
	Кости	0,3-0,8	0,06-0,10	0-0,05	0,06-0,08	0,7-1,5	23,0-42,0	0-0,003	23,0-27,0	0,47-0,63	0,12-0,21	17,0-47,0	0-0,04
Навага тихоокеанская <i>Eleginus gracilis</i>	Печень	1,4-2,9	0,4-1,6	0,2-0,3	0,02-0,25	7,6-12,7	103,0-137,0	0,045-0,097	4,4-18,8	0,11-0,87	0,05-0,14	33,5-100,0	2,0-5,0
	Гонады	0,3-1,6	0,06-0,10	0,03-0,10	0,04-0,27	2,70-4,14	42,0-84,0	0,003-0,004	8,6-13	0,07-0,12	0,01-0,02	42,0-84,0	0,6-2,2
	Мышцы	2,4-2,6	0-0,03	0,03-0,07	0,06-0,20	1,30-1,28	3,3-8,7	0,016-0,204	1,8-4,6	0,05-0,12	0,02-0,08	18,0-32,3	0,3-1,0
	Кости	0,2-0,7	0,05-0,10	0-0,04	0,05-0,07	0,8-1,4	18,9-42,9	0,002-0,003	24,6-29,5	0,37-0,53	0,12-0,24	73,0-100,0	0-0,04
Камбала желтопоя <i>Limanda aspera</i>	Печень	2,3-5,0	0,01-0,20	0,10-0,59	0,10-0,23	0,14-0,30	5,8-6,3	0,031-0,048	0,10-0,23	0,12-0,59	0,005-0,002	1,7-2,1	0,3-4,8
	Гонады	0,4-0,7	0-0,02	0,02-0,06	0,02-0,05	2,3-5,9	10,0-21,0	0,003-0,01	1,0-1,1	0,02-0,08	0,01-0,02	50,0-72,0	0,1-0,2
	Мышцы	3,1-5,2	0-0,002	0,01-0,02	0,10-0,36	0,08-0,12	1,3-1,5	0,016-0,061	0,02-0,04	0-0,10	0,005-0,001	0,8-1,4	0,57-1,10
	Кости	0,84-1,10	0,002-0,020	0,01-0,49	0,15-0,43	0,10-0,08	1,8-2,3	0,001-0,002	0,35-0,45	0,29-0,66	0,015-0,028	1,8-2,3	0,4-0,8
Мингай <i>Theragra chalcogramma</i>	Печень	1,2-3,0	0,34-0,58	0,2-0,4	0,03-0,28	0,46-0,65	18,1-23,4	0,04-0,05	2,0-4,9	0,2-0,3	0,09-0,13	13,0	3,2-5,0
	Гонады	0,4-1,3	0,004-0,010	0,03-0,10	0,03-0,07	0,15-0,37	13,0-14,2	0,01-0,02	0,003-0,006	0,03-0,10	0,03-0,08	13,6	
	Мышцы	1,4-2,5	0,02-0,04	0,03-0,06	0,05-0,18	0,13-0,34	14,2-16,0	0,04-0,06	0,48-3,90	0,07-0,13	0,05	4,3	1,2-2,0
	Кости	0,3-0,7	0,02-0,03	0-0,04	0,04-0,07	0,21-0,30	16,1-17,0	0,01-0,02	8,7-12,5	0,05-1,35	0,25-0,70	25,5	1,0-3,4

Диапазоны концентраций элементов в органах кальмара *Berrytheus magister*
из Охотского моря, мг/кг сух. массы (N = 6)

Орган	Cu	Cd	Fe	Mn	Zn	Pb	Co	As	Cr	Se
Гладиус	28,9– 36,1	3,02– 4,97	10,07– 20,94	1,05– 2,01	755,0– 759,0	0,02– 0,07	0,01–0,02	0,97– 1,68	0,020– 0,047	0,9– 2,1
Щупальцы	8,70– 9,17	0,51– 0,52	8,90– 9,17	2,52– 3,40	100,0– 112,0	0,01– 0,02	0,02–0,03	1,97– 2,10	0,02– 0,03	0,3– 1,7
Мантия	8,25– 10,44	0,51– 0,62	6,88– 12,36	1,28– 2,47	22,91– 57,66	0,010– 0,072	0,01–0,02	1,69– 2,80	0,01– 0,02	0,5– 3,2
Кожа	30,9– 49,2	<0,25– 0,59	26,48– 80,76	1,54– 3,51	32,24– 35,11	0,022– 0,176	0,02–0,03	2,18– 2,90	0,22– 0,26	0,2– 0,9
Чернильная железа	122,0– 158,0	11,63– 14,00	100,0– 145,0	8,2– 10,7	98,0– 100,0	0,200– 0,385	0,03–0,05	1,90– 2,11	0,19– 0,48	7,81– 8,30
Печень	50,7– 91,9	4,27– 10,70	28,23– 54,53	1,26– 2,30	12,30– 42,82	0,025– 0,084	0,021– 0,026	2,15– 3,59	0,041– 0,074	0,77– 2,63

Проссер Л. Сравнительная физиология животных. — М.: Мир, 1967. — Т. 1. — 606 с.

Сейсума З.К., Куликова И.Р., Вадзис Д.Р., Легздиня М.Б. Тяжелые металлы в гидробионтах Рижского залива. — Рига: Зинатке, 1984. — 179 с.

Renzoni A., Bassi E., Falcia L. Mercury concentration in the water, sediments and fauna of the area of the Tyrrhenian coast // Rev. Intern. Oceanogr. Med. — 1974. — Т. 35. — P. 159–163.

Sidwell V., Loomis A.L., Loomis K.J. Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans, finfish and mollusks // Microelements Mar. Fish. Rev. — 1978. — Vol.49(9). — P. 1–20.

Topping G., Graham W.C. Mercury levels in ling (*Molva molva*), dogfish (*Squalus acanthias*) and blue whiting (*Micromesistius poutassou*) in relation to length, weight and sampling area // ICES. C. M. — 1978. — P. 34.

Vyncke W., Guns M., De Clerk R., Van Hoeyweghuc P. Concentration of trace elements and chlorinated hydrocarbons in marine fish // Rev. Agr. (Belg.). — 1984. — Vol. 37, № 5. — P. 1179–1187.

ОСОБЕННОСТИ БИОТРАНСФОРМАЦИИ АРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В МОРСКОЙ И ПРЭСНОЙ ВОДЕ

Л.М. Кондратьева, О.Ю. Стукова, Н.К. Фишер
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: kondrlm@rambler.ru

Загрязнение водных экосистем ароматическими соединениями (АС) различного генезиса имеет большое значение для воспроизводства биоресурсов в связи с их токсичностью. В настоящее время нормирование ароматических соединений в водных объектах рыбохозяйственного назначения не всегда отражает реальную физико-химическую обстановку, сезонность поступления отдельных АС на фоне многокомпонентного загрязнения лабильными и стойкими органическими веществами и наличие множества биотических факторов. Не учитываются специфика загрязнения морской и пресной воды, вторичное загрязнение воды фенольными соединениями, потенциальная активность гетеротрофного звена, участвующего в их трансформации и деструкции (Кондратьева, 2005).

Особый интерес представляют исследования трансформации и деструкции АС различного строения при участии микробных комплексов при различном режиме солености, в переходной зоне смешения морских и пресных вод. Поступающие с речным стоком АС различного строения могут осаждаться в составе взвешенных частиц в результате изменения гидрологического режима (изменение скорости течения), градиента солености, попадая в зоны с минимальной насыщенностью кислородом. Чрезвычайно важную роль в зоне смешения морских и пресных вод играет микробиологический фактор. Ранее считалось, что речные формы бактерий редко выживают, попадая в морскую среду.

Однако исследования, проведенные в последнее время, показали, что при повышении осмотического давления аллохтонные микробоценозы могут мобилизовать свой адаптационный потенциал. Они способны выжить при повышении солености, входя в состав биопленок — специализированных структурированных сообществ, состоящих из аллохтонных и автохтонных бактерий. На инициацию образования биопленок могут оказывать влияние различные поллютанты (органические и неорганические), а также увеличение концентрации солей (O'Toole, Kolter, 1998).

Предполагается, что при увеличении солености изменяется функциональная роль аллохтонных бактерий. У них изменяется интенсивность синтеза плазмидных генов, обеспечивающих их устойчивость к осмотическому давлению. Они могут вступать в сложные взаимоотношения с аллохтонными микроорганизмами, обмениваясь с ними плазмидами деградации и устойчивости к экстремальным факторам. Так, среди галотолерантных бактерий рода *Micrococcus* sp. обнаружены плазмиды, копияность которых возрастает при увеличении концентрации хлорида натрия. Эти плазмиды способны мигрировать в аллохтонные бактерии, способствуя их закреплению в экосистемах с повышенной соленостью (Lobova et al., 2002).

На мелководьях в зоне смешения морской и пресной воды набор фенольных соединений особенно разнообразен. Здесь осаждаются взвеси детрита, выносимого с речным стоком, в водную среду поступают продукты их разложения — растворенные фенольные соединения; выделяются продукты жизнедеятельности первичных продуцентов, включая фенольные соединения природного происхождения. В водную массу из донных отложений поступают продукты трансформации стойких природных ароматических веществ (гуминовые и фульвокислоты), а также полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) различного генезиса. Поэтому на мелководьях, особенно среди зарослей макрофитов в деструкции и трансформации АС могут принимать участие сложные биокомплексы, состоящие из аллохтонных (речных) и автохтонных (морских) микроорганизмов. Большинство из них могут вести прикрепленный образ жизни, образуя сложные ассоциации с макрофитами и бентосными организмами. Ранее было показано, что максимальную активность по отношению к фенольным соединениям проявляли МК, ассоциированные с остатками макрофитов в зоне литорали (Кондратьева и др., 2001).

В настоящей работе приводятся результаты исследования активности пресноводных и морских микробных комплексов, выделенных из воды основного русла р. Амур и Амурского лимана, по отношению к ароматическим соединениям различного строения.

В связи с фенольной проблемой на р. Амур более 10 лет проводятся исследования активности микробных комплексов и отдельных культур микроорганизмов по отношению к различным формам ароматических соединений. Как правило, утилизация фенольных соединений происходит при участии МК, обитающих в зоне сброса недостаточно очищенных сточных вод, в пойменных озерах в период их сезонного «цветения» и в придонных слоях воды после поступления в озера амурских вод с высоким содержанием взвешенных веществ в период высокой водности.

Исследования интенсивности биотрансформации низкомолекулярных ПАУ в Приамурье проводятся с 2002 г. Согласно проведенным исследованиям, было показано, что высокую активность по отношению к нафталину проявляли микробные комплексы припойменных озер (Петропавловское, Мылка, Падали), подверженных интенсивному антропогенному прессингу вблизи промышленных комплексов крупных городов (Хабаровск, Амурск, Комсомольск-на-Амуре) (Кондратьева и др., 2004).

Высокая активность МК по отношению к ароматическим соединениям различной структуры была зарегистрирована в устьевой зоне р. Буря и в Бурейском водохранилище. Источниками поступления фенольных соединений и стойких ПАУ в эти водные объекты являются затопленные древесина и почвы в период формирования ложа водохранилища (Фишер, Кондратьева, 2007)

На среднем Амуре определяющую роль в деструкции ароматических соединений (АС) различной структуры играют микробные комплексы, формирующиеся под влиянием крупных притоков (реки Буря и Сунгари). Как показали исследования, проведенные летом 2006 г., интенсивность разложения фенола на этом участке постепенно возрастает по направлению к г. Хабаровск (табл. 1). Самые высокие показатели трансформации АС с образованием цветных продуктов (возможно хиноидной структуры) были зарегистрированы в пробах воды, отобранных на середине реки и возле правого берега, где распространяются сунгарийские воды и поступают сточные воды г. Фуюань. Активность биотрансформации ПАУ (нафталин и фенантрен) была довольно высокой особенно на середине реки, где отмечается повышенное содержание взвешенных веществ, в том числе на участке расположенном выше устья р. Сунгари.

Предполагалось, что в зимний период скорость утилизации ароматических углеводов резко снижается. Однако в экстремальных условиях, в результате техногенного загрязнения ароматическими соединениями активность МК может значительно возрасти. Так, после техногенной аварии в КНР (г. Цзилинь, ноябрь 2005 г.) при загрязнении рек Сунгари и Амур нитробензолом и другими ароматическими углеводородами наблюдалась значительная перестройка структуры микробных комплексов, при этом исчезали отдельные физиологические группы гетеротрофных бактерий (Кондратьева, Фишер, 2007). В тоже время нами было зарегистрировано повышение активности фенолоксиляющих бактерий не только в р. Сунгари, а также ниже ее устья в р. Амур, вдоль правого берега и возле г. Фуюань (табл. 2).

В летнее время потенциальные возможности трансформации ПАУ в значительной степени зависят от их структуры. Например, биотрансформация нафталина и фенантрена при участии пресноводных МК продолжается при температуре 20–23 °С в течение 60–90 сут. Принимая во внимание такую продолжительность преобразования полициклических ароматических углеводов, можно утверждать, что поступающие из различных источников ПАУ, не успевают полностью деградировать в основном русле р. Амур и выносятся в Амурский лиман и прибрежные морские акватории.

Микробиологическими исследованиями, проведенными в 2004 г. было установлено, что основная масса выносимых с речным стоком ароматических соединений распространяется в направлении Охотского моря. Это подтверждается высокой численностью фенолоксиляющих бактерий в пробах воды отобранных возле п. Озерпах. Здесь же установлено повы-

шенное содержание летучих форм фенольных соединений (0,009 мг/л). На южном фарватере в районе п. Пронге (сток в Татарский пролив) содержание фенолов было в 2 раза меньше, чем на Северном фарватере. В зоне перемешивания пресной и морской воды на Сахалинском траверсе качество воды значительно улучшалось, за счет седиментации взвешенных веществ на мелководье вокруг о. Оримиф. Однако, в пробах воды была установлена высокая численность бактерий, участвующих в минерализации лабильных и стойких органических веществ. Фенолы в пробах воды на этом участке отсутствовали, вероятно за счет высокой активности микробных комплексов, участвующих в их трансформации и деструкции. Согласно полученным данным был сделан вывод о том, что в летнее время в Амурском лимане происходят активные процессы продукции и деструкции органических веществ, поступающих с речным стоком. Основная масса стойких ароматических веществ выносится в направлении Охотского моря.

Таблица 1

Активность роста микробоценозов поверхностных вод среднего Амура (оптическая плотность при 490 нм через 90 сут) на ароматических соединениях (июль 2006 г.)

Место отбора проб воды		Нафталин, 0,1 %	Фенантрен, 0,1 %	Фенол, 0,1 %
68 км выше устья р. Сунгари	ЛБ	0,19	0,210	0,200
	С	0,48	0,310	0,390
5 км ниже устья р. Сунгари	ЛБ	0,16	0,280	0,200
	С	0,34	0,170	0,250
с. Нижнеленинское	ЛБ	0,17	0,260	0,290
	С	0,39	0,160	0,320
	ПБ	0,17	0,250	0,350
130 км выше г. Хабаровска	ЛБ	0,23	–	0,240
	С	0,30	0,200	0,480
	ПБ	0,31	0,230	0,140
с. Верхнеспасское	ЛБ	0,29	0,150	1,100
	С	0,22	0,075	0,095
	ПБ	0,15	0,085	0,320
7 км выше г. Хабаровска	ЛБ	–	0,180	0,170
	С	0,40	0,260	1,100
	ПБ	0,34	0,190	0,840

Примечание. ЛБ, ПБ — левый и правый берег, С — середина реки.

Таблица 2

Активность МК в реках Сунгари и Амур после техногенной аварии в КНР по отношению к фенолу (оптическая плотность при 490 нм) в марте 2006 г.

Место отбора проб воды		Левый берег		Правый берег	
		П	Д	П	Д
Р. Сунгари	г. Харбин	0,19	0,18	0,04	0,020
	г. Цзямусы	0,08	0,50	0,19	0,300
	г. Тунцзян	0,06	0,05	0,11	0,085
Р. Амур	Ниже устья р. Сунгари	0	0,01	0,45	0,580
	г. Фуюань	0,50	0,01	0,44	0,110
	г. Комсомольск-на-Амуре	0,10	0,10	0,03	0,100

Примечание. П — поверхностные воды, Д — придонные воды.

Последующие экспериментальные исследования, проведенные в 2006 г. показали, что при увеличении концентрации NaCl устойчивость микробных комплексов по отношению к фенолам снижается, что выражается в снижении интенсивности накопления их биомассы (табл. 3). В тоже время по отношению к углеводам и азотсодержащим ОВ такого резкого ин-

гибирования роста не наблюдается. Ответные реакции МК из различных местообитаний на присутствие в водной среде фенола отличались. Так, наиболее чувствительными к фенольному загрязнению оказались МК на юге Амурского лимана. В центральной части МК использовали фенол при широком диапазоне концентрации NaCl. Это объясняется адаптацией МК к постоянному изменению режима солености

Таблица 3

Сравнительный анализ активности роста микробных комплексов на пептоне, глюкозе и феноле при различной солености (оптическая плотность при 490 нм)

Места отбора проб	Пептон		Глюкоза		Фенол	
	1 % NaCl	3 % NaCl	1 % NaCl	3 % NaCl	1 % NaCl	3 % NaCl
Устье р. Амур	0,95	0,60	1,35	0,75	0,285	0,075
Центральная часть Амурского лимана	1,40	1,00	1,75	1,50	0,345	0,100
Северная часть Амурского лимана	1,25	0,70	0,57	0,59	0,120	0
Южная часть Амурского лимана	0,90	0,63	1,00	0,95	0	0

Предполагалось, что фактор солености должен отражаться также на интенсивности трансформации отдельных представителей ПАУ. Это может быть связано с их седиментацией не только в составе взвешенных веществ, но и при увеличении солености, так как растворимость многих ПАУ в морской воде уменьшается. Поэтому активность роста микробных комплексов Амурского лимана на полициклических ароматических углеводородах в значительной степени должна была зависеть от мест отбора проб, которые отбирались по мере увеличения солености от устья р. Амур (проба № 1), по южному фарватеру (№ 2, 3) по направлению к Татарскому проливу (№ 4, 5, 6). Как показали наши исследования, МК из проб воды, отобранных в зоне с высокой соленостью (Южное направление, Татарский пролив) в модельном микрокосме оказались наиболее активными при росте на нафталине и фенантрене (табл. 4).

Таблица 4

Влияние условий солености на потенциальную активность роста МК на нафталине и фенантрене (оптическая плотность при 490 нм)

Номер пробы	1	2	3	4	5	6
Соленость природной воды, г/л	0,03	0,110	5,340	11,170	15,110	21,25
Рост на нафталине	0,045	0,050	0,045	0,015	0,025	0,12
Рост на фенантрене	0,075	0,040	0,075	0,030	0,045	0,13

Согласно данным, полученным методом ВЭЖХ, на южном участке Амурского лимана в воде были зарегистрированы антрацен, флуорен и фенантрен. Источником загрязнения могли выступать суда, транспортирующие уголь открытым способом (Кондратьева и др., 2007). Есть основания полагать, что на этом участке Амурского лимана происходит загрязнение поверхностных вод углеводородами различного происхождения и продуктами их трансформации. В зоне смешения морской и пресной воды эти соединения также присутствовали, не смотря на плохую растворимость в соленой воде. Дальнейшая их судьба может быть связана с седиментацией на дно, трансформацией или биоаккумуляцией планктонными и бентосными организмами.

Микробиологическая активность по отношению к трехциклическому фенантрону была выше, чем к бициклическому нафталину. Это проявляется в виде образования цветных про-

дуктов трансформации и последующей их утилизацией МК в качестве источника углерода. Характер адаптации МК к отдельным представителям ПАУ, их активность не зависели от повышения солености. Менее активными оказались МК из центральной части МК, где соленость изменяется в значительной степени (0,01–0,30 %) и влияет на растворимость ПАУ. Более активными оказались МК, выделенные из проб воды, отобранных в Татарском проливе, хотя здесь была отмечена максимальная соленость (2,1–2,5 %). Как было показано выше, в этой же точке отбора проб воды была установлена максимальная активность роста МК на феноле, что свидетельствует о хроническом фенольном загрязнении акватории.

Согласно микробиологическим исследованиям в водных массах распространяющихся в направлении Японского моря складывается напряженная экологическая ситуация. Здесь существует высокий риск аккумуляции ПАУ гидробионтами и негативное воздействие на их организм токсичных промежуточных продуктов деструкции углеводов, в том числе фенольного ряда.

Авторы выражают свою глубокую признательность сотрудникам ТОИ ДВО РАН О.В. Дудареву и П.Я. Тищенко за оказанную помощь в отборе проб воды и определение солености в Амурском лимане в июне 2006 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Кондратьева Л.М. Экологический риск загрязнения водных экосистем. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 299 с.
- Кондратьева Л.М., Каретникова Е.А., Рапопорт В.Л. Деструкция фенольных соединений микробными сообществами Амурского лимана // Биол. моря. — 2001. — Т. 27, № 6. — С. 407–415.
- Кондратьева Л.М., Фишер Н.К. Реакции микробных комплексов на трансграничное загрязнение реки Амур // Материалы Междунар. конф. — СПб.: ЛЕМА, 2007. — С. 181–186.
- Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Стукова О.Ю., Золотухина Г.Ф. Загрязнение реки Амур полициклическими ароматическими углеводородами // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 4. — С. 17–26.
- Кондратьева Л.М., Чухлебова Л.М., Рапопорт В.Л. и др. Биоиндикация загрязнения водных экосистем полиароматическими углеводородами // Материалы Междунар. конф. — Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2004. — С. 98–101.
- Фишер Н.К., Кондратьева Л.М. Влияние стойких органических веществ на формирование качества воды Бурейского водохранилища // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. — Пермь, 2007. — Т. 2. — С. 90–94.
- Lobova T.I., Maksimova E.E., Popova L.Yu., Pechurkin N.S. Geographical and seasonal distribution of multiple antibiotic resistance of heterotrophic bacteria of Shira Lake // Aquatic Ecology. — 2002. — Vol. 36, № 2. — P. 299–307.
- O'Toole G.A., Kolter R. Initiation of biofilm formation in *Pseudomonas fluorescens* WCS 365 proceeds via multiple, convergent signaling pathways: a genetic analysis // Molec. Microbiol. — 1998. — Vol. 28. — P. 449–461.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ В ИССЛЕДОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ АМУРА

Н.Э. Косых¹, З.Г. Мирзаханова², С.К. Пинаев¹, С.З. Савин¹, В.В. Шамов²

¹ Вычислительный центр ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия, e-mail: admvc@as.khb.ru

² Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: dmitry@iver.as.khb.ru

Приамурье остается одной из наименее изученных территорий страны и характеризуется значительной экстремальностью климатического режима, выраженной гидробиохимической и географической контрастностью отдельных своих зон. Особенностью региона является наличие целого ряда обширных геохимических провинций с аномально высокими уровнями содержания многих микроэлементов. Более 40 % территории края относится к зонам высокой радоноопасности. Все эти факты могут свидетельствовать о существовании в Приамурье целого комплекса природных факторов повышенного риска для различных популяций морских и пресноводных организмов. Сточные воды Амура выносят в Охотское и Японское моря более 230 тыс. т загрязняющих веществ в год. Дальнейшее устойчивое развитие Приамурья, включая рациональное использование биоресурсов, невозможно без серьезных фундаментальных исследований междисциплинарных проблем одной из крупнейших рек мира. В мировой и отечественной практике применяются разнообразные подходы к построению информационно-справочных систем, по уровню сложности сравнимых с подобными биообъектами. Как правило, они основаны на многослойных пространственных моделях объекта, например, т.н. геоинформационные системы (ГИС), где проблемы совмещения и манипулирования графическими и атрибутивными данными в рамках единой интегрированной модели в какой-то степени решены. Создаваемая нами в рамках проекта РГНФ № 07-06-12126в геоинформационная система (ГИС) Приамурья отчетливо показала, что климатический режим, геоморфологические характеристики территорий, типы биоценозов в значительной степени определяют условия освоения территорий (тип хозяйствования, характер производства, социально-бытовые условия проживания населения, традиции и алгоритмы природопользования и пр.). В свою очередь эти факторы влияют на характер антропо-техногенного загрязнения водной среды, оказывая непосредственное влияние на популяции рыб. С учетом иерархичности связей в речных экосистемах и принципов климатического, геоботанического районирования, дополненного результатами экспедиционных исследований ИВЭП ДВО РАН, были выявлены факторы, оказывающие воздействие на формирование устойчивых промысловых популяций рыб природно-климатических условий, биоценозов, характера антропо-техногенного освоения рек, пресных водоемов и прилегающей к ним местности. За территориальную единицу наблюдения с помощью геоинформационных технологий были приняты дендрогидроинтродукционные подобласти и в отдельных случаях — дендроинтродукционные районы. Выделенные таким образом территориальные образования получили название районов (ПКР). Всего на территории Дальневосточного федерального округа помимо крупных городов (Владивостока, Находки, Уссурийска, Хабаровска, Комсомольска, Благовещенска, Петропавловска-Камчатского, Магадана и Южно-Сахалинска) было выделено 24 ПКР, из них половина относится к бассейну реки Амур и ее основных притоков, но лишь 6 непосредственно принадлежат руслу реки. Так, Амгуньско-Буреинский ПКР включает бассейн р. Амгунь, верхнюю часть бассейна р. Буряя, центральную и северную часть Буреинского хребта. Территория ПКР слабо заселена, в большинстве районов сельское население преобладает над городским, занимаясь преимущественно охотой и рыболовством. Амурско-Уссурийский ПКР соответствует Биробиджанско-Хорскому району дендрогидроинтродукционной подобласти кедрово-широколиственных лесов западного Сихоте-Алиня и левобережья Среднего Амура. Расположен на территории долины среднего Амура и нижней Уссури, а также бассейнов рек Бикин, Хор, Тунгуска, Бира, Биджан. В большинстве административных районов, включенных в ПКР, сельское население преобладает над городским.

Этот ПКР характеризует относительно высокий уровень экономического развития. Зона относительно развитого сельского хозяйства, представленного посевами на больших площадях зерновых культур, овощеводством, картофелеводством, мясомолочным животноводством. Отмечается широкое применение химических удобрений на больших площадях. Биджан-Куро-Урмийский ПКР соответствует амурскому району дендроинтродукционной подобласти влажных кедрово-лиственных лесов западного Сихоте-Алиня и левобережья левого Амура области неморальных манчжурских лесов муссонного климата. Расположен на территории бассейнов рек Биджан, Кура, Урми. На большей части Биджан-Куро-Урмийского района сельскохозяйственные предприятия носят характер мясо-молочного производства, картофелеводства. Зейско-Верхне-Амурский ПКР соответствует дендрогидроинтродукционной подобласти неморальной тайги. Расположен в южных районах Амурско-Зейской долины. В северной части ПКР сельское хозяйство представлено молочно-мясным животноводством с посевами зерновых культур по долинам крупных рек. В южной части, по долине р. Амур, на больших площадях осуществляются посевы зерновых культур, развито овощеводство, картофелеводство, животноводство. Верхне-Амурский ПКР соответствует приамурскому району дендрогидроинтродукционной подобласти умеренно-влажных широколиственных лесов и лесостепей. Располагается на территории нижнего бассейна р. Зея, бассейнов рек Ивановка и Завитая. Территория является одной из наиболее густонаселенных на Дальнем Востоке. Сельское население значительно преобладает над городским. Административные районы, включенные в ПКР, являются основными сельскохозяйственными производителями Дальневосточного экономического региона. Верхнезейско-Селемджинский ПКР соответствует дендрогидроинтродукционной подобласти юга средней тайги области восточно-сибирской тайги, территория ПКР охватывает верхний и средний бассейн р. Зеи и весь бассейн р. Селемджи. В пределах природно-климатических районов бассейна р. Амур проведено объединение близлежащих территорий со сходными климато-географическими параметрами. Это стало возможным за счет использования ГИС на принципах дендрогидроинтродукционного районирования местности, максимально учитывающего ее гидрологические и климатологические особенности. В пределах данных объединенных территорий наблюдается также значительное, но не полное сходство характера хозяйственного освоения речных биоресурсов. Разработанные методологические подходы к комплексному мониторингу биоресурсов Приамурья с использованием геоинформационных систем способствовали составлению электронных картограмм территориального распространения основных видов рыб и форм речной растительности. В рамках гидробиологического и эколого-географического исследования проведен анализ влияния содержания комплекса микроэлементов в реках бассейна Амура, почвах и подземных водах, в том числе содержания металлов, параметров климатического режима на риск гибели, возникновения основных форм заболеваний, определяющих динамику численности и устойчивость основных промысловых популяций. Проанализированы пространственные данные о содержании в водах, прибрежных горных породах и почвах Приамурья микроэлементов: лития, бериллия, ванадия, хрома, кобальта, цинка, меди, галлия, германия, стронция, мышьяка, рубидия, иттрия, циркония, молибдена, серебра, вольфрама, свинца, тория, урана; изучено влияние в зонах расположения малых населенных пунктов нитратов, нитритов, ионов цинка, меди, железа, магния, калия, свинца, мышьяка, ртути в водах. Определен характер гидролого-климатического режима по материалам мониторинга погоды, осуществляемого подразделениями Дальневосточного регионального управления гидрометеослужбы и данным справочников. Исследованы взаимоотношения факторов загрязнения водной среды (тяжелые металлы, органические и микроэлементы) и эндогенных факторов с помощью метода информационного моделирования, геоинформационных технологий и средств гидролого-экологического мониторинга бассейна Амура.

Идеология метода информационного моделирования в экологии, геоинформатике и биологии развивает некоторые оригинальные теоретико-игровые модели (ТИМ) поведения популяций рыб и их адаптации в экстремальных условиях, а также использует методологию системного анализа антропогенного воздействия на состояние водных экосистем и речных

популяций в районах освоения на Дальнем Востоке России. Применение ГИС-технологий позволило учитывать не только природно-климатические, но и этносоциальные факторы взаимодействия обитающего в Приамурье коренного населения с речными экосистемами.

Длительное проживание в отдаленных труднодоступных районах с экстремальными климатическими условиями способствовало изоляции этих народов и формированию своеобразных этнических стереотипов. По своему образу жизни, традициям по отношению к речным ресурсам, в прямом смысле дающим им жизнь, они отличаются не только от приезжего населения, но и друг от друга. Сложившиеся веками обычаи природопользования заметно сохранились среди народов, проживающих относительно изолированно от приезжих на северо-востоке региона. В то же время у аборигенов, проживающих на берегах Амура и Уссури, выявлены все более значительные изменения в образе жизни, что связано с более ранним промышленным освоением и заселением южных территорий. Привыкший к государственному обеспечению человек в социально-экономическом отношении ныне предоставлен самому себе. Так, например, за последние 10–15 лет возросла часть коренного населения, пользующаяся растительными наркотическими веществами, что связано с меньшей доступностью алкогольных напитков в силу их дороговизны. Снизились объемы добычи рыбы ценных пород и ее качества, что обусловлено ее систематическим незаконным переловом, а также ухудшением экологической обстановки на Амуре, преимущественно связанным с ростом загрязнения воды со стороны промышленных центров и сельхозугодий КНР. В некоторых национальных селах, особенно значительно удаленных от основных транспортных путей (например, с. Кольчем Ульчского района), где чрезвычайно высока доля неработающего населения, люди, в той или иной мере употребляющие наркотические вещества, составляют около половины населения. С таких позиций изучение социально-этнических аспектов сохранения речных биоресурсов и роли коренного национального населения Приамурья в сохранении традиционных форм рационального природопользования представляет интерес для любого глобального проекта, связанного с ресурсосберегающим характером освоения новых территорий и видов промысла. С использованием методологии информационного моделирования создаются ГИС-картограммы, иллюстрирующие особенности территориального распространения основных форм природопользования водными биоресурсами среди жителей Приамурья.

ГИС, основанные на использовании популяционно-аналитического метода, позволяют также преодолеть противоречия стандартного эпидемиологического исследования обитающих в Амуре и притоках водных организмов. Популяционно-аналитический метод с применением ГИС охватывает всю популяцию, при этом в качестве объекта изучения рассматриваются показатели частоты заболеваемости, причины гибели представителей того или иного вида рыб, речной флоры и фауны и т.п., а в качестве признаков, оказывающих влияние на объект исследования — значения или степень представленности природных (температурный режим, инсоляция, содержание микроэлементов в водах и почвах и т.п.) и иных факторов, относимых к так называемым параметрам малой интенсивности.

ГИС позволяют подробно рассматривать гидробиохимическую составляющую экологических проблем Приамурья. Как известно, в зависимости от степени опасности тяжелые металлы подразделяются на классы. К первому, самому опасному классу, относятся мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк. Ко второму классу относятся кобальт, никель, медь, молибден, сурьма, хром; к третьему — ванадий, вольфрам, марганец, стронций. Чем выше класс опасности тяжелого металла, тем меньшая его доза вызывает токсический, мутагенный или канцерогенный эффект, тем меньше его предельно допустимая концентрация в атмосфере, почве, корме и воде. Природная вода бассейна р. Амур загрязнена такими вредными примесями, как пестициды — токсичные химические вещества, применяемые для защиты возделываемых культур и лесов от вредителей. Пестициды легко растворяются в воде и поэтому легко попадают в реки и озера, к примеру, с дождевой водой. Действие на организм рыб пестицидов может быть специфическим и неспецифическим. Специфическое действие проявляется как эффект того токсического вещества, которое обуславливает действие пестицида.

Неспецифическое действие пестицидов проявляется в их способности при хроническом воздействии в малых дозах снижать иммунитет, вызывать мутацию генного кода, а также различные заболевания, включая новообразования. Кроме того, в естественных водоемах могут присутствовать гербициды — органические соединения, применяемые в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками, и нитраты — соли азотной кислоты, применяемые в качестве удобрений. Нитраты обладают способностью образовывать в организме с компонентами пищи нитрозамины, вызывающие злокачественные новообразования. До 65 % нитратов в пищеварительном тракте превращаются в нитриты, которые попадают в кровь и ткани организма. Специфическое действие нитритов проявляется в образовании метгемоглобина, не способного переносить кислород к органам и тканям. Это вызывает нарушение транспортной функции крови, угнетает ферментные системы, регулирующие тканевое дыхание. В первую очередь поражаются органы пищеварения и нервная система. Перечень всех синтезированных органических веществ, которые могут присутствовать в природных водах, составил бы тысячи наименований. Значительная часть этих веществ, как уже известно, обладает канцерогенными и мутагенными свойствами. Часть нерастворенных загрязнений, задерживающихся при исследовании на специальных бумажных фильтрах, называются взвешенными веществами (ВВ) и измеряются в мг/л. Содержание наиболее опасных органических загрязнений, находящихся в растворенном состоянии, оценивается величиной биохимической потребности в кислороде (БПК). К числу изучаемых посредством ГИС показателей качества воды относятся водородный показатель, содержание кислорода, биологическое потребление кислорода, солесодержание, концентрация хлоридов, сульфатов, нитритов, фосфатов, нефтепродуктов, меди, хрома, цинка, свинца, никеля, железа, бактериальное загрязнение, а также эпизодически изучаемые загрязнители (пестициды, радионуклиды, кадмий, кобальт, фтор, мышьяк, стронций, серебро, алюминий). Известно, что чистые водоемы обладают большими резервами самоочищающей способности, загрязненные стоят на грани вывода из биологического равновесия, грязные и очень грязные из биологического равновесия выведены и нуждаются в сокращении количества поступающих загрязнений. В соответствии с существующей классификацией чистыми является не более 1 % пресных вод на территории Приамурья РФ, а более 17 % отнесены к классу очень грязных. Экологическое состояние водных экосистем во многом определяется балансом между самоочищением и вторичным загрязнением. При классификации степени экологического риска от первичного загрязнения следует учитывать общий уровень евтрофирования водных экосистем и возможные последствия вторичного загрязнения, с учетом специфики микробиологических процессов деструкции и трансформации органических соединений природного и антропогенного происхождения, вновь поступающих и уже аккумулированных в водоеме. Таким образом, состояние р. Амур можно оценить как неблагоприятное, имеющее повышенную степень потенциальной эпидемиологической опасности для всех ее обитателей. Особенно обостряется экологическая обстановка в период ледостава на р. Амур: при образовании ледяного покрова прекращается поступление из атмосферы в воду кислорода, столь необходимого для окисления органических веществ и дыхания водных животных. Потребление растворенного кислорода приводит к снижению его концентрации и ухудшению качества воды в связи с накоплением весьма токсичных продуктов неполного распада органических веществ. Одновременно падение расходов воды в среднем на порядок по сравнению с периодом открытой воды обуславливает соответствующее возрастание нагрузки сточных вод на единицу водного стока Амура. При этом скорость минерализации органических веществ из-за низкой температуры в несколько раз ниже, чем летом. Совместное действие этих факторов, особенно в маловодные годы, приводит к тому, что река не успевает перерабатывать стоки, и токсичные вещества накапливаются в экосистеме. Это может иметь следствием резкое обострение экологической обстановки, при этом обменные процессы у рыб начинают идти по анаэробному пути с образованием летучих промежуточных продуктов, которые и придают воде и рыбам несвойственные запахи. Исследование посредством ГИС сезонной динамики изменения пространственных гидробиохимических данных выявило особенности состава речной воды в период таяния льда, когда осуществляется переход

загрязнителей изо льда в воду. Таковыми являются тяжелые металлы (олово, свинец, хром, серебро), накапливающиеся в снежном покрове и льду за счет аэрозолей хозяйственного генезиса, а также нефтепродукты. Одним из токсичных веществ, вызывающих ухудшение качества поверхностных вод, является аммонийный азот. В Амур аммонийный азот поступает с водой питающих его рек, озер и болот, атмосферными осадками, промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, стоками сельскохозяйственных угодий и ферм. Наибольшим содержанием аммонийного азота в воде Амура отмечен период зимней межени, что обусловлено слабым потреблением фитопланктона, а также усилением в последние годы антропогенного воздействия. Такие значительные колебания его концентрации обусловлены внутриводными процессами: интенсивным потреблением его водорослями в период их массового развития на одних участках, и отмиранием — на других, т.е. содержание аммонийного азота в воде р. Амур определяется природными и антропогенными факторами. В целом химический состав вод Среднего Амура формируют воды Верхнего Амура и притоков, наиболее значительными из которых являются Зея, Бурея, Сунгари и Уссури.

Итак, ГИС-мониторинг позволяет корректно исследовать три группы базовых параметров управления природопользованием: по допустимым уровням воздействия на природный потенциал; по предотвращению вредного воздействия на окружающую среду; по инвестиционному обеспечению охраны природы и использованию ресурсов водных экосистем. Таким образом, решение проблем планирования мероприятий по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов в краях и областях Приамурья невозможно без средств гидро-экологического мониторинга, реализуемого посредством ГИС-технологий, специализированных систем хранения данных, банков данных и баз знаний, электронных сетей контроля и управления состоянием водоемов. Для решения этого класса задач нами также разработаны глобальные и локальные модели ситуаций и решений, позволяющие описывать различные аспекты представления множества ситуаций, в том числе формировать классы игроков, ситуаций, решений, функциональных состояний лица, принимающего решения (ЛПР) и т.д., соответствующие алгоритмы классификации, распознавания и прогнозирования в качестве компоненты как ситуаций, так и решений. Разработаны также принципы программной, информационной и эргономической реализации упомянутых выше ТИМ в рамках информационно-распознающих систем (ИРС) на примере процессов самоорганизации при исследовании термодинамики открытых систем, какими являются объекты живой Природы. От реализации всего комплекса мероприятий на межгосударственном уровне с использованием современных информационных технологий и зависит то, как изменится р. Амур и репродуктивные функции обитателей рек Амурского бассейна в ближайшее столетие в связи с изменением климата, проблемами народонаселения, технизации и урбанизации Приамурья.

ЭКОЛОГИЯ АСЦИДИЙ РОДА *HALOCYNTHIA* В БУХТЕ АЛЕКСЕЕВА (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)

А.А. Косьяненко, В.А. Раков

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

В российских водах Японского моря обитает не менее 60 видов асцидий. Из них два имеют промысловое значение, являются ценным сырьем для получения лекарственных препаратов, а за рубежом используются в пищу. К ним относятся бугорчатая асцидия *Halocynthia roretzi* (Drasche) и пурпурная асцидия *Halocynthia aurantium* (Pallas). В Японии, КНДР и Республике Корея эти виды асцидий культивируются на морских плантациях и в больших объемах выращиваются в прибрежной зоне на специальных искусственных рифах. Биология и экология бугорчатой и пурпурной асцидий, обитающих у берегов Приморья, практически не исследованы. Это объясняется тем, что промысел асцидий в прибрежных водах южного Приморья начат относительно недавно и объемы добычи пока невелики. Однако как для оценки промысловых запасов и определения квот вылова с целью рационального промысла, так и для разработки биотехнологии культивирования необходимы сведения о росте и продолжительности жизни асцидий.

Бухта Алексеева, где проводились исследования, находится в юго-западной части Амурского залива, вдается в северо-западный берег о. Попова, и открыта ветрам западных и северо-западных румбов. Вершина бухты сравнительно мелководна, в средней части глубина увеличивается до 11 м и по направлению к выходу равномерно возрастает до 20 м. Гидрологический режим характеризуется значительными сезонными колебаниями температуры и солености воды. Содержание кислорода в воде близко к насыщению и не опускается ниже 90 % даже на максимальных глубинах (Бирюлин и др., 1970).

Асцидии принадлежат к классу хордовых животных, все они исключительно морские формы, отдаленно родственные позвоночным. Их можно встретить во всех морях, от приливотливной (литоральной) зоны до края континентального шельфа, а несколько видов — даже на океанической абиссали. Из яиц выходят личинки, напоминающие головастика и совершенно

не похожие на взрослую особь; присутствие у них внутреннего зачатка скелета в виде хорды, а также некоторые другие признаки свидетельствуют о родстве асцидий с позвоночными. Личинки бугорчатой и пурпурной асцидий начинают оседать на дно, а также на канаты и веревки, установленные в толще воды практически одновременно в конце июля — начале августа. Оседание личинок асцидий на коллекторы обычно заканчивается во второй половине августа — начале сентября. Специальные наблюдения показали, что личинки находятся в воде недолго — от 2 ч до 5 сут и не питаются (Саватеева и др., 1983; Иванова-Казас, 1995).

Исследования проводились на морской экспериментальной станции в бухте Алексеева (о. Попова) с июня по август 2007 г. Отбор проб производился на 14 станциях, которые находились на глубине от 7 до 26 м (рис. 1). Было собрано и обработано около 40 ихтиопланктонных проб. Пробы отбирали ихтиопланктонной сетью ИКС-80. Станции подбирались исходя из визуального наблюдения присутствия взрослых особей на субстрате с определенными фациями (скальные обломки, камни и раковины двусторчатых моллюсков).

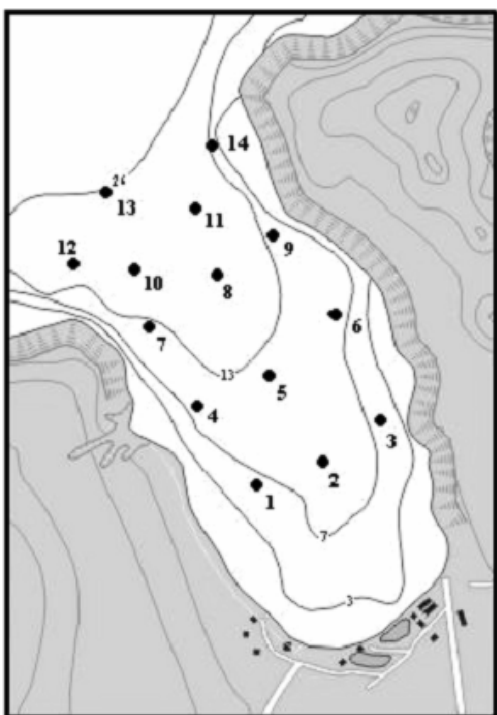


Рис. 1. Схема станций в бухте Алексеева

В районе станций 1, 4, 7, 9, 12 и 14 донные образования представлены крупными обломками скал, камнями и многочисленными прикрепленными мидиями Грея. На станциях 2, 5, 8, 10, 11 и 13 по данным проб бентоса, собранных дночерпателем Ван-Винга, на дне преобладают илы, смешанные с остатками раковин двустворчатых и брюхоногих моллюсков. В июне количество личинок *Nalocynthia*, обнаруженных в пробах на станциях 1 и 7, превышало их количество в пробах на станциях 5, 8 и 9. На этих станциях их количество было равным соответственно 7,0 и 5,5 % общего количества обнаруженных личинок. В июле количество личинок, обнаруженных на станциях 1, 5 и 7, увеличилось, превысило их количество на станциях 4, 6, 8–11 и было равным соответственно 12,0, 4,0 и 5,5 %. А в августе их количество на станциях 1, 4 и 5 составляло 9,3, 5,0 и 7,0 %, что несущественно превысило количество личинок на станциях 6–11 (рис. 2).

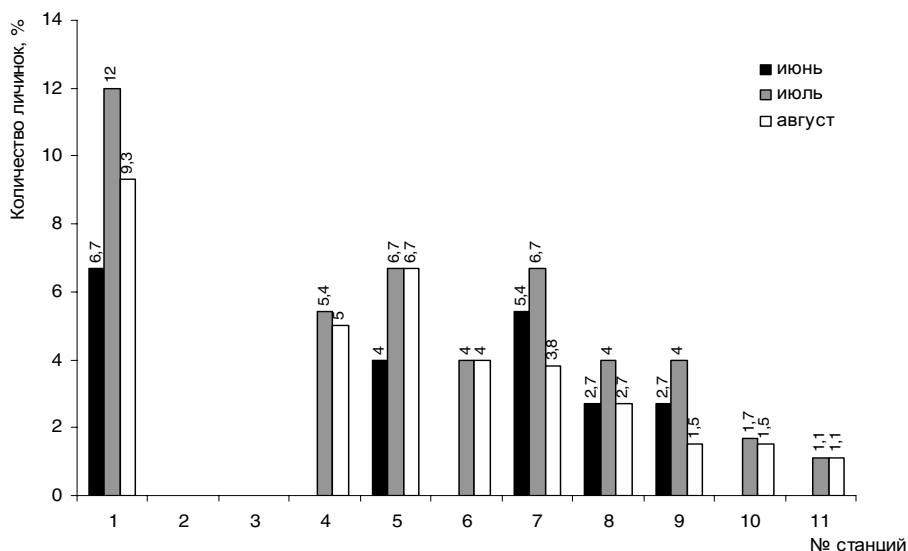


Рис. 2. Количественное распределение личинок *Nalocynthia* на станциях в бухте Алексева летом 2007 г.

Как показали исследования, с начала до середины июня происходило постепенное увеличение количества личинок асцидий. На период с середины июня к середине августа наблюдался пик увеличения количества свободноплавающих личинок, к концу августа уже происходил спад количества личинок, подтверждаемый данными о сроках нереста из литературных источников.

Результаты обработки данных, полученные во время исследований в течение трех месяцев 2007 г., дают общую картину нереста и распределения личинок асцидий рассматриваемого рода по бухте Алексева, и позволяют использовать эти данные в дальнейшем для разработки биологических основ культивирования этих гидробионтов.

ЛИТЕРАТУРА

Бирюлин Г.М., Бирюлина М.Г., Микулич Л.В., Якунин Л.П. Летние модификации вод залива Петра Великого // Тр. ДВНИГМИ. — 1970. — Вып. 30. — С. 286–299.

Иванова-Казас О.М. Очерки по филогении низших хордовых. — СПб.: Изд-во СПб ун-та, 1995. — С. 1–160.

Саватеева Л. Ю., Маслова М.Г., Володарская В.Л. Дальневосточные голотурии и асцидии как ценное пищевое сырье. — Владивосток: ДВГУ, 1983. — 184 с.

СТРАТЕГИЯ ВОЗРАСТНОГО И СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ У ВОСТОЧНОЙ КАМЧАТКИ *LAMINARIA LONGIPES* (PHAEOPHYTA, LAMINARIALES)

А.Э. Кусиди¹, Н.Г. Клочкова²

¹ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: anna20@vulcan.ru

² Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: anna20@vulcan.ru

Изучение ламинариевых водорослей представляет большой научный и практический интерес, который связан с их высокой промысловой значимостью. *Laminaria longipes* у берегов восточной Камчатки обитает у прибойных участков побережья и на глубине 0,5–2,5 м образует клоновые дернины плотностью 30–40 экз./м² (Клочкова, Березовская, 1997). От других представителей рода *Laminaria* она отличается неповторимым внешним обликом. Ее пластина цельнолистная, состоит из участков, появившихся в разные годы жизни и разделенных между собой перетяжками, Органами прикрепления и вегетативного размножения у нее служат ризомы. Морфология разновозрастных образцов вида из Авачинского залива приведена на рис. 1.

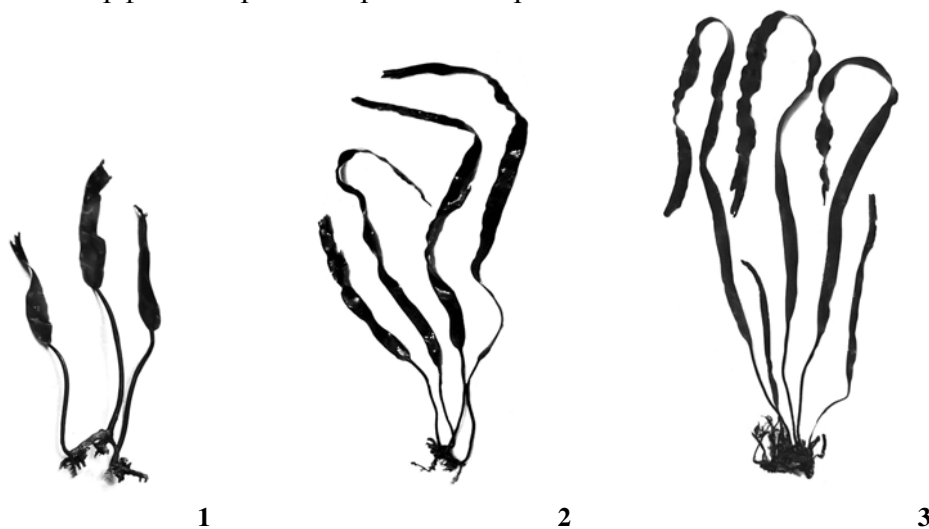


Рис. 1. Внешний вид *Laminaria longipes* на первом (1), втором (2) и третьем (3) годах жизни

Биология возрастного и сезонного развития *L. longipes*, несмотря на всю значимость этих сведений для понимания внутривидовых и межвидовых конкурентных взаимоотношений ламинариевых, до последнего времени оставалась практически не изученной. Наше исследование, направленное на изучение этих вопросов, было проведено в период 2004–2006 гг. в акватории Авачинского залива.

Сбор сезонных количественных проб *L. longipes* проводили с апреля по октябрь во все основные периоды онтогенеза, начиная от фазы активного линейного роста до спороношения и подготовки растений к зимнему покою. Изучение популяции *L. longipes* из Авачинского залива показывает, что она здесь живет 3 года. В обработанных пробах количество растений разных возрастов составляло от 15 до 40 шт. Их собирали водолазы на глубине 2–4 м, в зоне эколого-ценотического оптимума изучаемого вида.

Наши исследования показывают, что возрастная изменчивость *L. longipes* различная в разные сезоны года. В период, когда растения находятся на стадии активного линейного роста, она наиболее показательна и удобна для исследований, поскольку разновозрастные растения в это время имеют наибольшие размерные различия. На рис. 2 видно, что из трех возрастных групп самые высокие средние показатели размеров и массы в период активного линейного роста *L. longipes* имеют двухлетние растения. В это время средняя длина их пластин и черешков больше,

чем у однолетних, соответственно на 39 и на 4 см. Трехлетние растения в это время не много меньше двухлетних. Такие же особенности свойственны и для показателей массы.

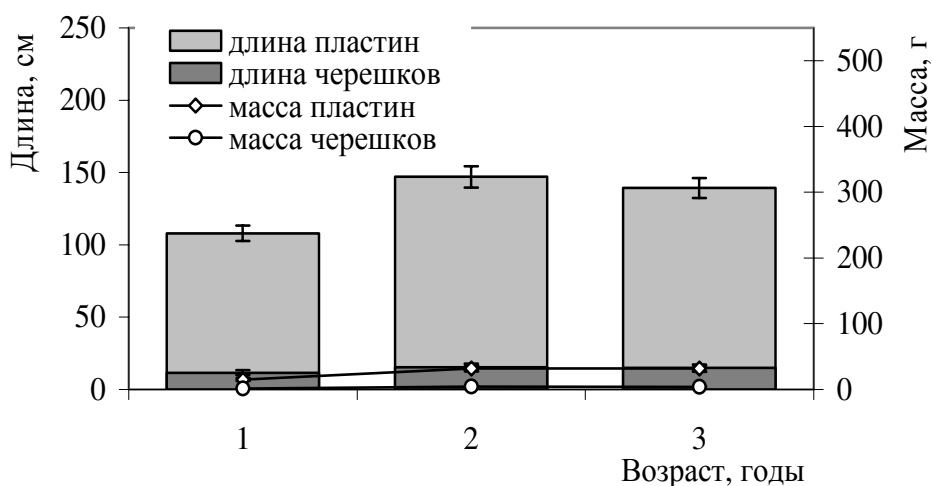


Рис. 2. Средние показатели длины и массы пластин и черешков у разновозрастных представителей *Laminaria longipes* в период активного линейного роста в апреле

Представленные на рисунке данные показывают, что общая стратегия развития *L. longipes* сводится к тому, что в период с первого по второй годы жизни ее морфофизиологические преобразования направлены главным образом на увеличение длины пластины и площади фотосинтетической поверхности. На втором году жизни она имеет самые высокие темпы прироста длины и массы, а к третьему году, когда растения стареют, темпы их прироста в среднем по популяции несколько снижаются. Уменьшение средних значений всех показателей на последнем году жизни, на наш взгляд, является следствием того, что в период между вторым и третьим годами жизни, т.е. от апреля до апреля, значительное количество двухлетних растений по разным причинам погибает из-за воздействия на них волн, льда, фитофагов и других неблагоприятных факторов. Судя по нашим наблюдениям, элиминации активно подвергаются длинночерешковые растения.

В развитии *L. longipes*, как и у других видов рода, выделяются 4 основных периода онтогенеза. Вначале, во время активного линейного роста, она достаточно быстро увеличивает площадь фотосинтетической поверхности. В течение следующего периода, созревания, ее линейный рост заметно замедляется, у растений к этому времени завершается формирование внутренних тканей. Это способствует активному накоплению и передвижению по пластине пластических веществ и сопровождается увеличением толщины пластины и массы слоевищ. Во время следующего предфертильного периода растения используют накопленные вещества для закладки и созревания фертильной ткани. В ходе фертильного периода у них происходит выход зооспор. Одновременно на зрелых участках пластины может происходить дозакладка фертильной ткани. Период спороношения у *L. longipes* приходится на осеннее время. Одновременно, начиная с конца октября, она готовится к зимнему периоду.

Изучение помесечных изменений размерно-массовых показателей, позволяет понять на какие месяцы года приходится каждый из описанных периодов. Наши исследования показывают, что представители разновозрастных групп развиваются по единому сценарию. Разница в их развитии сводится к различиям размерно-массовых показателей и некоторому несовпадению календарных сроков описанных выше периодов онтогенеза. Это несовпадение связано с тем, что однолетние представители завершают линейный рост, созревают и вступают в размножение почти на месяц позже, чем представители более старших возрастных групп. Ниже помесечное развитие *L. longipes* показано на примере двухлетних растений, характеризующихся наилучшими морфофизиологическими показателями (рис. 3).

На представленном рисунке кроме сведений по изменению длины и массы у представителей изученной выборки приведены соответствующие помесечные изменения таких эколо-

гических факторов, как длина дня, температура и волнение прибрежной водной массы, концентрация биогенов. Сведения по их изменению в Авачинском заливе взяты из данных Камчатского УКГМС и работы В.А. Березовской (1999). Расчеты помесечных изменений длины дня были выполнены авторами.

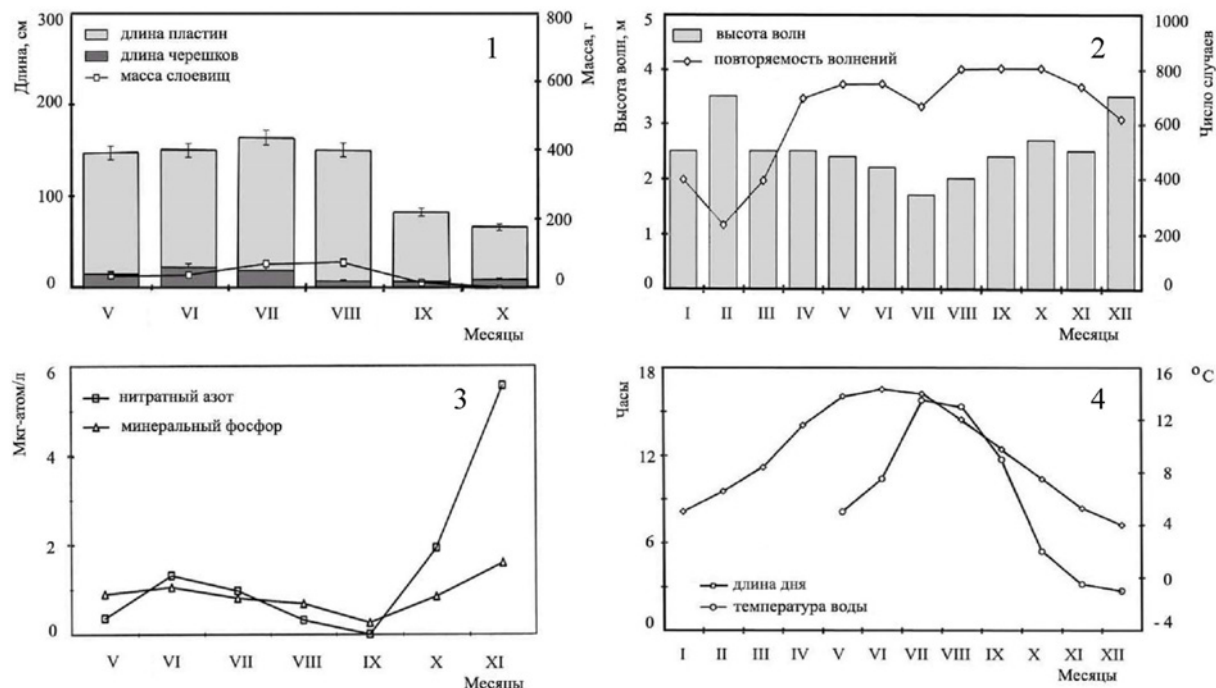


Рис. 3. Изменения размерно-массовых характеристик *Laminaria longipes* (1) и факторов среды: высоты волн и повторяемости волнений (2), биогенов в поверхностном слое воды (3), длины дня и среднемесячной температуры (4)

На рис. 3 видно, что с мая по июль у *L. longipes* наблюдается увеличение средних значений длины. Линейному росту слоевищ в это время способствуют увеличение длины дня, температуры воды, небольшое повышение концентрации биогенных веществ. Что касается длины дня, то именно в этот период и, особенно, в июне она максимальная и в период, приходящийся на летнее солнцестояние, составляет 16 ч 50 мин. Температура воды за этот период повышается в среднем на 8,5 °C, с 5,0 до 13,5 °C. Концентрация биогенных веществ с мая по июнь несколько возрастает до 1,32 мкг-атом/л для нитратного азота и 1,06 мкг-атом/л для минерального фосфора. В совокупности это приводит к тому, что в июле у двухлетних растений пластина приобретает наиболее крупные размеры. Средняя длина ее в период с июня по июль увеличивается на 13,4 % и достигает в среднем 144,2 см.

На развитие вида большое влияние оказывает гидродинамическая нагрузка. *L. longipes* растет только в местах с постоянным сильным прибоем, где даже незначительные колебания водной массы создают ламинарные и турбулентные потоки. Вероятно, поэтому некоторое увеличение повторяемости волнений при снижении высоты волн также оказывает положительное влияние на ее развитие. Созревание соросов и спороношение у ламинарии происходит в период осеннего увеличения концентрации биогенных веществ, повышения гидродинамической нагрузки, уменьшения длины дня и снижения температуры водной массы. Этот процесс у *L. longipes* сопровождается обтрепыванием пластин и уменьшением размерно-массовых показателей. В октябре у двухлетних растений *L. longipes* наблюдаются наименьшие значения всех изученных показателей.

Таким образом, изучение помесечных изменений линейно-массовых характеристик *L. longipes* показывает, что в Авачинском заливе у нее наблюдается только один слабо выраженный пик роста, который приходится на самый теплый месяц года — июль. Исходя из этого, можно говорить, что активное развитие обсуждаемого вида стимулируют повышение температуры и высокая продолжительность дня. Этим она отличается от других произрастающих у восточной Камчатки видов (Королева, 2004; Кусиди, 2007).

Анализ полученных нами результатов изучения возрастной и сезонной изменчивости морфометрических показателей, удельных величин, общего габитуса растений позволяет понять особенности протекания процессов морфогенеза у *L. longipes* в разные годы вегетации. Схематически морфологические особенности растений в разные периоды онтогенеза представлены ниже на рис. 4. Они показывают, что изученному виду, из-за свойственного ему растянутого во времени вегетативного размножения, свойственно появление ювенильных растений в течение всего вегетационного сезона. Поэтому растения, начавшие рост в текущем году могут иметь очень разные размеры.

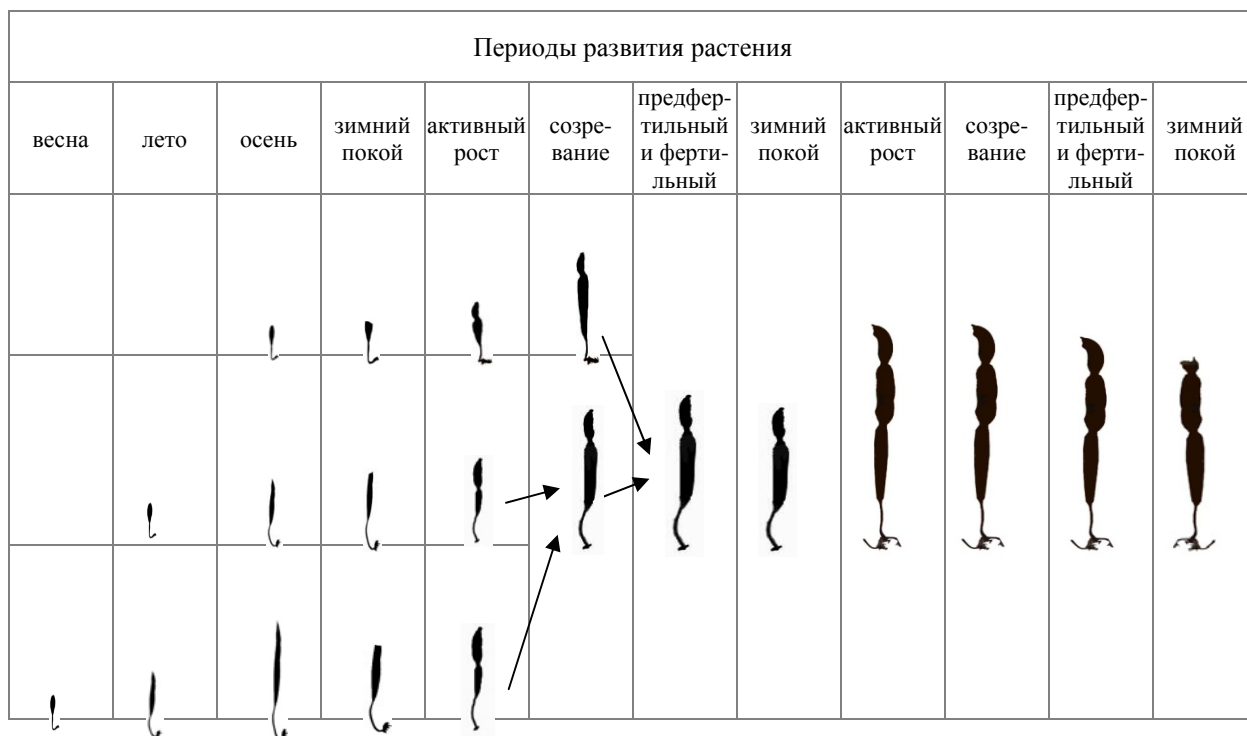


Рис. 4. Изменения общего габитуса слоевища *Laminaria longipes* в разные годы жизни

На втором году жизни после прохождения первого в жизни первогодочного периода зимнего покоя у них, как это показано на рис. 4, при сохранении прошлогоднего участка пластины начинается формирование сеголетней ее части, которая отделяется от прошлогодней перетяжкой. Весной среди растений второго года жизни еще можно выделить образцы, начавшие в прошлом году рост в разные календарные сроки. Но в период созревания и, особенно, осенью различить между собой растения с разной абсолютной продолжительностью жизни уже практически невозможно.

Перед наступлением фазы зимнего покоя у двухлетних представителей *L. longipes* наряду с хорошо развитым сеголетним участком пластины сохраняется длинная, более грубая прошлогодняя ее часть. Обычно она имеет разнообразную эпи- и эндофлору. На втором году вегетации в средней части сеголетней пластины, которая несколько увеличивается в ширину по сравнению с прошлогодним участком пластины, закладывается спороносная ткань. Площадь ее невелика, поэтому спороношение не приводит к разрушению пластин. Возможно, что этому виду свойственна способность к регенерации тканей или такой способ образования и выхода зооспор, который не приводит к сильному разрушению покровных тканей.

На третьем году вегетации после второго в жизни растений периода зимнего покоя у них после весеннего пробуждения начинается рост нового участка пластины. Он отделяется от оставшейся ее части новой перетяжкой и к концу периода активного роста становится достаточно длинным. Теперь пластина состоит уже из трех участков, появившихся в разные годы вегетации. Нижний, самый молодой из них, — самый широкий, верхний, самый старый и более узкий, в этот и последующие периоды вегетации постепенно обтрепывается. Осенью

растения третьего года вновь спороносят. Однако отметим, что бесполое размножение у этого вида имеет низкую интенсивность и коэффициент фертильности пластин у *L. longipes*, как показывают наши исследования, имеет очень низкие значения и составляет не более 10 % общей площади пластины. Это намного ниже, чем у других, распространенных в Авачинском заливе видов ламинарий (Саушкина, 2006; Кусиди, 2007).

Таким образом, изучение биологии развития *L. longipes* показало, что в районе проведения исследований она живет не более трех лет. На первом году жизни ее представители имеют высокие темпы роста пластин и низкую массу. Максимальных показателей средней длины и средней массы они достигают на втором году жизни. Для фенологического развития вида характерно наличие одного слабо выраженного пика роста. При этом наибольшие значения пика линейного роста приходятся на июль, а накопления массы — на август. Площадь спороносной ткани у *L. longipes* мала и имеет вид небольших пятен. Низкая интенсивность воспроизводства с помощью зооспор компенсируется интенсивным вегетативным размножением, которое у изученного вида чрезвычайно растянуто во времени.

ЛИТЕРАТУРА

Березовская В.А. Авачинская губа. Гидрохимический режим, антропогенное воздействие. — Петропавловск-Камчатский: КГАРФ, 1999. — 156 с.

Клочкова Н.Г., Березовская В.А. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. — Владивосток: Дальнаука, 1997. — 154 с.

Королева Т.Н. Развитие бурой водоросли *Laminaria bongardiana* P. et R. в прикамчатских водах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2004. — 28 с.

Кусиди А.Э. Биология развития некоторых видов рода *Laminaria* в прикамчатских водах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2007. — 24 с.

Саушкина Л.Н. Особенности морфологии бурой водоросли *Laminaria bongardiana* P. et R., связанные с ростом, размножением и условиями обитания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — 25 с.

ЭПИФИТНЫЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ НА МАКРОФИТАХ В БУХТЕ СОБОЛЬ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ

Е.В. Левченко, А.А. Бегун, Т.Ю. Орлова

¹ Институт биологии моря ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: leovit@mail.ru, andrejbegun@yandex.ru, torlova@imb.dvo.ru

Талломы макрофитов служат субстратом для эпифитов различного происхождения. Известно, что диатомовые водоросли составляют основу микрофитобентоса и, в частности, микроэпифитона (Прошкина-Лавренко, 1963; Harlin, 1980; Рябушко, 2003). Таким образом, изучение сообщества эпифитных диатомовых водорослей, и прежде всего, выяснение видового разнообразия и количества эпифитных диатомей является важным этапом в исследовании водорослевых сообществ.

Наиболее полные исследования видового состава бентосных сообществ диатомовых водорослей, обитающих в зал. Петра Великого Японского моря, проведены в его восточных и западных бухтах в 1978–1984 гг. (Рябушко, 1986). В исследованных бухтах: бухта Витязь зал. Посьета и бухта Рифовая зал. Восток, а также на северо-востоке Приморского края в бухтах Кит и Валентин зал. Опричник в целом найдено 148 видов диатомей. С целью описания видового состава были изучены сообщества бентосных диатомовых водорослей на различных субстратах (Рябушко, Рябушко, 1998) и эпилитон (Рябушко, Рябушко, 1991). Отдельно было проведено изучение эпифитных диатомовых водорослей, обитающих на талломах бурых макроводорослей *Cystoseira crassipes* (Mertens ex Turner) C. Agardh, 1821 (Ковалевская, 1982; Рябушко, 1986) и *Sacharina japonica* (Areschoug) Lane, Mayes, Druehl & Saunders, 2006 (= *Laminaria japonica* J.E. Areschoug, 1851) (Рябушко, 1986). Отмечено, что для эпифитона цистозир и ламинарии характерны виды родов *Verkeleya* и *Navicula*, образующие трубчатые и кустистые колонии, видимые невооруженным глазом, а также обнаруженные в больших количествах в осенний период представители родов *Gramatophora*, *Licmophora*, *Rhabdonema* и *Tabularia* (Ковалевская, 1982; Рябушко, 1986).

Большинство работ, связанных с изучением биоразнообразия водорослевых сообществ в бухтах северной части зал. Петра Великого Японского моря (акватория, прилегающая к побережью г. Владивосток — Амурский залив, бухта Золотой Рог, Уссурийский залив), выполнено исследователями в Амурском заливе. Именно этот залив подвергался в последние десятилетия значительной антропогенной нагрузке, что привело к серьезным изменениям биоты залива. Ожидаемое глобальное строительство на побережье г. Владивосток может привести к серьезным изменениям и в водах Уссурийского залива. Поэтому исследование макро- и микрофлоры в бухтах Уссурийского залива актуально с точки зрения сохранения в дальнейшем биоразнообразия этой водной территории.

Из примерно 200 видов макроводорослей, обитающих в зал. Петра Великого Японского моря (Перестенко, 1980) в бухте Соболев, которая относится к Уссурийскому заливу, обнаружено около 70 видов водорослей (Левенец, Скрипцова, 2008). Макрофлора бухты сформирована в основном умеренноводными бореальными видами, среди которых преобладают, примерно в равных соотношениях, низкобореальные и широкобореальные виды, что в целом характерно для флоры зал. Петра Великого (Перестенко, 1994; Левенец, Скрипцова, 2008). Среди руководящих видов выявлены, в частности, из красных — *Tichocarpus crinitus* (S.G. Gmelin) Ruprecht, 1850, *Grateloupia divaricata* Okamura, 1895, *Neorhodomella larix* (Turner) Masuda, 1982, из бурых — *Chordaria flagelliformis* (O.F. Müller) C. Agardh, 1817, *Costaria costata* (C. Agardh) D.A. Saunders, 1895, из зеленых — *Ulva fenestrata* Postels & Ruprecht, 1840.

Целью данной работы было изучение видового состава эпифитных диатомовых водорослей, обитающих на макрофитах, которые составляли основу микрофитобентоса бухты Соболев в летне-осенний период 2006 г.

Анализ видового состава эпифитных диатомовых водорослей в бухте Соболев зал. Петра Великого Японского моря проведен на 41 виде макрофитов. Не встречено макрофитов, поверхность которых была бы свободной от обрастаний диатомеями. Среди исследованных макрофитов были 40 видов макроводорослей (25 — из отдела Rhodophycota, 13 — из отдела Phaeophycota, 3 — из раздела Chlorophycota) и одно высшее растение — морская трава *Phyllospadix iwatensis* Makino, 1932.

В результате анализа видового состава диатомовых водорослей в эпифитоне макрофитов были обнаружены 80 видов и внутривидовых таксонов.

Идентифицированные виды были отнесены к 3 классам, 24 порядкам, 34 семействам и 47 родам. Ведущее положение занимал класс Bacillariophyceae, содержащий 8 порядков, 17 семейств, 22 рода и 47 видов, что составляло 59 % от общего числа идентифицированных видов. Видовым разнообразием в этом классе отличалось сем. Bacillariaceae (13 видовых таксонов — 27 % от общего числа видов).

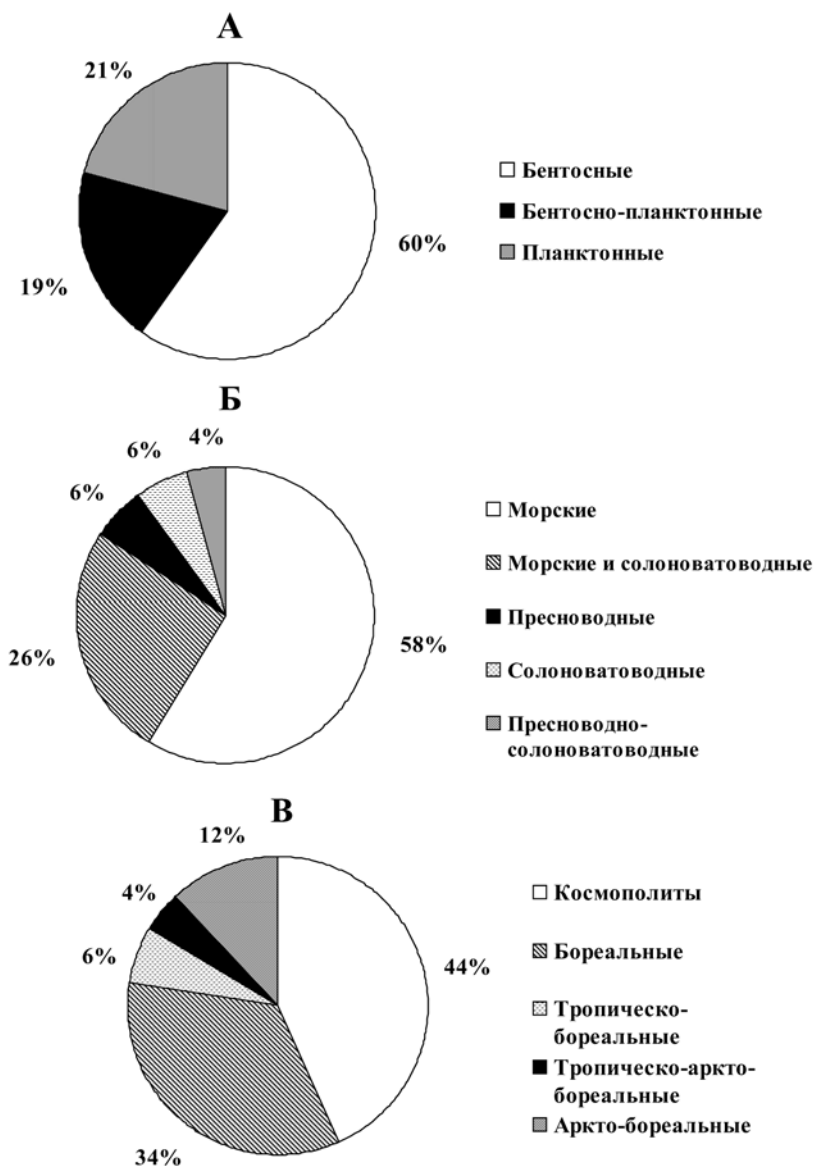
Наибольшее количество таксонов имели роды *Diploneis* Ehrenb. ex Cleve (6 видов), *Amphora* Ehrenb. (6 видов), *Nitzschia* Hassall (6 видов) и *Pleurosigma* W. Sm. (6 видов). Классы Coscinodiscophyceae и Fragilariophyceae насчитывали 19 и 12 видов и внутривидовых таксонов соответственно, что составило 24 и 15 % от общего числа идентифицированных видов. В классе Coscinodiscophyceae максимальным числом видов характеризовалось сем. Chaetocerotaceae, к которому относились 26 % от общего числа таксонов класса (преобладал род *Chaetoceros* Ehrenb. — 5 видов). В классе Fragilariophyceae преобладало сем. Fragilariaceae (37 %), в котором роды *Fragilaria* Lyngb., *Asterionella* Hassall, *Diatoma* Bory и *Tabularia* Williams et Round содержали только по одному виду.

Доминирующими видами диатомового сообщества в эпифитоне макрофитов бухты Соболев были *Amphora angusta* Greg. var. *angusta*, *Berkeleya rutilans* (Trent.) Grunov, *Cocconeis scutellum* Ehrenb. var. *scutellum*, *Cylindrotheca closterium* (Ehrenb.) Reimann et Lewin, *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz., *Licmophora abbreviata* C. Agardh, *Licmophora* sp., *Navicula directa* (W. Sm.) Ralfs ex Pritch., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Parlibellus delognei* (V.H.) E.J. Cox, *Rhoicosphenia marina* (W. Sm.) M. Schm., *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve, *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) Williams et Round (всего 14 видов). Доля доминирующих видов составила 15 % от общего числа видов, остальные 85 % — это редкие и единично встречающиеся виды. 9 доминирующих видов эпифитных диатомовых водорослей встречаются на протяжении всего летне-осеннего периода: *Amphora angusta* (Greg.) var. *angusta*, *Berkeleya rutilans* (Trent.) Grun., *Cylindrotheca closterium* (Ehr.) Reim. et Lew., *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz., *Licmophora abbreviata* C. Ag., *Navicula directa* (W. Sm.) Ralfs ex Pritch., *Parlibellus delognei* (Van Heurck) E.J. Cox, *Rhoicosphenia marina* (W. Sm.) M. Schm., *Tabularia fasciculata* (C. Ag.) Williams et Round. Из доминирующих видов только *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve характеризуется как планктонный вид, остальные являются бентосными видами, 10 видов являются колониальными и 4 вида — одиночно-живущими, 7 видов подвижны и 7 видов прикрепляются к макрофиту. Все приведенные виды морские или солоноватоводно-морские. По ацидофильности *Tabularia fasciculata* является индифферентом, все остальные виды — алкалофилы. Из 8 видов с известной сапробностью 6 относятся к β -сапробионтам. По фитогеографической характеристике в этой группе 6 космополитов, 3 бореальных и 2 аркто-бореальных вида.

В целом в сообществе эпифитных диатомовых водорослей на макрофитах в бухте Соболев в летне-осенний период 2006 г. преобладали бентосные (60 %) и морские (58 %) виды и виды-космополиты (44 %) (см. рисунок).

Наличие в диатомовом эпифитоне бентосно-планктонных и планктонных видов — приблизительно по 20 % от общего количества видов — свидетельствует, что фитопланктон и микрофитобентос, составной частью которого является микроэпифитон, взаимосвязаны, как единый экологофлористический комплекс (Рябушко, 2003). Известно, что многие виды планктонных макроводорослей при изменении условий обитания и стадий жизненного цикла способны опускаться в более глубокие слои воды или на дно моря, а также на любые при-

родные или антропогенные субстраты (Згуровская, 1979; Смирнова и др., 1999; Mitbavkar, Anil, 2006). Важнейшим фактором взаимодействия фитопланктона и микрофитобентоса является перемешивание водных масс в результате штормов и течений. Следует отметить, что среди доминирующих видов эпифитных водорослей бухты Соболев только *Skeletonema costatum* (Grev.) Cleve характеризуется как планктонный вид, остальные являются бентосными видами.



Эколого-географическая характеристика эпифитных диатомовых водорослей на макрофитах бухты Соболев (Уссурийский залив, Японское море) в летне-осенний период 2006 г. (% от общего числа видов): **А** — приуроченность к местообитанию; **Б** — приуроченность к солености; **В** — фитогеографическая характеристика

В биогеографической системе О.Г. Кусакина (1971) Уссурийский залив Петра Великого относится к Северояпонской подобласти Тихоокеанской бореальной области. Сопоставление границ флористических и фаунистических регионов показывает, что дифференциация флоры и фауны имеет общие закономерности (Кусакин, 1971; Виноградова, 1983). В частности, для бухты Соболев Уссурийского залива показано, что макрофлора здесь сформирована в основном умеренноводными бореальными видами — 58 % от изученного видового состава (Левенец, Скрипцова, 2008). Анализ фитогеографической характеристики (см. рисунок), в которой приведены типы ареалов, установленные для фитопланктона Тихого океана на основе различий в широтно-зональном распределении видов (Семина, 1974), показал, что диатомовая

флора в эпифитоне бухты Соболев представлена, главным образом, видами-космополитами и бореальными видами (44 и 34 % соответственно). Таким образом, данные фитогеографической характеристики соответствуют региону бореальной зоны, несмотря на то, что биогеографическое районирование Тихого океана по фитопланктону отличается от используемых биогеографических делений в системах, характеризующих макрофлору и фауну.

Прибрежные акватории зал. Петра Великого в районе г. Владивосток подвержены значительному антропогенному воздействию, которое проявляется в увеличении концентраций загрязняющих веществ в различных компонентах водных экосистем. Наиболее чистой акваторией является Уссурийский залив, расположенный в открытой части зал. Петра Великого и имеющий свободный водообмен с открытыми морскими водами. Индекс превышения ПДК для этого залива составляет 0,3 %, тогда как для Амурского залива — 5,9 %, а для бухты Золотой Рог — 41,0 % (Огородникова, 2001). Воды залива по основным гидрологическим показателям соответствуют открытым водам Японского моря (Гомоюнов, 1928). Не случайно видовой состав диатомовых водорослей эпифитона бухты Соболев характеризуется преобладанием морского (58 %) и, в меньшей степени, морского и солоноватоводного (26 %) комплексов, а по отношению к рН среды значительно преобладают алкалифилы, которые составляют 95 %. Изменение биоразнообразия сообществ микроводорослей может служить ранним сигналом о любых неблагоприятных воздействиях на водоем. Кроме того, биоиндикация по сообществам водорослей — дешевый экспресс-метод, в то время как химические анализы дорогостоящи (Барина и др., 2006). Бентосные диатомовые водоросли используются в качестве биоиндикаторов при оценке загрязнения водной среды органическими веществами (Герасимюк, Гусяков, 1992; Герасимюк, Ковтун, 2007). В нашей работе не приводятся индексы сапробности, так как не закончены исследования по оценке количественного состава диатомовых водорослей эпифитона бухты Соболев. Но предварительный качественный анализ позволяет оценить соотношение видов с известной сапробностью. Анализ видовой состава диатомового эпифитона бухты Соболев в летне-осенний период показал, что среди видов с известной сапробностью преобладают β -мезосапробионты, что свидетельствует по классификационной схеме степени сапробности В.А. Кимстач о легкой степени загрязнения воды в исследуемом районе (Кимстач, 1993; Барина и др., 2006).

ЛИТЕРАТУРА

- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. — Тель-Авив: Изд. дом "Pilies Studio", 2006. — 498 с.
- Виноградова К.Л. Зеленые водоросли (Chlorophyta) Мирового океана: состав, классификация, распространение: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1983. — 35 с.
- Герасимюк В.П., Гусяков Н.Е. Эколого-флористический анализ диатомовых водорослей бентоса Хаджибейского лимана (Черное море) // Альгология. — 1992. — Т. 2, № 3. — С. 49–53.
- Герасимюк В.П., Ковтун О.А. Микроскопические водоросли Тилигульского лимана (Черное море, Украина) // Альгология. — 2007. — Т. 17, № 1. — С. 42–52.
- Гомоюнов К.А. Гидрологический режим бухты Патрокл в связи с метеорологическими условиями // Изв. Тихоок. научно-промысловой станции. — 1928. — Т. 1, вып. 2. — С. 3–45.
- Згуровская Л.Н. Сравнение таксономического состава диатомовых водорослей в планктоне и в донных осадках у берегов Кара-Дага // Океанология. — 1979. — Т. 19. — С. 1087–1093.
- Кимстач В.А. Классификация качества поверхностных вод в странах Европейского Экономического Сообщества. — СПб.: Гидрометеиздат, 1993. — 43 с.
- Ковалевская Р.А. Сезонная смена эпифитов цистозиры толстоногой *Cystoseira Crassipes* (Turn.) Ag. (Phaeophyta, Fucales) // Изв. ТИНРО. — 1982. — Т. 106. — С. 154–158.
- Кусакин О.Г. Распространение и некоторые особенности вертикального распределения равноногих ракообразных холодных и умеренных вод Мирового океана: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1971. — 37 с.
- Левенец И.Р., Скрипцова А.В. Видовой состав макрофитов бухты Соболев (Уссурийский залив, Японское море) // Тез. докл. Всесоюз. конф. "Чтения памяти О.Г. Кусакина". — Владивосток: Дальнаука, 2008 (в печати).

- Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. — Владивосток: ТИПРО-центр, 2001. — 193 с.
- Перестенко Л.П. Водоросли залива Петра Великого. — Л.: Наука, 1980. — 232 с.
- Перестенко Л.П. Красные водоросли дальневосточных морей. — СПб.: Ольга, 1994. — 331 с.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря / под ред. В.П. Савич. — М.; Л.: АН СССР, 1963. — 243 с.
- Рябушко Л.И. Диатомовые водоросли верхней сублиторали северо-западной части Японского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Севастополь, 1986.
- Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. — 288 с.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Сообщества диатомовых водорослей на раковинах моллюсков рода *Mytilus* L. // Альгология. — 1998. — Т. 8, № 3. — С. 254–259.
- Рябушко Л.И., Рябушко В.И. Структура сообщества диатомовых водорослей твердых грунтов верхней сублиторали залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1991. — № 3. — С. 14–21.
- Семина Г.И. Фитопланктон Тихого океана. — М.: Наука, 1974. — 237 с.
- Смирнова Л.Л., Рябушко В.И., Рябушко Л.И., Бабич И.И. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Черного моря // Альгология. — 1999. — Т. 9, № 3. — С. 32–42.
- Harlin M.M. Seagrass epiphytes // Handbook of seagrass biology. An Ecosystem perspective / Ed. Mc.Roy C.P. — N.Y.: Garland STPM Press, 1980. — P. 117–152.
- Mitbavkar S., Anil A.C. Diatoms of the microphytobenthic community in a tropical intertidal sand flat influenced by monsoons: spatial and temporal variations // Marine Biology. — 2006. — Vol. 148. — P. 693–709.

ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫЕ И ТОКСИЧНЫЕ МИКРОВОДОРОСЛИ В ПЛАНКТОНЕ ЮГО-ЗАПАДНОГО УЧАСТКА ПРИБРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

Е.В. Лепская

КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: lepskaya.e.v@kamniro.ru

Юго-западный участок камчатского охотоморского побережья — акватория с глубинами менее 50 м, ограниченная р. Озерной на юге ($51^{\circ}25'$) и р. Большой на севере ($52^{\circ}50'$ и выше). Этот район летнего нагула молоди тихоокеанских лососей, куда она ежегодно скатывается и где проводит 1–7 мес (Ерохин, 2002). Здесь же проходят основные пути анадромной миграции этих рыб. Акватория также плотно заселена молодью ценных промысловых рыб (камбалы, мойва, минтай). Отдельные скопления в мелководье образуют песчанка и волосозуб (Декштейн и др., 2005).

Таксономический состав микроводорослей определяли в пробах из поверхностного слоя воды (батометр, $\approx 0,3$ м) и тотальных пробах (сеть Джеди, обловленный слой 0 м — дно). Для этого использовали световой микроскоп «Olympus» и увеличения $\times 20$ – 100 . Определение численности каждой таксономической группы проводили в камере Науманна объемом 1 мл при увеличении $\times 10$. Пробы были собраны в конце июня и конце июля 2004 г.; в конце мая, конце июня и конце июля 2005 г.; в конце июня и конце июля 2006 г. Всего в 2004–2006 гг. собрано и обработано 232 пробы.

Из токсичных и потенциально токсичных видов микроводорослей в исследованном районе были обнаружены *Alexandrium tamarense*, *Alexandrium* sp., *D. acuta*, *D. norvegica*, *D. rotundata*, *D.* sp. (Dinophyta) и *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata* (Bacillariophyta).

Виды рода *Alexandrium* продуцируют сакситоксин, яд нервно-паралитического действия (Paralytic shellfish poisoning — PSP). Показано, что генетически разнородные популяции одного и того же вида, например, *A. tamarense* синтезируют сакситоксин и его производные (Орлова, 2005). Следовательно, угроза отравления PSP может наблюдаться на значительно большей акватории, чем это предполагалось ранее. В ранних работах по таксономическому составу фитопланктона Охотского моря (Смирнова, 1959; Кузьмина, 1962; Вентцель, 1997) *Alexandrium*-complex не указан. Лишь позднее Г.В. Коновалова (1998) обнаружила несколько видов *Alexandrium* в том числе и *A. tamarense* в Охотском море. В охотоморском побережье о. Сахалин обитает 5 видов *Alexandrium* (Орлова и др., 2004). Случаи обнаружения этих потенциально токсичных динофитовых у охотоморских берегов Камчатки до настоящего времени не были известны (Орлова, 2005).

По нашим данным, *A. tamarense* и *Alexandrium* sp. активно развивались в поверхностном слое воды (рис. 1, а, б) как в 2005, так и в 2006 г. вдоль всего юго-западного побережья Камчатки. В водной толще плотность их была низкой, а локализация, как правило, не совпала с нахождением в поверхностном водном слое. Максимальная численность *Alexandrium* (13 – $18 \cdot 10^3$ кл/л) была отмечена в конце июля 2006 г. в акватории с температурой воды поверхностного горизонта $10,45$ – $11,30$ °С на двух близко расположенных станциях севернее района впадения рек Опала и Голыгина. Более 10^3 кл/л численность *A. tamarense* достигала в районе впадения р. Озерной и р. Большую и севернее при температуре поверхностного слоя воды $8,30$ – $9,26$ °С (рис. 1, б).

Сезонный прогрев поверхностного слоя воды у юго-западного берега Камчатки стимулировал развитие *A. tamarense* (см. таблицу). *Alexandrium* быстро реагировал на относительно небольшие колебания температуры воды изменением численности, о чем свидетельствует прямая зависимость численности этого вида от температуры воды поверхностного слоя ($r = 0,8$, $n = 5$).

Виды рода *Dinophysis* продуцируют токсины (DSP), вызывающие у теплокровных животных и человека кишечные расстройства (Andersen, 1996). По данным ICES — International Council for the Exploration of the Sea (Report ..., 2006), — у берегов Швеции в 1990–2003 гг. токсины продуцировали *D. acuta* и *D. acuminata*, причем первый оказался наиболее токсичным, а *D. norvegica* был исключен из числа продуцентов DSP.

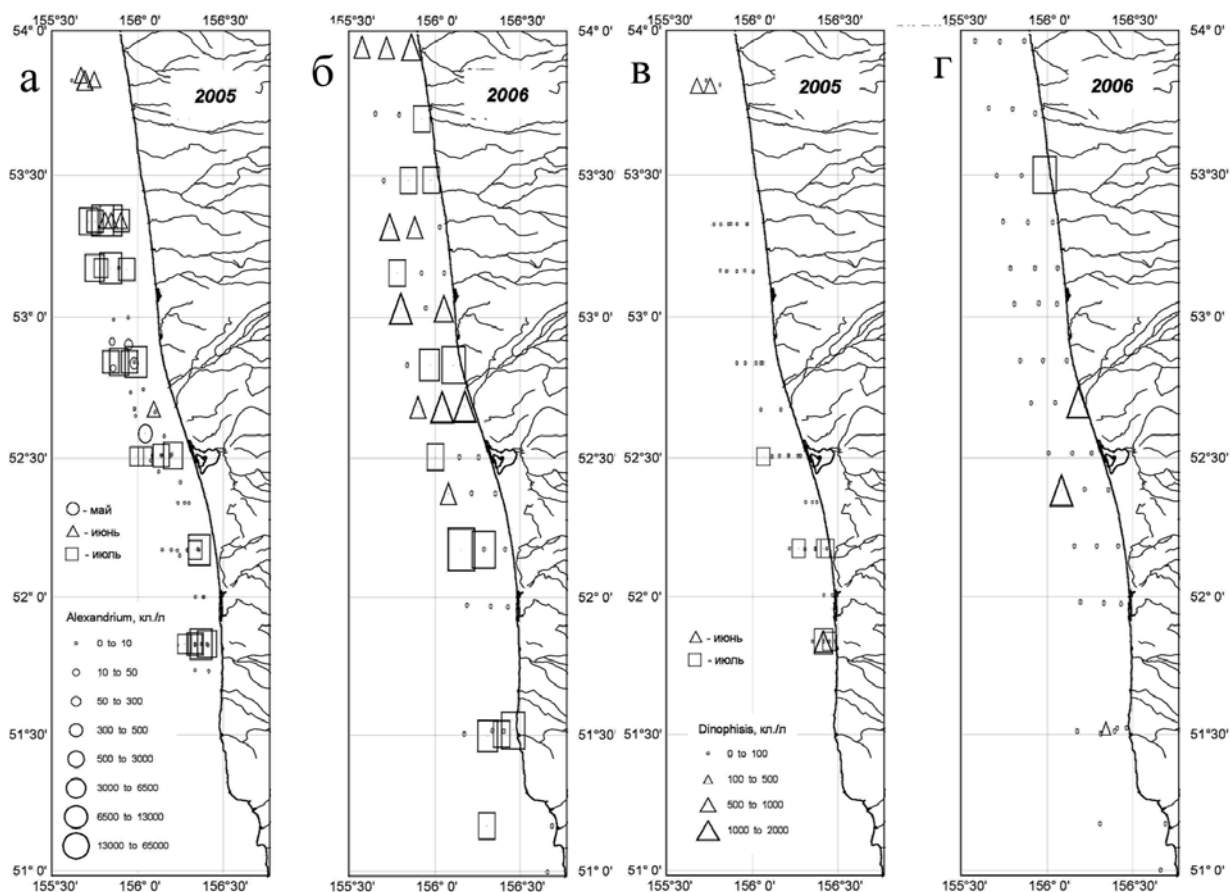


Рис. 1. Распределение *A. tamarense* в поверхностном слое воды (а — 2005 г., б — 2006 г.) и *Dinophysis* в поверхностном слое воды (в — 2005 г., г — 2006 г.) у юго-западного берега Камчатки

Численность (N, кл/л) токсичных и потенциально токсичных видов микроводорослей в поверхностном слое (0 м) и толще воды (0 м — дно) на юго-западном участке охотоморского побережья Камчатки

Год	Месяц	0 м			0 м — дно				
		T, °C	<i>A. tamarense</i>	<i>Dinophysis-complex</i>	<i>Pseudo-nitzschia cf. seriata</i>	T, °C	<i>A. tamarense</i>	<i>Dinophysis-complex</i>	<i>Pseudo-nitzschia cf. seriata</i>
2005	5	4,2	110	0	1322	4,2	0	0	247
	6	7,8	584	87	7	8,1	2	0	0
	7	11,4	8897	117	417	11,4	5	0	79
2006	6	8,7	2062	190	319	9,0	6	10	42
	7	9,1	2535	36	36	9,6	0	0	0

D. acuta был отмечен в планктоне Охотского моря Л.И. Смирновой (1959) без указания точного места нахождения. Виды рода *Dinophysis*, в том числе и *D. acuta* были указаны для центральной части Охотского моря, южного и северо-восточного побережья о. Сахалин Г.В. Коноваловой (1998). В летне-осенний период развитие *D. acuta*, наряду с другими видами этого рода, отмечено у южных и восточных берегов о. Сахалин (Орлова и др., 2004).

D. norvegica и *D. rotundata* были встречены в пробах единично, тогда как *Dinophysis acuta* и *Dinophysis* sp. развивались у юго-западного берега Камчатки в поверхностном водном слое одновременно с *Alexandrium*, но более локально (рис. 1, в, г). В мае 2005 г. эти виды не были найдены ни в поверхностном слое, ни в толще воды (см. таблицу). В июне 2005 г. в поверхностном водном слое компактные скопления этих водорослей появились севернее р. Большая (500 кл/л) и

на траверзе р. Озерная (1000 кл/л). В июле их численность не изменилась, но они распространились на большую площадь между реками Озерная и Большая. В 2006 г. в июне *Dinophysis* развивался в этом же районе, достигая 300–2000 кл/л. В июле *D. acuta* и *Dinophysis* sp. были обнаружены только на двух станциях в зоне р. Большая с численностью 10^3 кл/л. Внутрисезонный прогрев воды в 2005 г. сопровождался увеличением численности *Dinophysis* (см. таблицу), но прямой зависимости этих характеристик между собой не выявлено.

Диатомовые рода *Pseudo-nitzschia* — это продуценты нейротоксичной домоивой кислоты, вызывающей отравление теплокровных животных и человека (DAP), которое часто заканчивается их гибелью (Орлова, 2005). *Pseudo-nitzschia seriata* (syn. *Nitzschia seriata*) была указана для открытой части Охотского моря (Смирнова, 1959; Вентцель, 1997) и для прикурильских вод (Кузьмина, 1962). Исследования ультраструктуры створок этой диатомеи из более поздних сборов показали, что в Охотском море и в водах над западнокамчатским шельфом обитают морфологически очень похожие виды *P. pungens*, *P. multiseries* (Орлова, Стоник, 2001). Виды рода *Pseudo-nitzschia* найдены в охотоморских водах, омывающих о. Сахалин (Орлова и др., 2004) и в северо-западной части Охотского моря (Орлова, 2005).

В 2005 г. в мае у юго-западного берега Камчатки *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata* обильно развивались, как у поверхности (10^2 – 10^4 кл/л), так и в толще воды (10^2 – 10^3 кл/л) в компактной области на траверзе р. Большая (рис. 2, а–г) при температуре воды 4,0 °С. В остальное время распределение этих микроводорослей по акватории носило «точечный» характер.

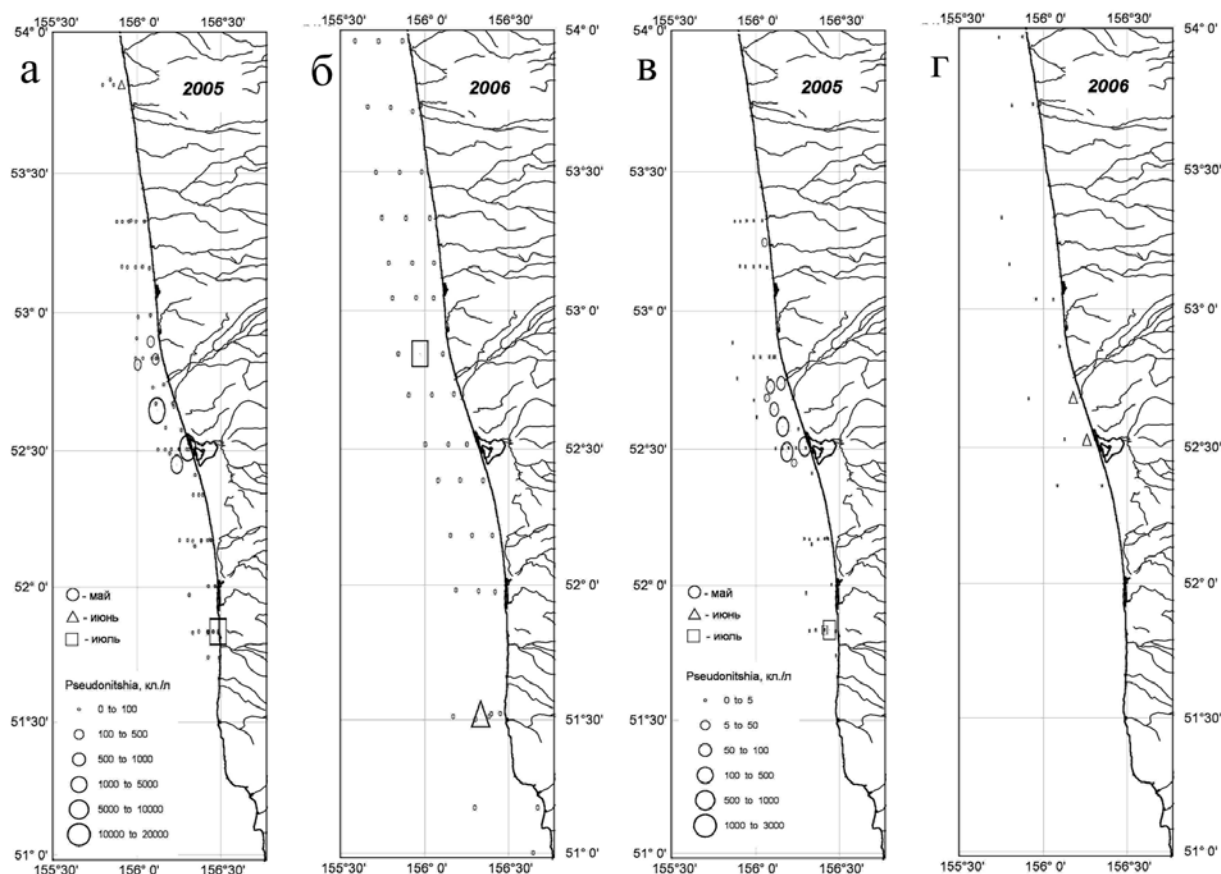


Рис. 2. Распределение *Pseudo-nitzschia* (N, кл/л) в поверхностном слое воды (а, б) и в водной толще (в, г) у юго-западного берега Камчатки в 2005, 2006 гг.

У юго-западного берега Камчатки численность *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata* в поверхностном слое воды имела отрицательную корреляцию с общим фосфором ($r = -0,59$, $n = 7$) и нитритным азотом ($r = -0,81$, $n = 7$).

К потенциально вредным микроводорослям (не вырабатывающие токсины организмы, массовое развитие которых вызывает гибель искусственно выращиваемых в морских садках рыб и моллюсков из-за резкого ухудшения условий обитания последних (Andersen, 1996) относят некоторые виды *Chaetoceros*, *Thalassiosira*, *Skeletonema* (Bacillariophyta), *Noctiluca*, *Heterosira*

erocapsa (Dinophyta) и др. (Taylor et al., 1994; Andersen, 1996; Taylor, Harrison, 2000; Treasurer et al., 2003; Report ..., 2006). У юго-западного берега Камчатки были найдены *Chaetoceros concavicornis*, *C. debilis*, *C. socialis*, *Thalassiosira nordensköldii*, *Heterocapsa triquetra*, *Noctiluca scintillans*.

Первые пять видов, как правило, обильно развивались вдоль всего юго-западного побережья Камчатки. *C. concavicornis* в июне 2004–2006 гг. и в июле 2006 г. повсеместно достигал численности 10^3 – 10^4 кл/л. *C. debilis* в июле 2004 и мае 2005 гг. с численностью $> 10^3$ кл/л был компонентом группы видов-субдоминантов первого порядка, а в июле 2006 г. — одним из доминирующих видов в толще воды. В июне 2005 и 2006 гг. он доминировал в слое воды 0 м — дно при численности $> 10^4$ кл/л. *C. socialis* доминировал в июне 2005 г. в водной толще, а в июне—июле 2006 г. — в поверхностном слое воды с численностью более 10^5 кл/л. *T. nordensköldii* входила в группу видов-субдоминантов первого порядка в июне 2005–2006 гг. (10^3 кл/л), населяя водную толщу от поверхности до дна, и в мае 2005 г. (10^4 кл/л), концентрируясь у поверхности воды. Прогрев поверхностного водного слоя до 10°C и выше в июле 2006 г. сопровождался «цветением» *H. triquetra* (10^5 кл/л). *N. scintillans* была обнаружена только в мае 2005 г. на четырех станциях южнее р. Большая и одной — севернее. При относительно невысокой численности (10^2 кл/л) этот вид доминировал по биомассе среди динофитовых, составляя 90 % их общей биомассы.

Таким образом, впервые у юго-западного берега Камчатки в летний период отмечены токсичные виды динофитовых *Alexandrium tamarense* и потенциально токсичные *Alexandrium* sp., *D. acuta*, и *Pseudo-nitzschia* cf. *seriata*. Показана их локализация в поверхностном слое воды. В весенне-летний период отмечено повсеместное и обильное развитие потенциально вредных видов: *C. concavicornis*, *C. debilis*, *C. socialis*, *T. nordensköldii* и *H. triquetra*, а также локальное — *N. scintillans*. Выявлено влияние прогрева поверхностного слоя воды на уровень развития *Alexandrium* и *Heterocapsa*.

ЛИТЕРАТУРА

- Вентцель М.В. Фитопланктон Охотского моря зимой и в начале весны 1990 г. // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. — М.: ВНИРО, 1997. — С. 205–209.
- Декштейн А.Б., Ким Э.Д., Заочный И.А., Ерохин В.Г. Рейсовый отчет по «Плану ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов Мирового океана на 2005 г.». — Петропавловск-Камчатский, 2005. — 45 с.
- Ерохин В.Г. Биология молоди тихоокеанских лососей в прикамчатских водах Охотского моря: Дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2002. — 145 с.
- Коновалова Г.В. Динофлагелляты (Dinophyta) дальневосточных морей России и сопредельных акваторий Тихого океана. — Владивосток: Дальнаука, 1998. — 300 с.
- Кузьмина А.И. Фитопланктон Курильских проливов как показатель различных водных масс // Исслед. дальневост. морей СССР. — 1962. — Вып. 8. — С. 2–90.
- Орлова Т.Ю. Красные приливы и токсические микроводоросли в дальневосточных морях России // Вестн. ДВО РАН. — 2005. — № 1. — С. 27–31.
- Орлова Т.Ю., Селина М.С., Стоник И.В. Видовой состав микроводорослей планктона охотоморского побережья острова Сахалин // Биол. моря. — 2004. — Т. 86, № 2. — С. 96–104.
- Орлова Т.Ю., Стоник И.В. Виды *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) из дальневосточных морей России // Ботанический журн. — 2001. — Т. 86, № 4. — С. 47–52.
- Смирнова Л.И. Фитопланктон Охотского моря и Прикурильского района // Тр. ИОАН СССР. — 1959. — Т. 30. — С. 3–51.
- Andersen P. Design and implementation of some harmful algal monitoring systems: IOC Technical Series UNESCO. — 1996. — № 44. — 102 p.
- Report of the ICES-IOC Working group on harmful algal bloom dynamics (WG HABD). — Gdynia, Poland, 2006. — 47 p.
- Taylor F.J.R. «Мах», Haigh R., Sutherland T.F. Phytoplankton ecology of Sechart Intel, a fjord system on the British Columbia coast. II. Potentially harmful species // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 1994. — Vol. 103. — P. 151–164.
- Taylor F.J.R. «Мах», Harrison P.J. Harmful algal blooms in western Canadian coastal waters // PICES Scientific Report. — 2000. — № 23. — P. 77–88.
- Treasurer J.W., Hannah F., Cox D. Impact of a phytoplankton bloom on mortalities and feeding response of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*, in west Scotland // Aquaculture — 2003. — Vol. 218, № 1–4. — P. 103–113.

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ МОЛОДИ КУМЖИ (*SALMO TRUTTA L.*) И СОПУТСТВУЮЩИХ ВИДОВ В НЕКОТОРЫХ РЕКАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

А.А. Лукин

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия,
e-mail: lukin@nwpi.krc.karelia.ru

Кольский полуостров (Мурманская область) расположен на крайнем северо-западе европейской территории России, почти полностью за Полярным кругом. Площадь его составляет 144,9 тыс. км². На севере он омывается Баренцевым морем, а на востоке и юго-востоке — Белым, на юге граничит с Республикой Карелия, а на западе — с Финляндией и Норвегией.

В 60–80-е гг. прошлого века на территории Кольского полуострова происходило интенсивное развитие предприятий энергетики, горно-перерабатывающей и металлургической промышленности. Концентрация их на относительно небольшой территории, несовершенная технология очистки воздушных выбросов и сточных вод, рост населения и т.д. привели к увеличению количества загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду. Значительно возросла скорость сукцессионных изменений пресноводных экосистем Кольского Севера (Решетников, 1980, 1995; Моисеенко, Яковлев, 1990). Загрязняющие вещества поступают в водоемы со сточными водами и аэротехногенным путем. В атмосферу попадает в среднем 568,40 тыс. т окислов серы, 114,12 тыс. т окиси углерода, 24,50 тыс. т окислов азота и большое количество различных металлов. Как следствие, отмечается повышение содержания тяжелых металлов во многих озерах, а в некоторых районах полуострова — процессы закисления водоемов (Моисеенко, 1997).

В дополнение к вышеперечисленным антропогенным воздействиям следует добавить такие факторы, как хозяйственно-бытовые стоки городов и поселков, подогретые воды Кольской АЭС, зарегулирование уровня воды ГЭС, промысел (включающий промышленное, спортивное и любительское рыболовство) и браконьерство.

В настоящее время водоемы Кольского полуострова испытывают ту или иную антропогенную нагрузку, что привело к резкому сокращению численности лососевых рыб. Возникает необходимость проведения мероприятий по восстановлению численности этих видов, что требует изучения экологии рыб, населяющих водоемы Севера. С этой точки зрения кумжа (*Salmo trutta L.*), обитающая на территории Кольского полуострова, является одним из интереснейших объектов исследования, на основе изучения которого возможно проследить трофические связи, ответные реакции системы на антропогенное воздействие, выявить возможности вида для использования в рыбоводстве и рыболовстве. С одной стороны кумжа является наиболее распространенным представителем ихтиофауны в водоемах и водотоках Кольского полуострова, с другой стороны, это один из наиболее чувствительных видов к действию антропогенных факторов (Крылова, 2003, Крылова, Лукин, 2005).

Одним из этапов в жизни кумжи является период ее проживания в водотоках после выклева из икры. На первом этапе жизни, молодь кумжи проводит от одного до трех лет в реках, ручьях до ската или подъема в более крупные водоемы и водотоки или остается в районе рождения, превращаясь в карликовую форму.

Цель работы — исследовать состояние популяций молоди кумжи и сопутствующих ей видов рыб в реках Баренцева моря в условиях антропогенной нагрузки.

Молодь кумжи отлавливали ставными жаберными сетями из монофиламента (длина 25–50 м, высота 1,5–2,0 м, ячеи от 10,0, 12,5, 16,0, 22,0), спиннингом и нахлыстом. Распределение молоди рыб изучали при помощи электролова. У рыб определялись размерно-весовые показатели, пол, стадия зрелости гонад, жирность, степень наполнения желудка, проводилась диагностика состояния органов тканей рыб и гистологический анализ репродуктивной системы самок.

Распределение молоди кумжи в реках Баренцева моря, в отличие от рек Белого моря изучено недостаточно (Крылова, 2003). Следует отметить публикацию А.Е. Веселова и С.М. Ка-

люжина (2001), где этому вопросу посвящено специальное исследование. В частности ими отмечено, что при изучении распределения, проводимого методом электролова или подводными наблюдениями, как правило, не учитывают совместного обитания молоди лосося или кумжи с другими реофильными рыбами. Вместе с тем топографическая локализация сопутствующих видов в большинстве случаев совпадает с распределением молоди лосося и кумжи, более того, плотности «второстепенных» видов часто выше, чем основных. Поэтому логично предположить существование жесткой территориальной и пищевой конкуренции между разными видами, особенно в южной части ареала обитания лосося и кумжи, где видовое разнообразие и численное присутствие сопутствующих видов значительно возрастает. При недостаточном заполнении участков молодью лососевых благоприятные топогидравлические ниши активно заселяются другими видами. На севере ареала атлантического лосося в реках Кольского полуострова, принадлежащих к бассейну Баренцева моря, сопутствующие виды рыб, напротив, малочисленны и уровень конкурентных отношений между ними, вероятно, несущественен (Веселов, Калюжин, 2001). В бассейне некоторых озер экологическую нишу молоди лосося занимает молодь кумжи и в случае техногенной нагрузки на водосбор распределение молоди рыб приобретает весьма специфический характер. Ниже мы приводим характеристику некоторых ручьев и рек Баренцева моря при продвижении с запада на восток.

Река Пахта. Территориально относится к водосбору р. Пасвик и впадает в оз. Куэтсиярви. Протяженность реки не более 15 км из которых нами обследовано 5 км. Специфической особенностью реки является то, что в настоящее время река протекает по техногенной пустоши, образованной в результате воздействия выбросов комбината "Печенганикель". Этот водоток должен был утратить свое рыбохозяйственное значение. Грунт галечно-песчаный, при снижении скоростей течения и образовании плесовых участков появляются илистые грунты. В русле и на перекатах имеются каменные глыбы и небольшие скопления крупных валунов. Скорости течения на перекатах до 0,7 м/с, в основном — 0,4–0,6 м/с, с понижением на плесах до 0,2 м/с. До начала техногенного воздействия это была типично кумжевая река с нерестово-выростными угодьями (НВУ) высокого качества. При электролове выявлено две группировки рыб, положение которых в русле тесно связано с подпороговой частью, обладающей глубиной около 1 м и галечно-песчаным грунтом. Количество рыб было в первой группировке — 5 экз., во второй — 6 экз. Все выловленные рыбы являлись разновозрастной кумжей — молодью и "карликами" с развитыми половыми продуктами. На остальной акватории рыбы вообще не встречались. Химический анализ воды показал, что практически по всей акватории реки, за исключением двух обнаруженных участков, наблюдалось превышения содержания сульфат-иона, никеля и меди. На участках обитания рыб были отмечены выходы подземных вод и качество воды было значительно лучше по гидрохимическим показателям, чем на остальной акватории. Таким образом, обладая высокой чувствительностью к изменениям окружающей среды, кумжа р. Пахты создала две микропопуляции приуроченные к выходу подземных вод. Вряд ли можно считать эти популяции жизнеспособными, тем не менее — это является свидетельством высокой приспособляемости кумжи к условиям среды обитания. Кроме кумжи, других видов рыб на обловленных участках встречено не было.

Река Маайокки. Так же, как и река Пахта, является притоком оз. Куэтсиярви (водосбор р. Пасвик). Роза ветров в этом районе направлена таким образом, что выбросы комбината "Печенганикель" практически не влияют на эту территории. Основная нагрузка на популяцию кумжи наблюдается со стороны рыбаков-любителей, добывающих молодь кумжи при помощи крючковых снастей под видом форели. С помощью электролова было обследовано 1 км реки от устья и вверх по течению. Река, на обследованном участке имеет довольно высокие скорости течения (0,8–1,0 м/с), множество порогов, со скоплениями крупных каменных валунов в русле реки, отсутствие плесовых участков. Грунт галечно-песчаный, песок в основном крупнозернистый. Молодь кумжи встречалась практически на всем протяжении обследованного участка, используя любые крупные скопления камней для укрытия. Рыба в этом районе весьма осторожна. Удалось выявить две наиболее крупные группировки рыб,

приуроченные к местам с большим количеством валунной наброски. Здесь было выловлено более половины (29 экз.) всех исследованных рыб (51 экз.). Эти участки нельзя назвать идеально подходящими для места обитания (высокие скорости течения, водовороты), однако они наиболее подходят в качестве укрытий. Это обстоятельство меняет приоритет пищевых мотиваций в поведении молоди кумжи на укрывательный. Нерестово-выростные угодья на этом участке реки не высокого качества и довольно высокие плотности (0,3 м²), в первую очередь, также обусловлены наличием большого количества мест укрытий. Других видов рыб на обследованном участке не было встречено.

Река Сейдйок. Относится к водосборному бассейну р. Вороньей и впадает в оз. Ловозеро. Река вытекает из оз. Сейдозеро. Протяженность реки всего 3,5 км. Река от самого истока обладает превосходными НВУ. На всем протяжении реки галечно-песчаные грунты с крупными валунами, с низким содержанием мелких фракций песка (1–2 мм). Преобладают, наиболее пригодные для обитания молоди грунты, с галечной наброской диаметром до 5–10 см и небольшими округлыми валунами размерами от 25–50 см. При такой структуре возможен наиболее оптимальный микрорежим придонных потоков воды и следовательно стаций обитания молоди лососевых рыб (Веселов, Калюжин, 2001). Молодь кумжи обитала практически на всем протяжении реки, но ее распределение неравномерно. Наиболее крупные группировки рыб встречены в среднем и нижнем течение реки. Плотность молоди возрастает от мелководных участков к пороговым, а также на протоковых участках на поворотах реки, с образованием углублений. Плотности рыб в исследованных группировках менялись от 1–2 экз./м² на мелководных участках и до 5–6 экз./м² на подпороговых береговых участках с поворотами. В среднем плотности распределения молоди кумжи в этой реке можно оценить как достаточно высокие (0,6 экз./м²). Река испытывает сезонную нагрузку в летний период от рыбаков-любителей, которые вылавливают здесь в основном крупных особей, и, не обращают внимания на молодь, поэтому состояние популяции кумжи на этом участке можно назвать удовлетворительным. Однако в период нереста в устьевой части реки ведется интенсивный вылов мигрантов и на нерест приходит ограниченное число особей, что существенно обедняет генофонд этой популяции. Сопутствующими видами являются хариус и голяк, но их численность на участках обитания молоди очень невелика.

Река Варзина. Одна из наиболее благополучных лососевых рек Кольского полуострова. Это обусловлено в первую очередь ее труднодоступностью. В последние 10 лет на реке организованы рыболовные кемпинги, которые принимают туристов на протяжении двух летних месяцев. Основное внимание рыболовов направлено на добычу крупных экземпляров. Лов рыбы происходит по типу "поймал-отпустил", что позволяет сохранять воспроизводящую часть популяции.

Обследованный нами район в истоке реки (около 300 м) представляет собой прямой порожистый участок, с ярко выраженной русловой частью и высокими скоростями течения от 0,7 до 1,2 м/с. Ближе к берегам дно реки сложено крупными обкатанными валунами, которые обнажаются в период межени. За валунами и между ними находятся участки с крупнозернистыми фракциями песка и галькой. Вдоль берегов имеются относительно мелководные, но хорошо выраженные дополнительные русла, что создает идеальные условия для жизни молоди, так как укрытием в этом случае служат кусты ивняка, растущие по берегам. Обследованный участок показал, что преобладающими видами в порядке убывания были молодь кумжи, голяк, молодь голяца, молодь семги. Сопутствующими видами являлись девятиглая колюшка и мелкий налим. Интересно, что за все время работ в этом районе с 1989 г. и по настоящее время, нами ни разу не были встречены производители семги. Однако использование электролова показало наличие ее молоди. Всего на обследованном участке было выловлено 6 экз. молоди семги. Обследованный участок характеризуется высокими плотностями скопления молоди кумжи (сеголеток и пестряток). Так вокруг одного из валунов, довольно сложной конфигурации нами было выловлено 17 экз. кумжи, как сеголеток, так и пестряток. Общая площадь облова при этом составила не более 2 м². В среднем по всей обследованной вдоль берега площади, плотности молоди кумжи следует оценивать как очень высокую. Без учета сопутствующих видов она составляла 1,2 экз./м².

Река Варзина является примером практически ненарушенной территории и может служить эталоном при проведении мониторинга за состоянием других рек.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о высокой пластичности кумжи и ее способности приспосабливаться к изменяющимся условиям среды обитания. Кумжа обследованных водоемов является ярко выраженным эврифагом и имеет высокую пищевую пластичность, оптимально используя занимаемую ей экологическую нишу и потребляя практически все доступные ей пищевые компоненты. В исследованных водотоках она достаточно хорошо уживается с сопутствующими видами, которые, как правило, не являются конкурентами в питании на участках ее обитания. Наиболее негативное влияние оказывает на этот вид антропогенная нагрузка, в том числе рыболовный пресс (легальный и нелегальный). В тоже время разумная эксплуатация не вызывает сокращения численности этого вида, что достаточно убедительно наблюдается на р. Варзине. Следует признать недостаточную изученность этого вида на территории Кольского полуострова.

ЛИТЕРАТУРА

Веселов Е.А., Калюжин С.М. Экология, поведение и распределение молоди атлантического лосося. — Петрозаводск, Карелия, 2001. — 160 с.

Крылова С.С., Лукин А.А. Кумжа (*Salmo trutta* L.) бассейна р. Варзина // Ихтиофауна малых рек и озер Восточного Мурмана. — Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2005. — С. 158–170.

Крылова С.С. Экология кумжи (*Salmo trutta* L.) бассейна Белого моря // Тез. докл. Междунар. конф. "Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского Севера". — Сыктывкар, 2003. — С. 43–44.

Моисеенко Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики. — Апатиты, 1997. — С. 261.

Моисеенко Т.И., Яковлев В.А. Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. — Л.: Наука, 1990. — 220 с.

Решетников Ю.С. Современные проблемы изучения сиговых рыб // Вопр. ихтиол. — 1995. — Т. 35, № 2. — С. 154–174.

Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. — М.: Наука, 1980. — 300 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ЗАЛИВА НАХОДКА В РАЗНЫЕ СЕЗОНЫ 2007 Г. С ПОМОЩЬЮ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Ж.В. Маркина¹, Н.А. Айздайчер¹, Е.В. Журавель²

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского, г. Владивосток, Россия,
e-mail: zhannav@mail.ru

² Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия,
e-mail: zhrvl@rambler.ru

При оценке качества морской среды все большее значение приобретает биотестирование. Важной составляющей этого метода является выбор легко культивируемого, широко распространенного и чувствительного к загрязнению тест-объекта. Из всех водных организмов этим требованиям наиболее полно отвечают одноклеточные водоросли. Для биотестирования морских вод рекомендуется использовать *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin (Bacillariophyta) (Руководство ..., 2002).

В Приморском крае одним из экологически неблагополучных районов является зал. Находка, на берегах которого расположен второй по величине промышленный центр и первый по грузообороту порт Дальнего Востока России — г. Находка.

В связи с выше изложенным цель данной работы заключалась в оценке качества воды зал. Находка (Японское море), основанной на определении основных гидрохимических показателей (содержания кислорода, БПК₅, фосфатов, анионных поверхностно-активных веществ) и биотестировании с помощью микроводоросли *Phaeodactylum tricorutum*.

Воду для химического анализа и биотестирования отбирали из поверхностного слоя (0,5–1,0 м) с пяти станций в зал. Находка в мае и октябре 2007 г. (рис. 1)



Рис. 1. Расположение станций отбора проб в зал. Находка Японского моря

Соленость морской воды измеряли на электросолемере ГМ-65М. Концентрацию растворенного кислорода и биохимическое потребление кислорода (БПК₅) производили методом Винклера (Методы ..., 1988). Количество фосфатов устанавливали по методу Морфи-Райли, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) определяли фотокolorиметрически (Руководство ..., 1977).

В качестве тест-объекта использовали альгологически чистую культуру микроводоросли *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin (Bacillariophyta), рекомендованную для тестирования морских вод видом (Руководство ..., 2002). Для стандартизации результатов тестирования проб с пониженной соленостью воды проводили, используя культуры микроводорослей, адаптированные к соответствующим уровням солености. Качество природной морской воды оценивали по изменению численности клеток в суспензии, содержания хлорофилла *a* и размеров клеток. Контрольные образцы выращивали на морской воде из условно чистого района. Численность клеток определяли путем их прямого счета в камере Горяева. Уровень содержания хлорофилла *a* определяли стандартным методом (Методы ..., 1975). Средний размер клеток получали в результате измерения 30 экз.

В весенний сезон, содержание растворенного в воде кислорода ни на одной станции не опускалось ниже критического уровня 6 мг/л (Перечень ..., 1999), насыщение кислородом

90–107 % (рис. 2). Высокие концентрации кислорода связаны с активной гидродинамикой и слабым прогревом вод в начале мая (5,5–13,2 °С).

Показатель БПК₅, характеризующий содержание в воде легко окисляющихся веществ как природного, так и антропогенного происхождения, весной варьировал от 1,50 до 3,73 мг/л (рис. 2). Воды считаются умеренно загрязненными, если он превышает 2 мг/л и загрязненными, если он превышает 4 мг/л. Таким образом, на подавляющем большинстве станций воды умеренно загрязнены легко окисляющимися органическими веществами как антропогенного, так и метаболитного происхождения, что связано с окончанием вегетации водных растений.

Рис. 2. Содержание кислорода, БПК₅ и процент насыщения кислорода в воде зал. Находка: А — май 2007 г., Б — октябрь 2007 г.

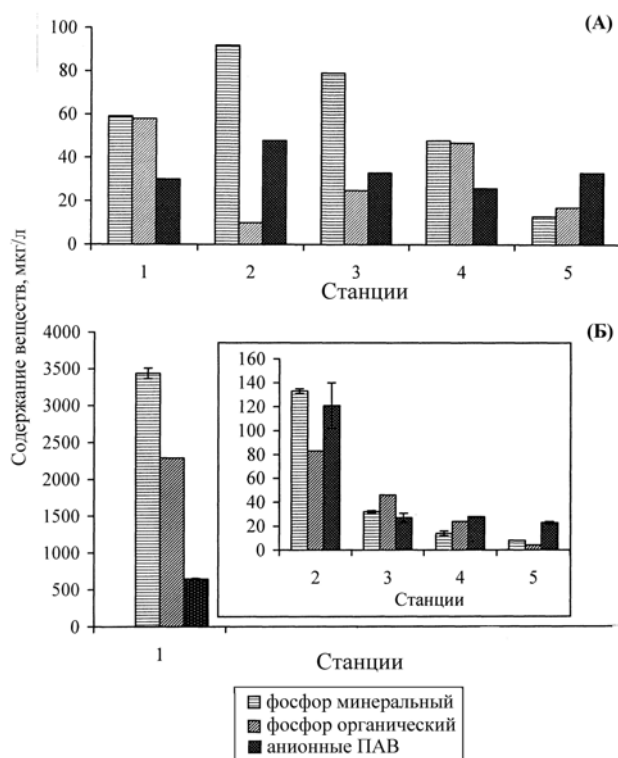
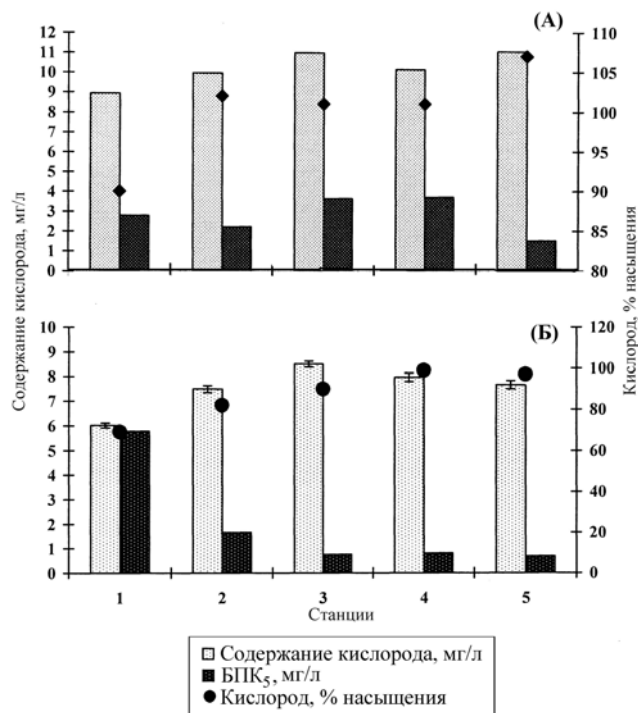
По содержанию минерального фосфора (до 50 мкг/л — Перечень ..., 1999) воды на станциях 4 и 5 являлись олиготрофными; в районе станций 1–3 — мезотрофными, причем на станции 2 норма содержания фосфатов в воде превышена почти вдвое (рис. 3).

Рис. 3. Содержание фосфора (минерального и органического) и АПАВ в воде зал. Находка: А — май 2007 г., Б — октябрь 2007 г.

Если в воду приустьевой зоны довольно крупной р. Партизанская фосфаты поступают с речным стоком, то в черте города повышение уровня их содержания в воде, несомненно, связано со спуском коммунально-бытовых сточных вод.

Содержание АПАВ в водах зал. Находка весной лишь незначительно превышало фоновый уровень (рис. 3). ПДК для АПАВ составляет 100 мкг/л (Перечень ..., 1999).

Максимальная концентрация 48 мкг/л (почти 0,5 ПДК) была выявлена на станции 2 вблизи спуска вод из городского коллектора.



Динамика численности клеток микроводоросли в воде со станций 1, 2 и 4 носила сходный характер: их количество превышало таковое в контроле в течение двух суток, а впоследствии достоверно не отличалось от него (рис. 4). Иную картину наблюдали в тестируемой воде со станций 3 и 5. Количество клеток было существенно ниже такового в контроле до четвертых суток, а к седьмым достоверно не отличалось от него.

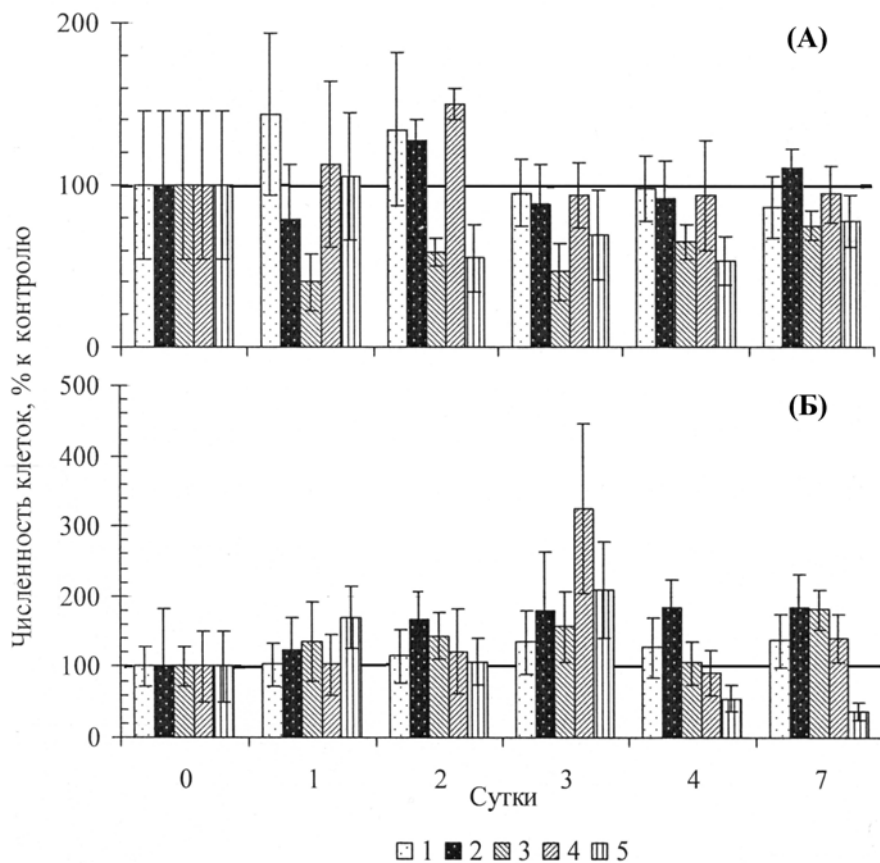


Рис. 4. Динамика численности клеток микроводоросли *Phaeodactylum tricornerum*, выращенной в воде из зал. Находка: А — май 2007 г., Б — октябрь 2007 г.

Содержание хлорофилла *a* у *P. tricornerum*, выращенной на воде, отобранной со станций 1, 2, 4 и 5, превышало таковое в контроле, однако различия были недостоверны. В воде со станции 3 содержание хлорофилла *a* составляло только 50–78 % от контроля (рис. 5). К концу опыта содержание пигмента было ниже контрольного в воде со всех станций, кроме станции 5.

Длина и ширина клеток микроводоросли достоверно не отличались от контрольных в воде, отобранной со станции 1 (табл. 1). Некоторое изменение размеров клеток было отмечено в воде со станций 2–5 на 4-й день опыта.

Осенью на трех станциях — 1, 2 и 3 (см. рис. 2) был зафиксирован кислородный дефицит, который в районе станций 1 и 2, вероятно, связан с открытием коллекторов коммунально-бытовых сточных вод (о чем свидетельствует резкое понижение солености воды осенью по сравнению с весенними показателями — табл. 2). Потребление кислорода усилилось на процессы деструкции органических загрязняющих веществ, что отразилось на показателе БПК₅ — на станции 1 он достиг годового максимума, 5,78 мг/л. Воды с таким уровнем БПК₅ классифицируются как грязные (Руководство ..., 1977).

В этот же сезон произошел резкий скачок концентраций минерального и органического фосфора на станциях 1 и 2 (рис. 3). Уровень содержания фосфатов в кутовой части зал. Находка достиг значения 3437 мкг/л, что соответствует экстремально высокому загрязнению.

ПДК по содержанию АПАВ была превышена в 1,2 раза на станции 2, а на станции 1 — в 6,5 раз (рис. 3).

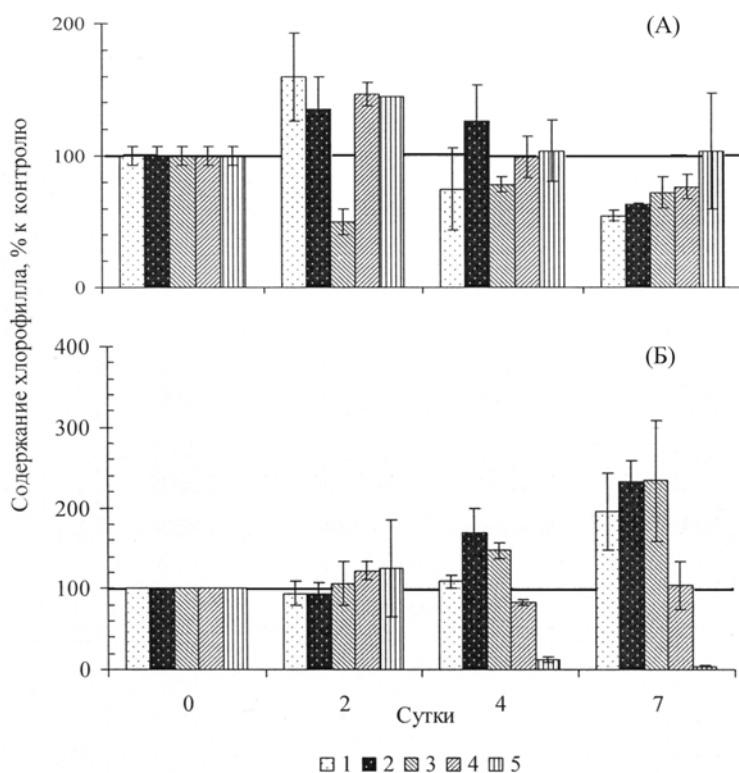


Рис. 5. Содержание хлорофилла *a* в клетках микроводоросли *Phaeodactylum tricornerum*, выращенной в воде из зал. Находка: А — май 2007 г., Б — октябрь 2007 г.

Таблица 1
Размеры клеток, мкм, (длина/ширина) микроводоросли *Phaeodactylum tricornerum*, выращенной в воде из зал. Находка (n = 30)

Сезон	Станции	Сутки			
		0	2	4	7
Весна	Контроль	16.35/3.12	16.24/3.15	16.47/3.47	15.97/3.00
	1	16.35/3.12	16.43/3.11	16.29/3.48	16.14/2.95
	2	16.35/3.12	16.49/3.15	16.29/3.05*	15.92/2.94
	3	16.35/3.12	15.46*/3.04	15.99/3.05*	16.01/3.13
	4	16.35/3.12	16.17/3.07	15.81*/2.87*	16.03/3.10
Осень	Контроль 6 ‰	19.24/3.34	18.38/3.09	19.82/3.31	19.56/3.22
	2	19.24/3.34	17.58/3.01	17.83*/3.09	18.24*/3.7*
	Контроль 16 ‰	19.98/3.46	17.15/3.07	17.66/3.12	16.85/3.70
	1	19.98/3.46	16.91/2.89	17.31/3.08	17.52/2.99
	3	19.98/3.46	16.53/2.94	17.37/3.04	17.78*/2.88
	Контроль 32 ‰	17.55/3.04	17.07/3.05	17.09/3.11	17.08/2.82
	4	17.55/3.04	17.34/3.03	17.45/3.12	17.38/2.95
	5	17.55/3.04	16.80/2.83	17.40/3.44*	17.35/2.95

* Отличие от контроля достоверно при $p \leq 0,05$.

Таблица 2
Сезонные различия солености воды (‰) в зал. Находка

Сезон	Станции				
	1	2	3	4	5
Весна	25,50	28,50	14,07	32,23	30,99
Осень	14,98	3,77	17,56	32,85	32,85

Численность клеток в воде со станций 1–4 значительно превышала контрольную на протяжении всей экспозиции (рис. 4). В то же время в воде со станции 5 после стимуляции роста в течение трех суток отмечено резкое (с 208 до 55 % от контроля) снижение числа клеток. К концу опыта этот показатель составлял всего 37 % от контрольного.

Содержание хлорофилла *a* на вторые сутки опыта во всех случаях значительно не отличалось от контрольного (рис. 5). С увеличением экспозиции синтез пигмента усиливался в воде со станций 1–3, на станции 4 он достоверно оставался на уровне контроля, а в воде станции 5 на 7-й день содержание хлорофилла *a* упало до 4 % от контроля.

Размеры клеток отличались от контрольных только на станциях 2, 3 и 5 на четвертые и седьмые сутки опыта (табл. 2).

Стимуляция роста микроводоросли и синтеза хлорофилла *a* в воде со станций 1 и 2, вероятно, вызвана повышенным, по сравнению с ПДК, содержанием в воде фосфатов. Необходимо отметить, что в воде со станции 3 весной и станции 5 осенью, рост микроводоросли и синтез хлорофилла *a* существенно ингибировался по сравнению с контрольным. По-видимому, это связано с выносом р. Партизанской загрязняющих веществ и их поступлением с береговым стоком. Кроме того усиление синтеза хлорофилла *a* к концу опыта с одновременным снижением количества клеток в воде со станций 1–3 осенью сигнализирует о неблагоприятном состоянии среды. Показательно также уменьшение размеров клеток микроводоросли, выращенной в воде со станции 2, по сравнению с контролем. Очевидно, такие негативные изменения у микроводоросли связаны со спуском сточных вод из коллекторов.

Важно подчеркнуть, что стимуляция роста микроводорослей в воде из зал. Находка наблюдалась нами и ранее (Журавель и др., 2006), что свидетельствует о хроническом загрязнении воды. В данном исследовании нами показано, что качество тестируемых вод сказалось не только на динамике численности микроводоросли, но и на их морфологическом и физиологическом показателе.

Таким образом, наиболее неблагоприятная экологическая ситуация в зал. Находка отмечена осенью 2007 г., что подтверждается как высокими концентрациями фосфатов и АПАВ, низким уровнем содержания кислорода в воде, так и результатами биотестирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке совместного гранта фонда US CRDF и Министерства образования РФ № REC-003, проект РНП.2.2.2.3.10009 «Интегральная экологическая оценка состояния прибрежно-морских вод залива Петра Великого Японского моря».

ЛИТЕРАТУРА

Журавель Е.В., Маркина Ж.В., Христофорова Н.К., Айздайчер Н.А. Использование микроводоросли *Dunaliella salina* и эмбрионов и личинок плоского морского ежа *Scaphechinus mirabilis* как тест-организмов для оценки качества вод в заливе Петра Великого // Биол. моря. — 2006. — Т. 32, № 3. — С. 188–196.

Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов. — М.: ВНИРО, 1988. — 119 с.

Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. — Киев: Наук. думка, 1975. — 247 с.

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. — М.: ВНИРО, 1999. — 304 с.

Руководство по методам химического анализа морских вод. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 208 с.

Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. — М.: РЭФИА, НИА — Природа, 2002. — 118 с.

ВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ В СОДЕРЖАНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В МАССОВЫХ ВИДАХ РЫБ ИЗ ВОДОЕМОВ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ

А.Л. Марченко¹, Н.К. Хистофорова^{2,3}

¹ Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия, e-mail: kayagan@mail.ru

² Дальневосточный государственный университет,

³ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Химический состав любого живого организма включает практически все элементы таблицы Д.И. Менделеева. Каждый организм за период своего исторического развития приспособился жить при определенном диапазоне химических элементов в среде. Поэтому увеличение жизненно необходимой нормы любого вещества может приводить к различным физиолого-биохимическим и морфологическим нарушениям, вплоть до гибели организма.

Одной из главных групп элементов химического состава организмов являются тяжелые металлы, многие из которых при определенных концентрациях жизненно необходимы. В то же время тяжелые металлы представляют одну из приоритетных групп загрязняющих веществ, имеющих как локальное и региональное, так и глобальное распространение. Их поступление в водную среду связано с природными и антропогенными источниками. Степень накопления микроэлементов в органах рыб, как и в других гидробионтах, зависит от геохимической среды и типа водного объекта, т.е. от абиотических условий, а также от функционального состояния организмов, их пола и сезона наблюдения (Берман, Ильзинь, 1968; Морозов и др., 1976; Nishimura, Kumagai, 1983).

Данных, касающихся содержания металлов в рыбах Приморья, закономерностей их распределения по органам, а также видовых особенностей ихтиофауны региона, немного (Зорина и др., 1999; Чернова, Кавун, 2000; Ковековдова, Симоконов, 2002; Марченко и др., 2006а, б). Однако такие исследования представляют большой практический интерес. Северная часть края является известной свинцово-цинковой металлогенической провинцией (Радкевич и др., 1968), южная испытывает антропогенное загрязнение, поступающее как от крупных городов края (Владивосток, Находка, Уссурийск), так и за счет трансграничного аэрального и водного переноса (Свинухов, 1997; Качур и др., 2001). Поэтому контроль уровней содержания металлов в водных организмах актуален и необходим. Нами определены концентрации тяжелых металлов и видовые особенности в их накоплении промысловыми и массовыми видами рыб, обитающих в водоемах края, относящихся к разным экологическим группам.

Объектами исследования были карась серебряный — *Carassius auratus gibelio*, красноперка мелкочешуйная (дальневосточная красноперка, мелкочешуйный угай) *Tribolodon brandti*, красноперка крупночешуйная (крупночешуйный угай) *Tribolodon hakonensis*, относящиеся к семейству карповых (Cyprinidae), и камбала полосатая *Pleuronectes (Liopsetta) pinnifasciatus* из семейства камбаловых (Pleuronectidae).

Карась серебряный — пресноводный вид, обитающий в стоячих и медленно текущих водоемах с заиленным дном, ведет придонный образ жизни. Дальневосточные красноперки — полупроходные пелагические рыбы. Камбала полосатая — морской донный вид.

Рыбы выловлены в течение 2002–2006 гг. в следующих акваториях, водотоках и водоемах: в Амурском заливе — в вершине (пос. Тавричанка) и предустье Первой речки; в зал. Восток; в реках Раздольной, Кипарисовке, Артемовке, Лебединой, Каменушке и озерах Ханка, Родниковом, Кролевецком.

С каждой станции отбирали по 5 половозрелых особей одинакового размера, которых препарировали по органам. На анализ брали чешую, кожу, жабры, гонады, печень, почки, селезенку, спинную мышцу. Высушенные при температуре 85 °С навески органов массой 0,5 г от каждой особи подвергали кислотному разложению концентрированной HNO₃ марки ОСЧ. Содержание металлов в пробах определяли методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на приборе Shimadzu AA-6800 в пламенном и беспламенном вариантах. Аналитический контроль проводили с использованием холостых проб и стандартного материала NIST 2976. Все концентрации металлов в рыбах рассчитаны в миллиграммах на грамм сухой массы.

Всего проанализировано 836 проб, сделано 6000 элемент-определений.

Выбор металлов определялся следующими соображениями: Fe, Mn, Cu и Zn относятся к истинным биоэлементам, но при высоких концентрациях оказывают негативное действие на живые организмы. Кроме того, Cu и Zn являются трассерами антропогенного воздействия. Соединения Cd, Ni и Pb свидетельствуют об индустриальном прессе на окружающую среду.

Для выявления закономерностей в распределении металлов по органам рыб концентрации элементов были усреднены для каждого вида по всему региону. Выявились следующие особенности.

Карась серебряный. Практически во всех органах карасей (чешуе, коже, мышцах, почках, жабрах, гонадах) в наибольшем количестве содержится цинк. Лишь в печени и селезенке — органах кроветворения — преобладает железо. В остальных органах этот металл — второй по уровню содержания элемент. Далее по мере убывания концентраций следуют марганец и медь, количество которых в ряде органов сопоставимо (кожа, мышцы, почки). Однако в чешуе, жабрах и селезенке концентрации марганца превышают таковые меди. В гонадах и печени, напротив, медь превалирует над марганцем. В наименьших количествах в органах рыб содержатся никель, свинец и кадмий, причем концентрация кадмия в них самая низкая (табл. 1).

Таблица 1

Средние концентрации металлов ($\bar{x} \pm \delta$) в органах карася серебряного из водоемов южного Приморья, мкг/г сух. массы (n = 30)

Орган	Zn	Fe	Mn	Cu	Ni	Pb	Cd
Чешуя	93,0±15,3	22,55±8,00	65,5±29,2	3,2±0,6	0,4±0,2	0,9±0,3	0,2±0,1
Кожа	147,1±70,9	57,8±33,9	3,1±2,7	2,7±1,2	0,8±0,3	1,6±1,0	0,4±0,2
Мышцы	71,4±28,5	28,3±13,1	2,6±1,3	2,4±0,9	0,5±0,1	0,7±0,4	0,2±0,1
Почки	392,8±177,3	289,6±73,4	7,1±2,6	8,1±2,5	2,1±1,5	1,5±1,3	1,9±0,9
Жабры	420,8±199,0	350,0±133,2	107,7±48,7	3,9±0,6	1,2±0,7	1,3±0,7	0,4±0,3
Гонады	150,3±64,3	62,9±20,1	4,2±1,9	10,0±4,9	0,5±0,1	0,8±0,4	0,3±0,1
Печень	186,9±142,1	471,5±453,2	13,2±14,7	26,5±19,0	1,0±0,5	1,7±1,3	0,6±0,4
Селезенка	197,0±93,2	1175,0±672,0	13,9±13,8	5,6±4,3	7,8±6,1	4,5±4,3	2,8±2,3

Дальневосточные красноперки. В красноперках, как и в карасях, в наибольших количествах присутствуют цинк (чешуя, кожа, гонады) и железо (мышцы, почки, жабры, печень, селезенка). Затем по убыванию концентраций следуют медь (мышцы, почки, гонады, печень и селезенка) и марганец (чешуя, жабры). Таким образом, биофильные элементы содержатся в большем количестве, чем Ni, Pb и Cd. Как и в карасях, в красноперках наблюдаются те же закономерности в распределении металлов по органам, разница состоит лишь в величинах концентраций для каждого вида рыб (табл. 2).

Таблица 2

Средние концентрации металлов ($\bar{x} \pm \delta$) в органах дальневосточных красноперок южного Приморья, мкг/г сух. массы (n = 50)

Орган	Zn	Fe	Mn	Cu	Ni	Pb	Cd
Чешуя	194,5±37,3	25,7±11,7	18,1±7,1	2,3±0,4	2,1±1,0	3,8±1,9	0,1±0,1
Кожа	150,4±68,6	23,6±9,8	1,1±1,0	1,5±0,8	0,4±0,6	0,7±0,4	0,1±0,1
Мышцы	19,5±4,1	36,4±13,2	0,7±0,2	2,2±0,8	0,9±0,4	0,6±0,4	0,1±0,05
Почки	75,9±19,7	493±201	3,7±1,6	6,8±1,7	1,1±0,6	0,8±0,5	0,6±0,4
Жабры	93,0±15,7	344±411	17,5±9,6	3,4±0,6	2,0±1,0	1,5±1,4	0,1±0,05
Гонады	179,6±147,4	119±92	1,8±1,1	4,5±1,8	0,6±0,4	0,8±0,9	0,1±0,04
Печень	104,1±41,5	501±355	3,4±1,5	27,8±20,6	0,8±0,9	1,0±0,7	0,2±0,1
Селезенка	85,2±17,1	901±360	2,3±1,0	9,2±5,8	1,7±1,3	<0,02	0,4±0,6

Камбала полосатая. В камбале, как в карасе и красноперках, также выявлены максимальные концентрации цинка (чешуя, кожа, мышцы, гонады) и железа (почки, жабры, печень). За этими металлами, как и у предшествующих видов, следуют медь (мышцы, почки, гонады, печень) и марганец (чешуя, кожа, жабры). Никель, кадмий и свинец присутствуют в минимальных количествах (табл. 3).

Как отмечено рядом исследователей и подтверждено нами в данной работе, в первую очередь в организме накапливаются химические элементы, необходимые для его нормальной жизнедеятельности и активно участвующие в физиолого-биохимических процессах: дыхании, депони-

ровании, выделении, кроветворении и др., т.е. в тех процессах, в которых металлы выполняют биокаталитические функции.

Таблица 3

Средние концентрации металлов ($x \pm \delta$) в органах камбалы полосатой, мкг/г сух. массы ($n = 10$)

Орган	Zn	Fe	Cu	Mn	Ni	Pb	Cd
Чешуя	449,2±87,8	123,9±38,9	4,9±1,6	79,7±21,5	3,5±2,1	18,3±18,0	< 0,002
Кожа	113,8±47,3	23,1±4,6	1,6±0,5	5,6±1,9	0,9±0,7	0,9±0,6	0,04±0,03
Мышцы	31,8±19,5	14,3±9,1	1,4±0,8	0,6±0,2	0,2±0,6	0,6±0,3	0,03±0,03
Почки	110,9±16,0	1556,3±840,3	10,7±4,5	2,8±1,9	2,7±1,7	2,3±1,1	< 0,002
Жабры	96,5±16,7	215,6±62,2	2,9±0,3	25,3±9,0	0,5±0,4	0,8±0,4	0,04±0,03
Гонады	286,7±216,5	88,8±27,5	7,8±3,7	2,4±1,6	1,9±3,3	0,7±0,5	< 0,002
Печень	112,0±22,3	1095,1±750,2	18,3±11,5	4,3±2,9	1,6±1,2	0,6±0,5	0,3±0,2

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 1, 2 и 3, видовые различия в распределении металлов по органам рыб южного Приморья проявляются в наиболее высоких уровнях содержания цинка, марганца и кадмия в каресе серебряном, что, несомненно, обусловлено особенностями экологии данного вида.

Известно, что концентрации железа, цинка и марганца заметно возрастают в ряду: океанические — морские и полупроходные — пресноводные рыбы, что связывают с увеличением содержания этих элементов в среде при переходе от морских к пресным водам (Патин, Морозов, 1981). В нашем случае данное утверждение оказалось справедливым для цинка и марганца (Марченко и др., 2006а).

Установлено, что содержание Mn в тканях животных и человека, в отличие от растений, невелико, так как он обладает высоким окислительно-восстановительным потенциалом (Карпевич, Шурин, 1977; Христофорова и др., 1994) и, как правило, по величине концентрации уступает меди. Вместе с тем у карася уровни содержания Mn сопоставимы с концентрациями Cu в коже, мышцах, почках и гонадах, а в чешуе, жабрах и коже они выше, чем Cu.

Что касается межвидовых различий в содержании Mn, то его количество в каресе в два—четыре раза выше, чем в красноперках и камбале. Исключением явились только чешуя и кожа карася и камбалы, в которых уровни концентраций Mn сопоставимы.

Известно что, в иловых водах содержатся значительные количества растворенного марганца, основную часть которого составляют свободные ионы. Вследствие высоких градиентов концентраций и отсутствия органо-минеральных комплексов для марганца характерна большая скорость молекулярной диффузии в пограничный слой между донными отложениями и придонной водой (Линник, Набиванец, 1986). Вероятно, этим и объясняется повышенное количество Mn в организме карася серебряного, в отличие от красноперок и камбалы.

Кроме того, высокое содержание марганца в организме карася, вероятно, связано с пребыванием в условиях постоянного дефицита кислорода. Можно думать, что в данной ситуации значительное количество марганца направляется на обеспечение окислительно-восстановительных реакций в организме рыб.

Жабры являются органом, где происходит процесс разложения угольной кислоты до CO₂ и H₂O, катализируемый карбоангидразой, в состав которой входит цинк (Keilin, Mann, 1939). Можно полагать, что в жизни карасей этот фермент приобретает особое значение, так как условия их существования сопряжены с постоянным дефицитом кислорода. С увеличением содержания угольной ангидразы улучшается газообмен между организмом и средой, создаются лучшие условия для протекания метаболических процессов (Воробьев, Самилкин, 1980), поэтому организмам требуются более высокие количества цинка.

Мягкие грунты обладают большой сорбционной способностью. Вероятно, поэтому караси, соприкасающиеся с наилком донных осадков, отличаются и более высокими концентрациями кадмия в органах, чем другие виды рыб.

Значимых различий в содержании других металлов в органах разных видов рыб не обнаружено.

Выявленные закономерности в распределении металлов по органам приморских рыб хорошо согласуются с литературными данными (Берман, Ильзинь, 1968; Морозов, Петухов, 1986; и др.). Цинк концентрируется преимущественно в органах, контактирующих с внешней средой (че-

шья, жабры, кожа), а также в органах экскреции и репродукции. Для железа характерно накопление в органах кроветворения, экскреции и депонирования. Медь находится в значительном количестве в органах кроветворения и органах размножения. Высокий уровень содержания Mn, как и Zn, наблюдается в органах, непосредственно контактирующих с внешней средой. Ni, Pb и Cd обнаруживаются, прежде всего, в органах экскреции и депонирования, что свидетельствует о проявлении механизмов регуляции, перераспределения и выведения поллютантов из организма.

Однако нами расширены представления о соотношении в организме рыб таких металлов, как Zn–Fe и Mn–Cu (Марченко и др., 2006б; Чернова и др., 2006). На примере карася серебряного из водоемов Дальнего Востока показано преобладание цинка над железом в его органах. Установлено превалирование марганца над медью практически во всех органах придонного вида — карася серебряного и в большинстве органов донного вида — камбалы полосатой.

ЛИТЕРАТУРА

Берман Ш.А., Ильзинь А.Э. Распределение микроэлементов марганца, железа, меди и цинка в органах и тканях пресноводных промысловых рыб // Микроэлементы в организме рыб и птиц. — Рига: Зинатне, 1968. — С. 5–18.

Воробьев В.И., Самилкин Н.С. Микроэлементы у растительноядных рыб // Роль микроэлементов в жизни водоемов. — М.: Наука, 1980. — С. 24–49.

Зорина Л.Г., Гордиенко П.С., Добрянский В.Г. Оценка загрязнения водоемов по содержанию микроэлементов в рыбах // Тр. ДВГТУ. — Владивосток, 1999. — Т. 124. — С. 112–114.

Карпевич А.Ф., Шурин А.Т. Роль марганца в обменных процессах моллюсков Балтийского моря // Биол. моря. — 1977. — № 6. — С. 50–57.

Качур А.Н., Кондратьев И.И., Перепелятников Л.В. Эколого-геохимические проблемы сухопутных и прибрежно-морских ландшафтов береговой зоны российской части бассейна Японского моря // Вестн. ДВО РАН. — 2001. — № 5. — С. 53–71.

Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тяжелые металлы в тканях промысловых рыб из Амурского залива Японского моря // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 125–130.

Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 270 с.

Марченко А.Л., Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. Содержание тяжелых металлов в мышцах красноперок южного Приморья // Изв. ТИНРО. — 2006а. — Т. 146. — С. 276–282.

Марченко А.Л., Чернова Е.Н., Христофорова Н.К. Содержание тяжелых металлов в мышцах карася серебряного *Carassius auratus gibelio* из водоемов юга Приморского края // Электронный журнал «Исследовано в России». — 2006б. — Т. 78. — С. 759–768. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2006/078.pdf>

Морозов Н.П., Патин С.А., Никоненко Е.М. Микроэлементы в воде, взвешях и гидробионтах Черного моря // Геохимия. — 1976. — № 9. — С. 1391–1399.

Морозов Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. — М.: Агропромиздат, 1986. — 60 с.

Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 152 с.

Радкевич Е.А., Берсенева И.И., Бурдэ А.И. Основные черты геологии и металлогении Приморья. — Владивосток: Дальневост. книж. изд-во, 1968. — 103 с.

Свиных В.Г. Экология атмосферы городов Приморского края. — Владивосток: ДВГУ, 1997. — 140 с.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. — Владивосток: Дальнаука, 1994. — 296 с.

Чернова Е.Н., Кавун В.Я. Концентрации тяжелых металлов в органах карася серебряного *Carassius auratus gibelio* (Cypriniformes, Cyprinidae) из озера Лебединого бассейна реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — Т. 1. — С. 186–194.

Чернова Е.Н., Марченко А.Л., Христофорова Н.К. и др. Уровни содержания тяжелых металлов в органах карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) из водоемов южного Приморья // Материалы Междунар. конф. «Экологические проблемы использования морских акваторий». — Владивосток, 2006. — С. 203–206.

Keilin D., Mann T. Carbonic anhydrase // Nature. — 1939. — Vol. 144. — P. 442–443.

Nishimura H., Kumagai M. Mercury pollution of fishes in Minamata bay and surrounding water: analysis of pathway of mercury // Water, air and soil pollut. — 1983. — Vol. 20, № 4. — P. 401–411.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОСТУПЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ НА АКВАТОРИЮ АМУРСКОГО И УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВОВ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Л.В. Нигматулина
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

Для многих стран мира имеется общая тенденция роста численности населения в прибрежных районах и на островных территориях. В прибрежных районах Приморского края, расположенных на берегах зал. Петра Великого, проживает 61 % общей численности населения края. Здесь же расположены основные мощности судоремонтных предприятий, угольной промышленности, пищевой и рыбной отрасли, железной дороги, торговые и рыбные морские порты. В сельской местности этих прибрежных районов расположены птицефабрики, животноводческие фермы, кооперативные и личные частные хозяйства, более 70 тыс. садоводческих участков. Администрация Приморского края ожидает в этих районах в ближайшем будущем увеличение численности населения (Арзамасцев, 2006).

Воздействие береговых источников загрязнения на зал. Петра Великого велико, многофакторно и продолжительно. Наибольшему воздействию подвержены заливы второго порядка — Амурский и Уссурийский. Из 301 предприятия, расположенного на побережье зал. Петра Великого, 103 осуществляют сброс сточных вод в Амурский и Уссурийский заливы.

Специфика Амурского залива в отношении антропогенного воздействия заключается в том, что из всех акваторий зал. Петра Великого он является наиболее староосвоенным, а его побережье — самым урбанизированным. Экономический потенциал Владивостока на 70 % определяют "морские отрасли", сконцентрированные в береговой полосе, а также предприятия энергетики, радиоэлектронной, приборостроительной, химической и пищевой промышленности, стройиндустрии, мощная транспортная инфраструктура (Долговременная программа ..., 1993; Окружающая среда ..., 1998).

К основным источникам поступления сточных вод в Амурский залив следует отнести два относительно крупных города — Владивосток и Уссурийск. Значительная часть сточных вод западной части г. Владивосток сбрасывается непосредственно в залив, а сточные воды г. Уссурийск, сел Надеждинского, Новоникольска, Михайловки и Покровки выносятся р. Раздольной (Нигматулина, 2007).

Уссурийский залив является самым крупным из заливов второго порядка. Его экосистема стала испытывать нарастающее антропогенное воздействие с начала XX века, в связи со строительством Транссибирской железнодорожной магистрали (станции Смоляниново, Шкотово) и разработкой угля (г. Артем). Наиболее интенсивно это воздействие стало сказываться когда на берегу бухты Большой Камень стал работать военный завод "Звезда" и возник одноименный город, в бухте Горностай была устроена свалка твердых отходов г. Владивостоа (Наумов, 2006).

В настоящее время Уссурийский залив является приемником сточных вод г. Владивосток (сброс в северо-западные прибрежные воды), г. Артем (сброс через реки Кневичанка, Шкотовка, Артемовка), г. Большой Камень. Сточные воды поселков, населенных пунктов восточного побережья поступают через реки Суходол, Петровка, Смолянинка. Следует отметить, что сточные воды не всегда сбрасываются непосредственно в реки или их притоки, достаточно часто приемником их служит рельеф местности и тогда загрязняющие вещества попадают в реки с поверхностным стоком.

Схема основных выпусков сточных вод, сбрасываемых в Амурский и Уссурийский заливы представлена на рис. 1.

По данным государственной статистической отчетности по использованию воды, (форма 2ТП-водхоз) в Амурский и Уссурийский заливы в 2005–2006 гг. осуществляли сброс сточных вод 103 предприятия, относящихся к различным видам экономической деятельности. Данные представлены в табл. 1.



Рис. 1. Схема основных выпусков сточных вод, поступающих в Амурский и Уссурийский заливы

Таблица 1

Поступление сточных вод от береговых источников на акваторию Амурского и Уссурийского заливов по отдельным видам экономической деятельности предприятий

№ п/п	Вид экономической деятельности	Объем сточных вод, поступающих в Амурский залив, тыс. м ³ /год (количество предприятий)	% общего сброса сточных вод	Объем сточных вод, поступающих в Уссурийский залив, тыс. м ³ /год (количество предприятий)	% общего сброса сточных вод
1	Водно-коммунальное хозяйство	52011,72 (13)	88,5	13528,42 (9)	82,3
2	Министерство топлива и энергетики	2286,29 (8)	3,9	436,40 (1)	2,7
3	Министерство обороны, внутренних дел	59,71 (2)	0,1	225,48 (4)	1,4
4	Министерство путей сообщения	415,84 (5)	0,7	-	-
5	Автотранспортные предприятия	28,46 (2)	< 0,1	-	-
6	Промышленные предприятия	2693,65 (22)	4,6	2017,85 (16)	12,3
7	Сельское хозяйство	1320,13 (16)	2,2	228,90 (5)	1,3
	ВСЕГО	58815,80 (68)	100	16437,05 (35)	100

Поступление сточных вод от предприятий различных видов экономической деятельности для Амурского и Уссурийского заливов в целом выглядит примерно одинаково. Наибольший объем сточных вод поступает от предприятий водно-коммунального хозяйства: в Амурский залив — 52011,72 тыс. м³/год (88,5 %), в Уссурийский залив — 13528,42 тыс. м³/год (82,3 % от всего объема сточных вод). На втором месте находятся промышленные предприятия, объем сточных вод составляет 2693,65 тыс. м³/год (4,6 %) для Амурского залива и 2017,85 тыс. м³/год (12,3 % от всего объема сточных вод) для Уссурийского залива.

Известно (Бортин и др., 2005; Чернышова, 2005), что в процессе формирования населенных пунктов Приморского края, с учетом сложности рельефа, сложилось несколько разобщенных систем сбора сточных вод, связанных со сбросом их в водные объекты (морские акватории, реки). Практически во всех населенных пунктах отсутствует нормальная система сбора и очистки сточных вод. Например, в г. Владивосток сброс канализационных сточных вод осуществляется Приморводоканалом по 28 выпускам, из которых 24 являются выпусками неочищенных стоков и через них проходит 90 % общего объема загрязненных канализационных стоков города. Конструктивно многие выпуски не являются глубоководными, большинство из них находятся в аварийном состоянии и сбрасывают сточные воды непосредственно у берега.

В селах Надеждинское, Новоникольск, Михайловка и Покровка очистные сооружения отсутствуют, а в г. Владивосток эксплуатируются только два очистных сооружения биологической очистки. Судоремонтные предприятия в г. Большой Камень и пос. Славянка имеют в своем составе очистные сооружения с механическими и биологическими методами очистки промышленных и бытовых стоков предприятий и жилой застройки, но качество сточных вод после очистки не отвечает нормативным требованиям. Основные причины ненормативной работы очистных сооружений — это перегруз по гидравлике; перегруз по концентрации загрязняющих веществ; неудовлетворительная эксплуатация сооружений; несоответствие технологии очистки составу подаваемых стоков. Значительная часть очистных сооружений нуждается в капитальном ремонте и модернизации (Бортин и др., 2005).

В целом, из вышеизложенного следует, что существующих очистных сооружений в крае недостаточно и работают они неудовлетворительно.

Годовой объем, сбрасываемых сточных вод, по видам очистки представлен в табл. 2.

Таблица 2

Объем сточных вод, сбрасываемых в Амурский и Уссурийский заливы в 2005–2006 гг. (тыс. м³/год)

Водный объект	Всего	Загрязненных		Нормативно чистых (без очистки)	Нормативно чистых на сооружениях очистки	
		Без очистки	Недостаточно очищенных		Механической	Биологической
Амурский залив	58815,80	38627,26	5544,57	429,70	592	13622,27
	100 %	65,7 %	9,4 %	0,7 %	1,0 %	23,2 %
Уссурийский залив	16437,05	7673,76	5087,51	27,28	"	3648,50
	100 %	46,7 %	31,0 %	0,2 %	"	22,1 %
Всего	75252,85	46301,02	10632,08	456,98	592	17270,77
	100 %	61,5 %	14,1 %	0,6 %	0,8 %	23,0 %

Расчеты многолетней динамики сброса сточных вод в Амурский и Уссурийский заливы показывают, что начиная с 1988 г. происходит постоянное снижение поступления сточных вод. По сравнению с 1988 г. объем сточных вод, поступающих в Амурский залив, уменьшился в 2,0 раза (со 121 до 59 млн м³/год), в Уссурийский залив — в 2,6 раза (с 42 до 16 млн м³/год). За этот период прекратили свою деятельность практически все крупные предприятия, расположенные на побережье заливов, остальные существенно сократили объемы сбрасываемых сточных вод. Межгодовая динамика сброса сточных вод в Амурский и Уссурийский заливы представлена на рис. 2.

Таким образом, в настоящее время существует устойчивая тенденция к снижению объемов сброса сточных вод от береговых источников. При этом качество их очистки остается на низком уровне. По-прежнему более 75 % сточных вод сбрасываемых в Амурский и Уссурийский заливы относятся к категории "без очистки" и "недостаточно очищенными".

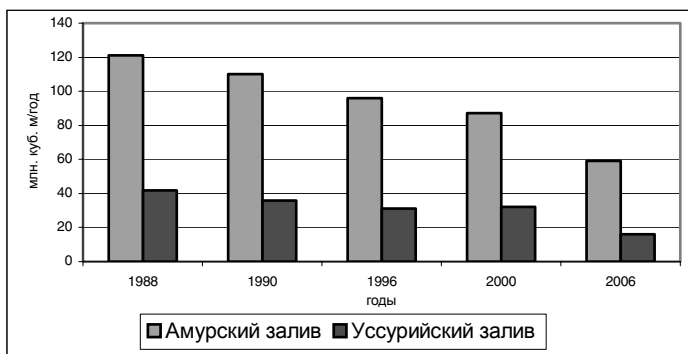


Рис. 2. Объемы сбросов сточных вод в Амурский и Уссурийский заливы в 1988–2006 гг.

Объемы поступления сточных вод не дают полного представления об антропогенной нагрузке на экосистемы Амурского и Уссурийского заливов, поэтому необходимо рассмотреть качественный состав сбрасываемых стоков.

Исследованиями (Соломенник, 1994; Жмур, 1997) установлено, что данные государственной статистической отчетности о сбросах загрязняющих веществ со сточными водами обычно оказываются неполными, а представление о техногенной нагрузке искаженным. Полностью охарактеризовать все источники загрязнения на практике сложно из-за различных уровней исходной информации, поэтому объемы сточных вод устанавливались по данным статистической отчетности, а список загрязняющих веществ расширялся с помощью нормативного метода за счет недостающих и специфических показателей, характерных для производственных процессов предприятий по литературным и справочным данным (Укрупненные нормы ..., 1978; Канализация ..., 1981). Данные по сбросу загрязняющих веществ со сточными водами представлены в табл. 3.

Таблица 3

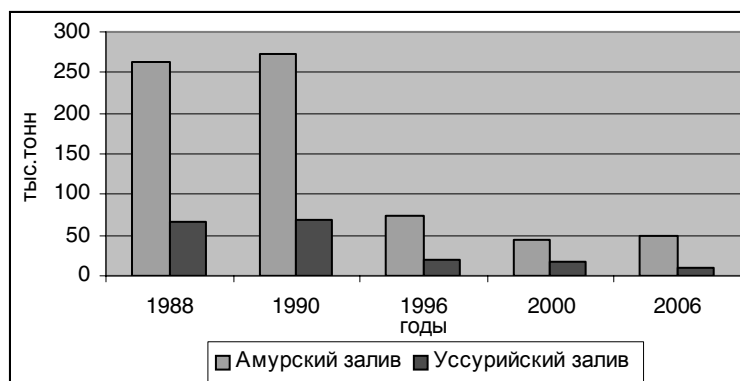
Годовое поступление загрязняющих веществ со сточными водами в Амурский и Уссурийский заливы, рассчитанное нормативным методом, 2005–2006 гг., т

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Амурский залив	% от общего сброса	Уссурийский залив	% от общего сброса	Всего	% от общего сброса
1	БПК полн.	15620,91	31,8	2581,38	26,6	18202,29	30,8
2	Взвешенные вещества	14456,67	29,5	2636,17	27,1	17092,84	29,0
3	Жиры	2313,38	4,7	548,11	5,6	2861,49	4,9
4	Нефтепродукты	39,70	0,1	3,79	< 0,1	43,49	0,1
5	СПАВ	494,87	1,0	137,65	1,4	632,52	1,1
6	Азот общий	2196,73	4,5	549,13	5,6	2745,86	4,7
7	Азот аммонийный	1415,12	2,9	396,85	4,1	1811,97	3,1
8	Нитраты	529,46	1,0	164,41	1,8	693,87	1,2
9	Нитриты	13,24	< 0,1	4,52	< 0,1	17,76	< 0,1
10	Фосфор общий	779,54	1,6	214,08	2,2	993,62	1,7
11	Фенол	3,41	< 0,1	1,19	< 0,1	4,60	< 0,1
12	Сульфаты	7443,49	15,1	1508,21	15,5	8951,70	15,2
13	Хлориды	3668,56	7,5	916,77	9,5	4585,33	7,8
14	Алюминий	27,35		8,19		35,54	
15	Железо	84,41		28,49		112,90	
16	Цинк	13,26		4,74		18,00	
17	Медь	1,36		1,88		3,24	
18	Свинец	2,95		0,77		3,72	
19	Никель	10,5		6,89		17,39	
20	Хром	8,12		6,43		14,55	
21	Кадмий	0,14		0,81		0,95	
	Σ металлов	148,09	0,3	58,20	0,6	206,29	0,4
22	Тетраэтилсвинец	1,19	< 0,1	0,01	< 0,1	1,20	< 0,1
23	Бор	0,85	< 0,1	–	–	0,85	< 0,1
24	Таннин	0,16	< 0,1	–	–	0,16	< 0,1
25	Сероводород	3,66	< 0,1	–	–	3,66	< 0,1
26	Сапонин	4,32	< 0,1	–	–	4,32	< 0,1
	ВСЕГО	49133,35	100	9720,47	100	58853,82	100

По массовой доле сброса, приоритетными загрязняющими веществами как для Амурского, так и для Уссурийского заливов являются органические (по БПК_{полн}) и взвешенные вещества, а также сульфаты и неорганические биогенные вещества (азот общий, азот аммонийный, нитриты, нитраты, фосфор общий), суммарный сброс которых для Амурского залива составляет — 86,4 %, а для Уссурийского залива — 82,9 % от общего сброса загрязняющих веществ. Следует отметить, что в Амурский залив поступает в 5,1 раза большая масса загрязняющих веществ по сравнению с Уссурийским заливом.

Динамика сброса загрязняющих веществ со сточными водами в Амурский и Уссурийский заливы представлена на рис. 3.

Рис. 3. Масса сброса загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в Амурский и Уссурийский заливы 1988–2006 гг.



Расчеты многолетней динамики поступления загрязняющих веществ со сточными водами в Амурский залив показывают, что начиная с 1990 по 2000 г. происходит снижение сброса с 274 до 44 тыс. т/год (в 6,2 раза), но к 2006 г. количество загрязняющих веществ увеличивается на 5 тыс. т/год.

Анализ хозяйственной деятельности предприятий показывает, что с 2000 по 2006 г. значительно сократилось число предприятий (с 94 до 68), при этом сокращение произошло за счет предприятий промышленности (с 31 до 22), сельского хозяйства (с 32 до 16), но увеличилось количество предприятий, относящихся к министерству топлива и энергетики (с 3 до 8).

Динамика сбросов загрязняющих веществ со сточными водами в Уссурийский залив показала, что с 1990 г. также происходит постоянное снижение сбросов (с 70 тыс. т/год в 1990 г. до 10 тыс. т/год в 2006 г. в 6,6 раза); по сравнению с 2000 г. в 1,7 раза. На протяжении с 2000 по 2005 г. сброс загрязняющих веществ от предприятий водно-коммунального хозяйства уменьшился на 34 %, промышленности — на 55 %, сельского хозяйства — на 18 %.

Сила воздействия суммарных сбросов загрязняющих веществ по отдельным акваториям характеризуется удельными показателями воздействия (Государственный доклад ..., 1999), которые рассчитываются как отношение массы веществ, сбрасываемых в прибрежные воды, к единице объема. Учитывая, что объем Амурского залива составляет $20,0 \times 10^9 \text{ м}^3$, годовое поступление загрязняющих веществ, рассчитанное нормативным методом, в 2006 г. составляло 49133,35 т/год, то на 1 м^3 вод залива приходится — 2,46 г загрязняющих веществ.

Объем Уссурийского залива составляет $102,0 \times 10^9 \text{ м}^3$ годовое поступление загрязняющих веществ, рассчитанное нормативным методом, в 2005 г. составляло 9720,47 т/год, то на 1 м^3 вод залива приходится — 0,095 г загрязняющих веществ, что в 25 раз меньше аналогичного показателя для Амурского залива.

ЛИТЕРАТУРА

Арзамасцев И.С. Совершенствование системы управления прибрежной зоной дальневосточных морей // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. "Морская экология-2005". — Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2006. — Т. 2. — С. 81–90.

Бортин Н.П., Шутько А.М. и др. Программные мероприятия по охране и восстановлению водных объектов Приморского края // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. "Морская экология-2005". — Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2005. — Т. 1. — С. 21–25.

Государственный доклад "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 году". — М.: Государственный центр экологических программ, 1999. — 574 с.

Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г. Экологическая программа. Ч. 2. — Владивосток: Дальнаука, 1993. — 301 с.

Жмур Н.С. Государственный и производственный контроль токсичности вод методами биотестирования в России. — М.: Междунар. дом сотрудничества, 1997. — 117 с.

Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. — М.: Стройиздат, 1981. — 638 с.

Наумов Ю.А. Антропогенез и экологические состояние геосистемы прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого Японского моря. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 300 с.

Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 1. — С. 73–77.

Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. — Владивосток: Дальнаука, 1998. — 21 с.

Соломенник С.Ф. Об антропогенной нагрузке на прибрежные морские акватории // Материалы 1-й Тихоок. экол. конф. "Инженерные решения проблем экологии прибрежных районов". — Владивосток, 1994. — С. 11.

Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. — М.: Стройиздат, 1978. — 590 с.

Чернышева Л.Б. Загрязнение прибрежных вод Дальневосточной России // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. "Морская экология-2005". — Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2005. — Т. 1. — С. 179–185.

ПОВЕРХНОСТНАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ И СИНОПТИЧЕСКИЕ ВИХРИ ЯПОНСКОГО МОРЯ

А.А. Никитин¹, М.А. Данченков², В.Б. Лобанов³, Г.И. Юрасов³

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток, Россия, e-mail: nikitin@tinro.ru

² ДВНИГМИ, г. Владивосток, Россия

³ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия

История изучения течений, фронтов и вихрей Японского моря показывает, что их исследования, как правило, ограничивались отдельными элементами, либо отдельными районами, основывались на данных отдельных экспедиций или на данных спутниковых наблюдений за какой-либо небольшой период. Мы попытались исследовать вихревые образования на основе всей доступной спутниковой информации с привлечением синхронных подспутниковых судовых и буйковых данных по всей акватории Японского моря, с выявлением и классификацией всех образований вихревого типа, их качественных и количественных характеристик, динамики, сезонной и межгодовой изменчивости. При этом вихревая структура рассмотрена как одно из звеньев общей циркуляции вод Японского моря.

Оценка повторяемости вихрей в Японском море выполнена на основе массива карт фронтологического анализа и отдельных ИК-снимков за период с 1988 по 1996 г.

Проведенный анализ спутниковых изображений, судовых данных и литературных источников позволяет заключить, что в Японском море преобладают устойчивые антициклонические вихри синоптического масштаба. Это позволило составить новую схему поверхностных течений с учетом положения стационарных вихрей, сосредоточение которых наблюдалось вдоль струй основных течений (рис. 1). На этой схеме представлено семь стационарных антициклонических вихрей (K1, K2, B, G, Y2, N, L) и один циклонический вихрь Vк, расположенный в восточной части моря. Видно, что стационарные вихри, по сути, формируют циркуляционную циркуляцию вод Японского моря. Огибающими отдельных систем вихрей являются известные течения Японского моря. Представленная схема хорошо согласуется с положением поверхностных термических фронтов в Японском море (рис. 1, вставка) (Никитин, 2006). На этой схеме хорошо выделяется система Восточно-Корейского течения с двумя стационарными вихрями. Цусимское течение представлено прибрежной ветвью и второй ветвью Цусимского течения, на периферии которого формируется стационарный вихрь N (север-

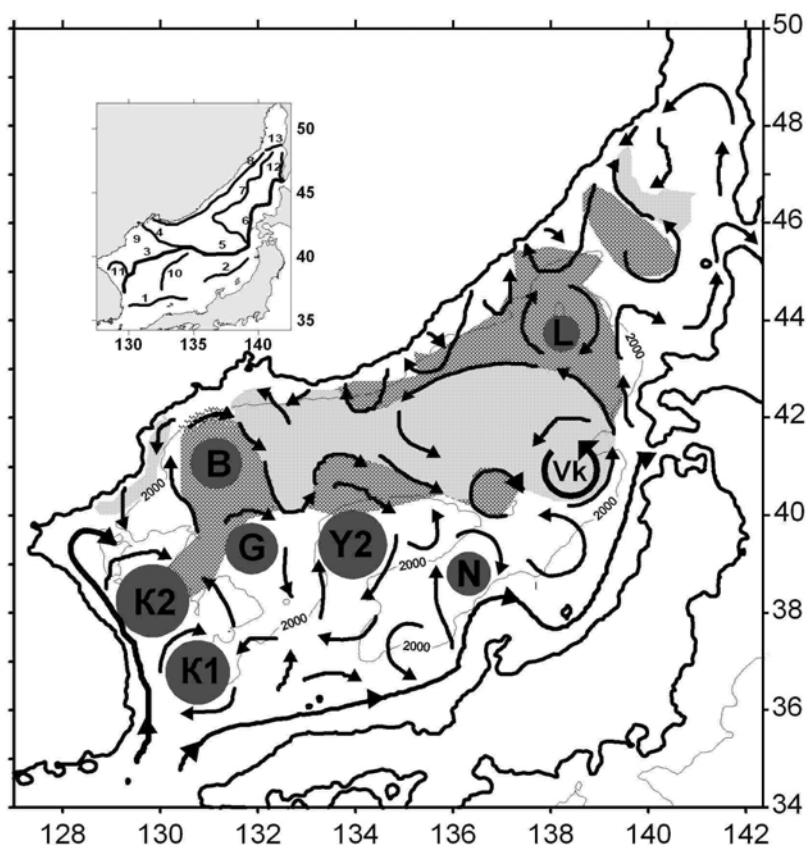


Рис. 1. Схема расположения стационарных вихрей и поверхностных течений в Японском море

нее п-ова Ното), а в районе возвышенности Ямато стационарный вихрь Y2. На этой же схеме выделяются вихревые дорожки вдоль 131° в.д., 134° в.д. и 137° в.д., по которым происходит перенос тепла в район южного Приморья, в результате чего в южном Приморье наблюдается продолжительная теплая осень. Теплая осень в отдельных районах среднего Приморья (43–45° с.ш.) и северного Приморья (мыс Золотой) также связана с поступлением субтропических вод к приморскому берегу из восточной части моря (рис. 2, 3). Три наиболее холодных области связаны с циклонической деятельностью. Наиболее крупный циклонический круговорот расположен между Субарктическим фронтом и 42° с.ш., между 131° и 139° в.д. Другая холодная область связана с Северо-Корейским течением. Третья холодная область расположена в северной части Японского моря между 45–46° с.ш.

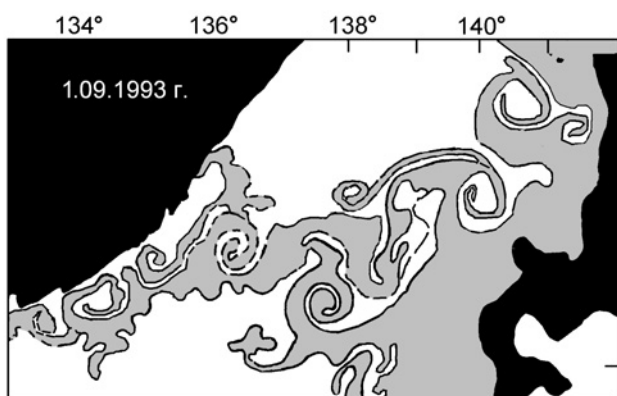


Рис. 2. Вихревая дорожка вдоль 43° с.ш.

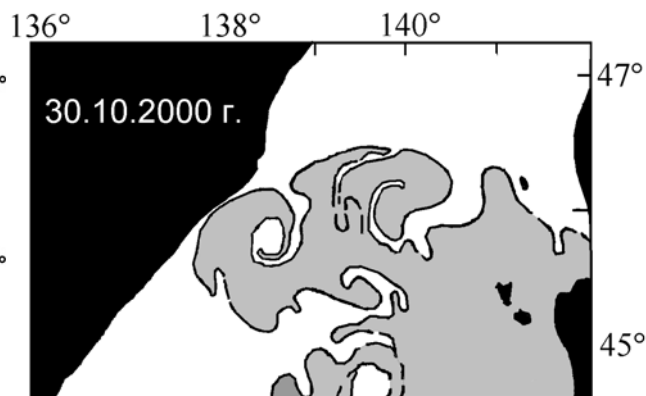


Рис. 3. Вихревая дорожка вдоль 46° с.ш.

Как видно на рис. 1, Приморское течение не представлено единым потоком, а имеет два отдельных звена, разделенных в районе 43–45° с.ш. В районе зал. Петра Великого Приморское течение также прерывается. Кроме этого, вдоль побережья Приморья прослеживаются небольшие вихри разных знаков. В северной части Японского моря (между 46–48° с.ш.) доминирует вдольбереговое течение Шренка (по номенклатуре Яричина, 1980).

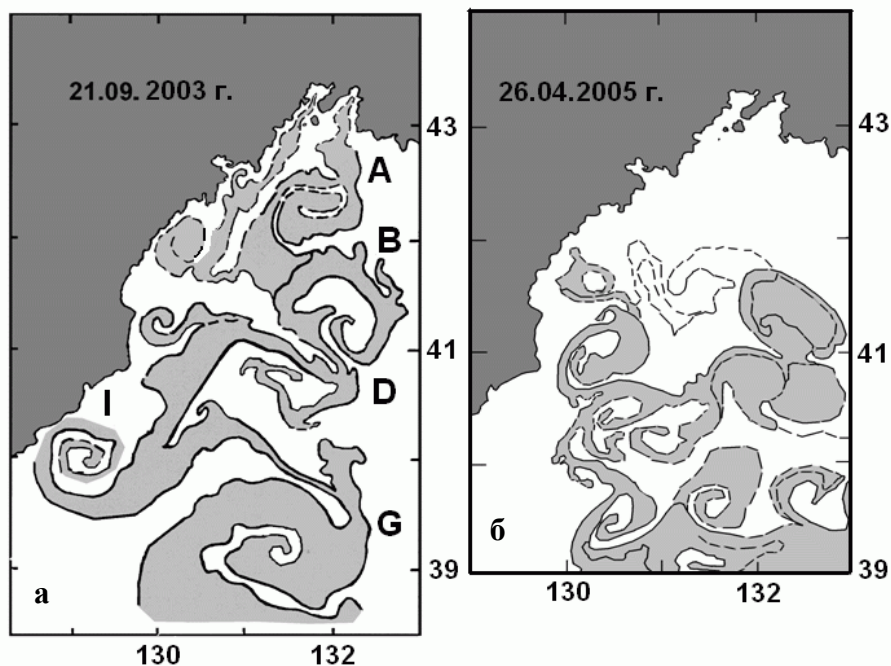
Распределение температуры воды в зимний период на глубине 300 м по данным дрейфа глубинных поплавков ALACE (600–800 м) в период 1999–2002 гг. хорошо отражает направление движения теплых потоков из южной части моря в его в северо-западную, северную части, соответствующее вихревым дорожкам.

Синоптические вихри чаще всего наблюдаются в шести стационарных районах. Циклонических вихрей в Японском море меньше, чем антициклонических и они расположены между областями антициклонических вихрей. Антициклонические вихри имеют характерные размеры 20–160 км и время жизни от 1 до 12 мес, а некоторые вихри до 2,5 лет (Shin et al., 2005). Вертикальный масштаб южных вихрей составляет 300–800 м, а северные вихри распространяются до глубины 2500–3000 м и даже до дна (Lobanov et al., 2001). Вихри в северо-западной части моря неравномерно перемещаются со скоростью от 0,3 до 4,0 см/с по сложным траекториям. Вихри, прилегающие к побережью КНДР и южному Приморью, перемещаются в южном, юго-западном и восточном направлениях. Вихри, расположенные в центральной части моря двигаются в восточном, юго-восточном, северо-восточном направлениях. Вихри, расположенные в зоне влияния Приморского течения (ближе к течению), медленно движутся на юг, юго-запад вдоль свала глубин. В северной части моря вихри практически не перемещаются или медленно (0,9 см/с) двигаются на север, северо-запад. В северо-восточной части моря вихри перемещаются в юго-западном направлении со скоростью 0,3 см/с.

Пространственная термическая структура в Японском море различается в теплые и холодные годы. Схема струйных вторжений и спиралевидных структур в условиях плотной "упаковки" вихрей характерна для теплых лет. В такие годы вихревые дорожки вдоль 131 и 134 в.д. обеспечивают быструю адвекцию теплых вод в район зал. Петра Великого (рис. 4), а в восточной части моря вихревая дорожка между 42–44° с.ш. обеспечивает перенос субтро-

пических вод от о. Хоккайдо в район среднего Приморья (43–45° с.ш.). В период максимального притока субтропических вод в Татарском проливе отмечается кратковременное образование вихревой цепочки состоящей из 4–5 мелких вихрей.

Рис. 4. Примеры вихревых дорожек в северо-западной части Японского моря: **а** — вдоль 131° в.д. 21.09.2003; **б** — 26.04.2005. А, В, D, G, I – синоптические вихри



На распределение синоптических вихрей в Японском море сильно влияет сезонная изменчивость. Зимой синоптические вихри чаще наблюдаются к западу от 135° в. д. и южнее 42° с.ш. В весенний период термическая структура вод фронтальной зоны характеризуется обилием вихрей синоптического масштаба, что способствует интенсивному перемешиванию вод и перераспределению тепла на участках, прилегающих к фронтальной зоне. Летом чаще всего вихри встречаются в юго-восточной части моря, а осенью — у побережья материка.

Основной причиной быстрого перемещения Субарктического фронта весной—летом в северном направлении является вихреобразование вдоль фронта и движение вихрей вдоль течений.

ЛИТЕРАТУРА

- Никитин А.А. Основные черты пространственного распределения поверхностных термических фронтов в водах Японского моря и их изменчивость // Исследование Земли из космоса. — 2006. — № 5. — С. 49-62.
- Никитин А.А., Лобанов В.Б., Данченков М.А. Возможные пути переноса субтропических вод в район Дальневосточного морского заповедника // Изв.ТИНРО. — Т. 131. — 2002. — С. 41–53.
- Яричин В.И. Состояние изученности циркуляции вод Японского моря // Тр. ДВНИГМИ. — 1980. — Вып. 80. — С. 46–61.
- Danchenkov M.A., Lobanov V.B., Nikitin A.A. Mesoscale eddies in the Japan Sea, their role in circulation and heat transport // Proc. CREAMS'97. — Fukuoka, Japan, 1997. — P. 81–84.
- Lobanov V., Ponomarev V., Tischenko P. et al. Evolution of anticyclonic eddies in the northwestern Japan/East Sea // Proc. 11th PAMS/JECSS. — Seogwipo, Korea, 2001. — P. 37–40.
- Shin H-R., Shin C-W., Kim C. et al. Movement and structural variation of warm eddy WE92 for three years in the western East/Japan Sea // Deep-Sea Res. II. — 2005. — Vol. 52. — P. 1742–1762.

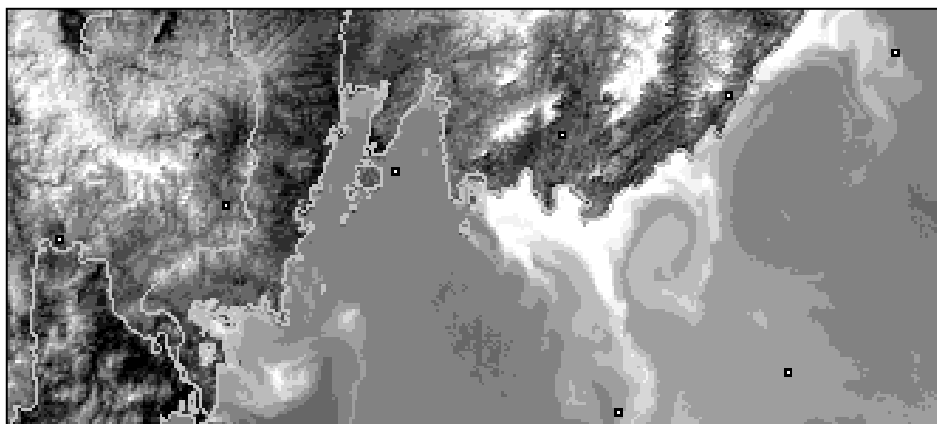
АПВЕЛЛИНГ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ПО СУДОВЫМ И СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

А.А. Никитин¹, Г.И. Юрасов², Е.А. Вилянская²

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: nikitin@tinro.ru

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В зал. Петра Великого гидрологические характеристики подвержены большой сезонной и, в меньшей степени, межгодовой изменчивости, в результате чего здесь формируется специфический гидрологический режим. Смена муссонных ветров в осенний сезон приводит к развитию в прибрежных районах у южного Приморья явления апвеллинга. Благоприятные условия для развития апвеллинга создаются в период установления зимних муссонных ветров, начиная с октября. В этот период сильные ветры северо-западного направления в вершине залива значительно усиливаются под влиянием окружающего рельефа побережья и при выходе на акваторию залива, несколько ослабевая, приобретают вдольбереговое направление, способствующее развитию апвеллинга (Матинян, 1940). На начальной стадии его развития стратификация только начинает ослабевать, и явление выхода более холодных глубинных вод хорошо заметно как на гидрологических разрезах, так и на спутниковых ИК-снимках в виде пятен холодной воды и связанной с ними системы фронтальных разделов (см. рисунок). Эти образования продолжают регистрироваться вплоть до разрушения стратификации и начала льдообразования. Холодные воды наблюдаются в виде отдельных очагов и полос, ориентированных вдоль побережья, которые характеризуются значительной изменчивостью, но в целом в осенний период (октябрь—ноябрь) их площадь увеличивается.



Холодные пятна в зал. Петра Великого на ИК-снимке за 11.10.2007. Светлые области — холодные воды; темные области — теплые воды

Для детальной характеристики процесса подъема глубинных вод и их роли в гидрологии, биологии и гидрохимии зал. Петра Великого необходимо проведение целенаправленных экспедиционных работ, а также разработка и адаптация математических моделей явления.

ЛИТЕРАТУРА

Матинян Г.Б. Синоптические условия образования туманов в заливе Петра Великого, на побережье Японского моря и в Татарском проливе // Синоптические процессы Дальнего Востока. — М.: Гидрометеиздат, 1940. — С. 121–152.

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЗОНЫ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ КАК ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ (С ПОЗИЦИЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОТОННЫХ СИСТЕМ)

М.А. Новиков

Полярный НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича,
г. Мурманск, Россия, e-mail: mnovik@pinro.ru

Принципиальной особенностью биотопа экотона является его неоднородность, в простейшем случае двойственность, когда два типа разнородных местообитаний — совокупности условий и ресурсов — используются экотонным сообществом комплексно и во взаимосвязи. Примерами морских экотонных сообществ могут служить не переходные, а фронтальные зоны, распространенные в окраинных шельфовых морях. Ширина таких фронтальных зон, например, в Баренцевом море составляет несколько десятков километров, они являются местом скопления и повышенных биомасс многих организмов, как планктонных, выносимых сюда течениями и локальными круговоротами, так и нектонных, прибывших сюда для нагула и откорма (Новиков, 2006). Однако, несмотря на обилие информации, накопленной океанологией по вопросу «сгущения жизни» (по выражению В.И. Вернадского) в областях фронтальных зон, конвергенций и дивергенций, концепция экотона в морской экологии, как представляется, еще далека от завершенности.

Еще в конце 1950-х гг. отечественными учеными на примере северной Атлантики отмечено, что в районах Полярного фронта могут не только совместно присутствовать организмы холодноводной и тепловодной фаун из смежных водных масс, но и одновременно существовать комплексы планктона, характерные для различных биологических сезонов (Павштик, 1958; Грузов, 1961). Так, на примере калянуса (*C. finmarchicus*), развивающегося в водах Полярного фронта Восточно-Гренландского течения, показано, что в результате перемешивания холодных арктических и более теплых атлантических вод создаются благоприятные условия для развития тех рачков, которые раньше обитали в холодных водах, в результате чего развитие этой популяции здесь оказывается ускоренным. Особи из атлантических вод, попадая в более холодные воды, обнаруживают задержку в развитии, и, вследствие этого, в популяции начинает превалировать IV стадия (Грузов, 1961). Е.А. Павштик (1958) для смешанных вод Полярного фронта Восточно-Исландского течения показала частое присутствие крупных форм калянуса на фоне продолжающегося «цветения» как зеленых, так и диатомовых водорослей — явление совсем не характерное для основных водных масс Норвежского и Гренландского морей. В таких районах в «цветении» можно встретить и скопления атлантической сельди, откармливающейся крупными рачками (Павштик, 1958).

Районы массового скопления организмов в Баренцевом море в основном приурочены к участкам Полярного фронта, т.е. к тем районам, где наиболее ярко выражены явления вертикальной циркуляции (Броцкая, Зенкевич 1939). Эти общие выводы нашли конкретное подтверждение в последующих работах отечественных ученых. Так, северная граница распространения атлантическо-скандинавской сельди и взрослой аркто-норвежской трески в Баренцевом море определяется в основном расположением Полярного фронта (Биология и промысел ..., 1939; Marty, 1965; Треска Баренцева моря, 1996). В прибрежье Восточного Мурмана наибольшие величины численности эвфаузиид обнаруживаются в районах фронтальных зон, образующихся под влиянием приливо-отливных движений водных масс. Здесь же происходит аккумуляция их пищевых ресурсов (фито- и зоопланктона). Возможно, именно гидрологические фронты выступают в роли «центров кристаллизации» при формировании роев и косяков личинок эвфаузиид. Показано также (Рекомендации ..., 1991), что места зимовки мойвы расположены преимущественно вдоль полярного фронта, с южной ее стороны. Нагул мойвы, напротив, происходит в районах, расположенных к северу от Полярного фронта, причем южная граница нагула приурочена, в основном, к линии все той же полярной фронтальной зоны (Новиков, 2006). Согласно выводам В.В. Терещенко (2000), сделанным на

основе многолетних исследований, в течение значительной части года треска придерживается районов с повышенными градиентами температуры воды, т.е. концентрируется на обостренных участках фронтальных зон. По результатам исследований 1997 г., зоопланктон Баренцева моря наибольшего разнообразия достигал в зонах стыка вод различного происхождения. Так, в частности, в центре моря на станции, расположенной на стыке теплой северной ветви Нордкапского течения и холодной струи Центрального, было обнаружено 20 видов мезозоопланктона. На северо-востоке моря, где холодные арктические воды перемешиваются с подповерхностными теплыми атлантическими, было обнаружено 25 видов. В то время как общее число фоновых видов, выявленных на всех выполненных станциях, колебалось от 12 до 25 (Мусаева, Гагарин, 2000).

На границах водных масс (во фронтальных зонах) происходит смена видового состава гидробионтов, и чем больше водные массы различаются по своим свойствам, тем заметнее меняется население вод при переходе от одной водной массы к другой. В Баренцевом море трансформированные собственно баренцевоморские воды оказываются наиболее обедненными в биологическом отношении, а атлантические наиболее богатыми. Восточнее Полярного фронта встречаются крупные скопления таких холодолюбивых рыб, как сайка и чешско-печорская сельдь.

Полярный фронт не единственная зона контакта и смешения разнородных водных масс в Баренцевом море. Изрезанное побережье Кольского полуострова и западной стороны архипелага Новая Земля, изобилующие бухтами, заливами, фьордами, нередко с хорошо развитыми эстуарными системами, наличие многочисленных «банок» и, наконец, мелководное Печорское море — все это способствует образованию бесчисленных фронтальных зон. Образуются они в результате контакта различных сред обитания: вод с разной температурой и соленостью, пелагиали с батией и т.п., что создает условия для проявления разнообразных пограничных эффектов, безусловно, более локализованных во времени и пространстве, нежели в случае Полярного фронта.

ЛИТЕРАТУРА

Биология и промысел мурманской сельди / под ред. В.Н. Тихонова. — М.; Л.: Пищепромиздат, 1939. — 99 с.

Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет донной фауны Баренцева моря // Тр. ВНИРО. — 1939. — Т. 4. — С. 3–150.

Грузов Л.Н. Зоопланктон полярного фронта Восточно-Гренландского течения // Гидрологические и биологические особенности прибрежных вод Мурмана. — Мурманск, 1961. — С. 175–185.

Мусаева Э.И., Гагарин В.И. Распределение биомассы зоопланктона Баренцева моря осенью 1997 г. // Океанология. — 2000. — Т. 40, № 4. — С. 569–573.

Новиков М.А. Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей). — Мурманск: ПИНРО, 2006. — 250 с.

Павштикс Е.А. Планктон и кормовые миграции сельди в условиях Норвежского и Гренландского морей: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Л., 1958. — 15 с.

Рекомендации по рациональной эксплуатации баренцевоморской мойвы / Г.И. Лука, Н.Г. Ушаков, В.К. Ожигин и др. — Мурманск: ПИНРО, 1991. — 193 с.

Терещенко В.В. Океанологические основы распределения промысловых гидробионтов Баренцева моря: Автореф. дис. ... канд. географ. Наук (в форме научного доклада). — Мурманск, 2000. — 50 с.

Треска Баренцева моря (биолого-промысловый очерк) / В.Д. Бойцов, Н.И. Лебедь, В.П. Пономаренко и др. — Мурманск: ПИНРО, 1996. — 285 с.

Marty Ju.Ju. Drift migrations and their significance to the biology of food fishes of the North Atlantic // ICNAF. Spec. Publ. — 1965. — Vol. 6. — P. 355–361.

МОНИТОРИНГ ТОКСИЧНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ЗАЛИВЕ ПЕТРА ВЕЛИКОГО КАК ОСНОВА БИОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ И МОРЕПРОДУКТОВ

Т.Ю. Орлова, М.С. Селина, И.В. Стоник

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: torlova@whoi.edu

Среди биотических компонентов прибрежных экосистем фитопланктон — один из наиболее чувствительных элементов, реагирующих на изменения природной среды. Климатические изменения и загрязнение прибрежных вод приводят к тому, что явление «красных приливов» (феномен массового развития водорослей) приобретает характер эпидемий, в том числе и в дальневосточных морях РФ. Вредоносное цветение микроводорослей (ВЦВ) представляет опасность для здоровья людей, снижает продуктивность марикультурных хозяйств, наносит ущерб туризму и рекреационным системам, снижает биоразнообразие и разрушает морские экосистемы. Среди 300 видов микроводорослей, вызывающих ВЦВ, около 60 видов продуцируют токсины. Моллюски-фильтраторы (мидии, устрицы, гребешки), ракообразные и рыбы, многие из которых являются объектами промысла и аквакультуры, способны аккумулировать токсины микроводорослей до уровней, летальных для человека. Ежегодно в мире регистрируются десятки тысяч случаев отравления людей вследствие употребления в пищу рыбы, моллюсков и других морепродуктов, содержащих токсины микроводорослей. Случаи вредоносного «цветения» водорослей, сопровождавшиеся отравлениями и гибелью людей и морских животных, зарегистрированы и на Дальнем Востоке РФ. С начала 90-х гг. прошлого века сотрудниками Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН были начаты постоянные наблюдения за развитием потенциально опасных микроводорослей, вызывающих ВЦВ (в том числе «красные приливы») и вырабатывающих опасные для человека и животных токсины. Данные мониторинга показали, что из 600 известных в дальневосточных морях видов микроводорослей в зал. Петра Великого отмечены 24 потенциально опасных вида (из них 17 видов оказались новыми для морей России), токсины которых (сакситоксин, домоевая и окадаевая кислоты) могут вызывать диаррейный синдром, амнезические и нервно-паралитические отравления людей (см. таблицу). Диатомовые водоросли рода *Pseudo-nitzschia* — наиболее широко распространенная и многочисленная группа потенциально опасных микроводорослей в зал. Петра Великого. Эти водоросли известны как продуценты нейротоксичной домоевой кислоты (Subba Rao et al., 1988; Bates et al., 1989; Martin et al., 1990), которая передается по пищевым цепям, вызывая отравления людей, а также массовую гибель морских животных. Согласно описанным симптомам (расстройства нервной системы различной степени тяжести), такое отравление получило название отравление домоевой кислотой или Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) (Bates et al., 1989; Scholin et al., 2000). Виды рода *Pseudo-nitzschia* достигают массового развития и нередко вызывают «цветение» воды в зал. Петра Великого в летне-осенний период (Orlova et al., 1996, 1998; Стоник и др., 2001).

В районе исследования обнаружены потенциально токсичные динофлагелляты (см. таблицу), которые вызывают паралитическое и диарретическое отравления. Виды рода *Alexandrium* известны как продуценты сакситоксина и его аналогов, которые передаются по пищевым цепям, вызывая отравления людей, а также массовую гибель теплокровных животных. Согласно описанным симптомам, такое отравление получило название паралитического отравления моллюсками (PSP — Paralytic Shellfish Poisoning) (Shumway, 1990; Hallegraef, 1995).

Виды рода *Dinophysis* известны как возбудители диарретического отравления моллюсками — (DSP — Diarrhetic Shellfish Poisoning) (Lee et al., 1989). Причиной этого отравления является жирорастворимая окадаевая кислота (ОА), динофизис- и пектено-токсины (DXT, PTX). Воздействию токсинов подвергается ферментативная система и

симптомы DSP аналогичны таковым обычного желудочного отравления (Andersen, 1996). Численность *Dinophysis* в прибрежных водах Приморского края в летнее время достигает нескольких тысяч клеток в литре морской воды (Селина, 1993; Морозова и др., 2002), что на порядок превышает допустимый уровень концентрации этой водоросли, при которой санитарные службы стран АТР и ЕС запрещают добычу и использование в пищу моллюсков.

Микроводоросли, известные как продуценты биотоксинов и виды, вызывающие вредоносные «цветения» воды в зал Петра Великого (Японское море)

Группа	Токсичные виды	Виды, вызывающие вредоносные «цветения» воды
Диатомовые	<i>Pseudo-nitzschia pungens</i> , <i>P. delicatissima</i> , <i>P. fraudulenta</i> , <i>P. multistriata</i> , <i>P. multiseriata</i> , <i>P. seriata</i>	<i>Chaetoceros convolutus</i> , <i>Ch. concavicornis</i> , <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> , <i>P. multiseriata</i> , <i>P. pungens</i>
Динофлагелляты	<i>Alexandrium tamarense</i> , <i>A. pseudogonyaulax</i> , <i>Dinophysis acuminata</i> , <i>D. acuta</i> , <i>D. fortii</i> , <i>D. norvegica</i> , <i>D. rotundata</i> , <i>Karenia brevis</i> , <i>K. mikimotoi</i> , <i>Prorocentrum minimum</i> , <i>Protoceratium reticulatum</i>	<i>Karenia mikimotoi</i> , <i>Noctiluca scintillans</i> , <i>Prorocentrum minimum</i>
Рафидофитовые	<i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Fibrocapsa japonica</i>	<i>Chattonella marina</i> , <i>Heterosigma akashiwo</i> , <i>Fibrocapsa japonica</i>

В рамках мониторинга потенциально токсичных водорослей были исследованы биотоксины в моллюсках, морской воде и культурах микроводорослей из разных районов зал. Петра Великого с помощью современных методов иммуноферментного анализа (ELISA/ИФА). В исследованных объектах обнаружены ASP, DSP и PSP токсины. Высокий уровень омега-3 кислоты, превышающий предельно допустимый уровень в 160 мкг/кг, зарегистрирован в тканях моллюсков (устрицы, мидии). Высокое содержание PSP токсина отмечено в культурах *Alexandrium tamarense*. Концентрация домоевой кислоты в исследованных моллюсках не превышала ПДК, однако факт загрязнения моллюсков ASP токсином предполагает проведение обязательного контроля над содержанием домоевой кислоты в морских гидробионтах.

В целом, результаты мониторинга показали (см. таблицу), что в последние два десятилетия в зал. Петра Великого были зарегистрированы вспышки численности потенциально токсичных видов диатомовых, динофитовых и рафидофитовых водорослей, не отмечавшихся ранее в прибрежных водах Приморского края (Коновалова, 1992; Селина и др., 1992; Стоник, 1994; Konovalova et al., 1995; Orlova et al., 1996, 2002). Установлено, что по сравнению с 70–80 гг. прошлого века частота и масштабы ВЦВ возросли. Произошли существенные изменения в комплексах доминирующих видов, в несколько раз увеличилось видовое богатство потенциально опасных видов и видов, вызывающих «цветение» воды. Наибольшее число ВЦВ наблюдалось в 90-х годах прошлого столетия. Позднее, число ВЦВ постепенно снижалось, однако численность потенциально токсичных водорослей оставалась высокой и достигала уровня «цветения» на протяжении всего периода наблюдений. Известно, что увеличение частоты и интенсивности «цветений» микроводорослей является следствием антропогенного загрязнения прибрежных морских вод (Smauda, 1990; Коновалова, 1992; Hallegraeff, 1995).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что практически на всей акватории зал. Петра Великого в летне-осеннее время существует угроза отравления биотоксинами, концентрация которых превышает уровень, при котором в странах АТР и ЕС вводятся ограничения на добычу морепродуктов. Совершенно очевидна необходимость создания Государственной Региональной службы мониторинга ВЦВ, контролирующей появление и развитие вредоносных водорослей в целях обеспечения токсикологической безопасности населения,

предупреждения экономического ущерба и обеспечения гарантированного рынка сбыта и конкурентоспособности производимых в регионе морепродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 06-04-48649) и грантов ДВО РАН (проекты № 06-III-A-06-167, № 06-I-II-11-034, № 06-I-П16-057) и Целевой комплексной программы ДВО РАН “Биологическая безопасность морей России”.

ЛИТЕРАТУРА

Коновалова Г.В. “Красные приливы” в дальневосточных морях России и прилегающих акваториях Тихого океана (обзор) // Альгология. — 1992. — Т. 2, № 4. — С. 87–93.

Морозова Т.В., Селина М.С., Орлова Т.Ю. Фитопланктон в районе хозяйства марикультуры бухты Миносок залива Посъета Японского моря // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 2. — С. 107–112.

Селина М.С. Распределение потенциально токсичных динофитовых водорослей рода *Dinophysis* в заливе Восток Японского моря // Биол. моря. — 1993. — № 5–6. — С. 23–29.

Селина М.С., Симакова Н.К., Яснецкая Л.В. *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi (Dinophyta) в заливе Петра Великого (Японское море) // Альгология. — 1992. — Т. 2, № 1. — С. 51–55.

Стоник И.В. Потенциально токсичная динофитовая водоросль *Prorocentrum minimum* в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. — 1994. — Т. 20, № 6. — С. 419–425.

Стоник И.В., Орлова Т.Ю., Шевченко О.Г. Виды рода *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyta) из залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2001. — Т. 27, № 6. — С. 416–420.

Andersen P. Design and implementation of some harmful algal monitoring systems: IOC technical series. UNESCO. — 1996. — Vol. 44. — 268 p.

Bates, S., Bird C., A. de Freitas et al. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1989. — Vol. 46. — P. 1203–1215.

Hallegraeff G.M. Harmful algal blooms: A global overview // Manual of harmful marine microalgae. — Paris: UNESCO, 1995. — P. 1–22.

Konovalova G.V., Orlova T.Yu., Selina M.S. et al. Events of “blooms” of dangerous phytoplankton species in coastal waters of the Far Eastern seas in Russia // 7th Intern. Conf. on toxic phytoplankton: Abstract. — Sendai, Japan, 1995. — P. 31.

Lee J.-S., Igarashi T., Fraga S. et al. Determination of diarrhetic toxins in various dinoflagellate species // J. Appl. Phycol. — 1989. — Vol. 1. — P. 147–152.

Martin J., Haya K., Burrige L. and Wildish D. *Nitzschia pseudodelicatissima* — a source of domoic acid in the Bay of Fundy, eastern Canada // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 1990. — Vol. 67. — P. 177–182.

Orlova T.Y., Konovalova G.V., Stonik I.V. et al. Harmful algal blooms on the eastern coast of Russia // Harmful algal blooms in the PICES region of the North Pacific. PICES Scientific Report. — 2002. — № 23. — P. 47–73.

Orlova T.Yu., Selina M.S., Stonik I.V. Distribution of harmful microalgae in Peter the Great Bay, Sea of Japan, Russia // Harmful Algae. IOC of UNESCO. — 1998. — P. 86–87.

Orlova T.Yu., Zhukova N.V., Stonik I.V. Bloom-forming diatom *Pseudonitzschia pungens* in Amurskii Bay (the Sea of Japan): morphology, ecology and biochemistry // Harmful and toxic algal blooms. UNESCO. — 1996. — P. 147–150.

Scholin C.A., Gulland F., Doucette G. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom // Nature. — 2000. — Vol. 403. — P. 80–84.

Shumway S.E. A review of the effects of algal blooms on shellfish and aquaculture // J. World Aquaculture Society. — 1990. — Vol. 21, № 2. — P. 65–104.

Smayda T.J. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for a global epidemic // Toxic Marine Phytoplankton / Ed. by E. Graneli, B. Sundstrom, L. Edler, D.M. Anderson. — N.Y.: Elsevier Sci. Publishing Co., 1990. — P. 29–40.

Subba Rao D.V., Quilliam M.A., Pocklington R. Domoic acid — a neurotoxic amino acid produced by the marine diatom *Nitzschia pungens* in culture // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1988. — Vol. 45, № 12. — P. 2076–2079.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ 4-НОНИЛФЕНОЛА В ВОДАХ АМУРСКОГО ЗАЛИВА И ПРИЛЕГАЮЩИХ АКВАТОРИЯХ

А.С. Петрова¹, А.П. Черняев²

¹ Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия, e-mail: petrovasasha@yandex.ru

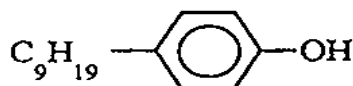
² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: chernyev@tinro.ru

В последнее время у специалистов в области экологии возрос интерес к группе химических веществ, способных оказывать негативное действие на эндокринную систему и развитие позвоночных и беспозвоночных животных. Исследования в этой области ведутся относительно недавно, но уже имеются данные о влиянии таких веществ на процессы гормональной регуляции.

Объектом настоящего исследования является вещество, принадлежащее к классу алкилфенолов, — нонилфенол, запрещенный к сбросу в исключительной экономической зоне РФ (Постановление Правительства РФ № 251 от 24.03.2000 г.) и соответствующий категории А в определении Конвенции МАРПОЛ 73/78.

Соединения группы алкилфенолов присутствуют в сточных водах крупных промышленных центров и могут достигать высоких значений в прибрежных морских акваториях.

Нонилфенол относится к классу замещенных фенолов (алкилфенолов):



Большая часть алкилфенолов используется для изготовления неионогенных ПАВ, так как они имеют высокую стабильность и превосходные чистящие, эмульгирующие и поверхностно активные свойства. Нонилфенол применяется для получения фенолформальдегидных смол. Сульфид нонилфенола используется для стабилизации синтетических резин. Так же применяется в производстве ингибиторов коррозии, красителей, пестицидов и химических стабилизаторов (Grayson, 1978). Основная часть нонилфенола поступает в окружающую среду из сточных вод целлюлозно-бумажного производства.

Показано, что нонилфенолы токсичны для рыб ($LD_{50} = 0,017-3,000$ мг/л). Беспозвоночные и морские водоросли также чувствительны к воздействию нонилфенола (LD_{50} находится в интервалах 0,021–3,000 и 0,027–2,500 мг/л соответственно).

Действие нонилфенола на млекопитающих приводит к уменьшению прироста массы тела и кровоизлияния в печени ($LD_{50} = 1,3$ г/кг) (Servos, 1999). Основное негативное действие НФ оказывает на эндокринную систему, осуществляющую регуляцию и координацию важнейших форм жизнедеятельности. Любое вещество, изменяющее функции этой системы называется разрушителем эндокринной системы (РЭС). РЭС способны воздействовать на эндокринную функцию различными механизмами (Soto, 1995): заменять эстрогены, взаимодействовать с их естественными рецепторами, изменяя синтез и распад естественных гормонов, а также функционирование гормональных рецепторов.

Впервые изменения органов репродуктивной системы рыб под влиянием РЭС были отмечены в популяциях, обитавших ниже по течению от находящихся на берегу целлюлозно-бумажных комбинатов и других источников загрязнения водной среды (McMaster et al., 1991). В зависимости от свойств агента, изменения в репродуктивной системе рыб носили разный характер: замедленное созревание органов размножения, уменьшение размеров гонад, снижение содержания тестостерона и эстрадиола, явления гермафродитизма (Howell et al., 1980).

В литературе встречаются данные о присутствии нонилфенола в водах рек, озер и прибрежных морей (Ying, 2002). Концентрации нонилфенола в гидросфере варьируют от значений ниже уровня определения до концентрации в 0,644 мг/л, полученных в поверхностных

водах Испании (Sole, 2000). По данным некоторых исследователей (Baronti, 2000), поверхностные воды с содержанием НФ менее 0,001 мг/л рассматривать как слабозагрязненные, 0,001–0,010 мг/л как загрязненные, более 0,010 мг/л как сильнозагрязненные.

Материалы и методы. Анализ проводили на жидкостном хроматографе «Shimadzu» LC-10 ADvp (Япония), оснащенным флуоресцентным детектором и диодной матрицей, аналитическая колонка — Discovery C₁₈ (25 * 0,46 см). Элюент: ацетонитрил—вода (об.%/об.%) — 90 : 10. Элюирование проводили в изократическом режиме, скорость подачи элюента — 0,5 мл/мин. Проба отбиралась автосемплером, элюент перед входом в хроматографическую систему дегазировали. Все реактивы имели марку ос.ч., 4-нонилфенол — фирмы Lancaster, степень чистоты > 98 %.

Места отбора проб: станция № 1 располагалась в прибрежной зоне Амурского залива в районе Спортивной гавани, № 2 — бухта Золотой Рог и станция № 3 — устье р. Объяснения (рис. 1).

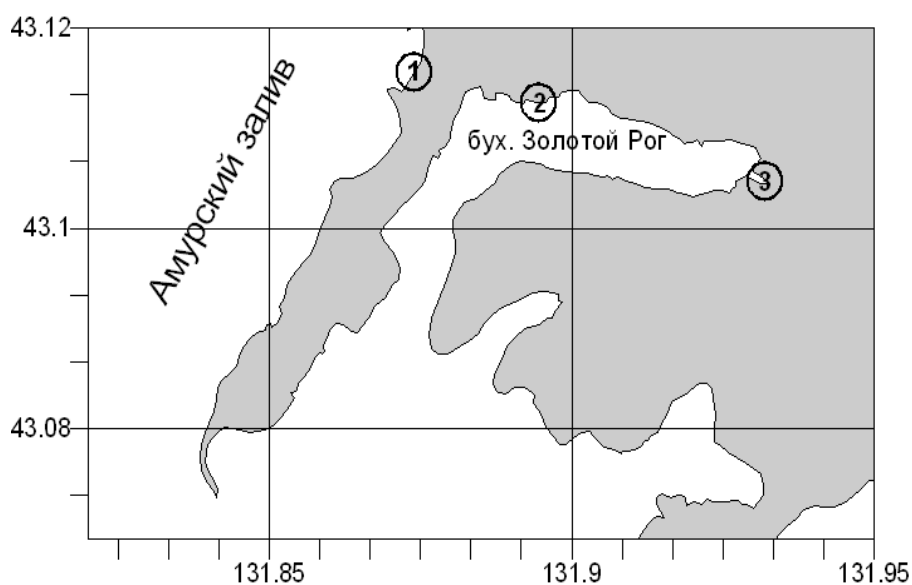


Рис. 1. Карта-схема района работ

Отбор проб воды проводили в стеклянные бутылки объемом 5 л, бутылки предварительно ополаскивали дистиллированной водой и дважды исследуемой водой непосредственно перед отбором.

Было проведено сравнение минимально детектируемого количества 4-нонилфенола для двух детекторов: диодная матрица и флуоресцентного, они составили 18,2 и 1,0 нг/мл соответственно. Таким образом, установлено, что использование флуоресцентного детектора более предпочтительно при анализе фенольных соединений.

Для экстракции были взяты пробы объемом 1 л (в трех параллелях). В качестве экстрагента использовали дихлорметан. Экстрагент объемом 20 мл добавляли к пробе, затем анализируемую пробу тщательно перемешивали, после чего переносили в делительную воронку. Отделив органический слой, пробу повторно экстрагировали. Полученные экстракты сушили безводным сульфатом натрия, и упаривали досуха на роторном испарителе при пониженном давлении. Полученные остатки перерастворяли в 1мл ацетонитрила.

Результаты и их обсуждение. Воды зал. Петра Великого загрязняются сбросами недостаточно очищенных хозяйственно-бытовых стоков населенных пунктов и сточных вод промышленных предприятий. Основными загрязнителями являются предприятия электроэнергетики, коммунального хозяйства, химической промышленности, машиностроения и металлообработки.

В течение года в воды Амурского залива и прилегающие акватории происходит сброс большого количества сточных вод. По статистическим данным (форма 2ТП-Водхоз), в Амурский залив поступает 46332,96 тыс. м³/год, в бухту Золотой Рог — 23480,27 тыс. м³/год,

из них 8222,83 тыс. м³/год со стоком р. Объяснения. Все сбрасываемые сточные воды отнесены к категории “загрязненные, без очистки” в их состав входят такие загрязняющие вещества как: нефтеуглеводороды (29,90 т/год), фенолы (2,96 т/год), СПАВ (86,37 т/год) и другие.

Цель работы — изучение содержания 4-нонилфенола в водах Амурского залива и прилегающих акваториях. Установлено, что содержание 4-нонилфенола в Амурском заливе составляет 0,435 мкг/л. Предположительно, основным источником поступления 4-нонилфенола является картонная фабрика, расположенная в г. Уссурийск, сбрасывающая сточные воды в р. Раздольная. Дополнительными источниками загрязнения могут служить промышленные стоки других производств, а так же хозяйственно-бытовые стоки. Воды р. Раздольной по результатам комплексной оценки в 2003 г. отнесены к “очень грязным”.

В состав загрязнений сточных вод от производства картона входят загрязнения органического характера, ПДК по фенолам в ней превышалась до 6 раз. Эта река поставляет в Амурский залив загрязнений в 26–28 раз больше, чем все промышленно-бытовые городские стоки Владивостока. Тем не менее, содержание 4-нонилфенола в водах Амурского залива относительно не высоко. Это обусловлено большой площадью и глубиной залива, а так же системой поверхностных и подводных течений в зал. Петра Великого. Содержание 4-нонилфенола в бухте Золотой Рог составляет 1,22 мкг/л. В бухту поступают сточные воды городской канализации. Негативное воздействие оказывают городские порты и судоремонтные заводы, сбрасывающие в воду технические масла, топливо и хозяйственно-бытовые стоки. Существенный вклад в загрязнение бухты вносит р. Объяснения, в водах которой содержание 4-нонилфенола составляет 1,235 мкг/л. Одним из основных источников загрязнения им, вероятнее всего, является ТЭЦ-2. С электростанции в реку без специальной очистки поступает огромное количество сточных вод от охлаждения и продувочных вод из систем обратного водоснабжения, зачастую загрязненные компонентами трансформаторных масел. Известно, что многие составные части материалов трансформаторов изготавливаются из фенолформальдегидных смол, содержащих 4-нонилфенол. Замена трансформаторов и их разрушение приводит к неконтролируемому попаданию токсичных компонентов в окружающую среду. Несмотря на то, что замасленные и замазученные воды проходят грубую очистку, отстаиванием в приемной емкости и нефтеловушке и тонкую очистку в двухслойном механическом фильтре и угольном фильтре, содержание масел в сточных водах составляет 0,5–1,0 мкг/л.

Наименее загрязненным общими фенолами и 4-нонилфенолом из исследуемых акваторий является Амурский залив, а наиболее загрязненными воды р. Объяснения (рис. 2). Существующие концентрации 4-нонилфенола в водах Амурского залива не способны оказывать существенное негативное влияние на эндокринную систему гидробионтов, а тем более вызывать гибель. По приведенной выше классификации воды Амурского залива можно отнести к слабозагрязненным. В бухте Золотой Рог и р. Объяснения содержание 4-нонилфенола находится на субкритическом уровне и способно вызвать изменения в структуре сообществ морских организмов, такие как замедленное созревание органов размножения, изменение половой и возрастной структуры популяций.

Таким образом сложившаяся ситуация предопределяет необходимость проведения полноценных мониторинговых работ, выявление и классификацию источников загрязнения веществами, проявляющими ксеноэстрогенный эффект.

ЛИТЕРАТУРА

Baronti C. Monitoring natural and synthetic estrogens at activated sludge sewage treatment plants and in a receiving river water // *Environ. Sci. Technol.* — 2000. — Vol. 34. — P. 59–66.

Grayson M. Alkylphenols // *Encyclopedia of Chemical Technology.* — N.Y.: John Wiley and Sons, 1978. — Vol. 2. — P. 72–96.

Howell W.H., Black D.A., Bortone S.A. Abnormal expression of secondary sex characters in a population of mosquitofish // *Gambusia Affinis holbrooki: evidence for environmental-induced masculinization.* — 1980. — Vol. 4. — P. 676–681.

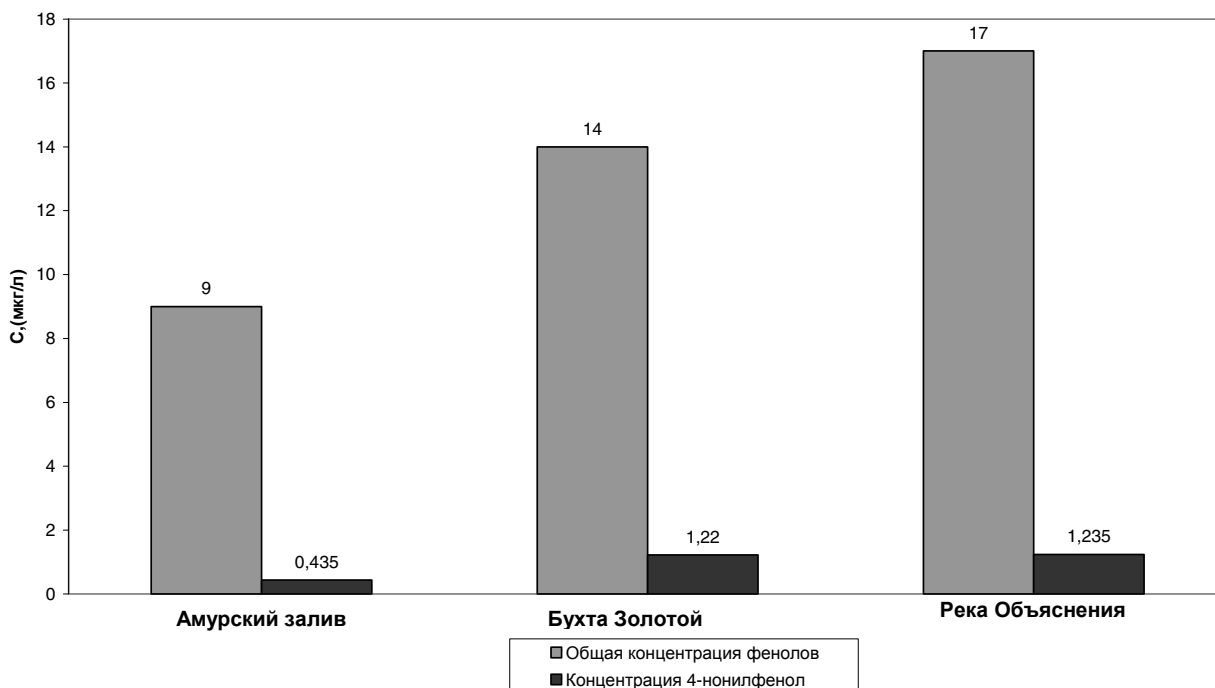


Рис. 2. Содержание фенолов в водах Амурского залива и прилегающих акваториях

McMaster M.E., Van der Kraak G.J., Port C.B. Changes in hepatic mixed-function oxygenase activity, plasma steroid levels and age at maturity of a white sucker population on exposed to bleached craft pulp mill effluent // *Aquatic Toxicol.* — 1991. — Vol. 21. — P. 199–218.

Servos M. Review of the aquatic toxicity, estrogenic responses and bioaccumulation of alkylphenols and alkylphenols polyethoxylates // *Water Qual. Res. J. Canada.* — 1999. — Vol. 34. — P. 123–177.

Sole M. Estrogenicity determination in sewage treatment plants and surface waters from Catalonian area (NE Spain) // *Environ. Sci. Technol.* — 2000. — Vol. 34. — P. 5076–5083.

Soto A. The E-Screen as a tool to identify estrogens: An update on estrogenic environmental pollutants // *Environ. Health Perspect.* — 1995. — Vol. 103. — P. 113–122.

Ying G. Environmental fate of alkylphenols and alkylphenol ethoxylates // *Environ. Int.* — 2002. — Vol. 28. — P. 215–226.

**ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ Fe, Cu И ПРОДУКТОВ ПЕРЕКИСНОГО
ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ В ОРГАНАХ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА
CRENOMYTILUS GRAYANUS ПРИ АККЛИМАТИЗАЦИИ
В ЗАГРЯЗНЕННОМ БИОТОПЕ**

О.В. Подгурская¹, В.Я. Кавун¹, Н.В. Довженко²

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: olga_pod@mail.ru

² Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: nadezhda@ocean.poi.dvo.ru

Пересадка двустворчатых моллюсков из чистого в загрязненный район является одним из направлений исследований, позволяющим оценить влияние изменений окружающей среды на экосистемы (Regoli, Orlando, 1994). В подобных работах исследование накопления тяжелых металлов в органах моллюсков и изменения продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) дает представление о степени развития окислительного стресса и реакции организма на повышенное поступление металлов в целом.

Воды и донные осадки акваторий, примыкающих к свалке бытовых и промышленных отходов г. Владивосток, содержат высокие концентрации Fe, Zn, Cd, особенно Cu и Pb (Шулькин и др., 2002). Натурный эксперимент по пересадке мидий Грея *Crenomytilus grayanus* в такой район (бухта Горностаи) выявил нарушения микроэлементного баланса в органах пересаженных моллюсков (Кавун, Шулькин, 2005). Fe и Cu, являющиеся физиологически важными металлами с переменной валентностью, способны стимулировать гиперпродукцию оксирадикалов, что приводит к развитию окислительного стресса, который рассматривается как ведущий патогенетический механизм дезорганизации клеточного метаболизма.

Целью работы было исследовать динамику содержания Fe и Cu, а также продуктов ПОЛ в органах *C. grayanus* при пересадке из фоновой акватории в загрязненный район.

Материалы и методы. Эксперимент по пересадке *C. grayanus* был проведен в бухте Десантной, примыкающей к району береговой свалки г. Владивосток (рис. 1). Для пересадки были выбраны мидии, обитающие в фоновом районе вблизи о. Рейнеке (Ковековдова, Симоконь, 2004; Шулькин, 2004). Эксперимент был проведен в августе—сентябре. Более 50 особей моллюсков, отобранных в фоновом районе, были помещены в сетчатых контейнерах на глубину 6 м на загрязненную станцию. Каждую декаду из контейнеров отбирали 5 особей, которых препарировали, выделяя отдельные органы. Продолжительность эксперимента составила 30 сут. Для анализов были выбраны жабры, через которые осуществляется основное поступление металлов в организм моллюсков, а также пищеварительная железа — основной орган, участвующий в детоксикации и выведении металлов. Концентрации металлов определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектrophотометрии на спектрофотометре Hitachi 180-70. Контроль качества определений включал измерение концентраций металлов в используемых кислотах, дубликатах проб с добавками солей металлов и сертифицированных образцах моллюсков.

Для определения биохимических показателей жабры и пищеварительную железу от 5 моллюсков объединяли и проводили определение в 4 параллельных пробах.

Для определения содержания белка в гомогенатах тканей был использован метод на основе адсорбции бромфенолового синего (Greenberg, Gaddock, 1982). Содержание малонового диальдегида (МДА) определяли в гомогенатах органов (Buege, Aust, 1978) по цветной реакции с 2-тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Содержание оснований Шиффа (ШО) определяли спектрофлуориметрически (Hitachi MPF-4, λ в 360 нм и λ ф 430 нм) после экстракции смесью растворителей (эфир-этанол, 1 : 3 об/об) (Shimasaki et al., 1988). Относительное содержание этих соединений выражали в условных единицах (УЕ) в расчете на 1 г сырой массы (относительно флуоресценции раствора 1 мкмоль/мл хинин-сульфата в 0,1 Н H₂SO₄).

Результаты и их обсуждение. Динамика содержания Fe и Cu в органах мидий Грея в ходе эксперимента представлена на рис. 2, 3. Коцентрация Fe в жабрах и пищеварительной

железе моллюсков постепенно возрастала (см. рис. 2), и к концу эксперимента его содержание в органах увеличилось в 2,5 раза. В отличие от Fe, содержание Cu как в жабрах, так и в пищеварительной железе резко увеличилось к 10-м суткам эксперимента (\approx в 12 раз), затем наблюдалось снижение концентрации этого элемента с последующим возрастанием (рис. 3).



Рис. 1. Карта-схема района работ: 1 — прибрежные воды о. Рейнеке, 2 — бухта Десантная

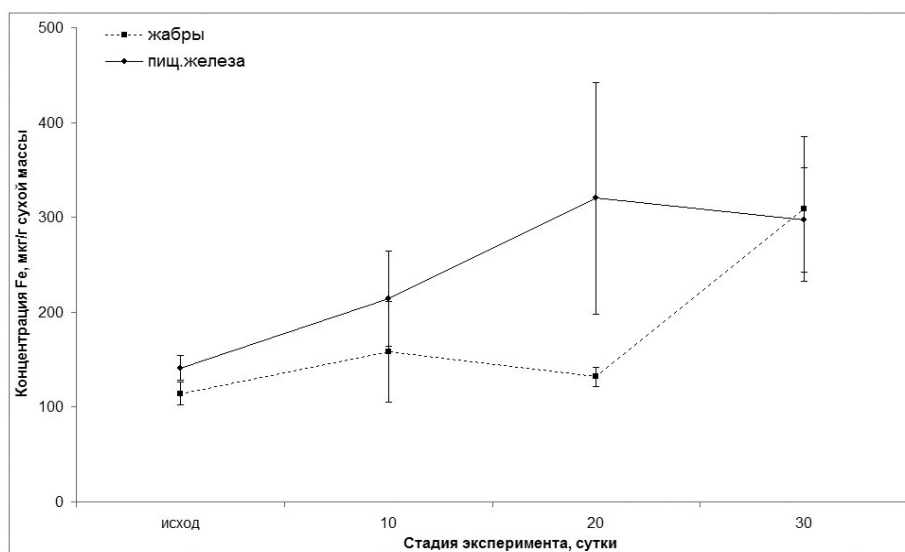


Рис. 2. Динамика содержания Fe (мкг/г сух. массы) в органах *C. grayanus*, пересаженных в загрязненный биотоп

В результате исследования динамики содержания продуктов ПОЛ (см. таблицу) показано, что в жабрах пересаженных моллюсков концентрация МДА не изменялась, в этих органах отмечено лишь достоверное увеличение концентрации ШО к концу эксперимента. В отличие от жабр, в пищеварительной железе значительное увеличение концентрации МДА и ШО наблюдалось на 20- и 30-е сутки эксперимента.

По-видимому, уровень накопления тяжелых металлов в пищеварительной железе пересаженных моллюсков превысил адаптационно-детоксикационные возможности биохимических механизмов, что и стало причиной подавления антиоксидантной защитной системы организма. Поэтому, несмотря на то, что уровень Cu в этом органе резко понизился к концу эксперимента, в этом органе продолжалось активное развитие прооксидантных процессов, т.е. мидии Грея испытывают выраженный окислительный стресс.

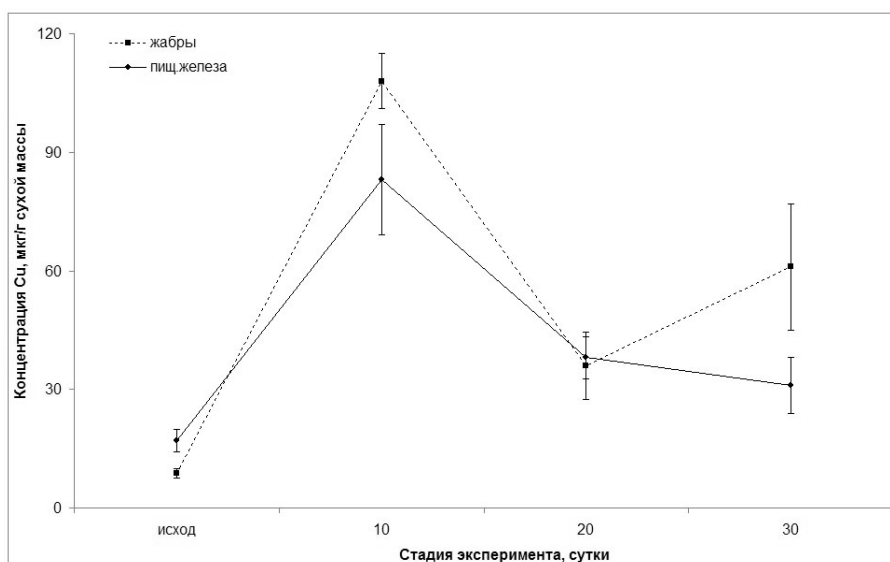


Рис. 3. Динамика содержания Cu (мкг/г сух. массы) в органах *C. grayanus*, пересаженных в загрязненный биотоп

Изменение содержания продуктов перекисного окисления липидов в органах *Crenomytilus grayanus*, пересаженных в загрязненный район

Стадия эксперимента	Пищеварительная железа	Жабры
Малоновый диальдегид (нмоль/мг белка)		
0	1,75 ± 0,12	4,03 ± 0,21
10	1,88 ± 0,19	4,24 ± 0,31
20	4,11 ± 0,27*	4,24 ± 0,28
30	6,62 ± 0,23*	4,32 ± 0,25
Основания Шиффа (УЕ/г сыр. массы)		
0	87,7 ± 35,8	20,3 ± 12,1
10	92,2 ± 28,8	19,7 ± 10,6
20	102,1 ± 39,5*	27,3 ± 13,3*
30	529,3 ± 48,1*	47,4 ± 17,5*

*Отмечены соседние достоверно различающиеся значения (при $p = 0,05$).

ЛИТЕРАТУРА

- Кавун В.Я., Шулькин В.М. Изменение микроэлементного состава органов и тканей мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*) при акклиматизации моллюсков в биотопе, хронически загрязненном тяжелыми металлами // Биол. моря. — 2005. — Т. 31, № 2. — С. 123–128.
- Ковековдова Л.Т., Симоконь М.В. Тенденции изменения химико-экологической ситуации в прибрежных акваториях Приморья. Токсичные элементы в донных отложениях и гидробионтах // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 137. — С. 310–320.
- Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — 279 с.
- Шулькин В.М., Кавун В.Я., Ткалин А.В., Пресли Б.Дж. Влияние концентрации металлов в донных отложениях на их накопление митидами *Crenomytilus grayanus* и *Modiolus kurilensis* // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 1. — С. 53–60.
- Buege J.A., Aust S.D. Microsomal lipid peroxidation // Methods in Enzymology / Eds. S. Fleischer, L. Packer. — N.Y.: Academic Press, 1978. — P. 302–310.
- Greenberg C.S., Gaddock P.R. Rapid single-step membrane protein assay // Clin. Chem. — 1982. — Vol. 28(7). — P. 1725–1726.
- Regoli F., Orlando E. Accumulation and subcellular distribution of metals (Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) in the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* during a field transplant experiment // Mar. Poll. Bull. — 1994. — Vol. 28. — P. 592–600.
- Shimasaki H., Hirai N., Ueta N. Comparison of fluorescence characteristics of products of peroxidation of membrane phospholipids with those of products derived from reaction of malonaldehyde with glycine as a model of lipofuscin fluorescent substances // J. Biochem. — 1988. — Vol. 104. — P. 761–766.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ТОКСИЧНОСТИ МЕДИ И ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ДЛЯ МИЗИД И ПРЕДЛИЧИНОК ЯПОНСКОГО АНЧОУСА

Т.С. Пряжевская

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия

Возрастающий антропогенный пресс на природные экосистемы, в частности на прибрежные акватории, обладающие высоким биоразнообразием и продуктивностью, настоятельно требует изучения и прогнозирования экологических последствий химического загрязнения природной среды, особенно в пограничных биотопах, где концентрации всех поллютантов повышены в десятки и сотни раз.

Среди ряда акваторий дальневосточных морей России антропогенное загрязнение зал. Петра Великого достигает максимальных величин (Шунтов, 2001). По статистическим данным, в зал. Петра Великого ежегодно поступает свыше 200 млн м³ промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, из которых очистке подвергается около 10 % (Чернышова, 2005). Наибольшую нагрузку при этом испытывают такие акватории, как Амурский и Уссурийский заливы, прилегающие к г. Владивосток. Для обоснованной оценки влияния загрязненных поверхностных вод прибрежных акваторий на жизнедеятельность биоты необходимы регулярные экотоксикологические исследования.

К настоящему времени накоплен большой фактический материал, показывающий, что, используя гидробионтов, можно оценить качество среды их обитания, состояние биоты, сравнить изменчивость компонентов экосистем во времени и в пространстве. Кроме того, только биологические исследования позволяют объективно оценить степень совокупного влияния на организмы всех факторов и пригодность водоема для различных видов хозяйственной и рекреационной деятельности. Хорошо известно, что наименее устойчивы к разнообразным изменениям в среде обитания мелкоразмерные гидробионты, например фильтрующие ракообразные, и рыбы на ранних этапах онтогенеза (Патин, 1979; Черкашин, 2001). Именно поэтому они часто используются для тестирования качества внешней среды.

В 2003–2007 гг. на научно-экспериментальной базе ТИПРО-Центра на о. Рейнеке в рамках комплексных экотоксикологических исследований зал. Петра Великого продолжено биотестирование состояния его прибрежных экосистем. В целях адекватного определения токсичности среды мы оценивали выживаемость предличинок японского анчоуса *Engraulis japonicus* и двух видов мизид: *Paracanthomysis* sp. и мизиды удивительной *Neomysis mirabilis*.

Предварительно изучали влияние таких приоритетных токсикантов, как тяжелые металлы. В последнее время тяжелые металлы, по степени распространения вышли на одно из ведущих мест среди загрязняющих веществ, поступающих в водные экосистемы, и представляют реальную угрозу для жизнедеятельности гидробионтов. В отличие от органических загрязнителей, которые со временем утилизируются и выводятся из биосферы, тяжелые металлы сохраняют биологическую активность практически бесконечно (Христофорова и др., 1993). Для предличинок длиннорылой камбалы *Limanda punctatissima punctatissima* и японского анчоуса были рассчитаны значения максимальных нелетальных концентраций кадмия, цинка и свинца, которые оказались ниже официально утвержденных в Российской Федерации предельно допустимых концентраций (ПДК) этих металлов для морских вод рыбохозяйственных водоемов: кадмия в 25 раз, цинка в 10 раз, свинца в 25 раз (Никифоров, Черкашин, 2004; Черкашин и др., 2004).

Следует отметить, что роль тяжелых металлов для биоты неоднозначна. Многие из них в низких концентрациях являются необходимыми элементами биологически активных соединений. Медь, например, — биоэлемент, входящий в состав гормонов, витаминов, являющийся также компонентом многих ферментов и нуклеопротеидных комплексов. В то же время медь — биоцид, обладающий высокой токсичностью. Повышенная концентрация ме-

ди в морской воде способна оказывать негативное влияние на гидробионтов, особенно на ранних стадиях онтогенеза, увеличивая смертность и тем самым, сокращая долю их вклада в воспроизводство следующих поколений.

Многолетние комплексные исследования морских акваторий южного Приморья показали, что наибольшее загрязнение тяжелыми металлами наблюдается в основном в прибрежных водах, в местах прямого загрязнения сточными водами с суши. Так, концентрации меди (мкг/л) возрастали почти на порядок величин во внутренней части Уссурийского залива по сравнению с открытыми водами зал. Петра Великого (Христофорова и др., 1993; Шулькин, 2004). По данным исследований Л.Т. Ковековдовой (1993) и М.В. Симоконь (2003) в кутовой части Амурского залива и в бухте Западной также неоднократно отмечалось превышение ПДК меди в 1,5–3,0 раза. Подобные факты настораживают и вызывают необходимость изучения негативного влияния загрязнения вод этим металлом на биоту зал. Петра Великого.

Летом 2006–2007 гг. проводили работы по оценке токсичности меди для мизид *Paracanthomysis* sp. и предличинок японского анчоуса, вылупившихся после инкубации икры в лаборатории.

Результаты экспериментов свидетельствуют о низкой устойчивости предличинок и мизид к этому металлу. Максимальной концентрацией меди в морской воде не влияющей на выживаемость (ЛК₀) при 96-часовой экспозиции является 0,79 мкг/л для мизид и 0,90 мкг/л для предличинок анчоуса, что в 5–6 раз ниже ПДК меди (5,00 мкг/л) для морской воды. Следовательно, в зоне минимальных летальных концентраций наблюдается сближение токсикорезистентности мизид и предличинок и разница в значениях ЛК₀ практически нивелируется.

Однако резистентность тест-объектов зависит от ряда факторов, в том числе от условий проведения эксперимента, а также от видовых особенностей гидробионтов. Так, например, в 72-часовых опытах значение медианной летальной концентрации меди, т.е. вызывающей гибель 50 % организмов (ЛК₅₀), для предличинок анчоуса в июле 2006 г. составило $8,5 \pm 2,3$ мкг/л, а в августе 2007 г. — $96,3 \pm 62,4$ мкг/л. Вероятно, вода у о. Рейнеке, используемая для приготовления растворов меди, существенно отличалась по своему химизму в период этих экспериментов. В зависимости от таксономической принадлежности тест-объектов медианные летальные концентрации меди (96 ч ЛК₅₀) существенно различались и составили $3,10 \pm 0,27$ мкг/л для мизид и $67,60 \pm 52,30$ мкг/л для предличинок анчоуса. Мизиды оказались менее устойчивы к воздействию меди, чем предличинки анчоуса (см. таблицу).

Пороговые и летальные концентрации (ЛК) меди (мкг/л) для мизид и предличинок японского анчоуса при различных сроках экспозиции, 2007 г.

Тест-объект	ЛК ₀	ЛК ₁₆	ЛК ₅₀	ЛК ₈₄
72 ч				
Мизиды	1,750	3,51	$6,46 \pm 0,54$	11,88
Предличинки	0,650	9,32	$96,31 \pm 62,48$	976,00
96 ч				
Мизиды	0,790	1,64	$3,10 \pm 0,27$	5,86
Предличинки	0,980	7,87	$67,64 \pm 52,30$	581,00

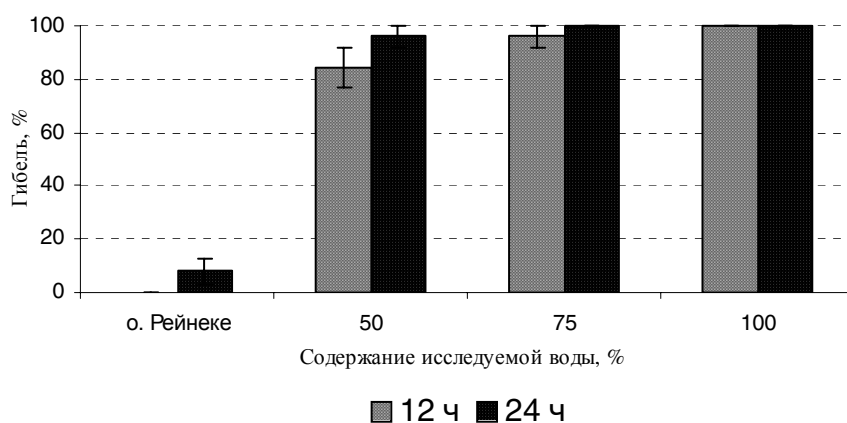
Сопоставление полученных нами результатов с содержанием растворимых форм металлов в водах зал. Петра Великого (Ковековдова, 1993; Шулькин, 2004) дает основание заключить, что медь оказывает отрицательное влияние на выживаемость мизид и предличинок японского анчоуса лишь в районах с интенсивным антропогенным загрязнением, имеющих в таких заливах, как Амурский и Уссурийский.

Применение биотестирования, как метода экспериментальной оценки качества среды, показало, что экологическая обстановка во многих районах Амурского залива и в вершинной части Уссурийского залива нестабильна и нуждается в регулярной экотоксикологической оценке.

Так, например, в теплый период 2003–2004 гг. отмечена высокая гибель мизид *Paracanthomysis* sp. и предличинок японского анчоуса в воде, отобранной в черте г. Владивосток у дельфинария (Спортивная гавань) по сравнению с водой у о. Рейнеке — условно фоновый район.

Причем в опытах на мизидах неразбавленная вода из исследуемой акватории в августе и сентябре 2003 г. вызывала 80 % гибели рачков за 72 ч. В августе 2004 г. к завершению 72-часового опыта смертность мизид в тестируемой воде достигала 93,3 %, а в сентябре — 26,7 %, в то время как в воде у о. Рейнеке она составляла соответственно 53,4 и 12,5 %. В экспериментах на предличинках анчоуса в воде, отобранной у дельфинария в июле 2003 г. отмечали их ускоренную смертность, проявившуюся уже в первые 12 ч экспозиции, даже при двукратном разведении. Неразбавленная вода за это же время вызывала 100 %-ную гибель предличинок (рис. 1).

Рис. 1. Гибель ($M \pm m$, $N = 15$) предличинок японского анчоуса в разведениях воды Амурского залива (дельфинарий), июль 2003 г.



Летом 2004 г. вода, отобранная у дельфинария и нефтебазы, также проявляла острую токсичность. Гибель предличинок при 50 %-ном разбавлении по окончании 96-часовой экспозиции достигала 80 %, а в неразбавленной воде — 100 %.

В связи с этим можно сделать вывод о высокой токсичности для ихтиопланктона прибрежных вод внутренней части Амурского залива, омывающих г. Владивосток.

Биотестирование прибрежных районов Амурского залива у о. Русский, проведенное в июне 2005 г. на предличинках японского анчоуса, показало, что вода, отобранная у мыса Створного не влияла на жизнестойкость ихтиопланктона при 72-часовой экспозиции. Проводимые одновременно эксперименты с мизидами не выявили токсичности вод обследованных акваторий (нефтебазы, дельфинария, мыс Створного, бухта Воевода и о. Рейнеке) для *Paracanthomysis* sp. Для эврибионтной мизиды удивительной вода у нефтебазы оказалась достоверно токсичнее по сравнению с пробами воды, отобранными в бухте Воевода и у о. Рейнеке. Повышенная смертность рачков этого вида, вероятно, объясняется тем, что в экспериментах использовали перезимовавших мизид, наиболее крупные из которых отнерестившись после первых суток биотестирования при повышении температуры до 13,5 °С, погибали. Дополнительные физиологические нагрузки, такие как нерест, снижают устойчивость организмов к воздействию токсикантов, тем самым, повышая разрешающую способность теста.

В экспериментах по оценке качества вод Амурского залива в 2007 г. выявлена неблагоприятная обстановка в районах наиболее загрязненных акваторий: в Спортивной гавани, у мыса Створного, в бухте Западная о. Попова. Максимальная гибель мизид в июне отмечена в пробах воды из бухты Западная и в июле из Спортивной гавани (рис. 2, 3). Для предличинок японского анчоуса токсичность вод исследованных станций возрастала по мере приближения к бухте Золотой Рог, максимальная смертность отмечена в воде у мыса Створного.

Биотестирование поверхностных вод Уссурийского залива в 2006–2007 гг. показало значительную изменчивость качества среды в бухте Муравьиная. В сентябре 2006 г. неразбавленная вода из этого района вызывала 100 %-ную гибель мизид уже в течение первого часа экспозиции. Хотя в этом случае отмечено распреснение пробы до 21,4 ‰, однако при такой солености ранее в опытах не обнаружено столь высокой смертности тест-объектов.

Проводимые в августе 2007 г. эксперименты с водой из этой же бухты не выявили ее токсичности ни для предличинок, ни для мизид.

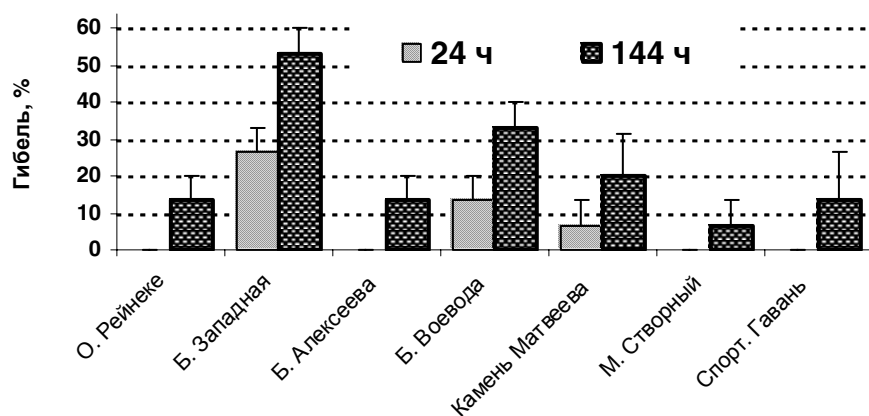


Рис. 2. Гибель ($M \pm m$, $N = 15$) мизид *Neomysis mirabilis* при биотестировании вод Амурского залива, июнь 2007 г.

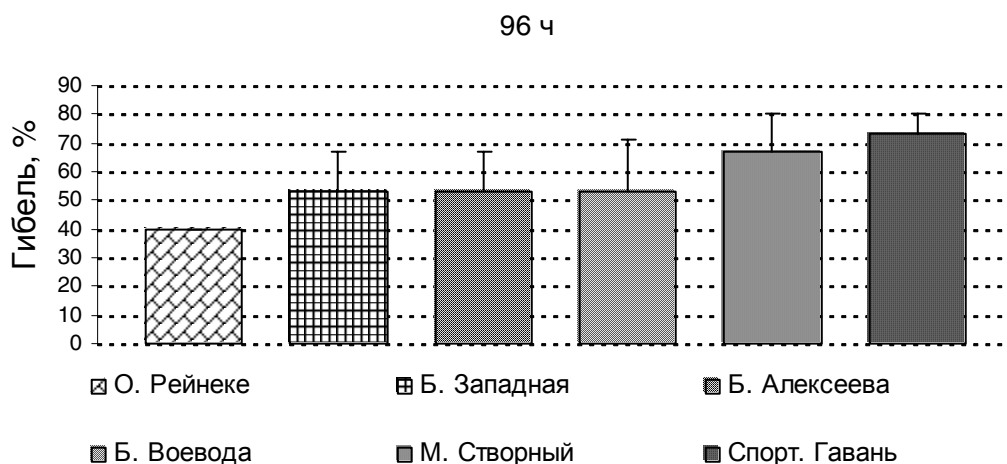


Рис. 3. Гибель ($M \pm m$, $N = 15$) мизид *Paracanthomysis* sp. при биотестировании вод Амурского залива, июль 2007 г.

Таким образом, благодаря использованию низкоустойчивых тест-объектов разных таксономических групп, удалось показать, что максимальные недействующие концентрации меди в 5–6 раз ниже ПДК этого металла для вод рыбохозяйственных водоемов. Поэтому мизид и предличинок рыб целесообразно использовать при разработке региональной ПДК меди и ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ для морских вод.

Анализ результатов экспериментов по изучению токсичности меди и оценка влияния поверхностных вод отдельных районов зал. Петра Великого на выживаемость гидробионтов дают основание заключить, что реально существующие уровни загрязнения, как растворимыми формами меди, так и комплексом загрязняющих веществ способны вызывать высокую смертность мизид и предличинок анчоуса в прибрежных водах у мыса Створного, в бухте Западная и в Спортивной гавани.

Необходимо отметить, что биотестирование вод исследованных акваторий, как прилегающих к промышленной зоне г. Владивостока, куда поступает наибольшее количество загрязняющих веществ, так и расположенных в открытых районах, выявило негативное влияние исследованных вод только в локальных участках Амурского и Уссурийского заливов. Температурный режим, насыщение кислородом и отмечаемое распреснение вод не оказывали существенного воздействия на выживаемость тест-объектов. Следовательно, наблюдаемые эффекты вызывались антропогенным загрязнением. Рачки и личинки рыб обладают раз-

личной устойчивостью к загрязнению исследованных акваторий. Поэтому целесообразно использовать эти тест-объекты для регулярной оценки токсичности различных поллютантов и качества вод прибрежных акваторий.

ЛИТЕРАТУРА

Ковековдова Л.Т. Тяжелые металлы в промысловых беспозвоночных залива Петра Великого в связи с условиями существования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВО РАН, 1993. — 28 с.

Никифоров М.В., Черкашин С.А. Оценка влияния кадмия, цинка и свинца на выживаемость предличинок морских рыб // Электронный журнал "Исследовано в России". — 2004. — № 40. — С. 427–444. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/040.pdf>.

Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 304 с.

Симоконь М.В. Тяжелые металлы в промысловых рыбах залива Петра Великого в связи с условиями обитания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВГУ, 2003. — 24 с.

Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. — Владивосток: Дальнаука, 1993. — 296 с.

Черкашин С.А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 1020–1035.

Черкашин С.А., Никифоров М.В., Шелехов В.А. Использование показателей смертности предличинок морских рыб для оценки токсичности цинка и свинца // Биол. моря. — 2004. — № 3. — С. 247–252.

Чернышова Л.Б. Загрязнение прибрежных вод Дальневосточной России // Материалы Международ. науч.-практ. конф. «Морская экология-2005». — Владивосток: МГУ им. адм. Г.И. Невельского, 2005. — С. 179–185.

Шулькин В.М. Металлы в экосистемах морских мелководий. — Владивосток: Дальнаука, 2004. — 279 с.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОРЕСУРСОВ АЗОВСКОГО МОРЯ

Ю.В. Пряхин

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: Ocean@geo.kubsu.ru

Азовское море — уникальный солоноватоводный водоем Мирового океана, продуктивность которого в прошлом была настолько велика, что достигала 8,2 кг/га. При этом, несмотря на то что годовой вылов рыбы был на уровне 300 тыс. т, запасы явно недоиспользовались и при современных технологиях и оснащенности орудий лова объемы добычи основных промысловых объектов могли быть значительно большими. Однако во второй половине XX столетия было отмечено изменение гидрологического режима, объема и качества поступления речных вод, накопление биоорганических и других загрязняющих веществ в воде и донных отложениях. Превышение уровня биогенов по сравнению с периодом естественного режима составило более 200 %. Следствием обогащения органическим веществом донных осадков стали хронические заморные явления. Произошло сокращение и изменение качества биотопов, в том числе нерестилиц, снижение биоразнообразия и численности основных промысловых видов, потери их частью промыслового значения. При общем ухудшении качественного состава уловов объемы вылова по сравнению с 1930-ми гг. уменьшились в 10–20 раз, а рыбопродуктивность Азовского моря в конце XX столетия составляла всего 6–8 кг/га.

В последние десятилетия в результате структурной перестройки экономики и спада промышленного производства в Азовском бассейне произошел ряд существенных изменений, вызвавших стабилизацию экологической обстановки (Матишов, 2003). В настоящее время биологические сообщества сохраняют свои основные черты, структуру, сезонные вариации, при несколько меньшем уровне продуктивности. Годовой сток речных вод составляет в среднем около 33 км³, что является нижней границей обеспечения экологической безопасности развития экосистемы, и поддерживает соленость в пределах, благоприятных для развития большинства аборигенных гидробионтов. Уровень загрязнения Азовского моря хлорорганическими соединениями, солями тяжелых металлов и нефтеуглеводородами в целом остается достаточно высоким, особенно донных отложений, однако в большинстве случаев концентрации загрязняющих веществ в воде не превышают ПДК, а в самые последние годы отмечена тенденция снижения загрязнения донных осадков. Биота региона, несмотря на присутствие в организмах разнообразных загрязняющих веществ, не проявляет отчетливых признаков деградации и дегенерации. Отмечается восстановление биологического разнообразия за счет развития солоноватоводных и пресноводных гидробионтов, а современный состав зообентоса формируется устойчивыми к загрязнению видами (Студеникина и др., 1998). Общий уровень использования кормовой базы рыбами-бентофагами не превышает 15 %.

Другим фактом, подтверждающим стабильность экосистемных процессов в Азовском море, является реакция на вселение чужеродных видов, многие из которых могут рассматриваться как источник биологического загрязнения и вызывать значительные негативные последствия. Так, появление в 80-х гг. прошлого столетия в Азово-Черноморском бассейне гребневика *Mnemiopsis leidyi* (A. Agassiz) изменило уровень и динамику развития, видовую, возрастную и трофическую структуры сообщества зоопланктона (Виноградов и др., 1989; Воловик и др., 1991). Несмотря на более раннее появление и распространение гребневика в Черном море, негативное влияние желетелого хищника в большей степени проявилось в Азовском море. Ежегодно мигрирующий из Черного моря с попутным течением в весенний период гребневик мнемииопсис в течение 1–2 мес осваивает практически всю акваторию с соленостью более 3 ‰ (практически до дельты Дона) и сокращает биомассу кормового планктона в десятки раз по сравнению с периодом, предшествующим его распространению (Студеникина и др., 1998). Высокая воспроизводительная способность позволяют мнемииопсису, при отсутствии сдерживающих факторов, наращивать свою биомассу к июлю—августу до

20–30 млн т. Для сравнения отметим, что даже в период осолонения Азовского моря (1973–1978 гг.) максимальная биомасса проникавших через Керченский пролив с черноморским течением медуз не превышала 6–13 млн т. Как следствие пресса огромного количества мнемииопсиса на кормовую базу планктофагов в Азовском море произошло изменение сроков миграций и образования зимовальных скоплений промысловых рыб, а также плотности и устойчивости скоплений. В отличие от прошлых лет, азовская хамса стала начинать миграцию в Черное море не в начале октября, а значительно раньше, продолжая нагул, и лишь с понижением температуры воды до 9–12 °С концентрируясь в косяки в прибрежной зоне Черного моря.

Однако, в отличие от планктофагов (тюльки, хамсы и черноморского шпрота), запасы которых все равно недоиспользуются по экономическим причинам, на ряд ценных рыб мнемииопсис такого значительного влияния не оказал. Этому способствуют несовпадение пика естественного воспроизводства пиленгаса и времени массового распространения гребневика, достаточно быстрый переход ранней молоди пиленгаса сначала к смешанному (детрит-зоопланктон), а затем и донному питанию (Пряхин, 2000). В настоящее время дальневосточный вселенец пиленгас стал одним из основных промысловых объектов Азово-Черноморского бассейна, вылов которого в отдельные годы превышает уловы массовых морских рыб. В результате снижения пищевой конкуренции в весенний период в восточной части Таганрогского залива, по причине уменьшения подходов производителей тюльки, повысилась выживаемость личинок судака, размножающегося в этих районах. Уровни количественных и физиологических показателей леща, чехони, тарани, камбалы и осетровых также не имеют существенной коррелятивной связи с биомассой гребневика. При этом запасы большинства ценных рыб продолжают снижаться, но не по природным причинам, а из-за неудовлетворительной охраны рыбных запасов и, как следствие этого, большим неучтенным и браконьерским выловом, значительно превышающим официальный.

То есть, кормовые ресурсы Азовского моря в настоящее время находятся в удовлетворительном состоянии (кроме зоопланктона в летние месяцы), что позволяет успешно нагуливаться рыбам донного комплекса (осетровые, тарань, бычки, судак, камбалкалкан, пиленгас).

В 1997 г. в Черном море был обнаружен новый вид гребневиков *Beroe ovata* (Esch), а в 1999 г. единичные его экземпляры появились и в Азовском море. В настоящее время в сентябре—октябре этот вид распространяется на южные и центральные районы Азовского моря (Мирзоян и др., 2002). Берое является облигатным хищником, строго специализирующимся на питании ксенофонтами, и способен подавлять и регулировать численность своей жертвы — мнемииопсиса. Но поскольку развитие его популяции отстает по времени, ощутимое влияние на численность мнемииопсиса обнаруживается преимущественно во второй половине или в конце нагула большинства рыб, а никак не в период их нереста или развития личинок. В большей степени подавление берое численности мнемииопсиса благотворно влияет на развитие зоопланктона в весенний период следующего года, что способствует улучшению преднерестового нагула, большей выживаемости личинок морских рыб и более позднему наращиванию биомассы мнемииопсиса.

В зимний период численность популяции берое, как и мнемииопсиса, резко сокращается. Оба вида гребневиков погибают и в Азовском море более не обнаруживаются. Есть мнение, что немногочисленные особи обоих популяций мигрируют в более глубоководные и теплые слои Черного моря, где сохраняются до следующего вегетационного периода.

Таким образом, несмотря на вселение двух новых массовых видов гребневиков, Азовское море остается высокопродуктивным водоемом мезотрофно-эвтрофного типа с достаточно сбалансированным биотическим круговоротом. Это создает благоприятные условия для обитания ряда популяций морских рыб, промысел которых не только сохраняется, но и может быть увеличен (тюлька и шпрот).

В тоже время условия естественного воспроизводства наиболее ценных проходных и полупроходных рыб остаются неудовлетворительными. Пропуск воды крупных рек преиму-

щественно в летние месяцы для обеспечения стабильности судоходства, не учитывающий потребностей рыбного хозяйства, а также плохое состояние нерестилищ не способствуют повышению урожайности этих популяций. Кроме этого, истощение запасов связано с безудержным наращиванием неучтенного вылова. Разница между официальным и фактическим выловом достигает по отдельным видам 2–8 раз. За последние годы сведены к минимуму популяции осетровых рыб, леща-рыбца, сельдей, резко сокращаются запасы судака. Положение с осетровыми достигло настолько критического состояния, что на протяжении ряда лет не удастся заготовить в достаточных количествах производителей для рыбообразных заводов. В этой связи возобновлялась практика завоза оплодотворенной икры каспийских особей. Однако, как показала генетическая идентификация молоди каспийского происхождения, интродукция в Азовское море оплодотворенной икры сравнима с биологическим загрязнением генофонда аборигенных видов.

В последнее время перспективы стабилизации экологической обстановки и запасов промысловых рыб весьма неясны из-за разлива нефтепродуктов и загрязнения моря серой в результате серии кораблекрушений в Керченском проливе в октябре 2007 г. Масштабы ущерба экологии Азовского моря от этого события можно будет оценить лишь по мере прогрева воды и рассосредоточения нефтеуглеводородов по акватории Азовского моря.

ЛИТЕРАТУРА

Виноградов М.Е., Шушкина Э.Л., Муслева Э.И., Сорокин П.Ю. Новый вселенец в Черное море гребневик *Mnemiopsis leidy* (A. Agassiz) (Ctenophora Lobata) // Океанология. — 1989. — Т. 29, вып. 2. — С. 293–299.

Воловик С.П., Луц Г.И., Мирзоян З.А. и др. Вселение гребневика мнемнописиса в Азовское море: предварительная оценка исследований // Рыб. хоз-во. — 1991. — № 1. — С. 47–50.

Матишов Г.Г. Антропогенные предпосылки изменений в азовской экосистеме // Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). — Апатиты, 2003. — Т. 5. — С. 391–394.

Мирзоян З.А., Воловик С.П., Мартынюк М.Л. Развитие популяции *Beroe ovata* в Азово-Черноморском бассейне // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. — М., 2002. — С. 180–192.

Пряхин Ю.В. О возможном влиянии гребневика на эффективность естественного воспроизводства пиленгаса // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. — Ростов-на-Дону, 2000. — С. 109–114.

Студеникина Е.И., Толоконникова Л.И., Воловик С.П. и др. Характеристика донных сообществ в современный период // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. — Ростов-на-Дону, 1998. — С. 67–77.

ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ МАЛАКОФАУНЫ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ

В.А. Раков, О.А. Шарова

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: Vladimir.Rakov@mail.ru

Малакофауна Охотского моря включает большое количество ценных промысловых видов, главным образом из классов брюхоногих и двустворчатых моллюсков. Здесь имеются промысловые скопления трубачей, нептуней, гребешков, мидий, устриц, закапывающихся моллюсков.

При этом малакофауна Охотского моря остается слабоизученной: нет общего списка, часто обнаруживаются новые виды моллюсков, отсутствуют данные по экологии, распространению и численности. Фаунистические исследования проводились в разное время в основном в литорали и морских лагунах южного Сахалина и южных Курильских островов, на шельфе Хоккайдо. Многие исследователи моллюсков не разделяли обнаруженных видов на живых (на время проведения сбора) и погибших (найденных только в виде пустых раковин, створок или их фрагментов), поэтому сформировались неточные представления о биогеографических границах и составе малакофауны. В последнее время появились данные, свидетельствующие о том, что пустые раковины, встречающиеся в прибрежной зоне моря, часто принадлежат моллюскам, погибшим сотни и даже тысячи лет назад, и по ним можно оценивать изменения условий обитания.

Так, в конце 60-х гг. прошлого века Ошима (Ohshima, 1971) собрал моллюсков на 160 станциях в оз. Сарома на глубине менее 19 м, где зарегистрировал 42 вида моллюсков, в том числе 11 брюхоногих и 31 двустворчатых. Большое количество мертвых (пустых) раковин, в том числе *Crassostrea gigas* были отнесены им к послеледниковому периоду, что позволило проследить историю оз. Сарома, а также соседних озер Абасири и Ноторо в голоцене. Основанием для этого послужили находки раковинных куч, состоящих преимущественно из устриц и относящихся к раннему и среднему дземуону (6–4 тыс. л.н.). Практически полное исчезновение или вымирание устрицы в озере связано с понижением температуры воды, что также привело к появлению и развитию здесь гребешка *Mizuchopecten yessoensis*.

В 2000 г. на юге Охотского моря собраны моллюски на 196 станциях, в основном на глубине 24–233 м, а также от 400 до 1270 м (Kitamura et al., 2002). Всего собраны раковины 90 видов (24 брюхоногих и 66 двустворчатых). Живыми были только 3 вида двустворчатых моллюсков. При этом некоторые, ранее довольно часто встречавшиеся живыми, собраны только в виде мертвых раковин (*Turritella fortilirata*, *Nuculana pernula pernuloidea*, *Clinocardium ciliatum*, *Callista brevisiphonata*) или не обнаружены вообще. Количественные и качественные изменения в малакофауне могут свидетельствовать об изменении условий природной среды в южной части Охотского моря за 22 года после последней съемки.

В ходе многолетних исследований, проведенных, главным образом, С.В. Горбуновым (Раков, Горбунов, 2002; Раков, Горбунов, 2006, 2007; Kuzmin et al., 2007), получен материал из более 160 археологических памятников Сахалина, относящихся к разным культурам (от раннего неолита до айнской и нивхской культур начала XX в., японской 1905–1945 гг.), собрано и идентифицировано свыше 100 видов моллюсков (Алексеева и др., 2004). Большинство относятся к промысловым видам, часто формирующих крупные скопления в виде раковинных куч. Анализ этого материала, с учетом радиоуглеродных датировок, позволяет реконструировать изменения палеосреды в прибрежной зоне Сахалина.

В период от 12–8 до 3 тыс. л.н. на сахалинском побережье Охотского моря добывалось около 20 видов моллюсков субтропического и субтропическо-бореального происхождения. Это свидетельствует о теплом климате, так как позднее некоторые виды (*Anadara* sp.) исчезли из малакофауны, а численность других резко снизилась или граница их распространения сместилась к югу.

Малакофауна периода климатического оптимума голоцена в прибрежной зоне Охотского моря вблизи мыса Соя изучена в обнажениях древних устричников у оз. Кучаро (Ohshima et al., 1972). Здесь имеется промысловое скопление *Corbicula japonica*, а в протоке встречаются *C. gigas*, *Potamocorbula amurensis*, *Mitrella tenuis*. В 4,7 и 7,5 км от береговой линии Охотского моря исследованы два древних устричника, которые можно отнести к типу устричных рифов. Раковины *C. gigas* очень крупных размеров образуют на глубине 140–180 см плотный массив и имеют все признаки прижизненного погребения в морских голоценовых отложениях. Устричник имеет мощность 40 см и для верхней части получен абсолютный возраст 5170 ± 150 л.н. (GaK-3082). На его поверхности расположен маломощный слой с *C. japonica*. Ниже устричного рифа на глубине 180–260 см и глубже находятся лагунно-морские илистые отложения с раковинами *Macoma incongrua*. Во втором обнажении поверхность устричного рифа находится на глубине 180 см с абсолютным возрастом 5610 ± 130 л.н. (GaK-3083). Он прослежен до глубины 270 см и продолжается глубже. Внутри устричных рифов собраны раковины 16 видов моллюсков. Брюхоногие представлены *Mitrella tenuis*, *Batillaria cumingii*, *Rapana venosa*, *Littorina brevicula*, *L. mandschurica*. Кроме устрицы двустворчатые моллюски представлены *T. (N.) liratum*, *M. incongrua*, *M. tokyoensis*, *Mya japonica*, *Heteromacoma irus*, *R. philippinarum*, *Maetra veneriformis*, *Meretrix lusoria*, *Phacosoma japonica*, *Anomya chinensis*. Состав малакофауны свидетельствует о существовании в период 5,7–5,1 тыс. л.н. в этом районе Охотского моря более высокой температуры воды, которая в настоящее время наблюдается значительно южнее, а экологические условия в существовавшем заливе были такими, как в зал. Мацусима. Так как поверхность устричных рифов расположена примерно на 2 м выше современного уровня моря, то в период климатического оптимума голоцена уровень моря был выше современного на 3–4 м (Ohshima et al., 1972).

Для неолита Сахалина известно не менее 18 видов моллюсков (Раков, Горбунов, 2003а, б). Относительно небольшой видовой состав моллюсков позволяет реконструировать палеосреду прибрежных районов Сахалина в этот период. Обнаружено много представителей, характеризующих более теплые условия по сравнению с современным периодом при одновременном отсутствии ряда обычных в наше время холодолюбивых видов моллюсков. На теплый климат в среднем голоцене Сахалина указывают и находки далеко на севере острова субтропическо-низкобореальных *C. gigas* и *R. philippinarum*. О теплом климате свидетельствуют и моллюски из стоянки Правда-2, где собраны низкобореальные *Crenomytilus grayanus*, *Spisula sachalinensis*, *Peronidia venulosa*, субтропические *C. japonica* и *H. discus*. Находки теплолюбивых морских видов моллюсков связаны с периодом климатического оптимума голоцена, имевшего максимум около 5,8–5,1 тыс. л.н. или несколько меньшего потепления, начавшегося примерно 4,9–4,8 тыс. л.н. Маловероятным могут быть находки теплолюбивых видов моллюсков в суббореальный период, когда около 4,6–4,2 тыс. л.н. было похолодание климата. Следующее потепление климата наблюдалось 3,6–3,3 тыс. л.н., что подтверждено появлением новых теплолюбивых видов моллюсков.

Для периода 2,5–1,5 тыс. л.н. (сусуйская и северо-сахалинская или набильская культуры) характерно появление раковинных куч, в которых собрано до 38 видов моллюсков. Появляется много видов бореального происхождения (*P. lutea*, *M. arenaria*, *K. californiense*), свидетельствующих о похолодании климата, а также субтропических видов (*Anadara brough-tonii*, *M. chinensis*), которые позднее исчезают. Это свидетельствует о том, что климатические условия в южной части Сахалина стали заметно холоднее, чем в неолите. Это подтверждается и появлением в раковинных кучах большого числа нептуней и трубочей. Однако большая численность устриц и их широкое распространение в раковинных кучах, а также отсутствие арктическо-бореальных видов, свидетельствуют о том, что климатические условия были намного теплее современных условий.

Анализ биогеографического состава малакофауны из стоянок северо-сахалинской культуры свидетельствует о том, что в ней практически нет субтропическо-низкобореальных видов, а доминируют низкобореальные. Субтропические элементы сохраняются только среди солоноватоводных моллюсков (*C. japonica*). Часто встречаются пластинки панцирного мол-

люска *Criptochiton stelleri*, которого нет в сусуйской культуре. Температурные условия для моллюсков у северного побережья Сахалина были более суровыми, и климат был в целом близок к современному.

В отличие от северо-сахалинской культуры, в охотской не обнаружены раковины ранее доминировавшей *C. japonica*, или они представлены небольшим числом особей. В охотской культуре вновь появляется *C. grayanus*, ранее встречававшаяся в неолите, а также *P. lutea*, известная из сусуйских стоянок. В охотской культуре становится разнообразнее фауна брюхоногих моллюсков. В ней становится заметно больше представителей родов *Neptunea* и *Vuccinum*, появляются представители сем. *Polynicidae* и *Naticidae*.

По сравнению с северо-сахалинской культурой, в охотской доминируют субтропическо-низкобореальные и низкобореальные виды моллюсков, которых насчитывается не менее 25. В некоторых стоянках появляются редкие бореально-арктические (*Tridonta borealis borealis*), высокобореальны (*Chlamys behringianus*) и бореальные виды (*Neptunea lyrata*). Однако даже среди брюхоногих моллюсков встречаются субтропические виды (*Rapana* sp.), которых не отмечено в наше время. Анализ малакофауны в целом свидетельствует о более теплых климатических условиях в период существования памятников охотской культуры, чем в настоящее время, а также в период северо-сахалинской культуры.

В период существования культуры минами-кайдзука на юге Сахалина относительно часто вылавливался гребешок Свифта *Swiftopecten swifti*, который в других культурах встречается реже. На позднем этапе существования охотской культуры она по времени совпадает с развитием культуры минами-кайдзука. Однако в рассматриваемой культуре не встречаются представители теплолюбивой малакофауны, что может свидетельствовать о более холодных климатических условиях, чем на раннем этапе существования охотской культуры.

В раннем средневековье (VII–X вв.) у берегов Сахалина было потепление климата. Поэтому для этого времени известно много стоянок ранней охотской культуры с раковинными кучами, состоящими из *C. gigas*. Этот многочисленный вид обнаружен как на побережье зал. Анива, так и зал. Терпения (культура Тарайка), где существовали морские лагуны. О потеплении климата на юге Сахалина свидетельствуют находки тропического моллюска *Meretrix lusoria* и *Rapana* sp. Средняя годовая температура воды в это время была примерно на 3–5 °C выше, чем в настоящее время. Кроме устриц добывали *S. sachalinensis*, *M. yessoensis*, *C. grayanus*, *N. arthritica*, *Actaea pallida* и др.

В X–XII вв. отмечено резкое снижение числа добываемых видов моллюсков, что связано с началом похолодания климата. По-видимому, в это время из состава малакофауны исчезли не только тропические виды, но и субтропические. Например, *C. gigas* исчезла из зал. Терпения и ее раковины становятся редкими в стоянках западного побережья. Только с появлением в XIII в. айнской культуры нейдзи на юге и нивхской культуры на севере, количество добываемых видов моллюсков увеличилось. Однако из-за похолодания климата в XVI–XVIII вв. общее число добываемых моллюсков было относительно небольшим.

Малакофауна айнской культуры нейдзи изучена для поселений XIII–XVIII вв., расположенных на юге Сахалина (Gorbunov, Rakov, 2004; Раков, Горбунов, 2004). Здесь насчитывается не менее 20 видов моллюсков. Все они ранее были известны для периода охотской и северо-сахалинской культур. Среди брюхоногих моллюсков впервые обнаружены *Nucella freycineti*, *Vuccinum ohotense*, *Nucella bulbacea* var *laevigata*. Для айнской культуры нейдзи проявляется преобладание *C. grayanus*, *C. japonica*, *M. stimpsoni*. Доминирует низкобореальная по происхождению малакофауна и отсутствуют субтропическо-низкобореальные виды. Это свидетельствует о том, что в период существования айнской культуры нейдзи климатические условия были более прохладными, чем в периоды охотской культуры и в настоящее время. Однако относительно большое число низкобореальных видов говорит о том, что климат был все же теплее, чем во время существования культуры минами-кайдзука.

По времени существования нивхская культура совпадает (перекрывает) четыре рассмотренных выше культуры — охотскую, минами-кайдзука, покровскую и айскую, охватывает большой период с VI по XIX вв. Она сохранила свои традиции у современных нивхов,

живущих преимущественно в северной части Сахалина. На стоянках нивхской культуры собраны раковины не менее чем от 9 видов моллюсков (Вогзыбина и др., 2004). Все обнаруженные виды встречались в археологических памятниках ранее рассмотренных культур Сахалина.

В последние 100–600 лет, во время существования айнской и нивхской культур, число добывавшихся видов моллюсков сильно не изменилось и состав малакофауны стал близок к современному за счет появления некоторых новых холодноводных видов.

Таким образом, состав и численность добываемых моллюсков у берегов Сахалина тесно связаны с изменениями климата в течение последних нескольких тысяч лет. При потеплении климата в малакофауне появляется больше субтропических и даже тропических видов, что ведет к увеличению численности населения и к появлению раковинных куч. При похолодании климата число добываемых видов моллюсков уменьшается, что ведет к снижению числа поселений и населения в целом.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеева Э.В., Раков В.А., Горбунов С.В. Каталог археологических памятников Сахалина с раковинными кучами и остатками фауны. — Тымовское: Тымовский краеведческий музей, 2004. — 82 с.

Вогзыбина Г.Д., Горбунов С.В., Раков В.А. Морские и пресноводные беспозвоночные животные и растения в культуре сахалинских нивхов // Вестн. Сахалин. музея. Ежегодник Сахалинского областного краеведческого музея. — 2004. — № 12. — С. 264–270.

Раков В.А., Горбунов С.В. Изменения видового состава малакофауны и реконструкция палеосреды прибрежной зоны Сахалина в позднем голоцене (по материалам археологических раскопок) // Этноистория и археология Северной Евразии: теория, методология и практика исследования. — Иркутск, Эдмонтон: ИрГТУ, 2007. — С. 356–360.

Раков В.А., Горбунов С.В. Малакофауна из археологических памятников Сахалина // Амуро-Охотский регион в эпоху палеометалла и средневековья. — Хабаровск: Хабаровский краеведческий музей, 2003а. — С. 159–190.

Раков В.А., Горбунов С.В. Промысловые моллюски из археологических памятников Сахалина // Проблемы археологии и палеоэкологии Северной, восточной и Центральной Азии. — Новосибирск: ИАЭ СО РАН, 2003б. — С. 414–418.

Раков В.А., Горбунов С.В. Моллюски в культуре сахалинских айнов в XIII–XX вв. // Вестн. Сахалин. музея. Ежегодник Сахалинского областного краеведческого музея. — 2004. — № 11. — С. 244–252.

Раков В.А., Горбунов С.В. Реконструкция природной среды прибрежной зоны Сахалина в период существования айнской и нивхской культур XIII–XIX вв. // Современные проблемы археологии России. — Новосибирск: ИАЭ СО РАН, 2006. — Т. 1. — С. 231–233.

Gorbunov S.V., Rakov V.A. Mollusks of Sakhalin Ajnu and Nivh cultures in XIII–XVIII A.D. (based on materials of archaeological excavation) // Abstr. Conf. on mollusks of the North-Eastern Asia and Northern Pacific: biodiversity, ecology, biogeography and faunal history. — Vladivostok, 2004. — P. 46–49.

Kitamura A., Kawakami I., Okamoto F. et al. Distribution of mollusk shells in the Sea of Okhotsk, off Hokkaido // Bull. Geological Survey of Japan. — 2002. — Vol. 53, № 5/6. — P. 483–558.

Kuzmin Y.V., Burr G.S., Gorbunov S.V. et al. A tale of two seas: Reservoir age correction values (R , ΔR) for the Sakhalin Island (Sea of Japan and Okhotsk Sea) // Nuclear instruments and methods in physics research. Section B: Beam interactions with materials and atoms. — 2007. — Vol. 259, issue 1. — P. 460–462.

Ohshima K. The post-glacial history of Saroma Lake, Hokkaido // Bull. Geological Survey of Japan. — 1971. — Vol. 22, № 11. — P. 615–627.

Ohshima K., Yamaguchi S., Sato H. Alluvial shell beds along Kucharo Lake, Hokkaido // J. Geological Society of Japan. — 1972. — Vol. 78, № 3. — P. 129–135.

Rakov V.A., Gorbunov S.V. Changes in structure of Sakhalin malakofauna in the late Holocene (based on materials of archaeological excavations) // Abstr. Intern. Workshop on the Global Change Studies in the Far East. — Vladivostok: Dalnauka, 2002. — P. 106–108.

ПРИМЕНЕНИЕ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО МЕТОДА К МОНИТОРИНГУ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТОТРОФНЫХ СЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В МЕРОМИКТИЧЕСКИХ ВОДОЕМАХ

Д.Ю. Рогозин^{1,2}, Н.А. Гаевский², В.В. Зыков¹, А.Г. Дегерменджи^{1,2}

¹ Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия;

² ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

Мониторинг биомассы и активности различных функциональных групп микроорганизмов в природных экосистемах необходим для количественного прогноза отклика экосистемы на климатические изменения или антропогенную нагрузку. В водоемах, характеризующихся постоянной анаэробной зоной (меромиктические водоемы), фототрофные серные бактерии вносят значительный вклад в продукцию органического вещества и осуществляют фотоокисление сероводорода (сульфида), производимого сульфатредуцирующими бактериями, создавая «окислительный фильтр», который препятствует проникновению этого токсичного вещества в верхние слои (Yurkov, Beatty, 1998). Знания о механизмах, управляющих сезонной динамикой биомассы и активности данной группы микроорганизмов, в первую очередь необходимы для прогноза и моделирования концентрации и распределения сероводорода в водной толще таких водоемов. Распространенный косвенный метод оценки биомассы фототрофных организмов в водоемах основан на определении концентрации фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* или бактериохлорофилла *a*). Спектрофотометрический метод измерения концентрации бактериохлорофилла *a* является высокоточным и недорогим, однако требует рутинной подготовки проб, их транспортировки и последующей обработки в лабораторных условиях.

Более эффективным для пространственно-временного мониторинга фитопигментов в водоемах является флуоресцентный метод, который широко применяется для оценки концентрации хлорофилла *a* у зеленых и диатомовых водорослей и цианобактерий (Gaevsky et al., 2005). Известен опыт использования флуоресценции бактериохлорофилла *a* в максимуме испускания 830 нм для оценки скорости роста бактерий (Karsten et al., 1996).

Нами впервые опробован прием одновременного определения концентрации бактериохлорофилла *a* (БХл.а) и хлорофилла *a* (Хл.а) в сообществе планктонных микроорганизмов (зеленые водоросли, цианобактерии и пурпурные серные бактерии), распределенных в мета- и гипolimнионе слабосоленого лечебного оз. Ши́ра (республика Хакасия). Озеро Ши́ра характеризуется наличием постоянной сероводородной зоны на глубине от 12,5–13,5 м (граница хемоклина) до дна (максимальная глубина 22,5 м). В этой зоне, включая донные отложения, функционирует активный микробный круговорот серы, формирующий устойчивую вертикальную неоднородность распределения фототрофных серных бактерий (Пи́менов и др., 2003; Рогозин и др., 2005; Лунина и др., 2007). Озеро обладает бальнеологическими свойствами, является популярным местом летнего отдыха и испытывает значительную антропогенную нагрузку.

На основании спектральных и морфологических свойств установлено, что пурпурные серные бактерии в оз. Ши́ра представлены в основном близкородственными видами сем. Chromatiaceae, обладающими газовыми вакуолями и содержащими каротиноиды оксеновой серии (Пи́менов и др., 2003; Лунина и др., 2007). В качестве лабораторного объекта для определения флуоресцентных характеристик использовали штамм *AmSh-IBP* (номер доступа AJ633676 в EMBL/GenBank), выделенный нами из оз. Ши́ра, и сходный по морфологическим и спектральным характеристикам как со штаммами, выделенными ранее в работах Н.В. Пи́менова с соавторами (2003) и О.Н. Луниной с соавторами (2007), так и с формами, доминирующими в пробах воды из зоны хемоклина в оз. Ши́ра в период исследований 2005–2007 гг. Штамм *AmSh-IBP* выращивали на синтетической среде, имитирующей природный ионный состав воды оз. Ши́ра, с добавлением 9-водного сульфида натрия в концентрации 0,1 г/л, при освещении интенсивностью 300 люкс лампой накаливания. С помощью люминесцентного

спектрометра Aminco-Bawman Series 2 (ThermoSpectronic, USA) были сканированы спектры возбуждения и испускания флуоресценции жидкой культуры данного штамма, определена интегральная интенсивность флуоресценции в диапазоне длин волн 690–820 нм при возбуждении тремя спектральными полосами с максимумами при 410, 510 и 560 нм (Планктофлуориметр «ПФЛ 3004, КраГУ»). Параллельно измеряли концентрацию бактериохлорофилла *a* спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте (Montesinos et al., 1983). Натурные измерения флуоресценции проводили на свежееотобранных пробах фито-бактериопланктона из оз. Шира в июне 2007 г.

Спектральные характеристики флуоресценции пурпурных бактерий показаны на рис. 1. В области спектральной чувствительности флуориметра ПФЛ 3004 (690–820 нм) расположены три полосы с относительно низкой интенсивностью. В спектре действия этих полос (рис. 1) присутствуют полосы поглощения бактериохлорофилла *a* (полоса Core) и каротиноидов.

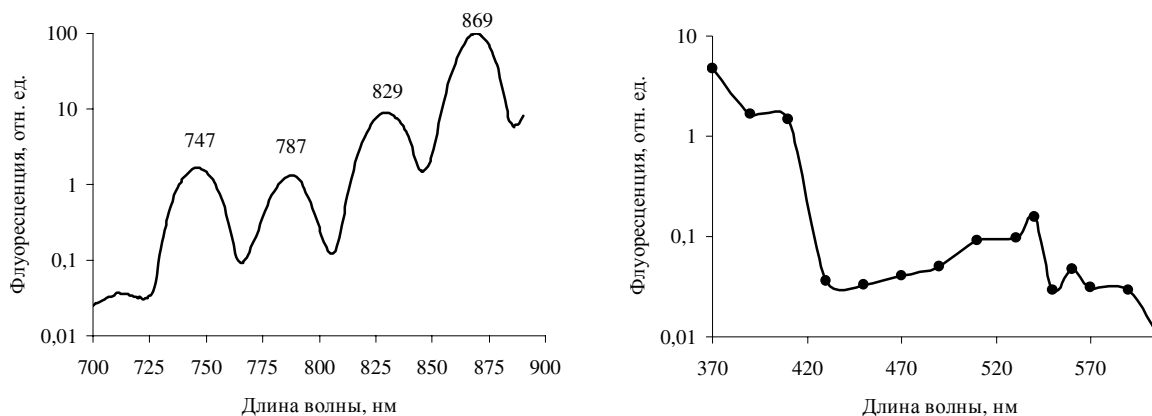


Рис. 1. Спектры испускания (слева) и возбуждения (справа) флуоресценции пурпурных серных бактерий (штамм AJ633676) в жидкой культуре. Спектр испускания интегрирован для полосы возбуждения 370–610 нм. Спектр возбуждения интегрирован по полосам испускания с максимумами 747, 770, 787 и 820 нм

Успех дифференциального флуоресцентного анализа фитопигментов зависит от таксономических различий в составе пигментов фотосинтетической антенны. В случае разделения сигнала флуоресценции на три таксономические составляющие, эти особенности отражают отношения сигналов флуоресценции (Φ), возбуждаемой синим (410 нм), сине-зеленым (510 нм) и зеленым (540 нм) светом.

Данные спектральные участки соответствуют главным полосам поглощения хлорофилла (бактериохлорофилла), каротиноидов, фикобилинов. Результаты определения указанных отношений у лабораторного штамма AJ633676 следующие: $\Phi_{410}/\Phi_{510} = 0,631 \pm 0,030$ (ст. откл. 0,080); $\Phi_{540}/\Phi_{510} = 0,666 \pm 0,040$ (ст. откл. 0,105).

Полученные отношения сопоставлены с таковыми у зеленых и диатомовых водорослей, цианобактерий как переменные X и Y в соответствии с приемом визуализации (Gaevsky et al., 2005) (рис. 2). Треугольник, объединяющий три точки графика, ограничивает область положительных решений системы линейных алгебраических уравнений, на основе которой определяют значения сигналов флуоресценции у трех таксономических групп. Система линейных алгебраических уравнений для определения величин сигналов флуоресценции зеленых водорослей, цианобактерий и пурпурных серных бактерий в оз. Шира имеет вид:

$$\Phi_{510} (\text{зеленые водоросли}) = 0,695\Phi_{410} - 0,319\Phi_{510} - 0,180\Phi_{540};$$

$$\Phi_{510} (\text{цианобактерии}) = 0,155\Phi_{410} - 0,629\Phi_{510} + 0,797\Phi_{540};$$

$$\Phi_{510} (\text{пурпурные бактерии}) = -0,850\Phi_{410} + 1,948\Phi_{510} - 0,617\Phi_{540}.$$

На основе удельных выходов полученные значения флуоресценции у водорослей и бактерий можно преобразовать в соответствующие величины концентрации хлорофилла *a* (бактериохлорофилла *a*). Значения удельных выходов у зеленых водорослей и цианобактерий были получены ранее Н.А. Гаевским с соавторами (Gaevsky et al., 2002). Удельный выход

флуоресценции бактериохлорофилла у пурпурных серных бактерий был определен в экспериментах с чистыми культурами и составил 0,03 от удельного выхода цианобактерий. Полученные низкие относительные величины удельного выхода флуоресценции пурпурных серных бактерий, по-видимому, связаны с тем, что в область регистрации флуоресценции не попадает основная полоса испускания бактериохлорофилла *a* (869 нм).

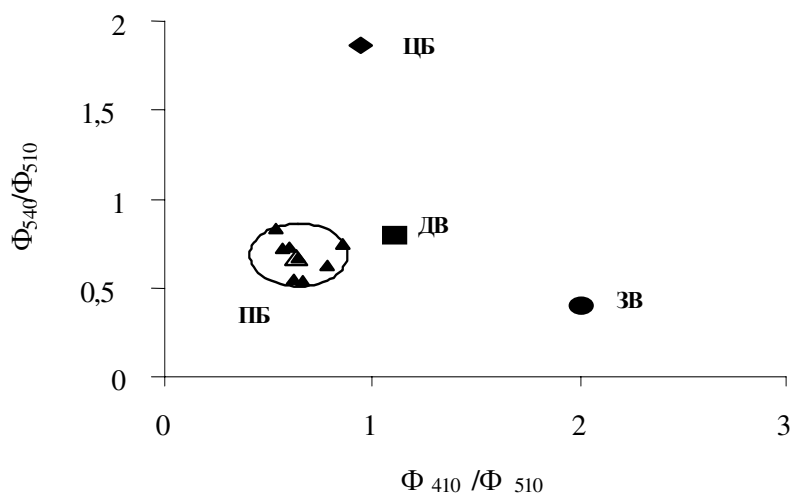


Рис. 2. Визуализация области положительных решений системы линейных алгебраических линейных уравнений. Узловые значения отношений обозначены: ЦБ — цианобактерии, ЗВ — зеленые водоросли, ПБ — пурпурные бактерии, ДВ — диатомовые водоросли

На рис. 3. приведены профили вертикального распределения хлорофилла *a* зеленых водорослей и цианобактерий, а также бактериохлорофилла *a* пурпурных серных бактерий в период летней стратификации в оз. Шира. Как и следовало ожидать, из проведенных ранее исследований (Gaevsky et al., 2002), зеленые водоросли развивались в кислородной зоне, цианобактерии — в кислородной и анаэробной зонах с максимумом в слое хемоклина, пурпурные серные бактерии — только в сероводородной зоне. Метод также дал сопоставимые результаты при определении абсолютных значений концентрации бактериохлорофилла *a*. В целом, полученные результаты показали перспективность применения флуоресцентного метода для определения дифференцированной по таксономическим группам концентрации фитопигментов в альгобактериальном ценозе меромиктического оз. Шира.

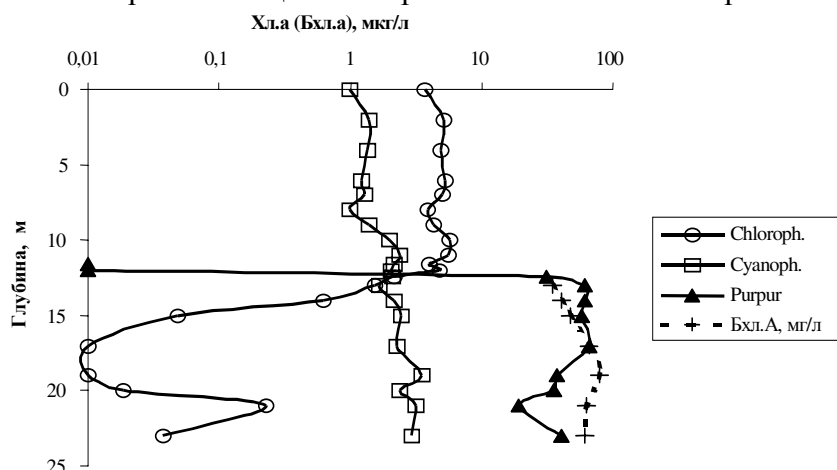


Рис. 3. Вертикальное распределение хлорофилла *a* у зеленых водорослей и цианобактерий, бактериохлорофилла *a* — у серных пурпурных бактерий на основе флуоресцентного анализа (2007 г., июнь, оз. Шира). Концентрации бактериохлорофилла *a*, полученные спектрофотометрическим методом, показаны пунктиром

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (гранты 07-04-96801, 05-05-89002), Красноярского краевого фонда науки (грант 07-04-96801), Нидерландского научного фонда (грант NWO 047.011.2004.030), Интеграционного проекта СО РАН № 24.

ЛИТЕРАТУРА

- Лунина О.Н., Брянцева И.А., Акимов В.Н. и др. Сообщество аноксигенных фототрофных бактерий озера Шира (Хакасия) // *Микробиология*. — 2007. — Т. 76, № 4. — С. 533–544.
- Пименов Н.В., Русанов И.И., Карначук О.Н. и др. Микробные процессы циклов углерода и серы в озере Шира (Хакасия) // *Микробиология*. — 2003. — Т. 72, № 2. — С. 259–267.
- Рогозин Д.Ю., Пименов Н.В., Косолапов Д.Б. и др. Тонкослойные вертикальные распределения пурпурных серных бактерий в зонах хемоклина меромиктических озер Шира и Шунет (Хакасия) // *Докл. АН*. — 2005. — Т. 400, № 3. — С. 426–429.
- Gaevsky N.A., Kolmakov V.I., Onishchenko O.V., Gorbaneva T.B. Using DCMU-fluorescence method for the identification of dominant phytoplankton groups // *Journ. of Applied Phycology*. — 2005. — Vol. 17. — P. 483–494.
- Gaevsky N.A., Zotina T.A., Gorbaneva T.B. Vertical structure and photosynthetic activity of Lake Shira phytoplankton // *Aquatic. Ecology*. — 2002. — Vol. 36, № 2. — P. 165–178
- Karsten U., Klimant I., Holst G. A new in vivo fluorimetric technique to measure growth of adhering phototrophic microorganisms // *Appl. Environ. Microbiol.* — 1996. — Vol. 62, № 1. — P. 237–243.
- Montesinos E., Geurrero R., Abella C., Esteve I. Ecology and physiology of the competition for light between *Chlorobium limicola* and *Chlorobium phaeobacteroides* in natural habitats // *Appl. Environ. Microbiol.* — 1983. — Vol. 46. — P. 1007–1016.
- Yurkov V.V., Beatty J.T. Aerobic anoxygenic phototrophic bacteria // *Microbiology and molecular biology reviews*. — 1998. — Vol. 62, № 3. — P. 695–724.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СООБЩЕСТВ ЗООПЛАНКТОНА, ИХТИОПЛАНКТОНА И БЕНТОСА В ЗОНЕ РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ В РАЙОНЕ БУХТЫ ЧАЖМА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.В. Слободскова, Ю.В. Завертанова

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: slobodskova@poi.dvo.ru

Авария на атомной подводной лодке произошла в бухте Чажма 10 августа 1985 г., в результате прибрежная часть бухты подверглась радиоактивному загрязнению. Со временем вдоль юго-западного побережья (по направлению из бухты) в донных осадках сформировался асимметричный радиоактивный след, свидетельствующий о преобладающем переносе радиоактивного материала из зоны эпицентра аварии в направлении прилегающей акватории зал. Стрелок. Радиационная обстановка за пределами бухты характеризуется незначительным загрязнением. Поскольку акватория бухты является частью судоремонтного завода с плавучими пирсами, доками, базирующимися судами и достаточно интенсивным судоходством, то для нее характерен также высокий уровень нерадиоактивного техногенного загрязнения.

До недавнего времени сведения о состоянии морской биоты бухты Чажма и прилегающей акватории практически отсутствовали. В последнее время появились первые оценки микробиологической и радиоэкологической ситуации в бухте Чажма (Иванова и др., 2002), исследовался видовой состав морских стрелок (*Chaetognatha*) и описаны их морфологические изменения (Kassatkina et al., 2000; Касаткина, Сергеев, 2004).

Материалом для нашей работы послужили пробы бентоса и зоопланктона, собранные в июле 2007 г. в бухте Разбойник, прилегающей к бухте Чажма. Зоопланктон собран сетью Апштейна (малая модель), а бентос — водолазным способом и с помощью дночерпателя Петерсена.

На исследованной акватории среди двустворчатых моллюсков доминируют низкобореальные виды, некоторые представители которых образуют промысловые скопления. К ним относятся *Modiolus kurilensis*, *Swiftopecten swifti*, *Mizuhopecten yessoensis*, *Callista brevisiphonata*, *Spisula sachalinensis*. К широко распространенным амфибореальным видам относятся *Macoma baltica* (была найдена в выбросах) и *Teredo navalis*, а субтропическо-низкобореальным — устрица *Crassostrea gigas* и мидия *Crenomytilus grayanus*. Среди брюхоногих моллюсков отмечены низкобореальные массовые виды *Alaba vladivostokensis* и *Epheria turrita*, субтропическо-низкобореальная *Littorina brevicula* и бореальная *Littorina squalida*. Из панцирных моллюсков в бухте Разбойник часто встречается *Ischnochiton hakodadensis*. Иглокожие в бухте Разбойник — обычные животные, найдено 7 видов: морские ежи *Strongylocentrotus nudus*, *S. intermedius* и *S. pulchellus*, морские звезды — *Patiria pectinifera*, *Asterias amurensis* и *Lethasterias phusca*, офиуры — *Ophiura sarsi*. Ракообразные были представлены 7 видами из 4 семейств. Часто встречаются *Pandalus hipsinotus*, *Pugettia quadridens*, *Hyas coarctatus*, *Hemigrapsus penicillatus*, *Hemigrapsus sanguineus*, самым массовым является *Pandalus kessleri*. Из обрастателей очень часто встречается *Balanus trigonus*. Среди представителей типа Annelida были найдены обычные обитатели зал. Петра Великого, такие как *Nereis vexillosa*, *Scoloplos armiger*, *Ophelia limacina*, *Urechis unicinctus*. Были отмечены представители класса Ascidiidae — *Styela clava*.

Основной группой зоопланктонного сообщества бухты Разбойник в исследуемый период были Copepoda. В пробах было много представителей голопланктона Chaetognatha. Меропланктон представлен гидроидными медузами и личинками бентосных животных. Массовыми представителями этой группы были личинки Decapoda, личинки двустворчатых моллюсков (*Teredo navalis*, *Mytilus trossulus* на стадии оседания).

В ихтиопланктоне бухты Разбойник в июле 2007 г. преобладали личинки тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii*), составлявшие до 49 % общего количества личинок. Массово

встречались личинки стихеевых (Stichaidae) и терпуговых (Hexagrammidae), отмечено незначительное количество личинок камбал *Pleuronectes aspera* и *Pleuronectes yokohamae*, единичные экземпляры личинок корюшек *Hypomesus japonicus* и анчоуса *Engraulis japonicus*. Довольно многочисленными и широко распространенными в районе исследования были икринки двух видов — *Engraulis japonicus* (50–100 экз./лов) и *Hypomesus japonicus* (30–60 экз./лов). В сентябре были встречены личинки четырех видов рыб — *Hexagrammos octogrammus* (3–8 экз./лов), *Pleurogrammus azonus* (5–8 экз./лов), *Hexagrammos stelleri* (8–10 экз./лов) и *Engraulis japonicus* (20–25 экз./лов).

ЛИТЕРАТУРА

Иванова Е.П., Горшкова Н.М., Михайлов В.В. и др. Микробиологический аспект радиозологической ситуации в б. Чажма (Японское море). 1. Численность и таксономическое разнообразие сапрофитных морских бактерий в воде и донных осадках бухты. Препринт. — Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2002. — 35 с.

Касаткина А.П., Сергеев А.Ф. Новые виды морских стрелок (Chaetognatha) из бухты Чажма залива Петра Великого (Японское море) // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 6. — С. 440–446.

Kassatkina A.P., Goryachev V.A., Sergeev A.F. Unusual morphological anomalies of Chaetognatha in planktonic ecosystem from Chazhma Bay of the Japan Sea // Proc. CREAMS-2000 Intern. Sympos. — Vladivostok, Russia, 2000. — P. 28.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОЛЛЮСКОВ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР В 2006 г.

А.В. Соколов, С.И. Левшина, В.Н. Базаркин
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
г. Хабаровск, Россия, e-mail: Falcon1980@rambler.ru

Водно-биологические ресурсы бассейна Амура очень важны для экономики Хабаровского края. В основном это касается коренного населения Приамурья, жизнь которого традиционно связана с рыбными ресурсами. Бассейн Амура подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. Особенно остро стоят проблемы загрязнения воды и антропогенной трансформации водных биоресурсов. Стоки из прибрежных городов Китая в Амур, а также влияние других притоков Амура с китайской стороны приводят к хроническому загрязнению воды. Это особенно актуально в связи с серией аварий на химических заводах в бассейне р. Сунгари (КНР) в 2005 г., при которых произошел выброс токсичных ароматических углеводородов и их производных (Бердников и др., 2006; Левшина, 2007).

Одна из важнейших групп гидробионтов бассейна Амура — моллюски. Они являются кормовой базой для многих ценных видов рыб — осетровых, карповых, сомовых и др. По способу питания двустворчатые моллюски являются фильтраторами, а брюхоногие — детритофагами и перифитонофагами, поэтому токсиканты могут накапливаться в их тканях и изменять функционирование организма, провоцировать появление различных аномалий. Моллюски являются индикаторами состояния водных экосистем (Алимов, 1967; Попченко, 1999; Петухова, 2003). В связи с загрязнением возникла необходимость выявления содержания токсикантов в тканях моллюсков.

Цель настоящей работы — изучение состояния массовых видов двустворчатых и брюхоногих моллюсков Нижнего Амура (его приустьевой части) под воздействием трансграничного загрязнения с водами Сунгари.

Объекты и методы исследования. Район исследования включал участок р. Амур в нижнем течении в районе г. Николаевск-на-Амуре.

Для сбора исследуемого материала были выбраны следующие участки:

1. Река Амур, 7 км выше г. Николаевск-на-Амуре. Пробы отбирали по сечению русла р. Амур у с. Новый Кабель. Дно илистое, глубина — 0–32 м.
2. Река Амур, г. Николаевск-на-Амуре, район мыса Куэгда — с. Половинка. Моллюски обнаружены в небольшом количестве, недостаточном для проведения химических исследований. Дно гравийно-галечное, глубина — 0,6–4,0 м.
3. Река Амур, ниже г. Николаевск-на-Амуре, с. Подгорное (500 м выше пирсов). Дно каменистое, глубина — 1–4 м.
4. Река Амур, ниже г. Николаевск-на-Амуре, с. Константиновка, мелководная бухта (глубина — 0,2 м) — мыс Мео и мыс Кукля и за линией траверса между ними (дно илистое, глубина — 3,0–4,0 м).

Пробы отбирали с помощью «болгарской» драги, драги Булдовского и вручную. Глубины промерялись эхолотом. По скорости движения судна и времени драгирования (экспозиции), определяли расстояние, пройденное драгой. Плотность населения моллюсков определяли по формуле: $P = n/bl$, где n — количество особей, b — ширина драги, l — длина трансекты. При сборах вручную использовали пробные рамки с площадью 1 м². В этом случае использовали формулу $P = \Sigma n/xs$, где Σn — суммарная численность моллюсков конкретного вида на всех «пробных площадках», x — количество пробных площадок, s — площадь «пробной площадки».

Отобранных моллюсков помещали в герметичные пластиковые пакеты, снабженные этикетками с указанием времени и места отбора, глубины, вида и плотности населения. Пакеты с исследуемым материалом подвергали заморозке при минус 10 °С. При камеральной обработке материала моллюсков размораживали и взвешивали. При вскрытии отмечали различные аномалии. Внутренние органы отделяли от раковин, после чего измельчали с помощью мясорубки через мелкую фильеру. Полученный фарш расфасовывали в герметичные пакеты с этикетками и направляли на химический анализ.

В тканях моллюсков определяли бензол, толуол, этилбензол, изопропилбензол, μ , p -ксилолы, o -ксилол газохроматографическим методом по МУК 4.1.766-899 (Методические указания, 1999). Концентрации токсикантов в моллюсках не нормируются санитарными правилами и нормативами, нет на них и методики определения. Всего было отобрано 100 особей моллюсков 5 видов.

Результаты исследования. Двустворчатые моллюски обнаружены на глубине от 0,5 до 8,0 м. Плотность населения составила от 1 до 20 особей/м². Характерна низкая численность корбикулы — около 20 особей/м², хотя по данным М.Н. Затравкина и В.В. Богатова (1986) ранее здесь было отмечено более высокая плотность. В местах обитания корбикулы нами установлена высокая численность брюхоногих моллюсков (*Amuropaludina pachya* и *A. praerosa*) — до 600 особей/м². Вероятно, менее чувствительные к загрязнению брюхоногие моллюски (мезосапробы) частично вытесняют более чувствительных к загрязнению двустворчатых моллюсков (олигосапробов) из их местообитаний, что может косвенно свидетельствовать о загрязнении воды (Соколов, Соколова, 2007).

Биометрические показатели двустворчатых моллюсков невелики (по сравнению с оптимально возможными значениями), что свидетельствует об угнетении их роста (табл. 1). Максимальная длина *Cristaria herculea* составила 15 см, хотя этот вид может достигать 30–35 см (Затравкин, Богатов, 1986). Такие крупные особи обнаружены нами в бассейне р. Уссури. У 80 % особей отмечены аномалии раковины (сквозные прободения, наросты и деформации). Все это также может косвенно свидетельствовать о высоком загрязнении воды.

Таблица 1

Размерно-массовые показатели исследуемых видов моллюсков

Место отбора	Вид	Параметры	Минимум	Максимум	Среднее
Река Амур, с. Константиновка	<i>Amuropaludina pachya</i>	Масса, г	3,0	11,9	7,6
		Высота, см	2,2	3,4	2,9
	<i>Nodularia amurensis</i>	Масса, г	16,4	36,0	25,2
		Длина, см	5,2	6,9	5,9
Река Амур, 7-й км	<i>Sinanodonta likharevii</i>	Масса, г	6,7	81,4	39,5
		Длина, см	4,3	9,5	6,9
	<i>Cristaria herculea</i>	Масса, г	36,5	540,6	152,3
		Длина, см	7,0	16,5	10,3
	<i>Amuropaludina pachya</i>	Масса, г	6,8	16,1	10,0
		Длина, см	2,8	3,8	3,2
Река Амур, с. Подгорное	<i>Corbicula amurensis</i>	Масса, г	6,7	7,6	7,1
		Длина, см	3,0	3,1	3,0

В результате исследования установлено, что в тканях моллюсков отсутствуют бензол, толуол, этилбензол и ксилолы. Лишь в некоторых пробах обнаружен изопропилбензол (табл. 2). Возможно, изопропилбензол, являясь более тяжелой формой среди определяемых ароматических углеводородов в воде, может накапливаться в тканях моллюсков, обитающих на дне.

Таблица 2

Содержание изопропилбензола в пробах моллюсков, отобранных в воде р. Амур у г. Николаевск-на-Амуре осенью 2006 г.

Класс	Вид	Изопропилбензол (максимальное), мг/кг (сырой навески)	Встречаемость изопропилбензола, %	
			от проб вида	от проб класса
Двустворчатые	<i>Sinanodonta likharevii</i>	0,0111	75,0	25,0
	<i>Cristaria herculea</i>	0,0120	25,0	8,3
	<i>Corbicula amurensis</i>	0,0103	25,0	8,3
	<i>Nodularia anurensis</i>	Не обнаружено	не обнаружено	не обнаружено
Брюхоногие	<i>Amuropaludina pachya</i>	“	“	“
	<i>Parajuga amurensis</i>	“	“	“

Общая частота встречаемости изопропилбензола составила 26,3 % от количества проб. Однако частота встречаемости в пробах по каждому классу не одинакова. В пробах брюхоногих моллюсков изопропилбензол обнаружен не был, а обнаружен в 41,6 % проб двустворчатых моллюсков. Очевидно, это связано с различными способами питания этих групп. Двустворчатые моллюски являются сестонофагами-фильтраторами (Алимов, 1967; Попченко, 1999; Петухова, 2003) и пропускают через организм большое количество воды, поэтому накопление содержащихся в воде

токсикантов в тканях внутренних органов должно быть значительным. Анализируемые виды брюхоногих моллюсков являются перифитофагами и детритофагами.

Из всех видов двустворчатых моллюсков, представленных в пробах, наибольшая частота встречаемости изопропилбензола характерна для *Sinanodonta likharevi*. Несколько меньшая частота встречаемости кумола характерна для *Cristaria herculea* и *Corbicula amurensis*. В пробах *Nodularia amurensis* изопропилбензол вообще не обнаружен. Известно, что *N. amurensis*, имеющая компактную обтекаемую раковину, зимует в закопанном состоянии в толще донного грунта (Соколов, Левшина, 2007). Вероятно, поэтому данный вид в несколько меньшей степени подвергся воздействию «бензольного загрязнения» в 2005 г. по сравнению с остальными моллюсками.

Крупные виды двустворчатых моллюсков (*S. likharevi*, *S. amurensis*, *C. herculea*), вероятно, не закапываются в грунт на зимовку. Это косвенно подтверждается тем, что в период сбора проб (сентябрь—октябрь) они обнаруживались преимущественно на каменистых и илисто-каменистых грунтах, хотя, согласно литературным сведениям, являются псаммопелореофилами (Затравкин, Богатов, 1986). В период прохождения «бензольного загрязнения» эти виды могли подвергаться воздействию токсикантов.

Выводы. Установлено наличие изопропилбензола в тканях моллюсков, отобранных на Нижнем Амуре осенью 2006 г. Изопропилбензол обнаружен у сестонофагов-фильтраторов (двустворчатые моллюски) и полностью отсутствует у перифитофагов и детритофагов (брюхоногие моллюски), что, вероятно, связано с типом питания и зависит от их экологических особенностей различных видов моллюсков (предпочитаемых местообитаний, глубины, грунтов, скорости течения). Выявлено снижение численности двустворчатых моллюсков, угнетение их роста, а также отмечены аномалии раковины у 80 % особей, что связано с большей чувствительностью двустворчатых моллюсков к оказанному на них токсическому воздействию при трансграничном загрязнении.

Таким образом, последствия техногенной аварии на р. Сунгари еще будут продолжительное время сказываться на экосистеме в целом.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта «Understanding Effects of Transboundary Benzene Pollution on the Amur and Kaluga Sturgeon, № D449/9S077600/GLM».

ЛИТЕРАТУРА

Алимов А.Ф. О возможной роли животных-фильтраторов в процессах самоочищения водоемов // Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фаун. — Л.: Наука, 1967. — С. 305–312.

Бердников Н.В., Рапопорт В.Л., Рыбас О.В. и др. Мониторинг загрязнения р. Амур в результате аварии на химическом заводе в г. Цилинь (КНР): нитробензол // Тихоокеанская геология. — 2006. — № 5. — С. 94–103.

Богатов В.В., Затравкин М.Н. Брюхоногие моллюски пресных и солоноватых вод Дальнего Востока СССР. Определитель. — Владивосток: ДВО РАН, 1990. — 164 с.

Затравкин М.Н., Богатов В.В. Крупные двустворчатые моллюски пресных и солоноватых вод Дальнего Востока. Определитель. — Владивосток: ДВО РАН, 1986. — 152 с.

Левшина С.И. Содержание и динамика органического вещества в водах Амура и Сунгари // География и природные ресурсы. — 2007. — № 2. — С. 44–51.

Методические указания. Газохроматометрический метод количественного определения ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, о-, м- и п-ксилол) в биосредах (кровь). МУК 4.1.765-99. — М.: Минздрав России, 1999. — С. 24–31.

Петухова Г.А. Моллюски как чувствительные тест-индикаторы состояния перифитона при действии антропогенного пресса загрязнителей // Вестн. Тюменского гос. ун-та, 2003. — С. 97–100.

Попченко В.И. Использование сообществ донных беспозвоночных в биомониторинге пресных вод // Изв. Самарского науч. центра РАН, 1999. — № 2. — С. 212–217.

Соколов А.В., Левшина С.И. Состояние пресноводных моллюсков Нижнего Амура в условиях трансграничного загрязнения // Тез. докл. Всерос. науч. конф. — Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2007. — С. 187.

Соколов А.В., Соколова Е.Н. К состоянию малакофауны и малаконаселения Среднего и Нижнего Амура: Природные ресурсы и экологические проблемы Дальнего Востока: межрегион. сб. науч. тр. — Хабаровск: ДВГУ, 2007. — 391 с.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О БИОЛОГИИ И СОСТОЯНИИ КОСАТКИ-СКРИПУНА *PELTEOBAGRUS FULVIDRACO* ИЗ БАССЕЙНА АМУРА

И.Г. Сяпина¹, А.В. Хлопова², Е.В. Подорожнюк², Н.А. Швед³

¹ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: syasina@mail.ru

² Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра,
г. Хабаровск, Россия, e-mail: khlova82@mail.ru

³ Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия,
e-mail: nikita85_2001@mail.ru

Амур — одна из крупнейших рек в мире, в последнее десятилетие привлекает к себе пристальное внимание в связи с резко обострившимися экологическими проблемами. Несмотря на осознание важности экологических проблем бассейна Амура, принимаемые меры пока не способствуют улучшению качества амурских вод, идет сокращение биоразнообразия и биоресурсов. Особую важность имеет влияние загрязнения на рыб вследствие их широкого распространения, роли в экосистеме реки и большой коммерческой ценности. Неоднократно появлялась информация, что амурская рыба имеет выраженный “аптечный” запах и непригодна для употребления в пищу. Накопление токсичных веществ в организмах рыб приводит к нарушению их физиологии, повышению заболеваемости и развитию разнообразных патологий, начиная от относительно слабых изменений, например толщины жаберных ламелл, до значительных и очевидных скелетных аномалий, например головы и позвоночного столба.

Косатка-скрипун *Pelteobargus fulvidraco* — самая многочисленная среди других видов косаток (семейство косатковые Bagridae), широко распространена в бассейне Амура (Никольский, 1956; Богущая, Насека, 2004), в ряде стран юго-восточной Азии, в Лаосе, Вьетнаме, Корее, Японии, Индии и Китае. В Китае косатка-скрипун является важным коммерческим видом как для рыболовства во внутренних водоемах, так и для аквакультуры; в этой связи интенсивно изучаются особенности ее размножения, питания, болезни, разрабатывается биотехнология разведения и выращивания (Wang et al., 2006).

Цель работы — выявление особенностей гистопатологических изменений во внутренних органах косатки-скрипуна из бассейнов среднего и нижнего Амура и возможности их использования для биоиндикации загрязнения реки.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использована косатка-скрипун *Pelteobargus (Pseudobargus) fulvidraco* (Richardson, 1846). Отлов рыбы производился ставной сетью с ячейей диаметром 20–40 мм, удочкой, спиннингом с середины июня по октябрь 2007 г. Отлов произведен в нескольких районах бассейна нижнего (р. Тунгуска, оз. Болонь) и среднего (протоки Петровская, Головинская, Крестовая на территории Еврейской Автономной области, заливы Большого Уссурийского острова) Амура. Для гистологического анализа взяты кусочки печени, жабр, почки и гонад. Пробы фиксировали жидкостью Буэна, заливали в парафин. Срезы окрашивали гематоксилином-эозином. Гистологическими методами исследованы органы 100 рыб, у которых выявлены и идентифицированы основные типы патологических изменений в клетках и тканях. Всего исследовано 300 проб.

Результаты и их обсуждение

Все исследованные особи косатки-скрипуна были раздельнополыми, явление интерсекса (наличие в одной и той же гонаде ацинусов с женскими и мужскими гаметами) не выявлено. Сперматогенез встречается в цистах в герминативном эпителии. Цисты состоят из группы половых клеток на одной и той же стадии, окруженных цитоплазматическими отростками клеток Сертоли.

Река Тунгуска. В жабрах косатки-скрипуна из р. Тунгуска выявлены 3 вида паразитов. Паразитические простейшие, вероятно миксоспоридии, располагались в хрящевой ткани жаберных филламентов. Наличие паразитов приводит к расплавлению хряща и образованию в

нем больших полостей. Внутри полости находятся многочисленные споры, а на границе с неповрежденным хрящем — ранние плазмодиальные стадии. У отдельных особей интенсивность поражения хряща была чрезвычайно высокой, у этих же рыб отмечен сильный лизис респираторного эпителия, разрушение жаберных ламелл (жаберных лепестков). Другой вид паразитов также относится к простейшим (вероятно Ciliata). Интенсивность инвазии у отдельных косаток достаточно высокая, при исследовании под микроскопом с объективом $\times 20$ в поле зрения попадалось до 10 взрослых особей. Паразиты этого вида прикрепляются к поверхности эпителия. В составе эпителия найдены организмы, которые, вероятно, представляют ранние стадии жизненного цикла этих паразитов. В жабрах, пораженных паразитами этого вида, отмечена гиперплазия респираторного эпителия слабой степени. У некоторых особей обнаружены гельминты, в исследованных образцах жабр выявлено до 2–3 паразитических червей. Вследствие крупных размеров гельминты оказывают и механическое воздействие на жаберные филаменты, что приводит к их сближению и затруднению циркуляции воды в жабрах. В целом, в 9 из 21 исследованного образцах жабр косатки-скрипуна из р. Тунгуска отмечены паразиты (встречаемость составила 43 %), у некоторых рыб присутствовало 2 вида паразитов.

В печени косатки-скрипуна из р. Тунгуска гепатоциты мелких или средних размеров, располагаются, как и у других видов костистых рыб, в виде трубочек. У нескольких особей обнаружены патологические изменения в печени, такие как отек перисинусоидальных пространств. Этот тип патологии зарегистрирован у 8 рыб из 21, включая трех, у которых отмечен лизис в жабрах. Пикноз ядер гепатоцитов и некроз отдельных клеток в печени обнаружен только у 4 рыб, включая трех с лизисом в жабрах. У одной особи в тканях печени обнаружен гельминт. Защитная реакция организма на внедрение паразита проявлялась в образовании соединительно-тканной капсулы и скоплении пигментированных макрофагов вокруг капсулы или среди соединительно-тканых клеток.

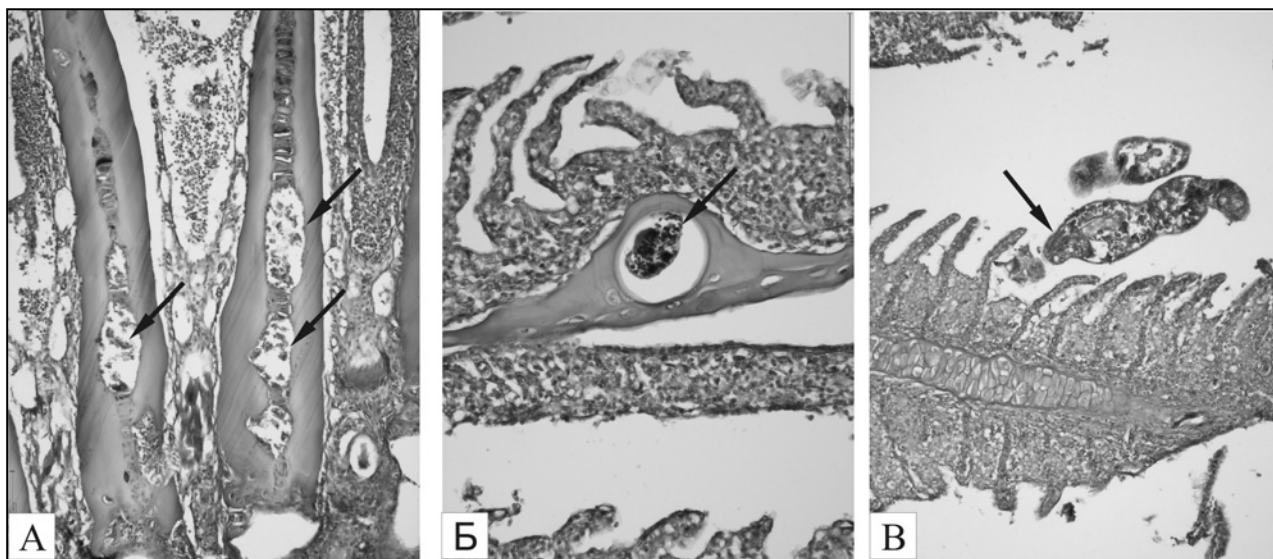
Яичники и семенники исследованных особей находились, в основном, на II–III-й стадии зрелости, а у 6 самок — на III–IV-й стадии, в гонадах присутствовали зрелые яйцеклетки. Стадия зрелости семенников, которые имели маленькие размеры и массу, большую часть семенных канальцев на начальных стадиях развития, оценена как II стадия, однако, в просвете некоторых канальцев находились зрелые сперматозоиды. Патологических изменений в гонадах косатки-скрипуна из р. Тунгуска не обнаружено.

Озеро Болонь. Гистологическими методами исследованы органы 14 особей. Рыбы, выловленные в оз. Болонь (3–5 июля), были достаточно крупными (23–30 см), имели гонады на III или IV стадии зрелости, у одной из самок отмечена резорбция ооцитов.

Паразитизм отмечен всего лишь у одной особи в жабрах (2 вида паразитов) и у одной особи в печени. Присутствие паразита в печени привело к развитию воспаления и формированию толстой капсулы вокруг паразита. Таким образом, в исследованной выборке рыб из этого района существенно ниже количество пораженных паразитами особей. Самые значительные изменения у косаток из оз. Болонь отмечены в почках; выявлены вакуолизация эпителия почечных канальцев, скопление больших количеств пигментированных эритроцитов в просвете кровеносных сосудов, атрофия почечного эпителия, разрушение почечных клубочков и канальцев. Практически у всех особей в почках присутствовали перечисленные выше изменения в разных сочетаниях.

Заливы Большого Уссурийского острова. Гистологическими методами исследованы органы 11 особей. Рыбы, выловленные в заливах Большого Уссурийского острова, были мелкими, длина тела изменялась от 12,0 до 15,5 см. Самки и самцы имели гонады на II-й стадии зрелости, небольшое количество мелких превителлогенных ооцитов у некоторых самок были деформированы и интенсивно базофильно окрашены. Использование методов только световой микроскопии не позволяет установить, являются ли они патологически измененными или нет. Состав паразитов у косатки из заливов Большого Уссурийского острова, по видимому, тот же самый, что и у косатки из р. Тунгуска. В жабрах зарегистрированы 3 вида паразитов, среди них 2 вида в хрящевой ткани (см. рисунок, А, Б) и 1 вид червей (см. рисунок, В). Изменения, вызываемые этими паразитами, аналогичны тем, что описаны у косатки

из р. Тунгуски. Частота встречаемости составила 64 %, однако только у двух рыб встречено по 2 вида паразитов. В печени рыб из этого района патологических изменений не наблюдалось, за исключением незначительного воспаления у двух особей и межклеточного отека у 5 из 11 особей (45 %). У одной из особей воспаление сопровождалось образованием гранулемы, очаг воспаления хорошо выделяется на фоне печеночной паренхимы, в центре очага развивается некроз. Гранулематозное воспаление и межклеточный отек выявлены у одной и той же особи, что позволяет предполагать, что она поражена бактериальной инфекцией. Некротических изменений в печени других рыб не отмечено. Наиболее очевидные изменения у косаток из заливов Большого Уссурийского острова выявлены в почках, у большинства рыб цитоплазма нефроцитов была грубозернистой. Поскольку выловленные рыбы были мелкими, они оказались очень чувствительными к состоянию окружающей среды.



Паразитические организмы в жабрах косатки-скрипуна из заливов Большого Уссурийского острова: **А** — простейшие в хряще жаберных филламентов. Стрелки указывают на их локализацию, видно повреждение хрящевой ткани и формирование обширных полостей; **Б** — паразит в хряще филламентов (стрелка). Отмечается умеренное разрастание хрящевой и эпителиальной ткани; **В** — гельминт, прикрепленный к жаберной ламелле (стрелка). Масштабный отрезок 100 мкм

Протоки Петровская, Головинская, Крестовая. Гистологическими методами исследованы органы 25 особей, выловленных с 24 по 30 августа 2007 г. В жабрах косатки-скрипуна из бассейна среднего Амура зарегистрированы 4 вида паразитов. Между жаберными филламентами обнаружены простейшие и паразитические черви, судя по морфологии, те же виды, что и у косатки из р. Тунгуска. Интенсивность поражения гельминтами сравнима с таковой у косаток из р. Тунгуска и составляла до 3 особей на исследованный образец жабр. Два вида паразитов встречались в хрящевой ткани, один из них в хрящевой ткани основания жабр. Отмечены многочисленные цисты, размерами до 1056 мкм по наибольшей протяженности. Содержимое цист представлено ранними плазмодиальными стадиями и зрелыми спорами. Судя по форме спор и локализации цист, это другой вид паразитов, чем у косатки из р. Тунгуска. Данный вид паразитов оказывает сильное патогенное действие на хозяина, так как вызывает значительное разрушение хрящевой ткани основания жабр. Более мелкие, но многочисленные паразитофорные вакуоли, найдены в хрящевой ткани жаберных филламентов, каких-либо спор не выявлено, вероятно, это личиночные стадии трематод. В целом интенсивный паразитизм, т.е. когда в жабрах присутствует 2 или более видов паразитов; если один, то патологические изменения существенные, характерны для 48 % особей. Кроме паразитизма в жабрах косаток выявлены еще несколько типов патологических изменений: гиперплазия респираторного эпителия разной степени тяжести, вакуолизация клеток эпителия, оголение хряща жаберных ламелл, атрофия эпителия.

В печени косатки из данного района встречается пикноз ядер гепатоцитов и диффузный некроз отдельных клеток, такая патология выявлена у 48 % особей. Следует отметить, что

очаговые некротические изменения отмечены только у 2 особей. Другие изменения, выявленные в печени, представлены геморрагией, воспалением.

Среди 25 косаток, выловленных в среднем течении Амура, у 2 особей выявлены паразиты и в почке. Диаметр цист составляет около 100 мкм, в просвете наблюдались споры. В почках отмечается вакуолизация нефроцитов и клеток протоков, пикноз ядер нефроцитов. Разрушение (некротические изменения) почечных канальцев отмечены у особи, пораженной паразитами и у нескольких рыб без признаков паразитизма.

Все исследованные особи косатки-скрипуна были раздельнополами. Ранее было установлено, что у этого вида дифференцировка гонад в женском направлении проявляется на 12-е сут после вылупления при длине мальков 1,46 см и массе 0,06 г, после этого яичники постепенно увеличиваются. Семенники же вырастают до более крупных размеров, и только на 20-е сут после вылупления впервые определяется дифференцировка половых клеток по мужской линии, при этом длина мальков достигает уже 2,30 см, а масса 0,24 г (Park et al., 2004). В гонадах косатки-скрипуна установлено наличие нескольких генераций половых клеток; в летние месяцы рыбы находились на разных стадиях зрелости, что свидетельствует о том, что нерест у косатки порционный, самки со зрелыми яйцеклетками встречаются в р. Тунгуска уже 17–20 июня, в июле степень зрелости гонад гораздо выше (рыбы из оз. Болонь).

В настоящее время известно несколько заболеваний косатки-скрипуна, обусловленных гельминтами, из водоемов на территории Китая. Филометроидоз — инвазионная болезнь пресноводных рыб, характеризующаяся поражением полости тела, мышц, глаз, плавников. Возбудителем заболевания у косатки-скрипуна является гельминт *Philometroides fulvidraconi* (Nematoda, Philometridae) (Yu et al., 1993). Половозрелые самки гельминта встречаются в глазнице, а самцы и личинки на поверхности внутренних органов и/или в брюшной полости. Сезонная динамика и распространение этого гельминта у косатки-скрипуна в среднем течении Янцзы (Yangtze River) исследованы Вангом (Wang, 2002). Филодистомоз, вызываемый трематодой *Phyllodistomum pawlovskii* (Trematoda: Gorgoderidae), зарегистрирован у озерной косатки-скрипуна (Liangzi Lake) (Li et al., 2005). Еще один вид гельминтоза описан у скрипуна из одного из резервуаров в восточной части Китая (Jiangkou reservoir), заболевание вызывают метацеркарии широко распространенного паразита пресноводных рыб Китая — дигенетического сосальщика *Dollfustrema vaneyi* (Digenea: Vucephalidae) (Wang et al., 2001).

У косатки-скрипуна из бассейна Амура на территории России также часто встречаются паразитарные инвазии, особенно поражены жабры. Видовой состав паразитов не идентифицирован, однако показано строение взрослых особей паразитов или общая морфология спор. Между жаберными филаментами и ламеллами выявлены простейшие, вероятно ресничные инфузории (Ciliata), а в структуре филаментов и основании жабр — различной величины цисты. Цисты формировались в хрящевой ткани, что приводило к ее лизису и образованию в ней огромных полостей, занятых паразитами. В составе цист обнаружены как ранние плазмодиальные стадии, так и огромное количество зрелых спор, следовательно, паразитарная инвазия носит хронический характер, и паразиты длительное время оказывают негативное воздействие на хозяина. Инвазия паразитами неизменно сопровождалась комплексом патологических изменений — гиперплазией и вакуолизацией респираторного эпителия, изменением формы и слиянием ламелл, разрастанием соединительной или хрящевой ткани, лизисом хрящевой ткани, закупоркой сосудистой системы. Выявлено 4 вида паразитов, которые встречаются в жабрах, редко — в почке и печени. Паразитизм выявлен у 43 % особей косатки-скрипуна из р. Тунгуска, у 48 % косаток из проток Петровская, Головинская и Крестовая, у 64 % косаток из заливов Большого Уссурийского острова. Самый низкий уровень паразитизма установлен у косаток из оз. Болонь (около 7 %).

Впервые проведено гистопатологическое исследование внутренних органов косатки-скрипуна из бассейнов нижнего и среднего Амура, выявлены различные типы изменений. Доля особей с нарушениями в органах высока — 10–60 %. Гистопатологические изменения в жабрах обусловлены в большинстве случаев воздействием паразитов. У некоторых особей выявлены патологические изменения, которые обычно характеризуют острые отравления

(некроз жаберных филламентов, разрывы респираторного эпителия, образование тромбов в кровеносных сосудах, гемолиз, некроз печеночной ткани). Следует отметить, что многие из обнаруженных нами изменений (отслоение респираторного эпителия, гиперемия, вакуолизация гепатоцитов и клеток респираторного эпителия) являются обратимыми. В случае устранения стресс-факторов строение измененных органов вернется к нормальному. Гиперплазия эпителия жабр носит защитно-компенсаторный характер и является универсальной реакцией на ухудшение состояния окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. Итоги Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949. — М.: АН СССР, 1956.

Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. — 389 с.

Li W.X., Wang G.T., Yao W.J., Nie P. Seasonal dynamics and distribution of the digenean *Phyllostomum pawlovskii* (Trematoda: Gorgoderidae) in the bullhead catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*, in a lake of China // J. Parasitol. — 2005. — P. 850–853.

Park I.-S., Kim J.-H., Cho S.H., Kim D.S. Sex differentiation and hormonal sex reversal in the bagrid catfish *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson) // Aquaculture. — 2004. — Vol. 232, is. 1–4, 5. — P. 183–193.

Wang G.T. Seasonal dynamics and distribution of *Philometroides fulvidraconi* (Philometridae) in the bullhead catfish, *Pseudobagrus fulvidraco* (Richardson) // J. Fish Dis. — 2002. — Vol. 25. — P. 621–625.

Wang G.T., Yao W.J., Nie P. Seasonal occurrence of *Dollfustrema vaneyi* (Digenea: Bucephalidae) metacercariae in the bullhead catfish *Pseudobagrus fulvidraco* in a reservoir in China // Dis. Aquat. Org. — 2001. — Vol. 44. — P. 127–131.

Wang W., Abbas K., Yan A. Embryonic development of *Pelteobagrus fulvidraco* (Richardson, 1846) // Chinese J. Oceanol. Limnol. — 2006. — Vol. 24. — P. 378–383.

Yu Y., Wang G.T., Feng W. et al. Philometroidiasis of yellow catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*: life cycle of the pathogen and its epidemiology // Transactions of Researches on Fish Diseases, № 1 (Ed. by Department of Fish Diseases, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences). — Beijing: Ocean Press, 1993. — P. 116–122.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИММУНОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ
НА ПРИМЕРЕ *MODIOLUS MODIOLUS KURILENSIS***

Е.В. Табакова¹, Ю.Н. Сокольникова¹, А.В. Гринченко¹, С.М. Рыбалкина¹,
Л.С. Бузолева^{1,3}, В.В. Кумейко^{1,2}

¹ Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия,
e-mail: odissi@inbox.ru

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: vkumeiko@yandex.ru

³ НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН, г. Владивосток, Россия

Моллюски обладают специализированной гемальной системой циркуляции внутренней среды, которая сообщается с интерстициальными компартментами и формирует единую транспортно-защитную ткань, называемую гемолимфой, реагирующую на любые изменения происходящие в окружающей среде. Важную роль в адаптивных и защитных реакциях животных играет клеточный и гуморальный иммунитет. Первый включает фагоцитоз или инкапсуляцию с последующим разрушением патогена за счет ферментативной и кислородной активности клеток и его дальнейшим удалением (Baune, 1981; Яковлева и др., 2001; Wootton et al., 2003). Второй связан с функционированием опсоинов (лектинов, агглютининов) и антимикробных пептидов, содержащиеся в плазме гемолимфы моллюсков и участвующие в агглютинации микробных антигенов, а также способствующие их фагоцитозу с участием подвижных клеток внутренней среды (Tripp, 1966; Tunkijjanukij et al., 1997; Яковлева и др., 2001; Wootton et al., 2003).

Данное исследование выполнено для оценки иммунного статуса моллюсков из акваторий, не подвергавшихся в последнее время значительным природным и антропогенным катастрофам, а также оценки физиологического состояния двустворчатых моллюсков *Modiolus modiolus kurilensis* при средне-нормальном фоне естественных патогенов и прочих неблагоприятных факторов. Для этой цели было собрано 27 половозрелых особей из бухты Троицы (Японское море) с конца мая по начало июня 2006г.

Для общей оценки активности агглютининов (лектинов), т.е. для определения способности плазмы исследуемых животных агглютинировать чужеродные клетки, был использован метод прямой гемагглютинации. Предварительно для разделения плазмы и клеток гемолимфу каждого животного подвергали центрифугированию. Плазму использовали для выявления агглютинирующей активности с помощью чужеродных клеточных антигенов, в роли которых выступали трипсинизированные и не трипсинизированные эритроциты человека групп А, В, АВ, 0 и трипсинизированные эритроциты барана. Суспензию гемоцитов, полученную после отделения плазмы и ресуспендирования осадка клеток в физиологической среде, использовали для исследования активности клеточного звена иммунитета моллюсков. Для этой цели определяли два показателя фагоцитоза гемоцитов: фагоцитарную активность (Ф.А.) — количество фагоцитирующих клеток и фагоцитарный индекс (Ф.И.) — среднее количество бактерий в клетке. Клеточные суспензии инкубировали с термически убитыми и мечеными флуоресцирующим красителем FITC бактериями: *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas fluorescens*, *Staphylococcus aureus*. Затем препараты заключали в гидрофильную среду Mowiol 4.88 и анализировали с помощью флуоресцентного микроскопа Carl Zeiss Axioimager.

Полученные результаты по исследованию агглютинирующей активности плазмы моллюсков позволяют заключить, что наибольшим суммарным титром гемагглютинации обладает плазма моллюсков в отношении трипсинизированных эритроцитов групп крови 0 и А, а также трипсинизированных эритроцитов барана. Известно, что трипсинизация делает более доступными для аффинного взаимодействия многие антигены клеточной поверхности. В целом, исследуя агглютинирующие способности плазмы животных экспериментальной группы, мы выделили 3 группы моллюсков: со средне-нормальным титром, с относительно зани-

женным титром и титром выше среднего значения. Для выявления возможных корреляций между агглютинирующей активностью, показателями фагоцитоза и возможными патогистологическими изменениями были выбраны 5 модиолусов из каждой группы. Полученные результаты выявили, что фагоцитарная активность и фагоцитарный индекс клеток гемолимфы исследованных модиолусов, имеют незначительный положительный тренд в корреляции с суммарными показателями гемагглютинации: значения Ф.И. и Ф.А. незначительно возрастают с увеличением титра гемагглютинации (рис. 1). Данный тренд не является существенно значимым, однако все особи со средним и высоким титром агглютинации отличались относительно высокими показателями фагоцитоза. Что касается особей с низким титром агглютинации, то для них наблюдалась значительная вариативность показателей фагоцитоза. Данные результаты позволяют заключить, что нормальным следует считать физиологическое состояние моллюсков, при котором относительно высокие показатели фагоцитоза соответствуют средне нормальным и высоким показателям гемагглютинации. Особи, у которых отсутствуют такие корреляции, очевидно, находятся за пределами нормы и характеризуются измененным иммунным статусом, что может свидетельствовать как об активном ответе одним из звеньев иммунной защиты, так и о супрессии иммунного ответа под воздействием патогена. Таким образом, для *Modiolus modiolus kurilensis* нормальной следует считать фагоцитарную активность в пределах 40–80 %, а фагоцитарный индекс в интервале 1–4. В отношении бактерии *L. monocytogenes* значения Ф.И. и Ф.А. выше по сравнению с двумя другими бактериями соответственно в 1,30 и в 1,15 раз.

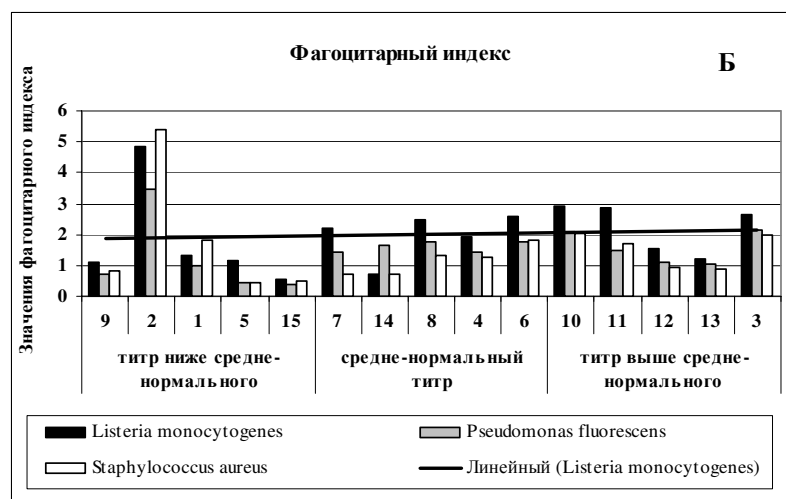
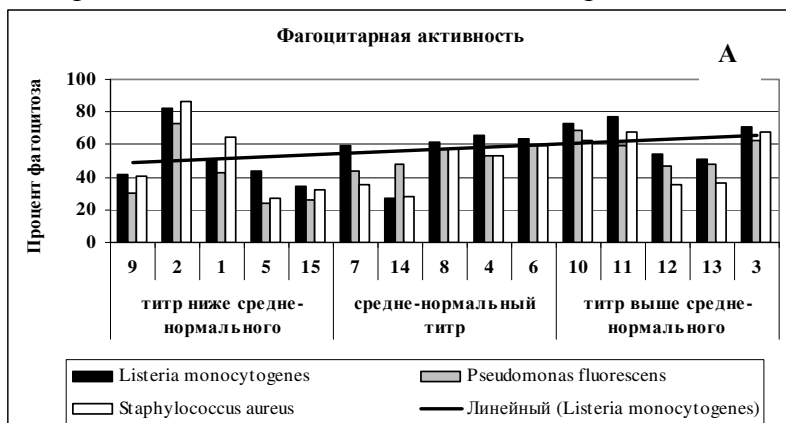


Рис. 1. Гистограммы зависимости фагоцитарной активности (А) и фагоцитарного индекса (Б) от суммарных значений гемагглютинации. На оси Х отмечены порядковые номера модиолусов в выборке

При вскрытии и дальнейшем исследовании моллюсков у шести особей была обнаружена инвазивность тканей (гонада,

мантия, ПВЖ, гемолимфа) микроводорослями. У модиолусов с интенсивной тканевой инвазивностью микроводорослями (заражением охвачены гонада, мантия, ПВЖ) фагоцитарные показатели максимальны или приближаются к таковым. Моллюски, у которых микроводоросли достоверно выявлялись только в гемолимфе, имели средние фагоцитарные значения (рис. 2). Сравнение результатов по гистопатологическим изменениям в пищеварительной железе и почках, любезно предоставленных И.Г. Ясиной, с полученными нами фагоцитар-

ными показателями выявило, что животные с обнаруженными даже незначительными гистопатологиями имеют низкие значения Ф.А. и Ф.И. (рис. 3), животные, у которых таких изменений не было отмечено, характеризовались нормальным иммунным статусом.

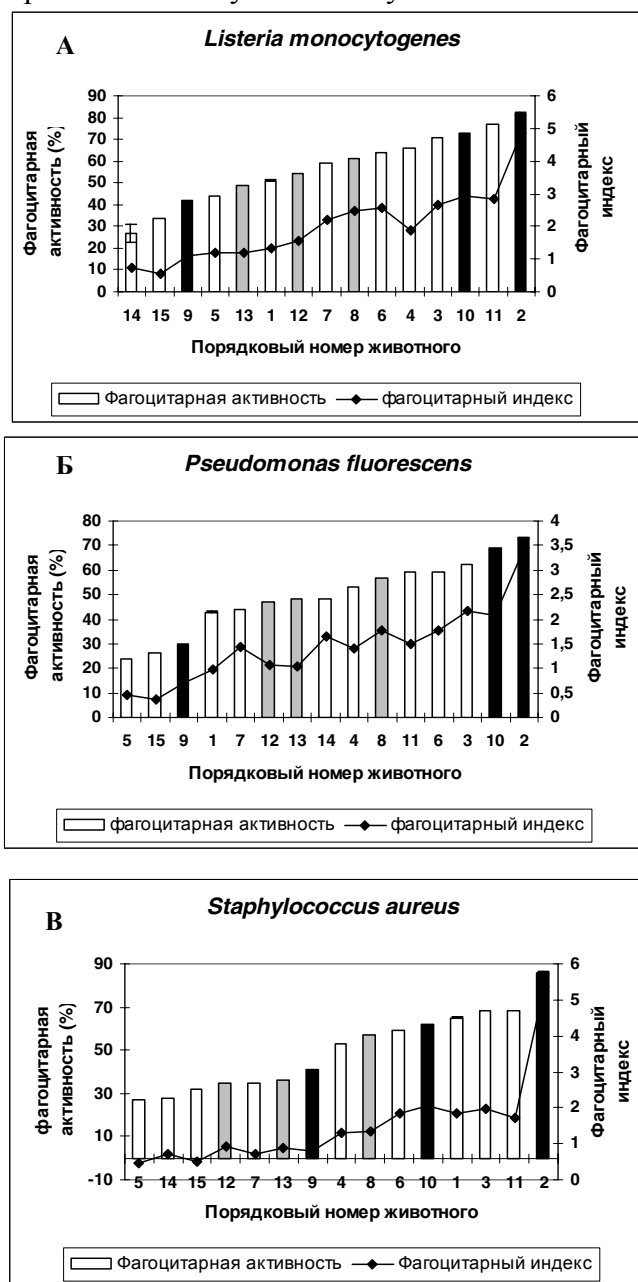
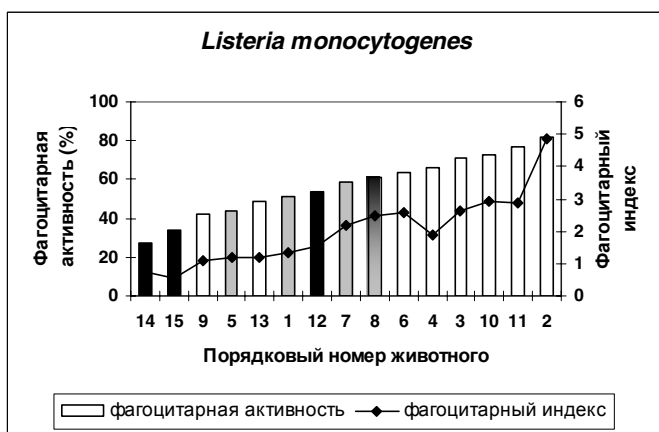


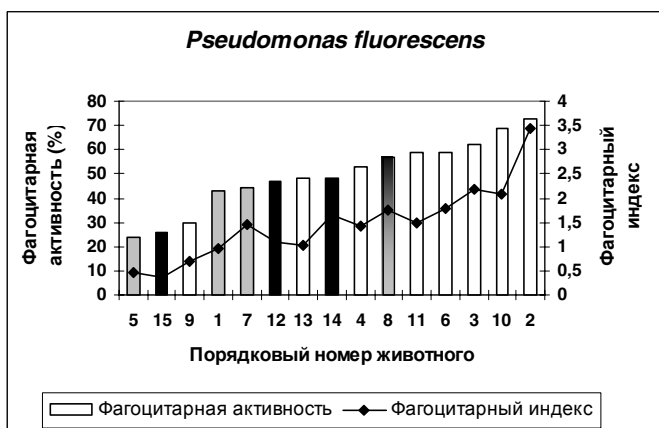
Рис. 2. Гистограммы зависимости фагоцитоза (Ф.А. и Ф.И.) от инвазий внутренних органов модиолусов микроводорослями в отношении 3-х видов бактерий: **А** — *Listeria monocytogenes*, **Б** — *Pseudomonas fluorescens*, **В** — *Staphylococcus aureus*. Черные столбцы соответствуют моллюскам, у которых микроводоросли присутствуют как во внутренних органах, так и в гемолимфе, серым обозначены особи с наличием микроводорослей только в гемолимфе

На основе полученных данных, мы установили вариации нормальных показателей иммунного статуса животных, установлены корреляции между незначительными гистоморфологическими изменениями внутренних органов животных из благополучной акватории с показателями их гуморального и клеточного иммунитета, также был выявлен иммунный ответ на микрофитобионтную инвазию, отмеченную для части особей данного вида. Результаты исследования гуморальных и клеточных факторов гемолимфы морского двустворчатого моллюска *Modiolus modiolus kurilensis* могут быть использованы в дальнейшем для оценки физиологического состояния моллюсков в природе и аквакультуре, диагностики патологических изменений, установления причин флуктуации численности и прочих явлений, происходящих в изменяющейся окружающей среде.

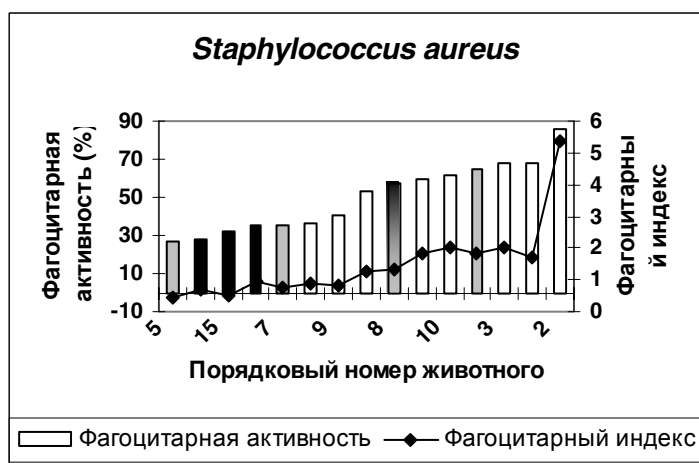
Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда US CRDF: RUXO-003-VL-06/ВР1М03 и Министерства Образования и Науки РФ: RNP.2.1.1.2641; а также РФФИ 06-04-59036-з.



А



Б



В

Рис. 3. Гистограммы зависимости фагоцитоза (Ф.А. и Ф.И.) от гистопатологических изменений во внутренних органах моллюсков в отношении 3-х видов бактерий: А — *Listeria monocytogenes*, Б — *Pseudomonas fluorescens*, В — *Staphylococcus aureus*. Черные столбцы соответствуют моллюскам с деструкцией почечных канальцев, серым обозначены моллюски с разрушенными пищеварительными клетками, а двойное окрашивание используется для особи с гистопатологическими проявлениями как в почечных канальцах, так и в пищеварительной железе

ЛИТЕРАТУРА

- Яковлева Н.В., Самойлович М.П., Горбушин А.М. Разнообразие стратегий защиты от патогенов у моллюсков // Журн. эвол. биохим. и физиол. — 2001. — Т. 37(4). — С. 358–367.
- Bayne C.J. Gastropod cells in vitro // Advance in cell culture. — N.Y.: Acad. Press, 1981. — Vol. 1. — P. 297–334.
- Tripp M.R. Hemagglutinins in the blood of the oster *Crassostrea virginica* // Journ. of Invertebrate Pathology. — 1966. — Vol. 8. — P. 478–484.
- Tunkijjanukij S., Mikkelsen H.V., Olafsen J.A. A heterogeneous sialic acid-binding lectin with affinity for bacterial LPS from horse mussel (*Modiolus modiolus*) hemolymph // Comp. Biochem. Physiol. — 1997. — Vol. 117. — P. 273–286.
- Wootton E.C., Dyrinda E.A., Ratcliffe N.A. Bivalve immunity: comparisons between the marine mussel (*Mytilus edulis*), the edible cockle (*Cerastoderma edule*) and the razor-shell (*Ensis siliqua*) // Fish and Shellfish Immunology. — 2003. — Vol. 15. — P. 195–210.

МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ФИТОПЛАНКТОНА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Е.А. Тихомирова, Е.П. Дулепов

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ИАПУ ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: tikhomirova@poi.dvo.ru

Моделирование первичной продукции подробно рассмотрено в обзоре К.А. Подгорного (2004). В процессе разработки моделей всегда приходится лавировать между простотой и сложностью моделей. Простая модель неприхотлива в смысле данных о водоеме, но надежность ее результатов невысока. Сложная модель может достаточно подробно описывать процессы, но она весьма требовательна к качеству и количеству исходной информации. Выбор в меру простой и в меру сложной модели — искусство моделирования.

В качестве основы для построения модели использована модель продукции фитопланктона, построенная на принципах имитационного моделирования В.В. Меншуткиным (1993) и реализованная ранее для зал. Петра Великого (Дулепов и др., 2002). Она дополнена новыми теоретическими разработками: уточнено влияние температуры воды на формирование первичной продукции (применена эмпирическая зависимость С.Э. Йоргенсена (1985), а также использована зависимость продукции фитопланктона от освещенности (Webb et al., 1974). При расчете продукции на поверхности моря в зимние месяцы в модели учитывали поглощение света льдом.

Данная модель расчета первичной продукции фитопланктона является имитационной и определяет потенциальную первичную продукцию. В ней использован ряд допущений: рассматривается квазистационарное состояние водоема (отсутствие водообмена и стоков); не учитывается зависимость продукции от концентрации углерода. Недостаток модели в том, что она не рассматривает продукционный процесс в динамике и с точки зрения экосистемного подхода. Однако учет всех этих процессов, на наш взгляд, может существенно усложнить модель. Достоинством предлагаемого подхода является то, что в основе модели лежит процесс создания органического вещества, зависящий от температуры, освещенности, глубины и концентрации биогенных элементов. Такое описание первичной продукции фитопланктона вполне соответствует сложившимся представлениям. При этом модель открыта для расширения и совершенствования по мере накопления информации, кроме того, может применяться для конкретных бухт и заливов.

Зависимости продукции фитопланктона от температуры, освещенности и наличия биогенных элементов в форме, доступной для усвоения, основаны на многочисленных экспериментальных данных и аппроксимированы уравнением Михаэлиса-Ментен и законом Митчерлиха (Меншуткин, 1993). Следует отметить, что исходные формулировки принципа лимитирования Митчерлиха относят к популяциям одного вида. Поэтому фитопланктонное сообщество рассматривается как единый компонент, с преобладанием диатомовых водорослей (до 80 %). Продукция фитопланктона представлена следующим уравнением:

$$P_f = P_{\max} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5,$$

где P_{\max} — максимальная величина первичной продукции, X_i — промежуточные переменные:

$$X_1 = 1 - \exp\left(\alpha_I \cdot \left(\frac{I_0}{P_{\max}}\right)\right), \quad X_2 = \exp\left(-2.3 \cdot \left|\frac{T - T_{\text{опт}}}{K_I}\right|\right), \quad X_3 = \frac{N_0}{N_0 + K_{SN}}, \quad X_4 = \frac{P_0}{P_0 + K_{SP}}, \quad X_5 = \frac{Si_0}{Si_0 + K_{SSi}}, \quad \alpha_I = \frac{P_{\max}}{I_{\text{опт}}},$$

$I_{\text{опт}}$ и I_0 — освещенность оптимальная и текущая; N_0 , P_0 , Si_0 — соответственно концентрации нитратов, фосфатов, силикатов; K_{SN} , K_{SP} , K_{SSi} — константы полунасыщения биогенов (концентрации, при которых значение функции (P_f) равно половине наибольшего возможного), T и $T_{\text{опт}}$ — текущая и оптимальная температура развития фитопланктона, K_I — эмпирическая константа. Максимальная величина первичной продукции и значения констант полунасыщения взяты из монографии В.И. Дулепова с соавторами (2002).

Освещенность (I_0) рассчитывали как энергию входящей в воду суммарной солнечной радиации с поправкой на альбедо водной поверхности (или льда, в зимние месяцы). Средние многолетние месячные значения суммарной солнечной радиации ($\text{МДж}/\text{м}^2$) за сутки при средних условиях облачности взяты из справочника (Научно-прикладной справочник ..., 1988). Для расчета освещенности использовали результаты осуществленных Тер-Маркарянц вычислений среднедневных величин альбедо при средних условиях облачности для суммарной радиации, данной широты и месяцев года при волнении от 1 до 3 баллов и прозрачности воды (по диску Секки) 8–12 м (Кондратьев, 1965). Оптимальная освещенность для фотосинтеза фитопланктона принята 100–150 $\text{кал}/\text{см}^2$ (или в среднем 5,23 $\text{МДж}/\text{м}^2$) в сутки (Кузьмичева, 1979).

При расчете продукции на различных горизонтах в модели учитывалось вертикальное ослабление освещенности с глубиной по формуле: $I_z = I_0 \cdot e^{-E \cdot z}$, где I_0 — освещенность на поверхности, E — коэффициент ослабления света водой, связанный с прозрачностью по диску Секки (S): $E \cdot S = 2.0$ (Иконников, 1979), z — глубина. Для учета поглощения света льдом в зимние месяцы использовано соотношение: $I = I_0 \cdot \exp(-k \cdot l)$, где I — интенсивность световой волны после прохождения слоя льда толщиной (l), I_0 — интенсивность волны на входе в слой, k — показатель поглощения льдом излучения (Бородачев и др., 1994). Сведения о возрасте льда, первом появлении и окончательном очищении ото льда взяты из работы Л.П. Якунина (2003).

В качестве входных параметров при расчете продукции использованы данные наблюдений в Амурском и Уссурийском заливах с 1990 по 2005 г. на станциях стандартной сети Общегосударственной системы наблюдений (ОГСН). Для расчетов продукции фитопланктона предварительно были вычислены средние многолетние месячные значения температуры воды и концентраций фосфатов, нитратов, силикатов на всех горизонтах наблюдений.

Рассчитанные по предложенной модели экстремумы величин первичной продукции в $\text{мгС}/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$ и в $\text{мгС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ представлены в таблице.

Величины продукции фитопланктона для акваторий Амурского и Уссурийского заливов, рассчитанные по средним многолетним месячным данным

Месяц	Амурский залив		Уссурийский залив	
	Продукция на 0 м, $\text{мгС}/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$	Продукция, $\text{мгС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$	Продукция на 0 м, $\text{мгС}/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$	Продукция, $\text{мгС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$
4	17,44–41,62	98–304	14,30–40,45	160–524
5	35,00–105,29	227–604	33,33–58,64	140–1387
6	75,09–121,52	390–1196	90,25–163,61	375–4003
7	26,80–104,37	177–942	41,38–101,12	164–2493
8	47,64–79,79	221–709	42,26–75,84	217–1975
9	65,23–101,05	282–1124	47,94–83,42	286–2206
10	70,62–118,12	347–1162	59,74–81,97	243–1712
11	10,05–19,74	41–183	14,19–33,92	56–449
12	2,76–10,63	20–91	2,13–25,84	17–444

По литературным данным (Коновалова, 1982; Прахова, 1987), первичная продукция фитопланктона в Амурском заливе в разные сезоны изменяется от нескольких десятков до 200–300 $\text{мгС}/\text{м}^3 \cdot \text{сут}$ или от 0,1 до 2,0–4,0 $\text{гС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$, при средней величине 1,0–2,0 $\text{гС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ (Рачков, 2002; Тищенко и др., 2002; Звалинский и др., 2005), в Уссурийском заливе — до 2,1 $\text{гС}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$ (Рачков, 2002), что существенно выше полученных в модели. Но характер сезонного хода первичной продукции по результатам проведенного моделирования совпадает с материалами наблюдений Г.В. Коноваловой (1972) и расчетов В.И. Дулепова с соавторами (2002). Максимальные значения получены для июня и сентября—октября. Заметим, что для расчетов использованы среднемноголетние месячные величины параметров, по которым, естественно, невозможно получить экстремальные значения. Вместе с тем порядок величин

продукции, полученных моделью, удовлетворительно совпадает с данными оценок различных авторов.

ЛИТЕРАТУРА

Бородачев В.Е., Гаврило В.П., Казанский М.М. Словарь морских ледовых терминов. — СПб.: Гидрометеиздат, 1994. — 127 с.

Дулупов В.И., Лелюх Н.Н., Лескова О.А. Анализ и моделирование процессов функционирования экосистем залива Петра Великого. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — 248 с.

Звалинский В.И., Недашковский А.П., Сагалаев С.Г. и др. Биогенные элементы и первичная продукция в эстуарии реки Раздольной (Амурский залив Японского моря) // Биол. моря. — 2005. — Т. 31, № 2. — С. 107–116.

Иконников В.Ф. Зависимость световых условий в водоемах от содержания в воде хлорофилла и сестона // Общие основы изучения водных экосистем. — Л.: Наука, 1979. — С. 199–206.

Йоргенсен С.Э. Управление озерными системами. — М.: Агропромиздат, 1985. — 160 с. (Пер. с англ.)

Кондратьев К.Я. Актинометрия. — Л.: Гидрометеиздат, 1965. — 692 с.

Коновалова Г.В. Биомасса фитопланктона залива Петра Великого и особенности ее динамики // Тез. докл. 2-й Всесоюз. конф. по морской биологии. — Владивосток, 1982. — Ч. 1. — С. 90–91.

Коновалова Г.В. Сезонная характеристика фитопланктона в Амурском заливе Японского моря // Океанология. — 1972. — Т. 12, вып. 1. — С. 123–127.

Кузьмичева В.И. Оптимальные условия развития фитопланктона в рыбоводных прудах // Общие основы изучения водных экосистем. — Л.: Наука, 1979. — С. 236–246.

Меншуткин В.В. Имитационное моделирование водных экологических систем. — СПб.: Наука, 1993. — 160 с.

Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 26: Приморский край. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 416 с.

Подгорный К.А. Модели первичной продукции и роста микроводорослей // <http://dmb.biophys.msu.ru>. — МГУ, 2004.

Прахова Н.В. Продукция фитопланктона в летне-осенний период в районе острова Попова Японского моря // Биол. моря. — 1987. — № 5. — С. 70–72.

Рачков В.И. Оценка продуктивности вод мелководной части залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 54–58.

Тищенко П.Я., Талли Л.Д., Недашковский А.П. и др. Временная изменчивость гидрохимических свойств Японского моря // Океанология. — 2002. — Т. 42, № 6. — С. 838–847.

Якунин Л.П. Режимные характеристики ледяного покрова // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 8: Японское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. — СПб.: Гидрометеиздат, 2003. — С. 352–363.

Webb W.L., Newton M., Starr D. Carbon dioxide exchange of *Alnus rubra*: a mathematical model // Oecologia. — 1974. — Vol. 17. — P. 281–291.

НЕРЕСТ ОХОТСКОЙ СЕЛЬДИ В БУХТЕ КЕКРА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ: ВЗГЛЯД ИЗ КОСМОСА

В.Б. Тюрнин

МагаданНИРО, г. Магадан, Россия, e-mail: sof@magniro.ru

Аэровизуальные учетные работы в сочетании с икорной водолазной съемкой (метод прямого учета) применяются в МагаданНИРО (ранее МоТИНРО) продолжительное время и дают адекватные оценки состояния нерестовых запасов охотской сельди (Тюрнин, 1975). Но в настоящее время в связи с отсутствием достаточного финансирования количество летных часов уменьшается и отсутствует возможность детального аэровизуального многократного обследования нерестилищ, что может привести к недооценке нерестовых запасов сельди. Для обнаружения районов наиболее мощного нереста охотской сельди могут применяться данные среднего пространственного разрешения спутников серии EOS (Aqua EOS PM-1, Terra EOS AM-1), оснащенных спектрорадиометром MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) с 36 спектральными каналами с 12-битным радиометрическим разрешением в видимом, ближнем, среднем и тепловом инфракрасном диапазонах. Эти спутники позволяют производить регулярную, 2–3 раза в сутки, съемку одной и той же территории с полосой обзора 2330 км с достаточно высоким пространственным разрешением (до 250 м). Анализ космических снимков MODIS позволяет с достаточной степенью уверенности отмечать локализацию пятен половых продуктов самцов охотской сельди (нерестовые пятна) в моменты массового нереста в прибрежье северной части Охотского моря. Для идентификации нерестилищ применяются данные первого и второго уровня прибора MODIS, композит 1–4–3 каналов в видимом спектральном диапазоне с разрешением 250–500 м. В зависимости от площади выявленных оптических неоднородностей, отмечаемых при нересте сельдей, разработан спутниковый метод приближенной оценки численности рыб на однотипных нерестилищах, который дал оценки, сопоставимые с фактическими подходами (Тюрнин, 2007).

Однако как показывает практика, разрешения спутниковых снимков MODIS недостаточно для выявления и детализации более мелких нерестилищ и получения адекватных количественных оценок о подходах производителей. В рамках экспериментальных исследований в период мониторинга нерестовых запасов охотской сельди в 2006 г., по договору с ЗАО «Центр развития информационных технологий», выполнена съемка высокого пространственного разрешения участка побережья бухта Кекра — мыс Оджан со спутника SPOT 2. Характеристика съемочной аппаратуры приведена в таблице.

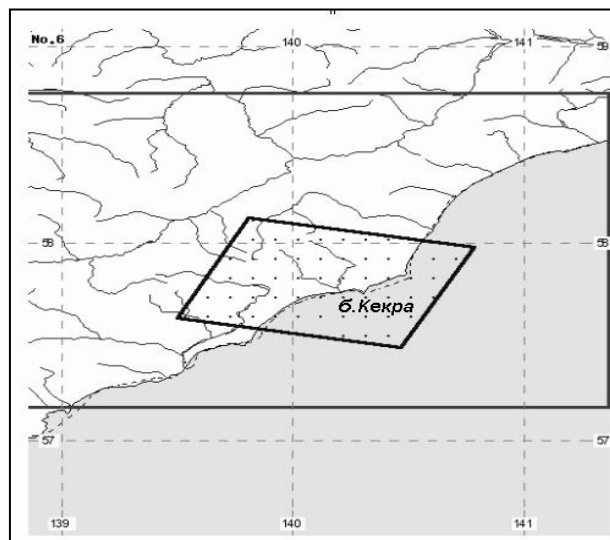
Основные характеристики съемочной аппаратуры спутника Spot 2

Спутник	Прибор	Пространственное разрешение, м	Спектральный диапазон, мкм	Полоса обзора, км
SPOT 2*	HRV Panchromatic	10	0,50–0,73	60
	HRV B1 : green	20	0,50–0,59	
	HRV B2 : red	20	0,61–0,68	
	HRV B3 : near-infra-red	20	0,78–0,89	

Район исследований с координатной схемой привязки и фрагмент спутникового снимка приведены на рис. 1, 2.

Для анализа нерестовых подходов и условий нереста в районе бухты Кекра использовались стандартный космический мультиспектральный снимок с пространственным разрешением 20 м, цветосинтезированное изображение с пространственным разрешением 10 м в стандартной равноугольной цилиндрической проекции Меркатора (UTM), геоисправленные и трансформированные для удобства работы в стандарт GEOTIFF и радиометрически исправленное изображение формата DIMAP. После сравнительного анализа для последующей интерпретации, принято более информативное цветосинтезированное изображение с разрешением 10 м.

Рис. 1. Район проведения космической съемки



Визуальная дешифровка и расчеты площадей нерестилищ проводились с применением программной среды ScanMagik (ИТЦ «СканЭкс») и ENVI (RSI). Выявление отличительных признаков дешифровки нерестовых пятен по исходному спутниковому изображению и их оценка проводились с учетом методических рекомендаций, применяемых в настоящее время при аэровизуальных работах (Пастырев, 2007).

Основным дешифровочным признаком нереста по спутниковым данным является «клубообразное» распространение половых продуктов сельди в виде шлейфа, отчетливо видимое на изображении, которое по мере удаления от непосредственного места вымета половых продуктов постепенно размывается и теряет яркость. Относительная (эффективная) площадь нерестилищ определялась по границе полного разбавления нерестовых пятен. Непосредственно в районе бухты обнаружено три участка нереста сельди. Анализ космического снимка показал, что максимальные яркость и протяженность нерестового пятна наблюдаются в районе самого мощного нерестилища. Массовый вымет половых продуктов происходил на удалении 150–200 м от берега на протяжении около 1400 м. Эффективная площадь выявленного нерестилища составила 1022384 м². Менее значимые оптические характеристики нереста на двух локальных нерестилищах, выявленные в хвостовой части основного участка нереста, вероятно, свидетельствуют о начальной фазе вымета половых продуктов. Эффективная площадь этих локальных участков нереста по спутниковым данным составила соответственно 34697 и 52124 м².

Сложная структура нереста в бухте Кекра наблюдается в результате использования процедуры стандартной классификации (iso-data), реализованной при помощи программной среды обработки космических снимков ENVI (RSI), которая представлена на обработанном снимке в виде отдельных контуров изображения с одинаковыми оптическими характеристиками (рис. 2).

В результате проведенной классификации на нерестилище удалось выявить самые информативные локальные участки, где с наибольшей вероятностью концентрировалась и выметывала половые продукты сельдь. На рис. 2 этот район выделен точечной штриховкой на белом контуре. По своим спектральным характеристикам он максимально соответствует отражательным характеристикам снежного покрова, который наблюдался на склонах гор.

Сравнительный анализ спутниковых, аэровизуальных наблюдений и материалов водолазных съемок, проведенных в мае 2006 г. с борта АН-2 сотрудниками лаборатории морских промысловых рыб МагаданНИРО и Охотской лаборатории ХфТИНРО подтвердили факт нереста сельди и характер расположения нерестилищ в данном районе (рис. 3, 4).

Комплексное использование спутниковой информации для мониторинга нерестовых запасов сельди в северной части моря наряду с существующими методами позволяет планировать сроки выполнения аэровизуальных работ, выявлять районы массового нереста и в первом приближении проводить количественную оценку подходов рыб на нерест. Дальнейшее развитие данного направления исследований позволит оптимизировать затраты на проведение всего дорогостоящего комплекса аэроучетных и икорно-водолазных съемок, дополнить и усилить качественно новой информацией прогнозную часть формирования ОДУ. В дальнейшем, по мере совершенствования методических приемов, по-видимому, этот метод можно будет использовать как альтернативу существующим.

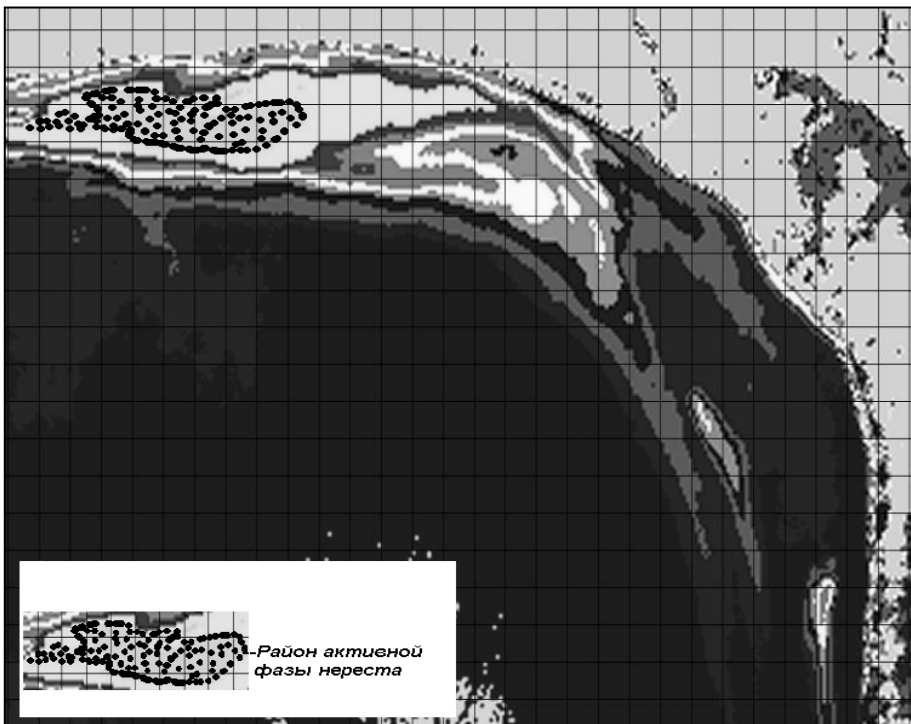


Рис. 2.
Классификация космического изображения нереста со 100-метровой масштабной сеткой



Рис. 3.
Аэрофотография нереста сельди в бухте Кекра 27 мая 2006 г.

Безусловно, применение данных дистанционного зондирования высокого пространственного разрешения не исчерпывает всех своих потенциальных возможностей только для исследования нерестилищ сельди. Перспективным является комплексное исследование прибрежных биотопов, что при активизации нефтяных разработок на шельфе моря, позволит своевременно фиксировать, оценивать масштабы и минимизировать ущерб биоте. Сложности применения дистанционного зондирования связаны с неопределенностью физической и биологической интерпретации его данных для разных типов аппаратуры и высокой изменчивостью спектральных характеристик подстилающей поверхности, а также с сильной зависимостью от метеоусловий в момент проведения съемки. Невысокая степень охвата территории, слабая частота покрытия, высокая стоимость съемки, зависимость от иностранных поставщиков данных делают труднореализуемой задачу проведения крупномасштабных космических съемок высокого разрешения в режиме реального времени. Тем не менее, сущест-

вует уверенность в том, что при развитии новых информационных технологий, их более широкой доступности и снижении стоимости данных эти задачи будут успешно решаться.

Автор благодарит Р.К. Фархутдинова, В.А. Пастырева, А.М. Панфилова за возможность использования подспутниковых материалов для верификации нерестилиц охотской сельди.

ЛИТЕРАТУРА

Пастырев В. А. Материалы по применению аэровизуальных методов в рыбохозяйственных исследованиях в северо-западной части Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 148. — С. 42–56.

Тюрнин В.Б. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, ее динамика и биологические основы прогнозирования уловов: Дис. ... канд. биол. наук. — Магадан: МоТИНРО, 1975. — 219 с.

Тюрнин В.Б. Применение спутниковой космической информации для исследования нерестилиц охотской сельди // Тез. докл. Всерос. конф. «Чтения памяти академика К.В. Симакова». — Магадан, 2007. — С. 171–172.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАКОВИН ДИДАКН ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ

М.В. Хлопкова

Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр РАН,
г. Махачкала, Россия, e-mail: pibrndncran@iwt.ru

Каспийское море — бессточный солоноватоводный бассейн, что сказывается на закономерностях роста и формообразования его обитателей. На современном этапе слабо изучены особенности роста каспийских моллюсков, анализ которых является показателем характера взаимодействия организма со средой и служит важным элементом биомониторинга и культивирования кормовых объектов ценных промысловых рыб. Двустворчатые моллюски рода *Didacna* служат моделью для изучения формообразования раковин в условиях колебаний солености и температуры на протяжении всего плейстоцена.

Были проведены исследования аллометрического роста и формообразования более 300 раковин трех видов дидакн: *D. trigonoides* Сулакского залива дагестанского побережья Среднего и Северного Каспия, *D. barbotdemarnyi* из разреза в районе Дербента и *D. protracta submedia* из разреза в районе Манаса.

В соответствии с методикой (Скарлато, 1981) измерялись: длина (L), высота (B), выпуклость (*вып.*) раковин. Об изменениях формы раковины в процессе роста моллюсков и в зависимости от условий обитания судили по величине отношений выпуклость/высота ($K_{\text{вып}}$) и высота/длина ($K_{\text{уд}}$) для молодых и половозрелых особей. Возраст наступления половозрелости и перехода в стадию старения оценивали: 1) по графикам аллометрического роста и 2) по изменениям годовых приростов у каждого исследованного вида моллюсков.

Соотношение между линейными параметрами раковины рассчитывали по уравнению простой аллометрии $Y = aX^b$. Аллометрический рост оценивался по линейному (a) и степенному (b) коэффициентам (Алимов, 1981; Селин, 2007). Оценку продолжительности жизни проводили методом графического определения коэффициентов уравнения роста Берталанфи: $L_t = L_{\infty}(1 - e^{-kt})$ по Валфорду. Параметры линейного уравнения рассчитывали методом наименьших квадратов в программе «Statistica».

В работе определены индивидуальный возраст, максимальная продолжительность жизни, возраст перехода к половозрелости, к старению и влияние факторов среды на эти процессы. На темпы роста, продолжительность жизни и формообразование раковин влияет температура, грунт и степень подвижности среды.

Проведены исследования индивидуального роста дидакн с разных биотопов Сулакского залива, группового роста моллюсков залива и Северного Прикаспия. При сравнении одновозрастных моллюсков *Didacna trigonoides* Сулакского залива нами выделены по характеру роста три группы.

При сравнении кривых роста *D. trigonoides* из разных районов: западного побережья Среднего и Северного Каспия наблюдаются различия в приростах до половой зрелости и после половой зрелости дидакн. Моллюски растут наиболее интенсивно первые два года жизни, ежегодный прирост раковины в длину составляет 8–9 и 6–8 мм у *D. trigonoides* Сулакского залива и Северного Прикаспия, соответственно. В последующие годы на темпы роста влияет в основном характер грунта и температура. Различия роста у исследованных моллюсков на половозрелой стадии связаны с большей чувствительностью ее к изменению факторов среды. Различия графиков группового роста одного вида связаны с разными условиями обитания в Среднем (южная граница ареала) и Северном частях Каспия (северная граница ареала), в частности с температурным режимом.

Исследования широтной изменчивости темпов линейного роста на второй стадии у *D. trigonoides* показали, что наблюдается тенденция увеличения приростов с продвижением от северной до южной границы ареала. У медленно растущих моллюсков из Сулакского залива, с угнетенным ростом на заиленном грунте, усредненные ежегодные приросты составляют 1,8

мм. Средние ежегодные приросты на стадии половозрелости дидакн Северного Каспия составляют 2,0 мм, в Сулакском заливе — 2,9 мм; для быстрорастущих моллюсков песчаных грунтов эти значения составляют — 3,4 мм. Такая же тенденция увеличения приростов прослеживается у видов *D. protracta submedia* и *D. barbotdemarnyi*. Исследовалась зависимость коэффициентов удлинения, коэффициента Бергаланфи от условий обитания. Чем ближе к оптимуму, тем выше значения коэффициентов.

Одним из факторов, влияющих на форму раковин моллюсков, являются гидродинамические условия водной среды обитания. При увеличении подвижности среды — грунт становится более твердым; раковины моллюсков массивными, крупными, с резкими следами нарастания, их выпуклость и аллометрические коэффициенты увеличиваются. При снижении подвижности воды происходит заиливание — раковины становятся удлиненными, тонкостворчатыми, значения аллометрических коэффициентов и выпуклости небольшие.

Характер грунта влияет как на формообразование, так и на рост моллюсков. Это влияние может быть прямым, посредством механического воздействия на растущий организм, и косвенным, через обеспеченность пищей.

Как отмечено рядом авторов (Алимов, 1981; Селин, 1999, 2000), в условиях, близких к оптимальным (оптимальная температура, умеренная гидродинамика) наблюдаются максимальные линейные приросты раковин.

Температура оказывает положительное влияние на темпы роста, величины годовых приростов, однако возраст, при котором достигаются предельные размеры особи, сокращается, если данные температурные условия выше, или же напротив, увеличивается, если они ниже оптимальных. Большая продолжительность жизни особей отмечена у дидакн, обитающих на песчаных биотопах при умеренных температурах.

В период половозрелости на приросты раковины и ее аллометрический рост действуют не только внешние факторы, но и влияют процессы репродукции (Золотарев, 1989; Селин, 2000). Поэтому морфологические характеристики раковины на этой стадии весьма чувствительны к изменениям во внешней среде. Для анализа условий обитания отдельных особей моллюсков в работе мы использовали эти характеристики в период зрелой стадии (с 2,5 до 6,5 года).

Нами выявлено, что у *D. trigonoides*, *D. barbotdemarnyi* и *D. protracta submedia* половая зрелость наступает после двух лет роста, а значительное замедление темпов роста наступает после шести лет в умеренных условиях обитания. На графиках аллометрического роста моллюсков это выглядит как изгиб аллометрической кривой роста, формирование нескольких изломов, маленькие годовые приросты. На брюшном крае раковин такие изометрические изменения выглядят как небольшие уступы, что характерно для некоторых особей *D. trigonoides* и *D. pr. submedia*. Переход к стадии старения может ускориться при неблагоприятных условиях.

В таблице приведены данные о параметрах уравнений линейного и аллометрического роста изученных видов дидакн. У *D. trigonoides* Сулакского залива формообразование до половой зрелости происходит по принципу *положительной аллометрии* ($b > 1$), $b = 1,37$, на стадии половозрелости степенной коэффициент уменьшается $b = 0,98$. У этого вида линейные коэффициенты аллометрии a на этих стадиях соответственно изменяются от 0,35 до 0,33.

У *D. trigonoides* Северного Прикаспия степенной коэффициент уменьшается от 1,21 до 0,93. Коэффициенты аллометрии a также снижаются от 0,40 до 0,34. Такие различия связаны с обитанием особей из разных популяций в различных температурных условиях: пониженные значения коэффициентов связаны с более низкими температурами в Северном Прикаспии.

Анализ кривой роста *D. pr. submedia*, показал, что формообразование раковины на первой и второй стадии шло по принципу *положительной аллометрии*, причем с возрастом раковина становилась более выпуклой b увеличился с 1,21 до 1,26, значения линейного коэффициента a соответственно 0,33 и 0,24. В процессе исследования аллометрической кривой роста *D. barbotdemarnyi* выявлено, что формообразование раковины у этого моллюска происходит по принципу *отрицательной аллометрии* $b < 1$. Раковина очень плоская: до половой зрелости линейный коэффициент $a = 0,30$; степенной коэффициент $b = 0,78$; в зрелый период еще более уплощается $a = 0,22$; $b = 0,90$ (см. таблицу).

Параметры уравнений линейного и аллометрического роста дидакн

Вид	Район исследования	Коеф. роста, год ⁻¹ k	Длина, мм L _{0,95} *	Возраст, годы T _{0,95} *	Стадия роста**	Коеффициенты аллометрии	
						a	b
<i>D. trigonoidea</i>	Дагестанский берег Среднего Каспия, Сулакский залив	0,27	33,2	11	I	0,35	1,37
					II	0,33	0,98
<i>D. barbotdemayu</i>	Северный Каспий	0,32	27,4	9	I	0,40	1,21
					II	0,34	0,93
	Разрез в районе Дербента	0,48	33,7	7	I	0,30	0,78
					II	0,22	0,90
<i>D. protrata submedia</i>	Разрез в районе Манаса	0,44	24,5	7	I	0,33	1,21
					II	0,24	1,26

* L_{0,95} — длина раковины, достигающая 95 % от ее предельного значения.

* T_{0,95} — возраст моллюска, при достижении 95 % длины раковины.

** I — неполовозрелые особи; II — половозрелые особи.

Таким образом, в результате исследований обоснована возможность использования ежегодных параметров аллометрического роста и динамики приростов раковин моллюсков в качестве индикаторов состояния среды обитания.

1. В результате сопоставления приростов раковин и аллометрического роста зрелой стадии выявлено, что у дидакн *D. trigonoides*, *D. protracta submedia*, *D. barbotdemarnyi* половая зрелость наступает после двух лет роста, а значительное замедление темпов роста (старение) наступает после шести лет в умеренных условиях обитания (температуры, близкие к оптимальным), при средней продолжительности жизни 8 лет. Переход к стадии старения может ускориться при неблагоприятных условиях: температуре ниже и выше оптимальной — после 5 лет.

2. Аллометрические характеристики второй стадии роста моллюсков наиболее полно отражают условия среды. Выявлена широтная изменчивость параметров линейного и аллометрического роста половозрелых дидакн. Установлены тенденции увеличения приростов, коэффициентов замедления роста и удлинения с приближением к оптимальным условиям по температуре и грунту, коэффициент выпуклости при этом снижается. Показано, что существуют тенденции изменения формы раковины при улучшении условий обитания: на песчаных грунтах у мелководных *D. trigonoides* из выпуклой и слабоудлиненной она становится менее выпуклой и более удлиненной. У относительно глубоководных *D. protracta submedia*, обитающих на илистых грунтах, форма раковины становится более выпуклой.

Формообразование раковин моллюсков *D. pr. submedia* происходит по принципу положительной аллометрии $b > 1$, что характерно для обитателей мягких илистых и песчаных грунтов. Для обитателей жестких песчано-ракушечных и илисто-ракушечных грунтов *D. barbotdemarnyi* — характерно формирование раковины по принципу отрицательной аллометрии $b < 1$ (Селин, 1999, 2000, 2007; Хлопкова, 2006).

3. Выявлена обратная зависимость между коэффициентом замедления роста (k) и среднепопуляционной продолжительностью жизни ($T_{0,95}$) (см. таблицу). У *D. trigonoides* Сулакского залива $k = 0,27$, при $T_{0,95} = 11$ лет; в Северном Прикаспии этот вид имеет коэффициент $0,32$, при продолжительности жизни 9 лет (Зайко, Хлопкова, 2005).

Полученные данные могут применяться в марикультуре, где необходимы знания лимитирующих и оптимальных значений факторов среды, учет возрастной и экологической специфики роста моллюсков, для восстановления численности популяции после ее резкого сокращения.

ЛИТЕРАТУРА

Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. — Л.: Наука, 1981. — 248 с.

Зайко В.А., Хлопкова М.В. Продолжительность жизни каспийских двустворчатых моллюсков рода *Didacna* (Eichwald): экологические и палеоэкологические аспекты // Тез. докл. Междунар. семинара «Современные технологии мониторинга и освоение природных ресурсов южных морей России». — Ростов-на-Дону, 2005. — С. 68–69.

Золотарев В.Н. Склерохонология морских двустворчатых моллюсков. — Киев: Наук. думка, 1989. — 112 с.

Селин Н.И. Влияние факторов среды и физиологического состояния на закапывание двустворчатого моллюска *Ruditapes philippinarum* // Биол. моря. — 1999. — Т. 25, № 5. — С. 392–396.

Селин Н.И. Форма раковин и рост двустворчатого моллюска *Scapharca broughtoni* // Биол. моря. — 2000. — Т. 26, № 3. — С. 196–200.

Селин Н.И. Форма раковины, рост и продолжительность жизни *Astarte arctica* и *A. borealis* (Mollusca: Bivalvia) из сублиторали северо-восточной части острова Сахалин // Биол. моря. — 2007. — Т. 33, № 4. — С. 278–283.

Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. — Л.: Наука, 1981. — 479 с.

Хлопкова М.В. Оценка условий обитания каспийских дидакн в плейстоцене по линейным и аллометрическим характеристикам роста // Вестн. Дагестанского науч. центра РАН. — 2006. — № 25. — С. 22–28.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАСПИЙСКИХ ДИДАКН В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ

М.В. Хлопкова

Прикаспийский институт биологических ресурсов, Дагестанский научный центр РАН,
г. Махачкала, Россия, e-mail: pibrdncran@iwt.ru

Моллюски рода *Didacna* являются частью кормовой базы промысловых рыб. Кроме того, дидакны — основной биостратиграфический объект в изучении четвертичной истории Каспия (Свиточ, Янина, 1997). Однако экология этих автохтонных организмов малоизучена. В связи с этим определены ареалы различных видов дидакн, проанализированы температура, соленость, грунт в этих ареалах.

Среди дидакн выделяются три группы родственных видов: *trigonoides*, *crassa*, *catillus*, различающихся морфологически и имеющих разное отношение к факторам среды (Янина, 1981). По наличию дидакн той или иной группы можно судить о солености и температурных условиях (см. таблицу).

Ареал основного представителя тригоноидной группы — *Didacna trigonoides trigonoides* — занимает мелководье северного Каспия и северную часть дагестанского побережья. Реликтовый вид *D. trigonoides praetrigonoides* обитает на глубине 25–55 м в южном Каспии у берегов Туркмении. Ареал крассоидных дидакн лежит в пределах среднего и южного Каспия на глубине 20–50 м: *D. baeri* обитает у дагестанского и азербайджанского побережий, а ареал *D. crassa* ограничен побережьем Туркмении. Ареал дидакн катиллоидной группы — от южной части северного Каспия до южного Каспия, на глубине от 0,5 до 400,0 м.

Часть дидакн относятся к эвритермным видам, которые переносят резкие сезонные колебания температур. Для оценки адаптивных возможностей исследуемых видов используют различные критерии: граничные значения (верхние и нижние температурные пределы существования вида), оптимальные температуры роста, средние температуры роста раковины, температуры нереста (Голиков, Скарлато, 1972).

Наиболее надежны для оценки температурных требований вида оптимальные температуры роста (ОТР) раковин моллюсков. Их определяют разными способами, чаще на основе эколого-физиологических экспериментов по наблюдениям за животными в природных и искусственных условиях. Однако в работе использована другая характеристика — «предпочитаемые температурные условия», близкая к оптимальным температурам роста. «Предпочитаемые» видом температуры рассчитывали, анализируя повторяемость температур на северной и южной границах ареалов каждого исследованного вида дидакн по среднепогодным данным.

Представитель тригоноидной группы дидакн *D. trigonoides* распространен в северном Каспии на глубине 0–10 м, в основном в восточной половине этого района, а на дагестанском побережье — на мелководье в северной его части (устья рек Терек и Сулак). Диапазон температур в местах обитания *D. trigonoides* в северном Каспии и Сулакском заливе — от 0 до 25 °С, предпочитаемые температуры роста (ПТР) — 7–18 °С. В Сулакском заливе *D. trigonoides* обитает на песках, реже на заиленных участках, на глубине 0,5–2,0 м, при солености 7–10 ‰, содержание кислорода составляет 6,5–7,2 мл/л (см. таблицу). Нами установлено, что места обитания молодых и половозрелых особей различаются. Молодь встречается на глубине 4,0–10,0 м, взрослые — 0,5–4,0 м. Анализ предпочитаемых для этого вида температур показал, что в северном Каспии в местах обитания *D. trigonoides* на глубине 10 м повторяемость температур, близких к предпочитаемым, приблизительно на 30 % выше, чем на глубине 0 и 5 м. В относительно мелководном Сулакском заливе повторяемость температур 7–18 °С на глубине 4,0 м выше на ~5 %, чем на глубине 0,5 м. Анализ математической модели роста раковин двустворчатых моллюсков показывает, что конечные размеры, которых достигает особь на разных стадиях своего развития прямо пропорциональны продолжительности оптимальных для роста температур в среде их обитания. Хорошо известно, что стратегия молодых животных заключается в быстром росте. При ее удачной реализации молоди двустворчатых моллюсков удается

уйти от прессы хищников (бентосоядных рыб) и выжить, достичь необходимого для начала процесса репродукции размера, т.е. повышаются шансы оставить потомство. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что разные глубины обитания молодых и половозрелых моллюсков *D. trigonoides*, по-видимому, связаны с разными температурными адаптациями, на разных стадиях развития дидакн этого вида.

Некоторые параметры среды обитания дидакн Каспийского моря (по: Карпевич, 1968; Логвиненко, Скоробогатов, 1968; Янина, 1981; Карпинский, 2002; данные автора)

Вид	Район	Соленость, ‰	Диапазон температур, °С (предпочитаемые)	Кислород, мл/л	Глубина, м	Грунт	Виды, обитающие совместно
<i>Didacna trigonoides trigonoides</i>	Северный и средний Каспий, Сулакский заливы	7,0–11,0	0–25 (7–18)	6,5–7,2	0,5–10,0	Песок, заиленный песок	<i>D. barbotdemarnyi</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Cerastoderma glaucum</i>
<i>D. trigonoides praetrigonoides</i>	Южный Каспий, побережье Туркмении	12,8–13,2	7–16 (7–14)	5,5–6,5	25,0–55,0	Илистый песок, ил с ракушей, песок	<i>C. glaucum</i> , <i>Dreissena polymorpha</i> , <i>Dr. rostriformis</i>
<i>D. pyramidata</i>	Южный и средний Каспий	12,6–13,0	4–10 (6–8)	4,0–5,0	30,0–100,0	Ил с ракушей, илистый песок	<i>Dr. rostriformis</i>
<i>D. baeri</i>	Дагестанское и азербайджанское побережье	12,5–12,8	4–24 (6–14)	5,5–6,9	16,0–50,0	Песчано-ракушечный, илисто-ракушечный	<i>D. pr. protracta</i> , <i>Dr. polymorpha</i> , <i>Mytilaster lineatus</i>
<i>D. crassa</i>	Южный Каспий, побережье Туркмении	12,8–13,4	7–16 (8–14)	5,5–6,7	35,0–50,0	Песок, песок с ракушей	<i>Dr. rostriformis</i> , <i>Hypanis</i> sp.
<i>D. protracta protracta</i>	Средний и южный Каспий	12,5–13,0	4–24 (6–12)	4,0–6,5	25,0–50,0	Илисто-ракушечный	<i>Hypanis</i> sp., <i>Dr. rostriformis</i> , <i>Abra ovata</i>
<i>D. protracta novocaspia</i>		12,6–12,8	6–18 (6–10)	4,0–6,0	35,0–50,0	Ракушняк, илисто-ракушечный	<i>Dr. rostriformis distincta</i>
<i>D. protracta submedia</i>		12,8–13,0	4–12 (7–9)	3,5–6,3	50,0–90,0	Песчано-ракушечный, илисто-ракушечный	<i>Dr. rostriformis grimmi</i>
<i>D. parallella</i>	Дагестанское побережье среднего Каспия	12,6–12,8	4–14 (6–12)	4,0–6,3	50,0–85,0	Песчано-ракушечный	<i>D. protracta submedia</i> , <i>Dr. rostriformis grimmi</i>
<i>D. barbotdemarnyi</i>	Средний Каспий, юг северного Каспия	10,5–12,8	3–25 (7–15)	5,5–7,0	3,0–42,0	Песчаный, песчано-ракушечный	<i>D. longipes</i> , <i>Dr. polymorpha</i> , <i>C. glaucum</i> , <i>D. tr. trigonoides</i>
<i>D. longipes</i>		10,0–12,5	3–25 (7–15)	6,0–7,0	0,5–30,0		
<i>D. profundicala</i>	Средний и южный Каспий	12,8–13,2	4–9 (5–7)	3,0–5,0	75,0–400,0	Опесчаненый ил, ил	<i>Dr. rostriformis compressa</i>

D. tr. praetrigonoides обитает только в южном Каспии на глубине 30–50 м, на песчано-ракушечных грунтах, при солености 12,8–13,4 ‰. Этот реликтовый вид сохранил свой ареал в устье Палеоволги. В отличие от молодых новокаспийских подвигов тригоноидных дидакн, он обитает при повышенной солености. Диапазон температур в местах обитания от 7 до 16 °С. Повторяемость температур 7–9 °С — 50 %, 10–12 °С — 30 % на глубине 50 м, ПТР 7–14 °С.

Представитель крассоидных дидакн *D. baeri* в Каспии обитает при температуре от 4 до 24 °С. У азербайджанского побережья на глубине 50 м повторяемость температуры 7–9 °С составляет 75 %, на дагестанском шельфе повторяемость такой температуры 58 % на глубине 30 м, а на глубине 25–50 м повторяемость температуры 4–12 °С составляет 33 %. Таким образом, ПТР этого вида 6–14 °С. *D. baeri* обитает при солености 12,76–12,85 ‰, на песчано-ракушечных и илесто-ракушечных грунтах, на глубине от 16 до 50 м (см. таблицу).

D. crassa обитает только в южном Каспии на глубине от 30 до 50 м, на песчано-ракушечных грунтах при солености 12,8–13,4 ‰. Диапазон температур в местах обитания 7–16 °С, ПТР 8–14 °С.

Некоторые виды катиллоидной группы дидакн, как *D. barbotdemarnyi* и *D. longipes*, могут обитать на мелководье при пониженной солености. Они обитают на песчаных и песчано-ракушечных грунтах, на глубине от 0,5 до 30,0 м при солености от 10,00 до 12,85 ‰, содержании кислорода от 5,5 до 7,0 мл/л. Температура в местах обитания *D. barbotdemarnyi* и *D. longipes* в северном, среднем и южном Каспии меняется в пределах от 3 до 25 °С. Как показал анализ повторяемости температур на разных глубинах, предпочитаемые температуры роста находятся в пределах 7–15 °С.

Диапазон температур в местах обитания *D. pr. protracta* у дагестанского и азербайджанского побережий от 4 до 24 °С, у туркменского побережья — от 7 до 25 °С, ПТР 6–12 °С. Этот вид вместе с *D. baeri* на дагестанском побережье встречается в одних и тех же биоценозах (*D. protracta*+*Dr. polymorpha*), ареалы обитания их совпадают.

Диапазон температур в местах обитания *D. pr. novocaspia* у азербайджанского побережья 6–15 °С, повторяемость температур 7–9 °С на глубине 50 м — 76 %. У дагестанского побережья диапазон температур 6–16 °С, повторяемость температур 7–9 °С — 58 %, 10–12 °С — 33 %. У берегов Туркмении диапазон температур 7–18 °С, на глубине 50 м повторяемость температур 7–9 °С — 50 %, 10–12 °С — 35 %, ПТР этого подвида 6–10 °С.

Диапазон температур в местах обитания *D. pr. submedia* в среднем Каспии 4–12 °С, у азербайджанского побережья 4–9 °С, у туркменского побережья 7–12 °С. Повторяемость температур 7–9 °С на глубине 75 м составляет 60 %, на глубине 50 м — 80 %. В среднем Каспии и у азербайджанского побережья этот вид обитает на глубине 50–75 м, у туркменского побережья — на глубине 75 м. ПТР этого вида 7–9 °С.

Очевидно, что распределение на шельфе трех близких подвигов: *D. pr. protracta*, *D. pr. novocaspia* и *D. pr. submedia* в среднем и южном Каспии определяется их температурными предпочтениями. Первые два вида могут встречаться на глубине до 50 м при содержании кислорода в воде 4,0–6,5 мл/л, хотя *D. pr. protracta* встречается уже на 25-метровой глубине. Верхняя граница сравнительно молодого подвида *D. pr. novocaspia* расположена на 35-метровой глубине. *D. pr. submedia* обитает значительно глубже первых двух подвигов (50–90 м), и содержание кислорода в местах его обитания варьирует в пределах 3,6–6,3 мл/л.

D. parallella распространен в южном Каспии и у западного побережья среднего Каспия на глубине 23–85 м (по данным разных авторов), при солености 12,8 ‰, на песчано-ракушечных грунтах. Диапазон температур обитания этого вида составляет 4–14 °С, ПТР 6–12 °С.

Глубоководный вид *D. profundicola* в Каспии обитает при температуре от 4 до 9 °С. Повторяемость низких температур (4–6 °С) с глубиной возрастает от 40 до 100 %. ПТР этого вида 5–7 °С. В южном Каспии и у восточного побережья среднего Каспия дидакны этого вида распределены на больших глубинах, чем у западного побережья: у дагестанского берега — на глубине 75–100 м, у туркменского — на глубине 400, иногда 600 м (Логвиненко, Старобогатов, 1968), у азербайджанского — на глубине 50 м, что, по-видимому, обусловлено ПТР.

Диапазон температур, в которых может обитать редкий глубоководный вид *D. pyramidata* составляет 4–10 °С. Повторяемость таких температур на глубине от 30 до 100 м в южном Каспии возрастает с 10 до 100 %, в среднем Каспии на глубине от 50 до 75 м доля их составляет от 33 до 60 %. Предпочитаемые температуры этого вида 6–8 °С.

Таким образом, распределение каспийских дидакн по глубинам, в первую очередь, определяется различным отношением видов к температурному фактору и солености. Группа тригоноидных дидакн тяготеет к северным опресненным районам, а группы крассоидных и катилоидных — к теплым соленым водам среднего и южного Каспия, причем катиллоидные могут обитать на больших глубинах при низких температурах. Эвритермные *D. trigonoides* обитают на мелководье до 10 м при температуре от 0 до 25 °С, солености от 7 до 11 ‰, а стенотермный вид *D. profundicola* встречается на глубине до 400 м при температуре 4–9 °С, солености 13 ‰.

ЛИТЕРАТУРА

Голиков А.Н., Скарлато О.А. Об определении оптимальных температур обитания морских пойкилотермных животных путем анализа температурных условий на краях их ареалов // ДАН СССР. — 1972. — Т. 203, № 5. — С. 1190–1192.

Карпевич А.Ф. Значение адаптации видов при определении их солеустойчивости // Гидробиол. журн. — 1968. — Т. 4, № 2. — С. 15–24.

Карпинский М.Г. Экология бентоса Среднего и Южного Каспия. — М.: ВНИРО, 2002. — 283 с.

Логвиненко Б.М., Старобогатов Я.И. Тип моллюски. Mollusca // Атлас беспозвоночных Каспийского моря. — М.: Пищ. пром-сть, 1968. — С. 308–410.

Свиточ А.А., Янина Т.А. Четвертичные отложения побережий Каспийского моря. — М., 1997. — 268 с.

Янина Т.А. Морские плейстоценовые моллюски дагестанского побережья Каспия, их стратиграфическое и палеогеографическое значение: Автореф. ... канд. географ. наук. — М.: МГУ, 1981. — 26 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РЕКИ ЛЮТОГА. СТЕПЕНЬ ЗАРАЖЕНИЯ НАВАГИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ПАЗАТИРУЮЩИМИ ЧЕРВЬЯМИ РОДА *RYNAMIOSERPHALUS PHOSCARUM*

А.А. Чайко, Л.В. Тихонова

Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Россия

Для всего Дальневосточного региона России вопрос паразитарных заболеваний рыбы является сложной проблемой. Известно, что на Сахалине, где рыба является важнейшим объектом промысла, пораженность рыбы различных видов во все годы остается на достаточно высоком уровне (Шпилько, 1976; Тихонова, 1983). Такое положение дел вызвано несколькими группами факторов. Во-первых, это антропогенная деятельность, приводящая к загрязнению нерестовых рек. Известно, что организмы, находящиеся в неблагоприятных условиях, вызванных естественным или антропогенным воздействием (например, загрязнением), становятся менее устойчивы и соответственно более подвержены заболеваниям. Антропогенное влияние может проявляться в форме непосредственного воздействия на организмы и в опосредованной форме, через загрязнение или разрушение местообитания того или иного вида. К примеру, антропогенное влияние на речную биоту может проявляться как в форме прямого промысла рыбы, так и в загрязнении воды свинцом, избыток которого приводит к снижению всех жизненных показателей у рыбы, активности, плодовитости и т.д. В ряде регионов страны, а не только на Сахалине, антропогенная деятельность приводит к гибели как отдельных организмов, так и целых сообществ. Неудовлетворительное состояние окружающей среды сказывается в первую очередь на организмах, обитающих в проблемном районе (Ткачев, Булатов, 2002). Ослабленные особи либо не способны сопротивляться внешним воздействиям, либо имеют минимальные возможности к такому сопротивлению. В результате этого степень заражения популяций, обитающих в загрязненных районах, различными заболеваниями бывает значительно выше, чем в популяциях, обитающих в благоприятных условиях. Во-вторых, некоторые инвазионные заболевания рыбы на Сахалине имеют очаговую природу, т.е. конкретную область географического распространения. В-третьих, большое количество проходных и полупроходных видов рыб приводит к проникновению заболеваний морских рыб во внутренние водоемы Сахалина.

В ходе разработки данного исследования планировалось выявить современное экологическое состояние популяции наваги дальневосточной из р. Лютога путем определения степени подверженности указанного вида рыбы заражению паразитарными заболеваниями; выявить тенденцию изменения уровня пораженности в различные годы. Исследуемым паразитом был выбран наиболее характерный для наваги паразитирующий лентец семейства дифиллоботриид рода *Ryamioserphalus phoscarum*. Лентецы рода *Ryamioserphalus* имеют достаточно большие размеры (обнаруженные особи достигали в длину 12–15 см). Высокая степень пораженности наваги указанными паразитами может свидетельствовать об ослабленном состоянии рыбы и сниженной устойчивости к заболеваниям.

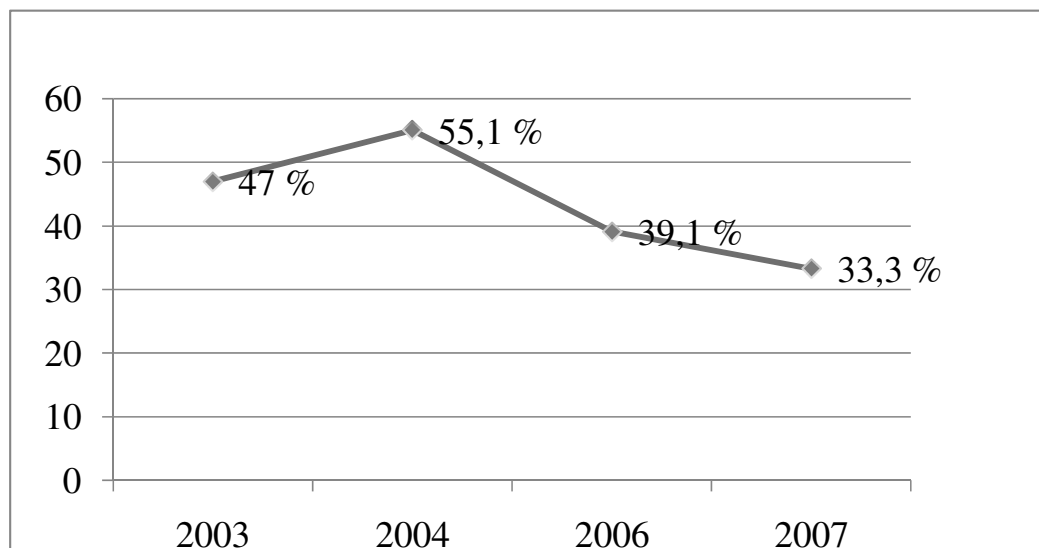
В исследование вошли данные, полученные в результате проведенного в период с 2003 по 2007 г. вскрытия 442 особей наваги дальневосточной, выловленной в р. Лютога. Работа производилась в соответствии с требованиями соблюдения минимальной выборки, определялась экстенсивность пораженности (E — %), рассчитываемая путем деления числа зараженных особей на общее число исследованных, вскрытие рыбы проводилось по методике неполного гельминтологического вскрытия (Быховская-Павловская, 1969).

Анализируя результаты исследования, можно говорить о высокой степени пораженности наваги дальневосточной личинками паразитов рода *Ryamioserphalus* во все годы наблюдения (см. рисунок). Процентное соотношение здоровой и зараженной рыбы, хоть и менялось, но не бывало менее 1/3, т.е. каждая третья рыба была зараженной паразитами. Говоря о динамике изменения пораженности, можно отметить следующее.

1. Максимальная экстенсивность выявлена в 2004 г., она составила 55,1 %. Минимального значения экстенсивность достигла в 2007 г. (33,3 %).

2. Амплитуда интенсивности (минимальное и максимальное количество обнаруженных паразитов в одной рыбе) варьирует в пределах 1–42 шт./рыбу. Среднее число паразитов в одной особи наваги дальневосточной равно \approx 5 шт.

3. После пика пораженности в 2004 г., стала наблюдаться тенденция к незначительному снижению этого показателя.



Изменение экстенсивности (Е — %) пораженности наваги дальневосточной личинками паразитов рода *Ryamicoserphalus phosarum* в различные годы исследования

Обнаруженные лентецы располагаются в теле рыбы главным образом на внутренних органах и отсутствуют в тканях. Согласно литературным источникам, патогенность паразитов данного рода для человека не доказана. Высокая степень подверженности наваги инвазионному поражению личинками *Ryamicoserphalus* свидетельствует о неудовлетворительном состоянии популяции наваги дальневосточной, обитающей в р. Лютоге. Опасности для человека личинки рода *Ryamicoserphalus* не представляют, наличие большого их числа в рыбе ухудшает товарный вид и снижает сортность рыбной продукции и ее качество.

ЛИТЕРАТУРА

Быховская-Павловская И.Е. Паразитологические исследования рыб. Методы паразитологических исследований. — Л.: Наука, 1969. — 108 с.

Тихонова Л.В. Дифиллоботриозы Сахалинской области. Природно-очаговые инфекции и инвазии // Тр. НИИЭМ. — Хабаровск, 1983. — 75 с.

Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы. Аналитический обзор. — Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2002. — 114 с.

Шпилько В.Н. Некоторые аспекты проблемы дифиллоботриозов на Дальнем Востоке СССР // Гельминтозы Дальнего Востока. — Хабаровск, 1976. — С. 17–22.

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА РЫБ И РАКООБРАЗНЫХ ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

С.А. Черкашин¹, Ю.Г. Блинов¹, В.В. Щеглов¹, Т.С. Пряжевская²

¹Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток, Россия, e-mail: cherkashin@tinro.ru

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия

Анализ многочисленных публикаций показывает, что рыбы и ракообразные оказываются обычно более чувствительными к загрязнению по сравнению с другими группами водных организмов. В то же время именно изучение реакции биоты способно охарактеризовать интегральное состояние, трансформацию структуры экосистем, а также позволяет судить о скорости и направлении изменений отдельных ее компонентов. Однако строго унифицированной и универсальной схемы проведения экотоксикологических исследований, пригодной для всех регионов и ситуаций, не существует. Многое зависит от конкретной обстановки и конечных целей.

Обоснованность оценки влияния загрязнения определяется, прежде всего, правильным выбором объектов исследований, отвечающих ряду требований, таких как уязвимость или чувствительность, массовость, широкая распространенность, доступность. Предпочтительно использовать промысловые и кормовые организмы, биология и физиология которых лучше изучены. Существуют два общепризнанных методических приема диагностики состояния компонентов экосистем: биоиндикация и биотестирование. Биоиндикацию мы использовали для оценки экологической обстановки в заливах Находка, Владимира и в некоторых бухтах Приморья. Комплексный подход апробирован нами для анализа влияния загрязнения на компоненты экосистем заливов: Амурский, Уссурийский, Посъета, многие прибрежные акватории которых подвержены мощному антропогенному воздействию.

Под влиянием загрязнения в таких интенсивно загрязняемых районах, как Амурский залив, изменилась структура планктонных и бентосных сообществ (Олейник и др., 2004; Лукьянова и др., 2005; Черкашин, Вейдеман, 2005; Ващенко, 2006; Мощенко, Белан, 2006; Наумов, 2006; Черняев и др., 2006). Анализ видового состава и размерно-функциональной структуры популяций ракообразных — мизид, играющих существенную роль в прибрежных экосистемах, позволил оценить изменение состояния вод и самих гидробионтов в межгодовом, межсезонном и внутрисезонном аспектах. Биоиндикация выявила сокращение числа видов рачков под влиянием загрязнения и изменение их популяционной структуры в течение последних 27 лет. Так, если в 1980-е гг. в условно фоновых внешних районах Амурского залива обнаружены мизиды 9 видов, то в 1991–1992 гг. отмечены 4 вида. В 2004–2007 гг. число видов рачков варьировало от 4 до 6. В наиболее загрязненной кутовой части этого залива отмечены представители лишь двух эврибионтных видов рода *Neomysis* (Черкашин, Вейдеман, 2005).

Наиболее значимым негативным эффектом загрязнения является сокращение видового разнообразия и численности вплоть до полного исчезновения мизид на некоторых экологически неблагоприятных участках, например, таких как акватория залива от нефтехранилища до устья Первой Речки (в черте г. Владивосток). В то же время состояние группировок мизид в большинстве районов Амурского залива в последние 4 года, судя по встречаемости, была сходной с периодом исследований 1982–1985 гг., но лучше, чем в 1991–1992 гг., когда относительное обилие многочисленного в загрязненных акваториях вида — мизиды авачинской *Neomysis awatschensis* (ранее *N. intermedia*) в вершинной части составило 100 и 75 % соответственно.

Загрязнение Амурского залива привело не только к сокращению ареалов стенобионтных видов мизид, но и к ускоренному развитию весной самой массовой эврибионтной мизиды удивительной *N. mirabilis* во внутренних районах, которое вызывало изме-

нение структурно-функциональных характеристик ее группировок. Такой эффект не может быть вызван лишь ускоренным прогреванием вод этих акваторий (Черкашин, Вейдеман, 2005). Таким образом, негативный характер влияния загрязнения сказывается в уменьшении видового состава группировок мизид, изменении численности и пространственной структуры индикаторных видов, а так же нарушении размерно-половой структуры популяций.

Повышенное загрязнение Амурского залива негативно сказывается и на состоянии рыб. Например, в экологически неблагополучных районах залива нами обнаружены камбалы с опухольми кожи. В кутовой части зарегистрированы опухоли кожи у темной камбалы *Pseudopleuronectes obscurus* (Сяпина, Соколовский, 1997). Нарушение гаметогенеза у полосатой камбалы в пригородной и вершинной зонах Амурского залива может быть вызвано загрязнением, которое еще в большей степени повреждает интерреналовую железу камбал (Дуркина, 2003, 2006). Активность антиоксидантной системы и процессов биотрансформации поллютантов у полосатой камбалы из Амурского залива в июне достоверно выше, чем у рыб из Уссурийского залива, что свидетельствует о различном уровне загрязнения (Алешко, 2007). Неоднократно в Амурском заливе регистрировали погибших красноперок и кефалей — лобана *Mugil cephalus* и пиленгаса *Liza haematocheila*.

Неблагоприятные условия воспроизводства тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в зал. Петра Великого считаются и одной из важнейших причин снижения ее запасов (Посадова, 1988; и др.). Обследования нерестилищ показали, что в Амурском заливе на значительных площадях в результате загрязнения и заиления исчезли заросли морских трав, которые являются основным нерестовым субстратом для этого вида рыб. Кроме того, под воздействием загрязнения в вершине залива у западного побережья смертность икры сельди достигала 100 %.

В опытах на 7 видах рыб зал. Петра Великого показано, что их молодь довольно устойчива к воздействию дизельного топлива, фенола и тяжелых металлов. Однако резистентность сеголеток зависит от видовых особенностей, размера и условий проведения экспериментов. Корюшка по сравнению с другими рыбами менее устойчива к фенолу, чем к Zn, тогда как остальные — устойчивее к фенолу (Лукьяненко и др., 1987; Лукьяненко, Черкашин, 1987; Черкашин, 2001). В целом, исследованные поллютанты располагаются в порядке убывания токсичности для молоди рыб в следующий ряд: растворенное дизельное топливо > Cu > фенол = Zn. Все же концентрации всех этих токсикантов, увеличивающие гибель рыб в 96-часовых опытах, оказались намного выше тех, которые присутствуют в водах Амурского залива. Мизиды оказались менее устойчивы к воздействию почти всех изученных поллютантов. В общем виде снижение токсичности для ракообразных выглядит следующим образом: Cu > дизельное топливо > фенол > Zn. Устойчивость гидробионтов к металлам и дизельному топливу с возрастом повышается. Кроме того, нами показано, что молодь рыб и креветок, а так же мизиды избегают сублетальных концентраций многих токсикантов.

Ранний онтогенез является тем коротким периодом жизненного цикла, в течение которого организмы наиболее уязвимы к влиянию внешних факторов, в том числе, таких как загрязнение. Влияние токсикантов на выживаемость предличинок наиболее детально изучали на двух видах промысловых рыб — длиннорылой камбале *Limanda punctatissima* и японском анчоусе *Engraulis japonicus*, широко распространенных в Японском море и ряде других акваторий северо-западной части Тихого океана. Смертность предличинок рыб возрастала по мере увеличения концентрации металлов и длительности экспозиции во всех вариантах опытов, особенно во временном интервале от 48 до 72 ч (см. таблицу).

Сопоставление результатов проведенных исследований показало, что более устойчивыми к влиянию Cd оказались предличинки анчоуса. Значение максимальной нелетальной концентрации (96 ч ЛК₀) этого металла для них составило 0,0020 мг/л, а для предличинок камбалы оказалось равным 0,0004 мг/л (Никифоров, Черкашин, 2004). Утвержденная в Российской Федерации предельно-допустимая концентрация (ПДК) Cd для морских вод объектов, имеющих рыбохозяйственное значение, больше расчетного значения ЛК₀ для предличинок в 25 раз.

Медианные летальные концентрации (ЛК₅₀) солей металлов (мг/л, в пересчете на катионы)
для предличинок рыб

Время, ч	Длиннорылая камбала			Японский анчоус		
	Cd	Pb	Zn	Cd	Pb	Zn
48	0,081	0,660	0,176	0,111	0,043	0,736
72	0,045 ±0,019	0,341 ±0,081	0,108 ±0,016	0,030 ±0,024	0,034 ±0,032	0,126 ±0,049
96	0,006 ±0,002	0,010 ±0,005	0,027 ±0,004	0,002 ±0,009	0,005 ±0,002	0,149 ±0,067

Данные по токсичности свинца свидетельствуют об очень низкой устойчивости предличинок рыб зал. Петра Великого к этому элементу. Для исследованных видов величины 96 ч ЛК₀ свинца совпали и составили 0,0004 мг/л. Полученное значение максимальной недействующей концентрации Pb оказалось в 25 раз выше его ПДК для морских вод. Используемые нами тест-объекты более устойчивы к Zn по сравнению с остальными токсикантами (см. таблицу). Расчетная 96 ч ЛК₀ цинка составила 0,006 мг/л для предличинок камбалы и 0,005 мг/л для анчоуса, т.е. в 10 раз ниже ПДК утвержденной в Российской Федерации. Следовательно, в зоне минимальных летальных концентраций наблюдается сближение токсикорезистентности личинок двух видов рыб и разница в значениях ЛК₀ практически нивелируется.

Сопоставление данных по содержанию тяжелых металлов в прибрежных водах Приморья с расчетными величинами ЛК₀ позволяет заключить, что большинство акваторий, несмотря на имеющиеся в них локальные загрязненные участки, пригодны для развития предличинок рассматриваемых видов рыб. Лишь воды некоторых существенно загрязненных районов для них токсичны. Например, Zn в обнаруженных концентрациях способен вызывать дополнительную смертность предличинок (10–40 %) в поверхностном слое вод большей прибрежной части Амурского залива. Сравнение жизнестойкости предличинок японского анчоуса из таких акваторий зал. Петра Великого, как воды у о. Рейнеке, зал. Посьета с районом течения Куроиси, благоприятного для нереста этого вида, показали отсутствие значимых различий, следовательно, толерантность икры и личинок в заливе достаточно высока и обеспечивает их успешное развитие.

В соответствии с нормативными документами обязательным элементом системы оценки качества вод является биотестирование. Этот блок экотоксикологических исследований недорог, но крайне важен, так как позволяет получить интегральную характеристику состояния среды и гидробионтов в кратковременных опытах. С 1984 г. биотестирование на планктонных ракообразных входит в комплекс мониторинга состояния зал. Петра Великого. Экспериментальная оценка интегрального качества вод Амурского залива в 2003–2004 гг. показала повышенную смертность мизид *Paracanthomysis* sp. в воде, отобранной из поверхностного слоя в черте г. Владивосток у дельфинария. В ряде случаев вода даже слабо загрязненных районов, таких как акватория у мыса Перевозный, вызывала 100 %-ную смертность предличинок анчоуса, которые оказались менее токсикорезистентными, чем мизиды.

Дополнительные физиологические нагрузки, такие как преждевременный нерест под влиянием загрязнения, значительно увеличивают смертность эврибионтных видов, например мизиды удивительной, вода для которой в июне 2005 г. у нефтебазы достоверно токсичнее по сравнению с пробами воды, отобранными в бухте Воевода и у о. Рейнеке (рис. 1).

Биотестирование состояния прибрежных вод залива в 2007 г. на двух видов мизид и предличинках японского анчоуса выявило токсичность вод в Спортивной гавани, у мыса Створного и в бухте Западная о. Попова. Причем максимальная гибель мизид в июне отмечена в пробах из бухты Западная и в июле из Спортивной гавани, а личинок анчоуса — в воде, отобранной у мыса Створного в июле (рис. 2).

Температурный, кислородный режимы и незначительное распреснение исследованных вод не оказывали существенного воздействия на выживаемость тест-объектов. Следовательно, наблюдаемые эффекты вызывались антропогенным загрязнением Амурского залива, степень воздействия которого зависит как от свойств поллютантов и физико-химических пара-

метров вод, так и от таксономических, видовых и других особенностей животных. Наиболее уязвимыми для загрязнения оказались предличинки рыб.

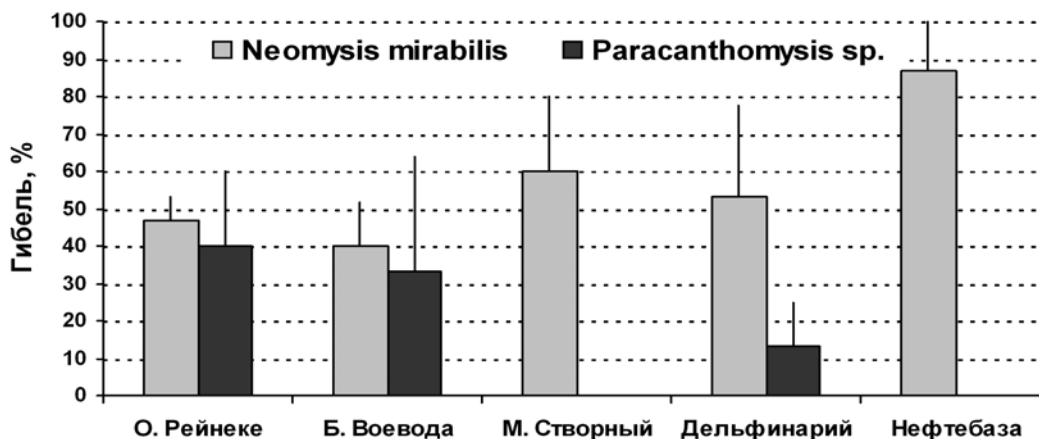


Рис. 1. Биотестирование вод Амурского залива с использованием двух видов мизид (гибель $M \pm m$, $N = 15$), 48-часовая экспозиция, июнь 2005 г.

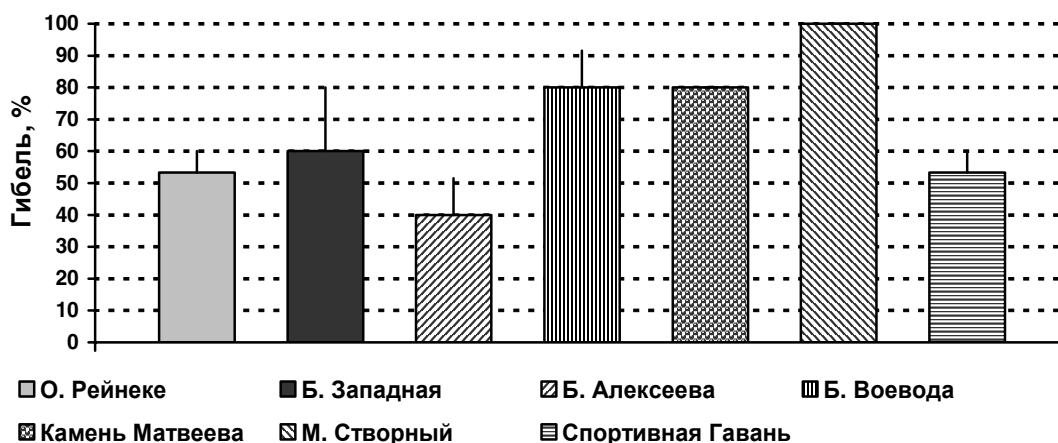


Рис. 2. Биотестирование вод Амурского залива на предличинках *Engraulis japonicus* (гибель $M \pm m$, $N = 15$), 72-часовая экспозиция, июль 2007 г.

В заключение необходимо отметить, что состояние массовых видов ракообразных, личинок и молоди исследованных видов рыб в большинстве районов зал. Петра Великого вполне благополучно. В то же время очевидно отрицательное влияние загрязнения на многих гидробионтов в районах с интенсивным антропогенным загрязнением, имеющих в заливах: Амурский, Уссурийский, Находка, Посыета и др. Сочетание экспериментальных исследований с натурными наблюдениями служит более объективной оценке состояния экосистем и ее отдельных представителей, эффективности регламентации поступления в водоем загрязняющих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

Алешко С.А. Активность антиоксидантной системы и процессов биотрансформации поллютантов у полосатой камбалы из Амурского и Уссурийского заливов Японского моря // Материалы Междунар. науч. чтений "Приморские зори — 2007". — Владивосток: ТАНЭБ, 2007. — Вып. 1. — С. 182–185.

Ващенко М.А. Состояние прибрежных экосистем в Амурском заливе (зал. Петра Великого, Японское море): обзор данных 1980-х, 1990-х и 2000 гг. // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Владивосток: ДВГУ, 2006. — С. 30–36.

Дуркина В.Б. Массовое разрушение овариальных фолликулов и его особенностей у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* из Амурского залива Японского моря // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, № 2. — С. 286–288.

Дуркина В.Б. Состояние интерренальной железы рыб как показатель качества морской среды // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Владивосток: ДВГУ, 2006. — С. 56–58.

Лукьяненко В.И., Черкашин С.А. Экспериментальное обоснование возможности использования реакции избегания гидробионтами токсикантов для биотестирования качества водной среды // Физиология и биохимия гидробионтов. — Ярославль: Яросл. гос. ун-т, 1987. — С. 48–57.

Лукьяненко В.И., Черкашин С.А., Кандинский П.А. Поведение молоди рыб и мизид в растворах токсикантов органического происхождения // Гидробиол. журн. — 1987. — Т. 23, № 4. — С. 64–69.

Лукьянова О.Н., Черкашин С.А., Надточий В.А. Биоиндикация состояния морских экосистем на различных уровнях биологической организации // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск «Гідроекологія». — 2005. — № 4(27). — С. 139–141.

Мощенко А.В., Белан Т.А. Метод определения уровня загрязнения прибрежных морских акваторий по обилию некоторых видов макрзообентоса // Экологические проблемы использования прибрежных морских акваторий: Материалы Междунар. науч.-практич. конф. — Владивосток: ДВГУ, 2006. — С. 145–149.

Наумов Ю.А. Антропогенез и экологическое состояние геосистемы прибрежно-шельфовой зоны залива Петра Великого Японского моря. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 300 с.

Никифоров М.В., Черкашин С.А. Оценка влияния кадмия, цинка и свинца на выживаемость предличинок морских рыб // Электронный журнал "Исследовано в России". — 2004. — № 40. — С. 427–444. <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/040.pdf>.

Олейник Е.В., Мощенко А.В., Лишавская Т.С. Влияние загрязнения донных отложений на видовой состав и обилие двустворчатых моллюсков в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 1. — С. 39–45.

Посадова В.П. Состояние запасов сельди залива Петра Великого // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайность поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. — Владивосток: ТИНРО, 1988. — С. 64–69.

Сяпина И.Г., Соколовский А.С. Опухоли кожи у темной камбалы *Pleuronectes obscurus* из Амурского залива Японского моря // Биол. моря. — 1997. — Т. 23, № 3. — С. 182–185.

Черкашин С.А. Биотестирование: терминология, задачи, основные требования и применение в рыбохозяйственной токсикологии // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 1020–1035.

Черкашин С.А., Вейдеман Е.Л. Экоотоксикологический анализ состояния прибрежных экосистем залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. рыб-ва. — 2005. — Т. 6, № 4(24). — С. 637–652.

Черняев А.П., Лукьянова О.Н., Черкашин С.А. Распределение нефтяных углеводородов и оценка состояния биоты в Амурском заливе (Японское море) // Экологическая химия. — 2006. — Т. 15, № 1. — С. 28–38.

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ ГИДРОБИОНТОВ И ДОННЫХ ОСАДКАХ ИЗ ОЗ. АЗАБАЧЬЕГО (КАМЧАТКА)

Е.Н. Чернова^{1,2}, Л.А. Лобас², М.Ю. Ковалев³

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: elena@tig.dvo.ru

² Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия

³ Институт биологии моря ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: clupea@yandex.ru

Камчатка — район, в котором наблюдается активная вулканическая деятельность. Различные проявления вулканизма оказывают влияние на химический состав вод полуострова как напрямую, через вулканические эксгаляции, выброс газов, пепла, содержащих большое количество легкорастворимых солей, так и за счет привноса с гидротермальными растворами. Особое влияние вулканической деятельности связано с промыванием свежих пепловых покровов вулканических склонов. Временные водотоки дренируют склоны вулканов и оказывают воздействие на сток такого крупного водотока как р. Камчатка, изменяя соотношение растворенных и взвешенных компонентов. Однако влияние вулканической деятельности на водотоки проявляется достаточно локально (Чудаева, 2003).

Концентрации металлов в животных, обитающих в водной среде, как правило, находятся в зависимости от их содержания в воде и пище. Ряд водных организмов, в частности, рыб, используется в пищу, поэтому знание концентраций токсичных элементов в их мышцах — весьма актуальная задача. С другой стороны, организмы накапливают металлы из воды с коэффициентом аккумуляции 10^5 – 10^6 , и не способны так же быстро, как вода изменять свой химический состав. Поэтому, используя живые организмы (в нашем случае это караси и моллюски) для мониторинга микроэлементов в воде, решается проблема изменчивости концентраций элементов в водной среде, а также уменьшается возможность загрязнения проб при пробоотборе.

Карась серебряный (*Carassius auratus gibelio*) — широко распространенный придонный вид пресноводных, стоячих и медленно текущих водоемов. На п-ов Камчатка был интродуцирован из Приморского края в 1930 г. из р. Седанка, бассейн Амурского залива (Кузнецов, 1931). Тип питания смешанный — детрито- и бентофагия. Предпочитает водоемы с илистыми грунтами. Изучается для использования в качестве биомонитора тяжелых металлов в пресноводных экосистемах (Попов, 2002).

Берингиана (*Beringiana* sp.) — двустворчатый моллюск-фильтратор сем. Unionidae, обитающий в крупных озерах и слабопроточных водоемах Камчатки (Прозорова, Шедько, 2003). Моллюски-фильтраторы часто используются для биомониторинга металлов в водной среде, из пресноводных моллюсков в отношении микроэлементного состава наиболее изучены органы моллюсков сем. Unionidae (Cassini et al., 1986; Oetrel, 1998; и др.).

Целью данной работы было изучить содержание микроэлементов в органах карася серебряного и двустворчатого моллюска берингианы (обитающих совместно), а также донных отложений из оз. Азабачьего п-ова Камчатка в связи с условиями существования (возможность влияния вулканической деятельности). Бассейн оз. Азабачьего практически не подвержен антропогенному воздействию.

Отбор проб гидробионтов и донного грунта был произведен в сентябре 2006–2007 гг. на восточной стороне п-ова Камчатка в оз. Азабачьем, соединяющимся с р. Камчатка протокой Азабачьей. В 60–70 км от озера находятся действующие вулканы Шивелуч и Ключевская сопка, последствия регулярных извержений которых, благодаря направлению господствующих ветров и селевым потокам, вероятно, влияют на биотоп всего бассейна оз. Азабачьего.

Верхний 5-сантиметровый слой донных осадков отбирали пластиковой трубкой с глубины 1 м, подсушивали до воздушно-сухого веса и в пластиковой посуде доставляли в лабораторию. Осадки представляли собой заиленный песок. Для стандартизации по гранулометрическому составу из осадков выделяли фракцию, меньшую 0,1 мм, и навеску в 0,3 г разлагали смесью хлорной и фтороводородной кислот.

Моллюсков отлавливали на глубине около метра, помещали в пластиковый контейнер с водой с места сбора и живыми доставляли в лабораторию геохимии ТИГ ДВО РАН. Рыб препарировали по органам на биостанции «Радуга» ИБМ, взвешивали кусочек в 1,5–2,5 г, помещали в пенициллиновый флакон, заливали 5 мл медицинского спирта и транспортировали в лабораторию. На анализ отбирали мышцы, гонады, жабры, печень, почку и селезенку. В лаборатории спирт выпаривали, пробу озолняли концентрированной азотной кислотой марки о.с.ч.

Содержание Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cd и Pb определяли атомно-абсорбционным методом на приборе Shimadzu AA-6800 в лаборатории геохимии ТИГ ДВО РАН. Контроль аналитического качества работ вели с использованием холостых проб и стандартного материала NIST 2976. Результаты пересчитывали на сухую массу с учетом коэффициентов усушки, определенным для приморских карасей. Результаты содержания Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cd и Pb представлены в мкг/г сух. массы.

Для сравнения с микроэлементным составом органов карася из оз. Азабачье (табл. 1) привлечены данные по фоновому району Приморского края, а также данные по среднему содержанию в рыбах Сибири (Попов, 2002). Как видно, содержание металлов в органах карася серебряного из оз. Азабачье во многих случаях ниже таковых из фонового района Приморского края и ниже, чем средние содержания микроэлементов в рыбах Сибири.

Таблица 1

Концентрации металлов (мкг/г сух. массы) в органах карася серебряного (n = 6)

Металл	Район исследования	n	Мышцы	Гонада	Почка	Жабры	Печень	Селезенка
Fe	Оз. Азабачье	6	64±17	36±19	193±56	329±151	252±54	354±149
	Р. Каменушка*	5	27±7	51±28	278±89	250±76	93±14	933±113
	Сибирь**	365	57,1	346,0	456,2	346,0	316,7	708,3
Mn	Оз. Азабачье		42,5±10,9	6,3±4,7	4,4±1,1	2,5±0,7	7,9±5,7	1,6±0,4
	Р. Каменушка*		151,6±21,7	2,9±1,4	6,8±2,9	2,0±0,2	1,2±0,3	2,0±0,5
	Сибирь**		3,6	16,9	5,9	68,0	5,9	4,7
Zn	Оз. Азабачье		32,2±17,0	60,0±39,6	376±92	297±98	30,5±6,8	59,0±11,9
	Р. Каменушка*		60±14	126±34	390±113	422±124	90±31	185±52
	Сибирь**		49	163	182	158	111	94
Cu	Оз. Азабачье		3,9±1,2	7,1±5,8	7,2±1,7	4,7±0,7	18,7±9,1	2,9±0,3
	Р. Каменушка*		2,6±0,4	5,5±4,1	7,8±2,7	3,9±0,4	2,9±0,7	5,0±1,0
	Сибирь**		4,1	9,4	11,0	9,2	21,3	11,5
Cd	Оз. Азабачье		0,06±0,05	0,040±0,008	0,41±0,17	0,04±0,01	0,17±0,09	0,08±0,05
	Р. Каменушка*		0,060±0,005	0,100±0,022	–	0,090±0,027	0,030±0,007	0,06±0,013
	Сибирь**		0,12	1,21	0,19	0,10	1,55	0,57
Pb	Оз. Азабачье		0,49±0,41	0,21±0,07	0,47±0,40	0,46±0,16	0,82±0,95	0,50±0,31
	Р. Каменушка*		0,48±0,0	0,40±0,05	–	0,74±0,10	0,39±0,06	1,50±0,35
	Сибирь**		1,05	1,49	0,83	0,30	0,49	1,26
Ni	Оз. Азабачье		0,34±0,31	0,08±0,07	0,78±0,43	0,85±0,92	0,09±0,18	0,73±0,70
	Р. Каменушка*		0,0±0,0	0,45±0,16	–	0,0±0,0	0,24±0,11	
	Сибирь**							

Примечание. n — количество проб. * Приморский край, фон — собственные данные; ** Средние концентрации микроэлементов в рыбах Сибири (Попов, 2002).

Литературные данные по унионидам содержат информацию о концентрации металлов в органах представителей этого семейства из европейских водоемов и водотоков (Cassini et al.,

1986; Oertel, 1998). Поэтому для сравнения с камчатскими беззубками, в которых были проанализированы мягкие ткани целиком, была использована информация о содержании металлов в близкородственных приморских моллюсках *Kunashiria* sp., обитающих в водохранилище (оз. Васьковское), питающем пос. Рудная Пристань Дальнегорского района Приморского края (табл. 2). Как правило, близкородственные виды в схожих экологических условиях накапливают схожие концентрации металлов.

Таблица 2

Содержание металлов в беззубках *Beringiana* sp. (мкг/г сух. массы)

Место сбора	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
Оз. Азабачье, n=6	57±27	317±181	5,4±1,8	94±27	0,01±0,005	0,18±0,06	0,62±0,33
Оз. Васьковское, n=5	373±201	455±267	3,3±0,2	320±41	0,03±0,001	9,34±1,36	0,68±0,38

Как видно, концентрации всех металлов, кроме никеля, в беззубках из оз. Азабачьего ниже, чем в таковых из оз. Васьковского.

Аналогичные выводы можно сделать из анализа донных отложений оз. Азабачьего (табл. 3).

Таблица 3

Содержание металлов в ДО оз. Азабачьего (мкг/г сух. массы)

Год	Fe, %	Mn	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni
2006	3,74	717	39,1	46,5	0,24	0	16,5
2007	3,90	828	42,2	38,2	0,15	1,79	16,1
Фон*	2–3	200–300	8–10	50–75	0,2–0,3	–	10–12

* Фон — незагрязненные осадки нижнего течения р. Амур (Shulkin, Bogdanova, 2007).

Таким образом, в настоящее время влияние вулканической деятельности на оз. Азабачье и его обитателей сопоставимо с действием антропогенных источников, имеющих низкий уровень воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

Кузнецов И.И. Попыты акклиматизации карасей на Камчатке и красной на Амуре // Рыб. хоз-во Дальнего Востока. — 1931. — № 1–2. — С. 49–53.

Попов П.А. Оценка экологического состояния водоемов методами ихтиоиндикации. — Новосибирск, 2002. — 267 с.

Прозорова Л.А., Шедько М.Б. Моллюски оз. Азабачье (Камчатка) и их биоценотическое значение // Тр. камчатского филиала ТИГ ДВО РАН. — Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2003. — Вып. 4. — С. 120–151.

Cassini A., Tallandini L., Favero N. and Albergoni V. Cadmium bioaccumulation studies in the freshwater molluscs *Anodonta cygnea* and *Unio elongatulus* // Comp. Biochem. Physiol. — 1986. — Vol. 84C, № 1. — P. 35–41.

Oertel N. Molluscs as bioindicators of heavy metal in a side-arm system of the River Danube disturbed by engineering activity // Verh. Internat. Verein. Limnol. — 1998. — Vol. 26. — P. 2120–2124.

Shulkin V.M., Bogdanova N.N. Metals in water, suspended solids and sediments of the Amur River Estuary // Water-Rock Interaction. — L.: Taylor Francis Group, 2007. — P. 543–546.

СОВРЕМЕННЫЕ БИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ЗООБЕНТОСНЫХ ОРГАНИЗМОВ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

О.А. Чиженкова, А.М. Камакин
КаспНИРХ, г. Астрахань, Россия, e-mail: kamakin_a@mail.ru

В мелководной западной части северного Каспия фитобентосные сообщества являются важным компонентом донных биоценозов, включающих в свой состав представителей промысловых видов рыб (осетровые, карповые). Между тем они изучены крайне недостаточно. Работы по изучению формирования сообществ и пространственного распространения фито- и зообентоса проводились в период 2003–2007 гг. на 24 станциях на глубине от 4 до 37 м с применением подводных методов исследований: маршрутного учета, отбора проб водолазным скребком, подводных наблюдений и видеосъемки ландшафта и донных сообществ (Шабалин и др., 1977). Определение видового состава фитобентосных сообществ проводилось в лабораторных условиях по определителям и атласам А.Д. Зиновой (1967), Я.А. Бирштейна с соавторами (1968), Е.Н. Казанчеева (1981).

Распределение фитобентоса и донных беспозвоночных в северном Каспии в первую очередь обусловлено соленостью. Фито- и зооценозы подразделяются на группы: биоценозы предустьевого взморья и авандельты Волги и прибрежные слабосоленатоводные, морские солоноватоводные группы. Динамика гидрологических характеристик водных масс (соленость, прозрачность, температура и т.д.) значительно влияет на интенсивность формирования макрофитобентоса. В разные биологические сезоны (весна, лето, осень, зима) продуктивность водорослей заметно различается по показателям. Сезонность в развитии и росте водорослей, их фотосинтезе и дыхании проявляется в колебаниях биомассы растений: самая малая биомасса у водорослей — весной, самая большая — летом до высева спор (рис. 1). Первичная продукция макрофитов начинает возрастать с появлением интенсивного прироста слоевищ (Возжинская, 1967).

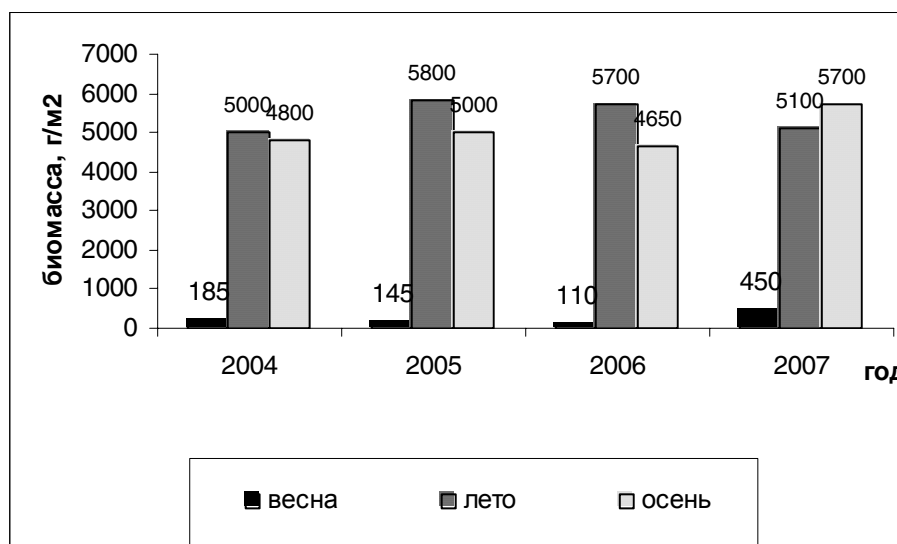


Рис. 1. Сезонная динамика средней биомассы макрофитобентоса (г/м²) предустьевой зоны Волги от о. Чистая Банка до о. Укатный в 2004–2007 гг.

Подводные ландшафтные наблюдения показали, что макрофитобентос предустьевого взморья и авандельты Волги состоит из пресноводных представителей родов *Potamogeton*, *Seratophyllum*, *Vallisneria*, *Charophyta*. Весной в начале вегетационного периода биомасса колебалась от 800 до 3100 г/м², летом — в начале осени биомасса водорослей достигала наибольших показателей — от 6800 до 8700 г/м² (рис. 2). На илистых и песчаных грунтах в зарослях подводной пресноводной растительности в значительных количествах встречались характерные для этого района представители инфауны: личинки *Chironomus* (1930 экз./м²),

малощетинковые черви класса Oligochaeta (650 экз./м²), многощетинковые черви класса Polychaeta (320 экз./м²), низшие ракообразные сем. Gammaridae (1560 экз./м²), высшие раки *Pontastacus eichwald* и личинки насекомых (Insecta). Численность донной фауны пресноводного комплекса возрастала с увеличением плотности водной растительности (рис. 3). На разреженных участках растительности биомасса ракообразных и червей снижалась в 2–3 раза.

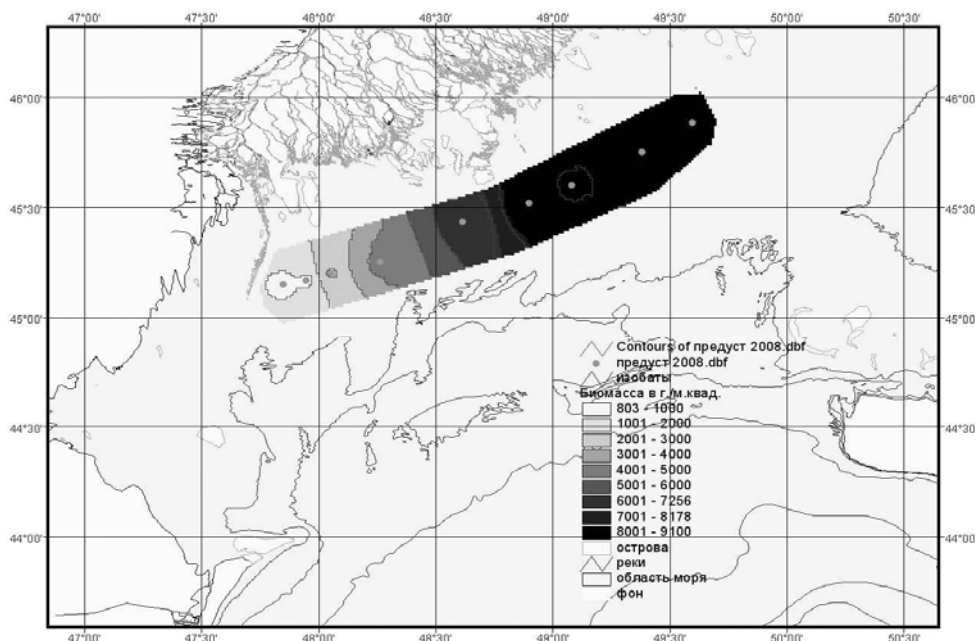


Рис. 2. Карта-схема распределения общей биомассы макрофитобентоса (г/м²) пресноводного комплекса осенью 2007 г.

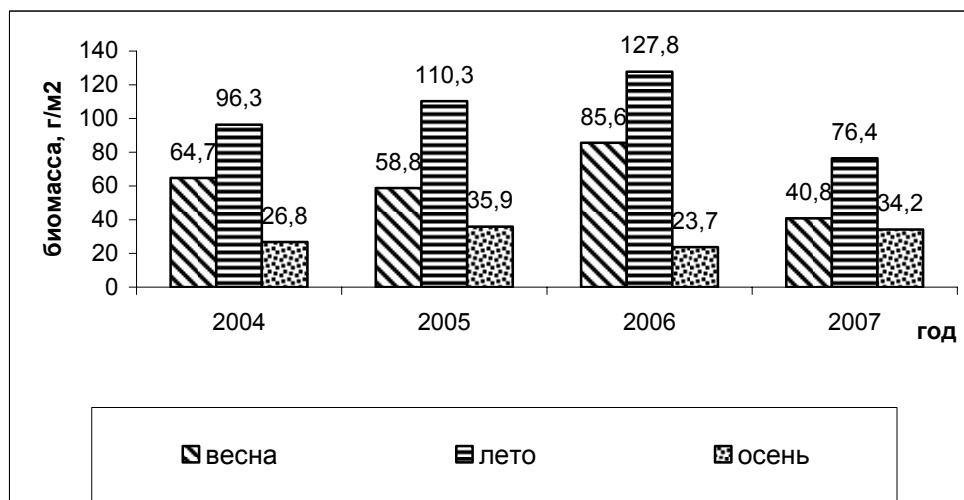


Рис. 3. Сезонная динамика средней биомассы зообентоса (г/м²) предустьевой зоны Волги от о. Чистая банка до о. Укатный в 2004–2007 гг.

Видовой состав моллюсков эпифауны грунтов предустьевого взморья состоял из представителей родов *Viviparus*, *Anodonta*, *Gyraulus*, *Unio*. Средняя биомасса зообентоса в июне на изучаемых полигонах составила 76,4 г/м², к осени она уменьшилась в 2 раза (до 34,2 г/м²). Из рыб преобладали костистые виды и их молодь: *Scardinius erythrophthalmus* (L.), *Rutilus rutilus caspicus* (L.), *Perca fluviatilis* (L.), *Tinca tinca* (L.), *Cyprinus carpio* (L.), сем. Gobiidae.

В июле в солоноватых водах складываются благоприятные условия для роста морских форм фитобентоса, что способствует расширению видового состава эпифауны грунтов и приводит к увеличению кормового потенциала для рыб на этих участках. Особенно благо-

приятные условия формирования фитобентоса в северном Каспии отмечены в районах банок Кулалинская, Средняя и Большая Жемчужная.

На банке Средняя Жемчужная донные макрофитоценозы периодически подвергаются контрастному воздействию относительно холодных и соленых подповерхностных вод. Макрофитобентос в этом районе состоял из следующих видов: *Zostera nana*, *Polysiphonia caspica*, *Enteromorpha*, биомасса которых в начале вегетационного периода составляла в среднем 4,6 г/м² и увеличивалась до 45,5 г/м² осенью. Основу численности зообентосных организмов морского комплекса составляли черви *Hediste diversicolor*, *Hypania invalida*, *Hypaniola kowalewskii* (численность и биомасса соответственно 730 экз./м², 6,4 г/м²); низшие ракообразные родов *Pterocuma*, *Niphargoides*, *Schizorhynchus* (1750 экз./м², 2,3 г/м²); крабы (*Rhithropanopeus harrisi*). Моллюски встречались в незначительных количествах: *Cerastoderma lamarcki* — 10 экз./м², *Didacna trigonoides* — 20 экз./м². Средняя биомасса зообентоса в июне составила 43,8 г/м², в сентябре этот показатель снизился до 24,8 г/м².

Придонная ихтиофауна банки Средней Жемчужной в основном состояла из молоди бычков (род *Benthophilus*). Среди зарослей *Zostera nana* встречалась игла-рыба (сем. *Syngnathidae*), молодь леща *Abramis brama* (L.), наблюдались скопления молоди воблы *Rutilus rutilus caspicus* (Jak.).

На банке Большая Жемчужная на протяжении 2003–2007 гг. формировались наиболее благоприятные условия для развития фитобентоса. В летний период для вод этого района характерна гомотермия с температурой 22–23 °С и достаточно высокой для северного Каспия прозрачностью (2,0–3,0 м). Водоросли *Polysiphonia caspica*, *Laurencia caspica* и *Zostera nana* встречались мозаично, их июньская биомасса колебалась в пределах 5,0–9,0 г/м², сентябрьская — 75,0–124,0 г/м². В состав зообентоса входили моллюски *Didacna trigonoides*, *Abra ovata*, *Cerastoderma lamarcki*, *Mytilaster lineatus*, черви *Hediste diversicolor*, *Hypania invalida* и ракообразные сем. *Gammaridae*, *Mysidae*. Средняя биомасса зообентоса была высокой — 53,7 г/м². Подводными видеонаблюдениями и количественными данными выявлено, что значительное количество ракообразных обитает на ракушечно-песчаных грунтах, в местах произрастания макрофитов. В морских донных биотопах плотность макрофитов и зообентоса значительно возрастала с увеличением доли твердого субстрата. Ихтиофауна в основном была представлена бычками *Benthophilus* и рыбой-иглой *Syngnathus nigrolineatus caspius* Eichwald.

На западном склоне банки Кулалинская в составе макрофитобентоса развивались водоросли *Laurencia caspica*, *Polysiphonia caspica*, *Enteromorpha* и *Chaetomorpha linum*, биомасса которых в июне была незначительной — 10–15 г/м², с повышением к сентябрю до 120–440 г/м². В этом районе отмечена высокая численность ракообразных сем. *Gammaridae*, *Mysidae* и червей *Hediste diversicolor*. Моллюски *Mytilaster lineatus*, *Abra ovata* встречались в единичных экземплярах, их средняя биомасса на этих станциях составляла всего 5,0 г/м². Характерно, что на вершине банки за счет развития большого количества этих видов моллюсков средняя биомасса зообентоса возросла до 95,0 г/м² (рис. 4, 5). Ихтиофауна была представлена бычками рода *Benthophilus*, рыбой-иглой *Syngnathus nigrolineatus caspius* Eichwald и атеринной *Atherina mochon caspia* (Eichw.).

На основании полученных материалов установлено, что экосистема мелководья северного Каспия находится в динамичном состоянии, при этом основные донные биоценозы сохраняют устойчивость. Формирование и развитие макрофитобентоса западной части предустьевой зоны на протяжении ряда лет исследований (2003–2007 гг.) были стабильными, кардинальных внешних и структурных изменений донных сообществ не наблюдалось, площадь распространения пресноводных макрофитов составила около 5498 км² и была ограничена глубинами 4–6 м.

Площадь распространения биотопов морских макрофитов в районе банки Средняя Жемчужная составляет примерно 139 км², Большая Жемчужная — 1074 км², Кулалинская — 1649 км². Многолетние устойчивые показатели бентоса на этих банках положительно сказываются на развитии кормовой базы. Фитобентосные сообщества способствуют высокому видовому разнообразию и биомассе зообентоса: на банке Средняя Жемчужная — в среднем

69,7 г/м², Большая Жемчужная — 84,8, Кулалинская — 183,9 г/м² (в летний период). Кормовой потенциал банок в 3,5–5,0 раза выше по сравнению с приглубой зоной вблизи них.

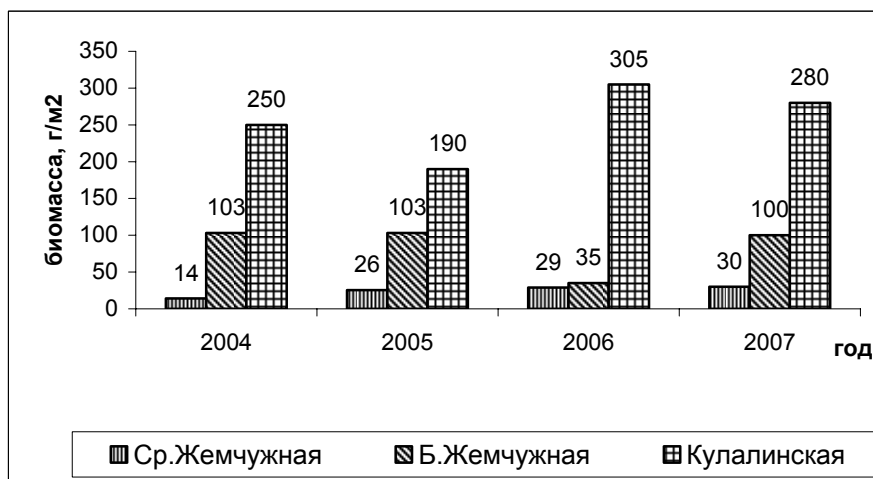


Рис. 4. Многолетняя динамика биомассы макрофитобентоса (г/м²) в северном Каспии на банках: Средняя Жемчужная, Большая Жемчужная, Кулалинская летом 2004–2007 гг.



Рис. 5. Многолетняя динамика биомассы зообентоса (г/м²) в северном Каспии на банках Средняя Жемчужная, Большая Жемчужная, Кулалинская летом 2004–2007 гг.

ЛИТЕРАТУРА

- Бирштейн Я.А., Виноградова Л.Г., Кондакова Н.Н. и др. Атлас беспозвоночных Каспийского моря. — М.: Пищ. пром-сть, 1968. — 415 с.
- Возжинская В.Б. Изучение экологии и распределения водорослей в Кандалакшском заливе Белого моря // Океанология. — 1967. — № 6. — С. 1108–1118.
- Зинова А.Д. Определитель зеленых, бурых и красных водорослей южных морей СССР. — М.; Л.: Наука, 1967. — 398 с.
- Казанчеев Е.Н. Рыбы Каспийского моря. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 168 с.
- Шабалин В.Н., Печатин А.А., Громадский Б.В. Водолазная техника в рыбном хозяйстве. — М.: Пищ. пром-сть, 1977. — 290 с.

НЕФТЕУГЛЕВОДОРОДЫ В ПЕЧОРСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

В.А. Чугайнова

Северный филиал ПИНРО, г. Архангельск, Россия, e-mail: val@sevpinro.ru

Успешное функционирование рыбохозяйственной промышленности России зависит от многих определяющих факторов, одним из которых является уровень загрязнения водных экосистем. Этот фактор отражается как на формировании запасов промысловых объектов, так и на качестве (безопасности) пищевой рыбопродукции. Для его учета необходимо проведение широкого комплекса исследований состояния различных элементов водных экосистем, включая промысловые биоресурсы. Наличие информации об уровнях загрязнения водной среды, а также о пространственно-временных масштабах техногенного воздействия дает возможность вносить необходимые уточнения в промысловые прогнозы, разрабатывать наиболее эффективные меры для сохранения водных биоресурсов и надлежащим образом учитывать интересы рыбохозяйственной отрасли при проектировании промышленных и иных объектов. Рассматриваемая проблема имеет большую актуальность и для Баренцева моря. Здесь в последние годы заметно возросла хозяйственная деятельность по разведке, добыче и переработке углеводородного сырья и других полезных ископаемых, увеличились объемы производства в лесной и лесохимической промышленности, начали формироваться новые морские транспортные коммуникации. При этом возможны ухудшение качества эстуарных и морских вод, условий жизнедеятельности различных гидробионтов и накопление загрязняющих веществ в промысловых объектах. В подобной ситуации экологические исследования позволяют обнаружить зарождение негативных тенденций и выявить причины их появления. Результаты таких исследований, в конечном счете, дают возможность оперативно разработать и реализовать меры по предотвращению дальнейшего развития негативных процессов и минимизации рыбохозяйственного ущерба.

Комплексные экологические исследования Печорской губы Баренцева моря проводились в 2002–2007 гг. примерно в одно и то же время (конец августа — начало сентября) на 6 станциях (рис. 1). Пробы воды отбирались с поверхностного и придонного горизонтов. Для определения массовой концентрации нефтеуглеводородов (НУ) в воде применялся флуориметрический метод, основанный на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости «Флюорат 02-3М» (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98).



Рис. 1. Схема расположения станций в Печорской губе

Для определения статистических характеристик по уровням загрязненности морских вод наряду с традиционными статистиками (среднеарифметическим значением и стандартным отклонением) применялись так называемые робастные (помехоустойчивые) параметры, в число которых входила и медиана, которая при небольшом числе данных больше соответствует среднему значению для данной выборки.

Печорская губа — один из крупнейших в Европе эстуариев. Ее уникальное рыбохозяйственное значение и наличие богатейших месторождений нефти и газа определяют особый интерес организаций различного профиля к этому региону. Но, несмотря на большое значение в хозяйстве страны, изученность Печорской губы, особенно в ее мористой части, недостаточна (Анцулевич и др., 2000). В связи с этим возникла необходимость проведения эколого-

гического мониторинга, составляющей частью которого является контроль над содержанием загрязняющих веществ, и в частности нефтеуглеводородов (НУ), на акватории губы.

Основным источником поступления НУ в воды Печорской губы является сток р. Печора, которая испытывает постоянную антропогенную нагрузку. Циркуляция вод в Печорской губе связана с результирующими переносами вод. Основная ветвь постоянного выносного течения отклоняется к восточному побережью губы, направлена на северо-восток. Это течение выносит воды из устьевой зоны смешения в восточную часть Печорской губы, а оттуда в Печорское море. Таким образом, поток загрязняющих веществ имеет в море преимущественно восточное направление (Печорское море ..., 2003).

Содержание нефтяных углеводородов в период наблюдений в среднем составляло около 0,03 мг/л, что ниже ПДК (0,05 мг/л). Концентрации, превышающие ПДК, были зафиксированы в поверхностном горизонте в 18 % случаев, в придонном — 14 %. Необходимо отметить высокие концентрации НУ в водах Печорской губы в 2002 г., когда даже средние значения превышали ПДК (табл. 1, 2). Максимальные концентрации НУ были обнаружены на станциях 401 (0,103 мг/л) и 402 (0,065 мг/л). В последующие годы на кутовых станциях также отмечалось повышенное содержание НУ, что связано со стоком р. Печора и других притоков.

Таблица 1

Статистические характеристики содержания нефтяных углеводородов (мг/л) в поверхностных водах Печорской губы в 2002–2007 гг.

Статистика	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Среднее значение	0,052	0,029	0,038	0,030	0,028	0,031
Стандартное отклонение	0,033	0,007	0,015	0,024	0,012	0,011
Медиана	0,044	0,029	0,042	0,021	0,024	0,026
Максимальное значение	0,103	0,036	0,053	0,066	0,048	0,050
Минимальное значение	0,020	0,017	0,017	0,013	0,018	0,023
Количество наблюдений	5	6	6	4	6	6

Таблица 2

Статистические характеристики содержания нефтяных углеводородов (мг/л) в придонных водах Печорской губы в 2002–2007 гг.

Статистика	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Среднее значение	0,052	0,017	0,044	0,022	0,028	0,025
Стандартное отклонение	0,019	0,005	0,026	0,015	0,014	0,012
Медиана	0,050	0,016	0,036	0,024	0,024	0,019
Максимальное значение	0,080	0,025	0,090	0,046	0,048	0,043
Минимальное значение	0,030	0,012	0,021	0,006	0,014	0,016
Количество наблюдений	6	6	6	5	6	6

Пространственное распределение нефтяных углеводородов имело свои особенности в различные годы. Как говорилось выше, максимальные количества НУ были обнаружены на кутовых станциях, особенно в первые годы наблюдений — в 2002–2004 гг. В последующие годы (2005–2007 гг.) распределение НУ в поверхностных водах изменилось. Так, максимальные их значения уже фиксировались на устьевых станциях (рис. 2). Это, скорее всего можно объяснить усиливающимися разработками месторождений нефти и газа на шельфе и побережье Баренцева моря. В настоящее время бассейн реки является регионом крупномасштабной разведки, добычи и транспортировки НУ. Устьевая область реки также стала объектом интенсивного хозяйственного освоения, связанного с открытием газовых и нефтяных месторождений и прилегающих к ней районах Большеземельской и Малоземельской тундры. В непосредственной близости от губы находится и нефтепогрузочный терминал у пос. Варандей. Не исключена возможность и природной составляющей повышенных концентраций НУ, связанной с особенностями циркуляции вод в эстуарной зоне.

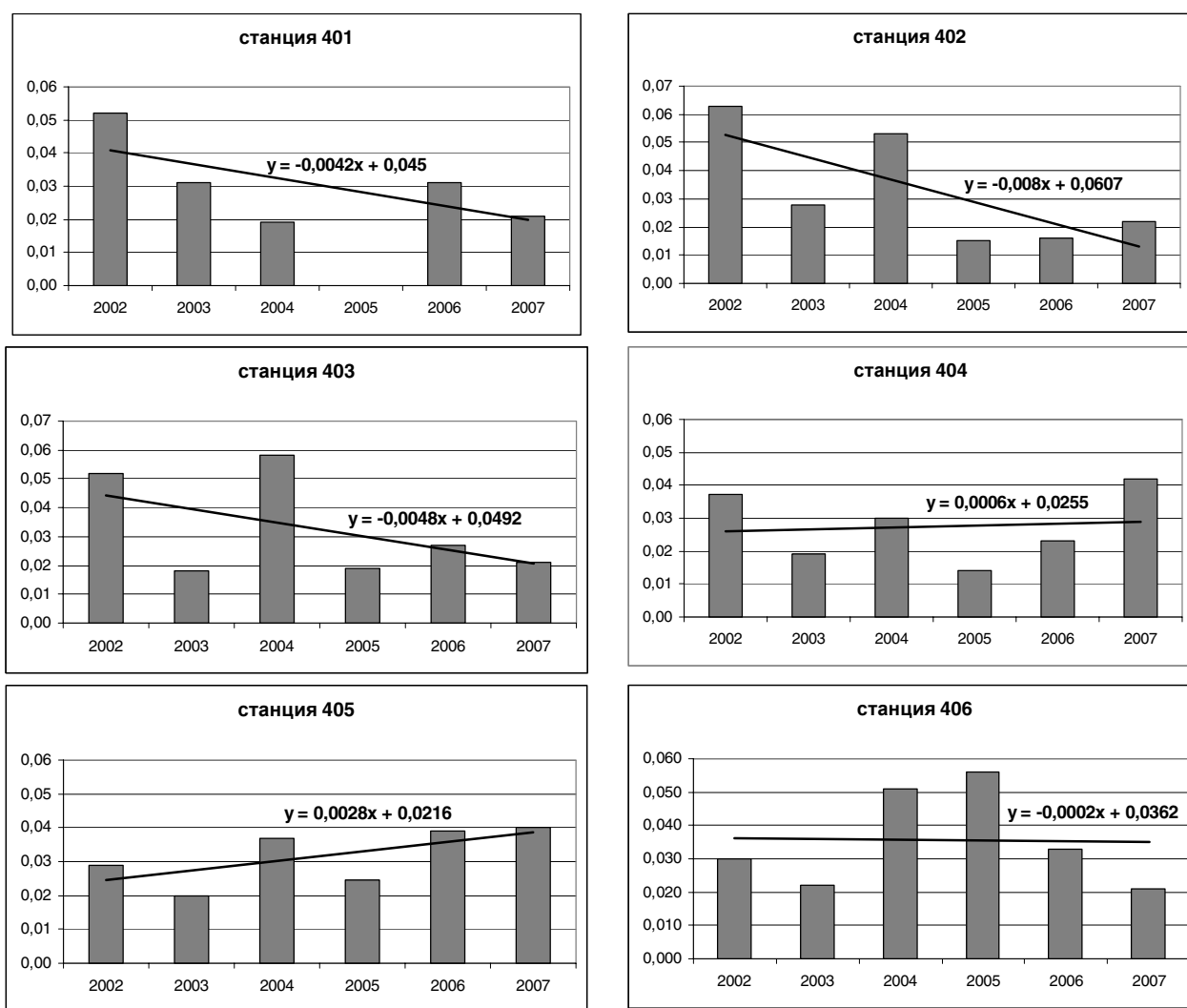


Рис. 2. Распределение нефтеуглеводородов в поверхностном слое воды по станциям в 2002–2007 гг.

Несмотря на продолжающиеся разработки нефтегазовых месторождений, на увеличение транспортных потоков, на ряд аварий на нефтепроводах, по нашим данным за все время наблюдений загрязненность вод Печорской губы нефтеуглеводородами в целом уменьшилась (рис. 3). В конце прошлого века в пределах региона произошли крупные аварии на нефтепроводах («Возей-Головные сооружения»), на буровой в протоке Малый Гусинец и др. Но в последние годы на акватории губы аварийные ситуации, связанные с поступлением в водную среду больших количеств загрязняющих веществ, и какие-либо аномальные явления, обусловленные техногенным воздействием, официально не отмечались, хотя мировой опыт говорит о том, что полностью избежать аварий невозможно (Патин, 2001). Вероятно, с отсутствием крупномасштабных аварий и связано уменьшение содержания НУ в водах Печорской губы, особенно в ее кутовой части.

По имеющимся у нас данным, содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях Печорской губы колебалось в диапазоне 11–126 мг/кг сухого грунта. Их максимальное значение (126 мг/кг сух. гр.) зафиксировано на ст. 404 в устьевой зоне. Следует отметить, что и на соседних станциях (403 и 405) отмечались повышенные концентрации НУ — 51–73 мг/кг сух. гр. На остальной территории, включая кутовой участок и ст. 406 (самую восточную), а также в грунтах сопредельных районов Печорского моря, концентрации НУ не превышали 22 мг/кг сух. гр.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

— средние концентрации нефтяных углеводородов в период наблюдений в основном соответствовали ПДК (0,05 мг/л), утвержденным в нашей стране для рыбохозяйственных водных объектов, эпизодически превышая их. Концентрации, превышающие ПДК, были зафиксированы в поверхностном горизонте в 18 % случаев, в придонном — в 14 % случаев;

— основным источником поступления НУ в воды Печорской губы является сток р. Печора;

— по нашим данным за время наблюдений (2002–2007 гг.) количество НУ в водах Печорской губы в целом уменьшилось.

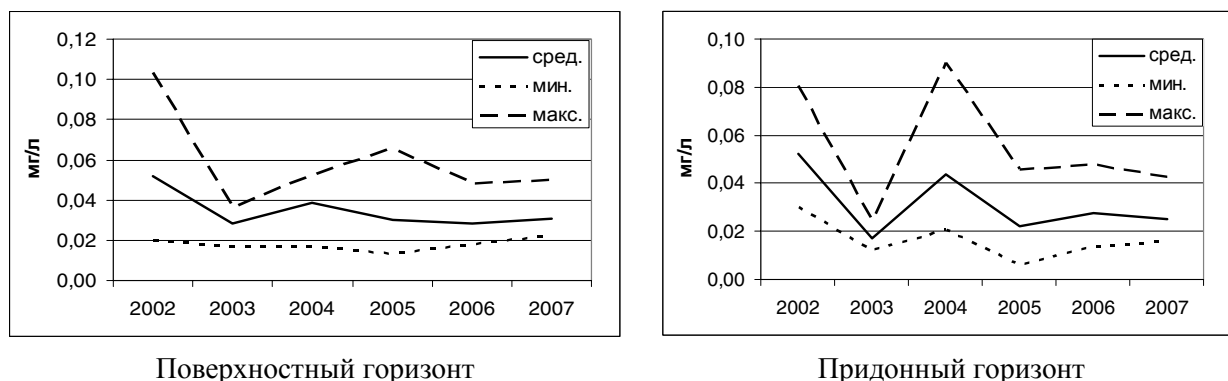


Рис. 3. Средние значения содержания нефтеуглеводородов и пределы наблюдавшихся величин в Печорской губе в 2002–2007 гг.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в настоящее время экосистема Печорской губы пока справляется с загрязняющими веществами и в частности с НУ, поступающими из сопредельных районов и в результате хозяйственной деятельности на ее акватории.

ЛИТЕРАТУРА

Анцулевич А.Е., Граевский А.П., Максимович Н.В. Экологическое состояние эстуария Печоры и его слагаемые // Биологические ресурсы побережья Российской Арктики: Материалы к симпозиуму. — М.: ВНИРО, 2000. — С. 9–12.

Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. — М.: ВНИРО, 2001. — 247 с.

Печорское море. Системные исследования (гидрофизика, гидрология, оптика, биология, химия, геология, экология, социоэкономические проблемы). — М.: МОРЕ, 2003. — 502 с.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПРИ ИХ ЛОКАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ

Г.М. Чуйко¹, В.В. Законнов¹, А.В. Герман¹, Е.С. Бродский², А.А. Шелепчиков²,
Д.Б. Фешин², Д.Э. Тиллитт³

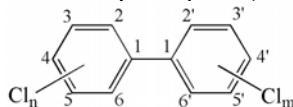
¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, г. Борок, Россия, e-mail: gko@ibiw.yaroslavl.ru

²Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия, e-mail: efbr@mail.ru

³Коламбийский центр исследования окружающей среды, Колумбия, США, e-mail: dtillitt@usgs.gov

В последние 30 лет при экологических исследованиях повышенное внимание уделяется группе стойких органических загрязнителей (СОЗ) или т. н. «грязной дюжине». СОЗ относятся к классу хлорорганических соединений и обладают рядом специфических свойств: 1) биоаккумуляция за счет высокой липофильности; 2) глобальная распространенность; 3) высокая стойкость к физическим, химическим и биологическим факторам; 4) способность оказывать токсическое действие на организмы в крайне малых дозах. В 2002 г. в Стокгольме была принята и подписана Глобальная международная конвенция о запрещении производства и использования СОЗ, к которой присоединилась и Россия.

Среди СОЗ полихлорированные бифенилы (ПХБ) — одни из самых распространенных. Они массово производились и использовались, начиная с 1929 г. До прекращения их промышленного выпуска в 1986 г. в мире было произведено около 2 млн т ПХБ. Они относятся к классу ароматических соединений, состоящих из двух бензольных колец, соединенных через межъядерную связь С-С и замещенных от одного до десяти атомами хлора в *орто*-, *мета*- или *пара*-положениях.



Существует 209 индивидуальных конгенов ПХБ, отличающихся числом и положением атомов хлора в молекуле, имеющих общую формулу: $C_{12}H_{10-n}Cl_n$, где $n = 1-10$.

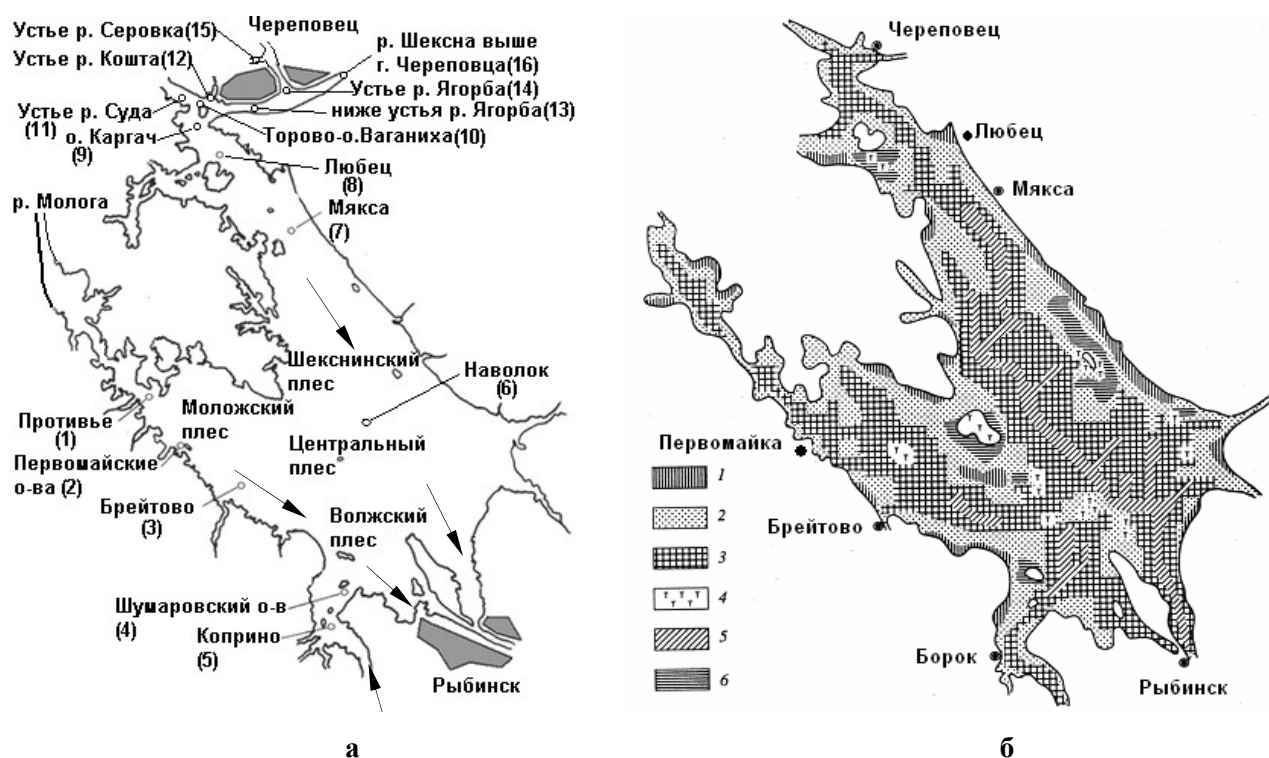
Благодаря исключительным физико-химическим свойствам ПХБ нашли широкое применение как диэлектрики, гидравлические жидкости, теплоносители и хладоагенты, смазочные масла, компоненты красок, лаков и клеевых составов, пластификаторов и наполнителей в пластмассах и эластомерах, антипиренов, растворителей. Негативной стороной этих свойств является чрезвычайно высокая устойчивость и продолжительное время циркуляции ПХБ в окружающей среде. Основным путем поступления ПХБ в организм животных и человека — трофический. В силу низкой гидрофильности ПХБ, попадая в воду, не растворяются в ней, а быстро абсорбируются на минеральных и органических взвешенных частицах. С ними они разносятся по течению на значительные расстояния и оседают на дно, аккумулируясь в донных отложениях (ДО) в зонах повышенной седиментации, приуроченных к местам замедления течения. По этой причине в пресноводных водоемах первичным накопителем ПХБ служат ДО, из которых они передаются бентосным беспозвоночным организмам, далее бентосоядным рыбам, хищным рыбам, рыбаоядным и моллюскооядным птицам и околоводным животным, включая человека. По мере включения ПХБ в биологические пищевые цепи происходит прогрессивная потеря низкохлорированных конгенов благодаря их селективной биотрансформации. Поэтому на высших уровнях пищевых сетей накапливаются наиболее опасные высокохлорированные конгены ПХБ (Занавескин, Аверьянов, 1998). Главная опасность ПХБ заключается в хронических токсических эффектах. Они оказывают иммунотоксическое и тератогенное действие, нарушают репродуктивную и пищеварительную функции, поведение, вызывают паралич конечностей, заболевание кожных покровов и отеки, являются активными промоторами карциномы печени, опухолевых новообразований и предшествующим им нарушениям метаболизма (Niimi, 1996).

Выпуск ПХБ во многих развитых странах запрещен, но они продолжают использоваться и циркулировать в окружающей водной среде. В последнее время в США и странах Западной Европы благодаря Национальным программам по контролю за ПХБ, обозначилась тенденция к снижению уровней их содержания в водных экосистемах. Несмотря на это исследования ПХБ там активно продолжаются. В России проводящиеся в этом направлении работы единичны из-за сложности определения ПХБ и необходимости дорогостоящего уникального оборудования (Мамонтов, 1999).

Цель работы — обобщить данные по распределению и накоплению ПХБ и их конгенов в элементах экосистемы Рыбинского водохранилища, одного из крупнейших искусственных водоемов волжского каскада.

Исследования проводились в период 1988–2006 гг. Пробы воды, ДО, бентоса и рыб отбирались весной—осенью с экспедиционного судна по сетке станций (рис. 1, а). Определение гранулометрического и физико-химического состава ДО и первичная обработка проб осуществлялись в ИБВВ РАН. Содержание ПХБ и их конгенов анализировалось в Лаборатории аналитической экотоксикологии ИПЭЭ РАН (Москва, Россия) хромато-масс-спектрометрическим (ХМСМ) методом высокого разрешения по общему содержанию ПХБ со степенью хлорирования 3–7, в КЦИОС (США) иммуносорбентным (ELISA) и капиллярным ГЖХ с ЭЗД методами по Арохлор 1254 и в Гидрохимическом институте (ГХИ, Ростов-на-Дону, Россия) методами ГЖХ и ХМСМ по Хлофен А-40 и А-50, используя собственные оригинальные и стандартные методики ЕРА.

Рыбинское водохранилище — одно из крупнейших в волжском каскаде. Оно заполнялось с 1941 по 1947 г. на месте слияния трех крупных рек: Волги, Мологи и Шексны, после строительства гидроузла в месте впадения р. Шексны в р. Волга выше г. Рыбинска. Соответственно руслам этих рек выделяют Волжский, Моложский и Шекснинский, а также Центральный плесы (рис. 1, а). Основные гидроморфометрические характеристики Рыбинского водохранилища: объем — 25,5 км³, площадь зеркала — 4550 км², площадь мелководий — 2553 км², длина — 250 км, максимальная ширина — 56 км, максимальная глубина — 30 м, коэффициент водообмена — 1,9 год⁻¹.



Карты-схемы Рыбинского водохранилища: а — места отбора проб; б — распределения ДО (1992 г.). Условные обозначения: 1 — трансформированные грунты, 2 — песок, илистый песок, 3 — песчанистый серый и глинистый илы, 4 — торф, 5 — торфогенный ил, 6 — торфянистый ил; —▶ направление течений

В экосистеме водохранилищ ДО — конечный продукт ряда процессов, протекающих в водоеме, в результате которых происходит накопление в них органических и минеральных веществ, включая антропогенное загрязнение, а также их последующая десорбция в водную толщу и передача по трофическим сетям. Как правило, дно водохранилища, создаваемого на равнинной реке, формируется из ДО бывшего речного русла и грунтов наземного происхождения. Соответственно русловым и заливным участкам распределяются и глубины водохранилищ. В большинстве своем основную часть акватории таких водохранилищ формируют мелководные литоральные зоны с песчаными или илесто-песчаными ДО (рис. 1, б). После образования Рыбинское водохранилище стало отстойником для взвешенных веществ рек Волга, Молога и Шексна, среднегодовая мутность которых 22, 10 и 42 г/м³, соответственно, а на выходе из него — 7 г/м³. В балансе взвешенных веществ приход осадкообразующего материала за период 1941–1992 гг. составил: абразия берегов, эрозия ложа и размыв торфяных славин — 87 %, сток речных наносов — 10 % и продукция гидробионтов — 3 %; в расходной части: аккумуляция на дне — 96 % и сброс в нижележащее водохранилище — 4 % (Законнов, 2007).

В северной части водохранилища в месте впадения в него р. Шексны в районе г. Череповец расположен индустриальный комплекс, включающий в себя крупнейшее в Европе металлургическое производственное объединение ОАО «Северсталь», химическое объединение «Аммофос» и ряд других предприятий. Впервые наличие ПХБ в экосистеме водохранилища было зарегистрировано в 1987 г. после широкомасштабной аварии на ОАО «Северсталь», приведшей к экологической катастрофе. Последовавшие за этим более детальные и направленные исследования позволили измерить общее содержание ПХБ в основных элементах экосистемы водохранилища и установить характер их пространственного распределения (Козловская, Герман, 1997; Chuiko et al., 2007). Показано, что наиболее высокие уровни содержания ПХБ наблюдаются в Шекснинском плесе водохранилища.

В воде ПХБ обнаружены только в 1990–1993 гг. в двух точках Шекснинского плеса — Мякса и р. Серовка (соответственно 0,29 и 0,16–0,33 мкг/л). В остальных точках за весь период наблюдения ПХБ были на уровне ниже предела обнаружения (табл. 1).

Таблица 1

Общее содержание ПХБ в воде и ДО Рыбинского водохранилища за период наблюдения 1990–2006 гг.

Плес и название станции отбора проб	№ станции	Вода, мкг/л		ДО, мкг/г сухой массы				
		1990–91 ¹	1993 ¹	1990–91 ¹	1992 ¹	1993 ¹	1996 ²	2006 ³
Моложский плес								
Противье	1	–	–	–	–	–	0,008	–
Первомайские острова	2	<0,03	–	<0,05	–	<0,05	0,024	0,025
Брейтово	3	<0,03	–	<0,05	–	<0,05	0,011	0,047
Волжский плес								
Шумаровский остров	4	<0,03	<0,03	<0,05	–	<0,05	–	–
Д. Коприно	5	<0,03	<0,03	<0,05	–	<0,05	–	–
Центральный плес								
Наволоки	6	<0,03	<0,03	<0,05	–	<0,05	–	–
Шекснинский плес								
Мякса	7	0,29	<0,03	0,06	0,11	0,14	0,102	0,028
Любец	8	Следы	Следы	0,14	0,18	0,23	0,017	0,155
О. Каргач	9	<0,03	Следы	0,30	–	0,15	–	–
Торово — о. Ваганиха	10	Следы	<0,03	0,32–0,60	–	0,38	0,160	0,426
Устье р. Суда	11	–	–	–	–	–	0,082	–
Устье р. Кошта	12	–	–	–	–	–	0,144	–
В черте г. Череповец ниже устья р. Ягорба	13	<0,03	<0,03	0,51	–	1,3	–	–
Устье р. Ягорба	14	–	–	–	–	–	0,540	0,143
Устье р. Серовка	15	0,16	0,33	7,16	–	4,84	0,656	–
Р. Шексна выше г. Череповца	16	<0,03	<0,03	<0,05	–	0,04	–	–

В ДО ПХБ регистрировались по всему Шекснинскому плесу в течение периода наблюдения. При этом, чем дальше вниз по течению от г. Череповец, тем ниже содержание ПХБ (от устья р. Серовки до Мяксы). В остальных плесах и в р. Шексна выше г. Череповца, их содержание находится на уровне пределов обнаружения. Такой характер распределения ПХБ в ДО предполагает наличие локального источника их поступления в водохранилище. Наибольшие уровни ПХБ выявлены в ДО устья р. Серовка, являющейся приемником сточных вод ОАО «Северсталь» (табл. 1). По наблюдениям 2006 г. в ДО Волжского плеса и на ст. Мякса преобладают наименее токсичные низкохлорированные тетраконгинеры, в то время как в непосредственной близости к г. Череповцу (Любец, Торово) доминируют наиболее токсичные высокохлорированные пента- и гексаконгинеры. В целом распределение конгенов ПХБ в пробах типично для Совола или аналогичного ему Арохлор 1254.

Исследование содержания ПХБ на частицах ДО различного гранулометрического состава, находящихся на равноудаленном расстоянии от источника поступления ПХБ в водоем (разрез Торово — о. Ваганиха), демонстрирует, что ПХБ накапливаются преимущественно в грунтах, содержащих мелкоалевритовую (0,05–0,01 мм) и пелитовую (<0,01 мм) фракции. Это указывает на тесную связь ПХБ с органическим веществом ДО и обуславливает их накопление в тонкодисперсных илах глубоководных районов на бывших затопленных руслах рек (табл. 2).

Таблица 2

Гранулометрический состав, содержание органического вещества (ОВ) и ПХБ в ДО Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища на разрезе Торова — о. Ваганиха

Преимущественный тип осадка	Глубина залегания грунта, м	Гранулометрический состав, % (мм)				Средний диаметр частиц, мм	ОВ, %	ПХБ, мг/кг сухой массы
		1,0–0,1	0,10–0,05	0,05–0,01	<0,01			
Песок	0–4	55,7	41,0	2,6	0,7	0,26	0,6	0,07
Песчанистый ил	4–6	32,2	45,6	13,2	9,0	0,11	7,1	0,33
Илистый песок	6–8	27,7	47,4	15,8	9,1	0,12	3,5	0,21
Песок	8–10	67,2	26,7	5,0	1,1	0,21	3,6	0,09
Глинистый ил	8–10	10,8	21,2	10,6	57,4	0,06	22,4	0,51
То же	>10	3,8	12,7	13,3	70,2	0,03	25,6	0,58
Торфогенный ил	>10	17,1	45,4	7,4	30,1	0,07	42,4	0,55
Корреляция показателя с концентрацией ПХБ, r (p)		–0,79 (0,04)	–0,36 (0,04)	0,44 (0,33)	0,87 (0,01)	–0,93 (0,01)	0,88 (0,01)	

Потенциальная способность накапливать ПХБ в ДО, содержащих большое количество органики, может быть еще выше. Так, в р. Серовка вблизи от места поступления ПХБ в водоем в черных илах антропогенного происхождения их концентрация достигала 13,9 мкг/г сухой массы при содержании ОВ 29,4 % (Козловская, Герман, 1997). Исходя из закономерностей сорбции ПХБ в ДО различного гранулометрического состава, их реальных концентраций и рассчитанных скоростей седиментации, поступление ПХБ в Шекснинский плес водохранилища составило в 1993 г. — 60 кг/год, основная масса которых (57,7 % общей массы ПХБ) аккумулировалась в непосредственной близости от г. Череповца (табл. 3). Главную роль в аккумуляции ПХБ в ДО играют серые глинистые илы, занимающие 12 % площади и составляющие 19 % их массы. Общее количество ПХБ, аккумулированное в верхнем 5-сантиметровом слое ДО глубоководной зоны (> 6 м), составляет 501,2 кг. Преимущественное распространение и аккумуляция ПХБ происходит по бывшему руслу р. Шексны. Несмотря на относительно небольшую площадь глубоководной зоны (21,4 % общей площади Шекснинского плеса), полученные данные отражают истинное накопление ПХБ в этом районе водохранилища.

Таблица 3

Среднегодовое накопление ПХБ в ДО Шекснинского плеса

Участок*	Тип грунта	Площадь, км ²	Интенсивность седиментации, тыс. т/год	ПХБ, кг/год
I	Песок	1,2	2,6	0,2
	Илистый песок	24,2	37,3	3,4
	Песчанистый ил	5,2	7,8	2,3
	Серый глинистый ил	21,1	49,8	27,0
II	Песок	6,4	0,7	0,1
	Илистый песок	15,5	23,5	1,2
	Серый глинистый ил	29,2	52,9	15,9
III	Песок	13,6	19,6	0,0
	Илистый песок	23,7	49,0	2,9
	Песчанистый ил	3,5	2,0	0,1
	Серый глинистый ил	34,1	80,3	8,8
	Торфогенный ил	2,5	7,9	0,5

* I — район Череповца с реками Серовкой, Ягорбой и Коштой до о. Ваганиха, II — Любец — Мякса, III — Мякса — ст. Гаутино).

Накопленные в ДО ПХБ передаются дальше по трофической сети к бентосным организмам, характер распределения в которых по станциям тот же, что и в отложениях. Наибольшее содержание ПХБ в бентосе наблюдается в Шекснинском плесе (табл. 4). При пересчете содержания ПХБ в бентосе на сухую массу коэффициент их аккумуляции по сравнению с ДО составляет 10–30 раз (Герман, Законнов, 2003).

Дальнейшее звено в трофической сети после бентоса — бентосоядные рыбы, среди которых наиболее массовым видом в Рыбинском водохранилище является лебедь. Характер аккумуляции ПХБ в

мышцах леща в разных плесах соответствует их пространственному распределению в ДО и бентосе (табл. 5) (Герман, Козловская, 1999).

Таблица 4

Общее содержание ПХБ в бентосе Рыбинского водохранилища в 1990–1991 и 1996 гг., мкг/г сырой ткани

Плес и название станции отбора проб	№ станции	Хириномиды	Олигохеты	Вивипарус	Дрейссена	
		1990–1991	1990–1991	1990–1991	1990–1991	1996
Моложский плес						
Первомайские острова	2	<0,05	<0,05	–	<0,05	–
Брейтово	3	<0,05	<0,05	–	Следы	<0,005
Волжский плес						
Шумаровский остров	4	–	–	<0,05	<0,05	–
Шекснинский плес						
Мякса	7	0,15	<0,05	0,14	0,20	–
Любец	8	0,17	Следы	0,24	0,76	–
Торово — о. Ваганиха	10	0,67	1,80	1,32	1,40	–
Устье р. Кошта	12	–	–	–	–	0,23–0,26

Таблица 5

Общее содержание ПХБ в мышцах леща Рыбинского водохранилища в 1989–2006 гг., мкг/г сырой ткани

Плес и название станции отбора проб	№ станции	1989 ¹	1990 ¹	1991 ¹	1996 ²	2006 ³
Моложский плес						
Первомайские острова	2	<0,05	–	–	<0,005	0,004
Брейтово	3	<0,05	<0,05	<0,05	–	–
Волжский плес						
Шумаровский остров	4	–	<0,05	–	–	–
Шекснинский плес						
Мякса	7	0,26	Следы	0,05	–	0,022
Любец	8	0,92	0,24	0,14	–	0,048
Торово — о. Ваганиха	10	1,64	0,49	0,27	0,023–0,183	0,051
Устье р. Кошта	12	–	–	–	0,028–0,219	–

В 2006 г. распределение конгенов в целом типично для Совола или аналогичного ему Арохлора 1254, преобладают пента- и гексахлорзамещенные конгены. Сходство профиля конгенов ПХБ в технической смеси и в тканях леща свидетельствует о том, что загрязнение относительно «свежее», так как при многолетнем пребывании в организме рыбы профиль ПХБ должен измениться, следовательно, рыба постоянно получает ПХБ из окружающей среды. На основании этого можно утверждать, что ПХБ до сих пор поступают в экосистему Рыбинского водохранилища.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 08-05-00805.

ЛИТЕРАТУРА

- Герман А.В., Законнов В.В. Аккумуляция полихлорированных бифенилов в Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. — 2003. — Т. 30, № 5. — С. 571–575.
- Герман А.В., Козловская В.И. Содержание полихлорированных бифенилов в леще *Abramis brama* Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиол. — 1999. — Т. 39, № 1. — С. 139–142.
- Законнов В.В. Осадкообразование в водохранилищах Волжского каскада: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — М., 2007. — 39 с.
- Занавескин Л.Н., Аверьянов В.А. Полихлорбифенилы: проблемы загрязнения окружающей среды и технологические методы обезвреживания // Успехи химии. — 1998. — Т. 67, № 8. — С. 788–800.
- Козловская В.И., Герман А.В. Полихлорированные бифенилы и полиароматические углеводороды в экосистеме Рыбинского водохранилища // Водные ресурсы. — 1997. — Т. 24, № 5. — С. 563–569.
- Мамонтов А.А. Полихлорированные дибензо-п-диоксины и родственные им соединения в экосистеме озера Байкал: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — СПб., 1999. — 26 с.
- Chuike G.M., Tillitt D.E., Zajicek J.L. et al. Chemical contamination of the Rybinsk Reservoir, Northwest Russia: relationship between liver polychlorinated biphenyls (PCB) content and health indicators in bream (*Abramis brama*) // Chemosphere. — 2007. — Vol. 67, № 3. — P. 527–536.
- Niimi A.J. PCBs in aquatic organisms // Environmental contaminants in wildlife. Interpreting tissue concentrations / Eds W.N. Beyer, G.H. Heinz, F.W. Redmon-Norwood. — Boca Raton; N.Y.; L.; Tokyo: CRC Press, 1996. — Ch. 5. — P. 117–151.

БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ИХ СООТНОШЕНИЯ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ МОРЯ У ЮГО-ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ

А.Э. Шагинян, В.В. Коломейцев, В.Д. Свириденко, Е.С. Воронова
КамчатНИРО, г. Петропавловск-Камчатский, Россия, e-mail: shaginalexey@yandex.ru

Южный участок камчатского охотоморского побережья, включающий в себя приустьевые районы рек Озерной и Большой, имеет большое рыбохозяйственное значение. Здесь проходит ранний морской период жизни скатившейся молоди лососей, обитает молодь морских промысловых рыб. В формировании кормовой базы всех гидробионтов решающая роль принадлежит фитопланктону, необходимым условием жизнедеятельности которого является наличие в воде биогенных элементов — азота, фосфора, кремния, количество которых лимитирует его развитие. Цель исследования — оценка содержания биогенных элементов в поверхностном слое моря у юго-западного побережья Камчатки, выявление элемента, лимитирующего развитие фитопланктона. Для этого использованы результаты комплексных исследований НИС МРТК-316 в мае, июне и июле 2005–2006 гг. Гидрохимические пробы отбирали батометром в поверхностном слое ($\approx 0,3$ м). В лабораторных условиях по общепринятым методикам определяли концентрацию минеральных форм фосфора, азота, кремния (Алекин и др., 1973) и растворенного органического углерода ($C_{орг}$) (Руководство ..., 2003). Элемент, лимитирующий развитие фитопланктона, выявляли на основе анализа молярных соотношений минеральных форм Si/P, Si/N и N/P, которые сравнивали со стехиометрическим соотношением для фитопланктона $C : Si : N : P = 106 : 23 : 16 : 1$ (Redfield et al., 1963).

Столь детальное исследование прибрежной полосы у западной Камчатки проведено впервые. В течение периода исследований концентрация азота и фосфора была максимальной в июне, а содержание растворенного кремния в период с мая по июль уменьшалось (см. таблицу). Анализ соотношений Si/P, Si/N и N/P, осредненных для всего района, показал, что в прибрежных водах в относительном избытке находился кремний, а в дефиците — азот. Величины Si/P, Si/N и N/P соответствовали 32,0–200,0, 95,0–721,0 и 0,4–3,1, т.е. азот лимитировал развитие фитопланктона, что соответствует результатам более ранних исследований в Охотском море (Аржанова и др., 2002). Содержание растворенного органического углерода увеличивалось от мая к июлю, достигая 4,6–5,0 мг/л.

Концентрация минеральных азота, фосфора, кремния (μM), их соотношения и содержание органического углерода (мг/л) на поверхности моря у юго-западного побережья Камчатки

Год	Месяц	Концентрация биогенных элементов			N/P	Si/P	Si/N	$C_{орг}$
		N	P	Si				
2005	Май	0,3	0,8	108	0,4	200	444	3,6
	Июнь	0,5	1,0	75	0,5	85	323	4,7
	Июль	0,3	0,9	61	0,4	77	281	5,0
2006	Июнь	1,0	1,4	45	0,7	32	95	–
	Июль	0,4	0,9	41	3,1	189	721	4,6

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 286 с.
- Аржанова Н.В., Налетова И.А., Сапожников В.В., Полякова А.В. Обеспеченность фитопланктона биогенными элементами в северной части Охотского моря // *Океанология*. — 2002. — Т. 42, № 2. — С. 198–209.
- Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. — М.: ВНИРО, 2003. — 202 с.
- Redfield S., Ketchum V.H., Richards F.A. The influence of organisms on the composition of seawater // *The Sea*. — N.Y., 1963. — Vol. 2. — P. 15–77.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГИСТОПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПЕЧЕНИ КАМБАЛ ИЗ РАЙОНОВ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.А. Швед¹, И.Г. Сясина²

¹ Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия,
e-mail: nikita85_2001@mail.ru

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: syasina@mail.ru

Введение

В настоящее время для оценки экологического состояния морских акваторий все чаще используют биомаркеры — устойчивые изменения, происходящие в результате воздействия токсических веществ на разных уровнях биологической организации. Особенно ценными и информативными показателями загрязнения морской среды являются так называемые гистопатологические биомаркеры — повреждения клеток, тканей, органов морских организмов, вызванные действием токсических веществ (Hinton et al., 1992). Патологические изменения органов видов-индикаторов могут использоваться для долговременного мониторинга экологической ситуации в прибрежных зонах морей, подвергнутых антропогенному воздействию. Биомониторинг экологического состояния Амурского залива с использованием рыб начат сотрудниками ИБМ ДВО РАН с 1995 г. Изучена патология внутренних органов и выявлены гистопатологические маркеры загрязнения у нескольких видов камбаловых рыб (Сясина и др., 2000; Дуркина, 2002, 2003; Vaschenko et al., 2003). В 2006–2007 гг. в рамках комплексного проекта по изучению биоразнообразия южного Приморья проводился стандартный гистопатологический анализ основных органов и тканей массовых видов рыб для выявления фоновых заболеваний и оценки физиологического состояния. Цель настоящей работы — сравнить состояние печени камбал из наиболее загрязненной кутовой части Амурского залива и из трех экологически чистых районов, охраняемых акваторий Японского моря, а именно бухты Троицы, зал. Восток и бухты Киевка. Для достижения поставленной цели решали следующие задачи: 1) провести гистологический анализ печени камбал на наличие патологических изменений, которые являются биомаркерами загрязнения морской среды; 2) сравнить состояние печени у камбал из четырех исследуемых районов на основании частоты встречаемости гистопатологических изменений; 3) провести сравнительный анализ встречаемости гистопатологических изменений в печени полосатой камбалы из загрязненной части Амурского залива в разные годы.

Материалы и методы

Исследования проводились на четырех видах камбал: полосатой камбале *Pleuronectes pinnifasciatus*, длиннорылой *Pleuronectes punctatissimus*, темной *Pleuronectes obscurus* и желтополосой камбале *Pleuronectes herzensteini*.

Отлов рыб осуществлялся ставной сетью весной—летом 2006–2007 гг. на трех станциях в охраняемых акваториях: бухта Троицы (31 мая — 5 июня), зал. Восток — (15–20 июня), бухта Киевка (25 июня — 7 июля). На ст. Тавричанка камбал выловили 14 ноября 2006 г., после чего рыбу поместили в аквариум, фиксацию материала проводили 5 и 13 декабря.

Кусочки печени фиксировали в жидкости Буэна, материал заливали по стандартной методике. Срезы депарафинировали и окрашивали гематоксилином-эозином. Полученные препараты исследовали на микроскопе OLYMPUS, фотографировали с помощью цифровой камеры той же фирмы. Определяли частоту встречаемости (%) патологических изменений. Поскольку темная камбала выловлена на всех станциях в охраняемых акваториях, а длиннорылая, полосатая и желтополосая камбалы встречены в небольшом количестве, либо присутствовали в уловах на какой либо одной станции, то сравнительный анализ встречаемости патологических изменений приведен, в основном, для темной камбалы.

Результаты и их обсуждение

Характеристика гистопатологических изменений в печени камбал из районов с разным уровнем антропогенного загрязнения. При микроскопическом исследовании печени камбал из

всех исследованных районов выявлены 11 типов патологических изменений: вакуолизация гепатоцитов, пикноз ядер, плеоморфизм ядер, некроз гепатоцитов, воспаление, увеличение числа и размеров меланомакрофаговых центров, гиперемия, некроз эпителия желчных протоков, накопление базофильных и пигментированных цитоплазматических включений в гепатоцитах и общий отек печени.

Бухта Троицы. На данной станции выловлено и изучено 7 камбал в 2006 г. и 19 камбал в 2007 г. Длина рыб варьировала от 21 до 38 см. В целом, состояние печени рыб с данной станции соответствовало норме. Хорошо прослеживались печеночные трабекулы с кровеносными капиллярами между ними. У двух особей с длиной тела 31 и 38 см выявлен застой желчи в гепатоцитах, что характеризовалось наличием округлых зеленовато-желтоватых включений в цитоплазме и в желчных протоках. Дегенеративные и деструктивные изменения отмечены у единичных особей, так у двух темных и одной желтополосой камбал обнаружен кариопикноз, связанный, по-видимому, с вакуолизацией гепатоцитов, а у длиннорылой камбалы найден очаг некроза. Воспаления и увеличения размеров и числа меланомакрофаговых центров, отека печени у камбал из бухты Троицы не выявлено.

Залив Восток. На данной станции выловлено и изучено 9 камбал. Размеры рыб изменялись от 22 до 38 см. Вакуолизация гепатоцитов найдена в печени двух желтополосых и одной полосатой камбалы. Воспалительных реакций и отека печени у рыб из зал. Восток не выявлено. Практически все гепатоциты печени одной из исследованных темных камбал содержали пигментированные гранулы, что, вероятно, обусловлено нарушением оттока желчи. Некроз гепатоцитов был обнаружен в печени одной рыбы. В печени двух рыб (темной и полосатой камбал) обнаружено большое количество крупных меланомакрофаговых центров. Гепатоциты одной из желтополосых камбал были гипертрофированны и содержали базофильно окрашенные включения. Характер внутриклеточного расположения включений и базофильная окраска позволяют предполагать наличие вирусного или бактериального заражения.

Бухта Киевка. На данной станции выловлено и изучено 28 темных камбал, длина тела которых изменялась от 18 до 37 см. Характерной особенностью рыб из бухты Киевка является накопление в печени достаточно большого запаса питательных веществ, однако повреждения гепатоцитов не происходит. Печеночные клетки содержат многочисленные вакуоли, между которыми располагается цитоплазма. Смещение цитоплазмы и ядра, и изменение последним формы не происходит. В ядрах прослеживается эу- и гетерохроматин, что свидетельствует об их активности. Вакуолизация гепатоцитов отмечена в печени четырех рыб, что составило 14 %, с такой же частотой встречается кариопикноз и диффузный некроз гепатоцитов. Увеличение размеров меланомакрофаговых центров и воспаление обнаружено в печени всего лишь одной особи (4 %). Отек печени у рыб со ст. Киевка не выявлено.

Амурский залив, станция Тавричанка. В 2006 г. на данной станции выловлено и изучено 14 рыб. Размеры камбал изменялись от 20,0 до 29,5 см. Вакуолизация гепатоцитов выявлена в печени трех рыб, встречаемость этого типа патологии достигла 21 %. Особенностью состояния печени изученных рыб стало широкое распространение увеличенных меланомакрофаговых центров (50 %). Отек печени зарегистрирован у трех камбал; кариопикноза, некроза и воспаления у рыб, выловленных на ст. Тавричанка в 2006 г., не обнаружено.

Сравнительный анализ встречаемости патологических изменений в печени полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* со станции Тавричанка с 2001 по 2006 г. В 2001 г. впервые производился анализ печени полосатой камбалы из кутовой части Амурского залива в районе ст. Тавричанка. Были выявлены три типа патологии: вакуолизация гепатоцитов, некроз гепатоцитов, воспаление (Сяпина и др., 2001). В 2005 и 2006 гг. проведен такой же анализ. Сравнительная частота встречаемости патологических изменений приведена в таблице. В 2001 г. вакуолизация гепатоцитов отмечена у 48 % особей, что в два раза меньше этого показателя в 2005 г. (96 %), а в 2006 г. вакуолизация гепатоцитов обнаружена только у 21 % рыб. В 2005 г. некрозом гепатоцитов страдало в два раза больше рыб, чем в 2001 г. (соответственно 17 и 8 %). Данная патология в 2006 г. не выявлена. В 2005 г. у 48 % камбал со ст. Тавричанка выявлено увеличение числа и размеров ММЦ, в 2006 г. значение показателя осталось на том же уровне (50 %). В 2001 и 2006 гг. у рыб со станции Тавричанка не было ни одного случая некроза эпителия желчных канальцев, у 9 % рыб выловленных в 2005 г. была обнаружена данная патология. Интересным фактом является высокий показатель воспалительных реакций в 2001 г. (24 %), и отсутствие воспалений в 2005 и 2006 гг.

Более низкий уровень встречаемости патологических изменений или отсутствие некоторых типов в 2006 г. объясняется, по-видимому, содержанием рыб после отлова в течение 20–30 сут в аквариуме с более чистой водой, чем на ст. Тавричанка.

Частота встречаемости (%) патологических изменений в печени полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* со ст. Тавричанка в разные годы

Тип патологических изменений	2001	2005	2006
Вакуолизация	48	96	21
ММЦ	0	48	50
Пикноз	0	26	0
Некроз	8	17	0
Отек	0	15	0
Воспаление	24	0	0

Сравнительный анализ встречаемости патологических изменений в печени камбал из загрязненных и незагрязненных районов. Характерной патологией печени, выявленной у рыб со всех станций, являются дистрофические изменения, на морфологическом уровне выраженные вакуолизацией гепатоцитов. Обнаруживаются крупные вакуоли, оттесняющие цитоплазму и ядра гепатоцитов на периферию. Ядра при этом теряют округлую форму, хроматин конденсируется, и развивается кариопикноз. Известно, что дистрофические изменения в начальной или умеренной степени являются обратимыми. Встречаемость вакуолизации гепатоцитов у рыб из загрязненных районов может достигать 96 % (полосатая камбала со ст. Тавричанка) — 80 % (темная камбала из Амурского залива). У камбал из чистых районов данный показатель не превышает 14 % (темная камбала из бухты Киевка), или же встречается в единичных количествах у рыб из бухты Троицы. В печени темных камбал из зал. Восток вакуолизации не обнаружено. Следует отметить, что степень вакуолизации гепатоцитов у рыб из чистых районов значительно ниже, размеры вакуолей небольшие, и не происходит смещения и деформации ядра.

Некроз гепатоцитов часто встречается у рыб из загрязненных районов. Так, частота встречаемости этой патологии составила 30 % у темной камбалы из Амурского залива в 1997 г. (Сяпина и др., 2001), 17 % у полосатой камбалы из кутовой части залива в 2005 г., тогда как у темной камбалы из бухты Киевка данный показатель не превышает 14 %, а у рыб из бухты Троицы и зал. Восток некроза не выявлено.

Наличием воспалительных реакций характеризовались 24 % полосатых камбал со ст. Тавричанка в 2001 г., в чистых районах данная патология встречена только у 4 % рыб из бухты Киевка, а у рыб из бухты Троицы и зал. Восток данной патологии не обнаружено.

Частота встречаемости увеличенных меланомакрофаговых центров у рыб из загрязненного района достигает 50 % у полосатой камбалы (2006 г.) и 10 % у темной камбалы (1997 г.) (Сяпина и др., 2001). Данная патология встречается лишь в единичных случаях у рыб из зал. Восток и бухты Киевка и совсем не обнаруживается у рыб из бухты Троицы.

На ст. Тавричанка 3 рыбы страдало отеком печени. Данная патология не характерна для рыб из чистых районов.

Состояние печени камбал из зал. Восток несколько хуже, чем у рыб из бухт Троицы и Киевка, поскольку наряду с вакуолизацией и локальным некрозом гепатоцитов, увеличением размеров и количества ММЦ, выявлено накопление пигментированных гранул в гепатоцитах темной и базофильных включений в гепатоцитах желтополосой камбал. Наличие больших количеств пигмента свидетельствует о нарушении метаболизма. У одной из камбал из зал. Восток в гепатоцитах отмечены базофильные включения, что предполагает вирусное или бактериальное заболевание.

Несмотря на то, что от вылова до фиксации рыб со ст. Тавричанка прошел месяц, в течение которого они находились в более чистой среде, у 7 особей выявлено увеличение размера и числа меланомакрофаговых центров. ММЦ, также известные как макрофаговые агрегаты, это особая группа пигментсодержащих клеток, расположенных в тканях гетеротермных позвоночных. У рыб, амфибий, рептилий они обычно встречаются в селезенке, почках, а также в печени. Меланомакрофаговые центры могут формироваться и в других частях тела в связи с хроническими воспали-

тельными процессами. В большинстве случаев они возникают как скопление лимфоцитов и макрофагов. Меланомакрофаговые центры, как правило, содержат различные пигменты (включая меланин), а увеличение ассортимента пигментов и их количества свидетельствуют о болезни. Увеличение количества ММЦ и их размеров в тканях рыб при стрессах со стороны окружающей среды может служить надежным биомаркером качества воды при химических загрязнениях (Agius, Roberts, 2003).

По результатам исследований в 2005 и 2006 гг. выявлена тенденция увеличения частоты встречаемости ММЦ у рыб, выловленных на ст. Тавричанка. Снижение встречаемости вакуолизации, некроза гепатоцитов, кариопикноза и отека связано, по-видимому, с пребыванием рыб в более чистой воде в течение месяца перед фиксацией.

В печени камбал из загрязненной части Амурского залива выявлена более высокая частота встречаемости гистопатологических изменений, что свидетельствует о большем нарушении у них метаболизма, чем у животных из незагрязненных районов. Поскольку печень является пограничным органом, участвующим в метаболизме и детоксикации токсических веществ, она может служить индикатором состояния всего организма. Сравнительный анализ частоты встречаемости гистопатологических изменений и степени их выраженности свидетельствует о том, что состояние рыб из загрязненной части Амурского залива (ст. Тавричанка) значительно хуже, чем в трех незагрязненных акваториях, несмотря на то, что исследованы более молодые рыбы (длина тела не превышала 30 см), у которых возрастные изменения не выражены. Крупные камбалы с длиной тела от 30 до 38 см были выловлены только в охраняемых акваториях. Сравнительный анализ встречаемости повреждений в печени камбал со ст. Тавричанка в 2001, 2005 и 2006 гг. показывает сужение спектра патологических изменений, снижение частоты встречаемости вакуолизации гепатоцитов, некроза гепатоцитов, воспаления и отека. Отмечена тенденция увеличения размеров меланомакрофаговых центров.

У камбал из бухты Троицы, зал. Восток и бухты Киевка встречаются гистопатологические изменения в печени и других органах (неопубл. данные), обусловленные наличием паразитов, бактериальных инфекций, возрастными и сезонными изменениями. Таким образом, патология печени у рыб из охраняемых районов обусловлена не столько загрязнением среды, сколько естественными биологическими факторами. У рыб из загрязненных районов спектр патологических изменений гораздо шире, частота встречаемости выше, степень выраженности сильнее.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ДВО РАН 06-1-П16-057, 06-1-П11-034, МОН РФ РНП.2.1.1.2641 и CRDF RUXO-003-VL-06.

ЛИТЕРАТУРА

Дуркина В.Б. Массовое разрушение овариальных фолликулов и его особенности у полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* из Амурского залива Японского моря // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 42, № 2. — С. 286–288.

Дуркина В.Б. Морфологические изменения в интерренальной железе полосатой камбалы *Pleuronectes pinnifasciatus* (Pleuronectidae) из Амурского залива Японского моря в течение репродуктивного цикла // Вопр. ихтиол. — 2002. — Т. 42, № 1. — С. 141–144.

Сяпина И.Г., Арбузова Л.Л., Жадько Е.А., Соколовский А.С. Гистоморфологические изменения в органах камбалы *Pleuronectes obscurus* из загрязненной части Амурского залива Японского моря // Биол. моря. — 2000. — Т. 26, № 4. — С. 265–271.

Сяпина И.Г., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Патология рыб из устья реки Туманной и прилегающей морской акватории // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. — Владивосток: Дальнаука, 2001. — Т. 2. — С. 138–175.

Agius C., Roberts R.J. Melano-macrophage centers and their role in fish pathology // J. Fish Dis. — 2003. — Vol. 26. — P. 499–509.

Hinton D.E., Baumann P.C., Gardner G.R. et al. Histopathological biomarkers // Biochemical, physiological, and histological markers of anthropogenic stress. — Michigan: Lewis Publ., 1992. — P. 155–173.

Vaschenko M.A., Syasina I.G., Durkina V.B., Zhadan P.M. Contamination of sediments and histological alterations in barfin plaice *Pleuronectes pinnifasciatus* from Amursky Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // Ocean and Polar Res. — 2003. — Vol. 25. — P. 31–40.

ГИДРОХИМИЯ НЕРЕСТОВЫХ РЕК СОВЕТСКО-ГАВАНСКОГО РАЙОНА

В.П. Шестеркин, Ю.А. Форина
ИВЭП ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия, e-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru

Советско-Гаванский район — южный район Хабаровского края. Наиболее крупными его водотоками являются Коппи, Ботчи и Большая Хадя, площадь водосборов которых составляет соответственно 7290, 2810 и 1990 км². Зарождаясь на восточных склонах хребта Сихотэ-Алинь, они, имея небольшую длину (> 220 км), быстро скатываются в Татарский пролив. В гидрохимическом отношении реки Советско-Гаванского района до недавнего времени изучены не были. Ситуация изменилась в июне 2003 г., когда по инициативе директора ООО «Комета» К.Н. Кужеля на реках Тохтинка, Аджоба, Птичьа и Гыджу были проведены гидрохимические исследования на предмет сооружения в бассейнах этих рек ЛРЗ (лососевых рыбопроизводных заводов). Эти исследования, так же как и другие изыскания (гидрологические, ихтиологические и др.), послужили основой для строительства в бассейне р. Гыджу первого в восточной части северного Сихотэ-Алиня рыбопроизводного завода, на который в 2007 г., по данным ООО «Комета», пришло 1537 экз. симы.

Последующие исследования в 2005–2007 гг. на реках Коппи, Большая Хадя, Мульпа и ручье ГПУ позволили получить более подробные сведения о химическом составе воды нерестовых рек Советско-Гаванского района. Пробы воды анализировались по аттестованным методикам в Межрегиональном центре экологического мониторинга гидроузлов при ИВЭП ДВО РАН.

Химический состав поверхностных вод рек Советско-Гаванского района формируется на сложной трудновыщелачиваемыми горными породами (базальтами, андезитами и др.), достаточно увлажненной, среднегорной и малонаселенной территории, часть которой в значительной степени была пройдена в 1976 г. лесными пожарами. Такие пожары, как свидетельствуют исследования в бассейне р. Анюй, могут обуславливать повышенные уровни концентраций нитратного азота в воде таежных рек даже на 9-й послепожарный год (Шестеркин и др., 2007).

Исследуемые реки по гидрогеологическому районированию относятся к Советско-Гаванскому субаэрально-субаквальному вулканогенному гидрогеологическому бассейну, площадь которого составляет около 10 000 км² (Гидрогеология СССР, 1971). Исходя из карты водоносных горизонтов, комплексов и зон трещиноватости Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканогенного пояса и смежных с ним геоструктур (Болдовский, 1994), в бассейнах этих рек наиболее широкое распространение получили водоносные комплексы олигоцен-миоценовых вулканогенных образований (базальты, андезиты, дациты и их туфы, прослойки туфогенно-осадочных и осадочных пород) с пластово-поровыми, пластово-трещинными и трещинно-жильными (в зонах тектонических нарушений), преимущественно напорными водами. Иногда в зонах тектонических нарушений формируются значительные ресурсы трещинно-жильных подземных вод. Родники, питающиеся подземными водами данного комплекса, приурочены преимущественно к контакту плотных и пористых базальтов Кизинской свиты. Дебит родников составляет 2,0 дм³/с (Болдовский, 1994), поэтому зимой некоторые водотоки (ГПУ, Гыджу) покрываются льдом лишь в самые холодные месяцы зимы.

Речные воды Советско-Гаванского района по величине рН являются нейтральными. Наименьшее ее значение (до 6,10), вызванное поступлением в речную сеть продуктов разложения органического вещества с поверхности водосбора, отмечается в верхнем течении рек во время половодья. Подобная динамика величины рН характерна для многих крупных рек Северного Сихотэ-Алиня (Анюй, Гур, Хор и др.). Максимальная величина рН (до 7,45) наблюдается в воде приустьевых участков рек, подверженных влиянию моря. В зимнюю межень, когда основным питанием речных вод является грунтовое, в воде незамерзающих рек (ГПУ и Гыджу) величина рН может достигать 7,62.

Малые реки характеризуются высоким содержанием растворенного в воде кислорода. Летом, как свидетельствуют наблюдения на реках Гыджу и Тохтинка, максимальная концен-

трация этого газа (более 11,0 мг/дм³) отмечается в речной воде на участках с быстрым течением, в районе порогов и водопадов. С появлением плесов в нижнем течении рек содержание кислорода несколько снижается, но, тем не менее, остается довольно высоким и не опускается ниже 10 мг/дм³. В зимнюю межень содержание кислорода в речной воде постоянно превышает 12,0 мг/дм³.

Более существенные различия, обусловленные влиянием морских вод, отмечаются в уровнях концентраций главных ионов, а соответственно и величины минерализации. В устьях рек вследствие приливных течений, штормов и др. факторов эти уровни являются наибольшими. По величине минерализации вода является пресной, иногда солоноватой (см. таблицу). Соленость воды в р. Большая Хадя, например, в зависимости от фазы приливо-отливных явлений изменяется от нулевого значения до полутора десятков промилле (0–14 ‰). В связи с этим в воде приустьевого участка реки величина минерализации на порядок, а то и два может быть больше, чем выше по течению. По химическому составу по классификации О.А. Алекина (1970) вода относится к хлоридному классу, группе натрия, третьему типу. Содержание главных ионов в речных водах в основном определяется расходами воды в водотоках и высотой приливной волны.

Средний химический состав воды рек Советско-Гаванского района

Река, ручей	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Fe _{общ}	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	HPO ₄ ²⁻	M
Мульпа	6,61	5,0	1,9	2,2	2,1	0,06	0,08	0,34	0,018	42,3
Коппи	6,35	6,0	2,2	0,9	5,2	0,09	0,09	0,25	0,023	45,2
Большая Хадя (мост)	6,22	5,9	3,2	1,6	2,8	0,16	0,10	0,66	0,090	51,9
Большая Хадя (устье)	7,06	36,4	110,5	1440,0	197,0	0,42	0,00	0,32	0,027	2600,0
ГПУ	6,94	5,4	3,5	1,9	2,0	0,14	0,02	0,47	0,047	55,2

Иная ситуация может наблюдаться в глубоководных лагунных озерах, расположенных в приустьевых участках рек. Поступление морской воды в эти озера создает резкую неоднородность в распределении уровней компонентов химического состава по глубине. В приустьевой части р. Тохтинка, например, величина минерализации в поверхностных горизонтах воды достигала 60,0 мг/дм³, а в придонных — 1,2 г/дм³. Различалась вода и по химическому составу — в поверхностных слоях она относилась к гидрокарбонатно-хлоридному классу группы натрия второго типу, а в придонных — хлоридному классу группы натрия третьего типу.

Концентрация минеральных форм азота и фосфора в воде приустьевых участков рек низкая. Нередко в воде наблюдается отсутствие аммонийного азота. Среди биогенных элементов наиболее высокой является концентрация общего железа (до 0,42 мг/дм³). Подобные уровни концентраций биогенных элементов отмечались и при изучении химического состава воды р. Тохтинка, а также расположенной севернее исследуемого района р. Большая Дьюанка.

На участках реки, не испытывающих влияние моря, величина минерализации воды в основном не превышает 60 мг/дм³. Наименьшее ее значение (до 40 мг/дм³) отмечается весной, когда водотоки в основном питаются талыми снеговыми водами. В летнюю межень и осенью, когда в питании рек начинают преобладать грунтовые воды, она возрастает на 10–20 мг/дм³. По химическому составу речная вода относится к гидрокарбонатному классу группы кальция первого типу. Уровни концентраций главных ионов в воде этих рек мало отличаются от уровней концентраций этих ионов в воде рек западных склонов Сихотэ-Алиня (Шестеркина и др., 2005). Причем, содержание хлоридных и сульфатных ионов, лимитирующих качество воды ЛРЗ, в воде исследуемых рек, является соизмеримым с содержанием этих ионов в снежном покрове таежных районов Сихотэ-Алиня (Шестеркин и др., 2005).

Среди исследуемых водотоков особый интерес представляет ручей ГПУ. Небольшая площадь водосбора этого ручья и доминирование в его питании грунтовых вод обуславливает в течение всего года относительно стабильный химический состав воды этого

ручья и небольшую амплитуду колебаний величины минерализации — от 53 до 60 мг/дм³. Отсутствуют значительные колебания и в содержании биогенных веществ, причем уровни содержания аммонийного и нитритного азота находятся на пределе их обнаружения.

Содержание биогенных и органических веществ в воде исследуемой рек в значительной степени подвержена сезонности. Поэтому наибольшие уровни концентраций этих веществ в основном отмечаются весной во время половодья, когда эти вещества поступают в речную сеть с талыми снеговыми водами. Цветность воды в это время достигает 30°. В воде отмечаются повышенные уровни концентраций нитратного и аммонийного азота, соединений железа. В летнюю межень содержание биогенных и органических веществ резко снижается, вода становится бесцветной.

Значительное увеличение биогенных и органических веществ в речной воде может наблюдаться после нереста тихоокеанских лососей. В воде р. Большая Хадя в это время, по сравнению с летней меженью, концентрация всех минеральных форм азота возрастает на порядок, причем концентрация нитритного азота превышает рыбохозяйственное значение ПДК в 6 раз, отмечаются и высокие уровни концентрации фосфатных ионов (до 0,193 мг/дм³), которые на порядок больше, чем в воде рек западных склонов Сихотэ-Алиня (Шестеркина и др., 2005), а также рек Гыджу и Тохтинка. Выше в воде нерестовых реках и содержание органического вещества (определяемое по величине перманганатной окисляемости). Если в воде рек Тохтинка и Гыджу содержание этого вещества не превышало 4,0 мг О/дм³, то в воде р. Большая Хадя после нереста лососей оно достигало 6,9 мг О/дм³.

В зимнюю межень уровни концентраций аммонийного и нитритного азота, органического вещества в речной воде значительно снижаются, достигая наименьших за год значений, причем аммонийный азот в воде может даже отсутствовать. В воде незамерзающих водотоков (Гыджу и ГПУ) на фоне снижения концентраций этих веществ, содержание нитратных ионов и фосфатных ионов продолжает оставаться высоким. В р. Гыджу концентрация этих ионов в воде зимой 2004 г. составляла соответственно 0,98 и 0,16 мг/дм³, а в ручье ГПУ — 1,080 и 0,048 мг/дм³. Такой повышенный уровень концентрации этих веществ может быть обусловлен гидрогеологическими особенностями исследуемого района, которые для данного района изучены слабо.

Таким образом, нерестовые реки Советско-Гаванского района на приустьевых участках характеризуются повышенными уровнями концентраций главных ионов и низкими — биогенных, за исключением железа, биогенных элементов. На выше расположенных участках рек величина минерализации не превышает 60 мг/дм³, максимальные уровни концентраций биогенных и органических веществ отмечаются во время половодья и после нереста тихоокеанских лососей.

ЛИТЕРАТУРА

- Алекин О.А. Основы гидрохимии. — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 444 с.
- Болдовский Н.В. Подземные воды Восточно-Сихотэ-Алинского вулканогенного пояса. — Владивосток: Дальнаука, 1994. — 224 с.
- Гидрогеология СССР. Т. 23: Хабаровский край и Амурская область. — М.: Недра, 1971. — 514 с.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Фокина Ю.А. О влиянии пирогенного фактора на гидрохимический режим рек северного Сихотэ-Алиня // Материалы 13-го науч. совещ. географов Сибири и Дальнего Востока. — Иркутск, 2007. — Т. 1. — С. 109–111.
- Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М., Фокина Ю.А. Особенности формирования химического состава снежного покрова южных районов Приамурья // Материалы конф. «Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов». — Иркутск, 2005. — С. 155–157.
- Шестеркина Н.М., Шестеркин В.П., Фокина Ю.А. Гидрохимический мониторинг на реках Северного Сихотэ-Алиня // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Результаты охраны и изучения природных комплексов Сихотэ-Алиня». — Владивосток, 2005. — С. 351–354.

ОЦЕНКА УРОВНЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ, СОСТОЯНИЕ КАЧЕСТВА МОРСКОЙ СРЕДЫ И ОТКЛИК БИОТЫ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ УССУРИЙСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

В.В. Щеглов¹, Л.В. Нигматулина², Л.Т. Ковековдова³, А.П. Черняев⁴, М.В. Симоконов⁵
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

Загрязнение прибрежных акваторий сточными водами коммунальных и промышленных предприятий, содержащих многокомпонентный состав загрязняющих веществ, в настоящее время является самой крупной и наиболее распространенной проблемой (Global ..., 2000). Проблема загрязнения морской среды дальневосточных морей в связи с изменившимися социально-производственными взаимоотношениями в обществе, остается актуальной и требующей неукоснительного решения (Христофорова, 2005; Черкашин, 2005). В Приморском крае наибольший антропогенный пресс испытывают отдельные локальные прибрежные зоны, где формируются экологически кризисные ситуации (Черкашин, Вейдеман, 2005; Нигматулина, 2007). Исходя из вышеизложенного была поставлена цель: оценить объемы сброса сточных вод и загрязняющих веществ, поступающих с ними, в отдельные районы Уссурийского залива, изучить состояние качества среды по уровню содержания тяжелых металлов и углеводородов нефти в донных осадках исследуемых акваторий, а также исследовать реакции гидробионтов при экспозиции их в водных экстрактах из донных отложений со станций, испытывающих разный антропогенный пресс.

Основные источники сброса сточных вод в Уссурийский залив расположены главным образом на территории трех городов южного Приморья: г. Владивосток (сброс в северо-западные прибрежные воды залива), г. Артем (сброс через реки Кневичанка, Шкотовка, Артемовка) в бухту Муравьиная, г. Большой Камень (сброс в бухту Большого Камня). Сточные воды поселков, населенных пунктов восточного побережья поступают в бухту Суходол (через реки Суходол, Петровка и Смолянинка), а также в бухту Андреева. Сточные воды с западного побережья Уссурийского залива поступают в бухты Лазурная и Емар.

По данным государственной статистической отчетности по использованию воды (форма 2ТП-водхоз) в Уссурийский залив в 2005 г. осуществляли сброс сточных вод 35 предприятий, относящихся к 5 видам хозяйственной деятельности.

В 2005 г. общий объем сбрасываемых сточных вод составил 16437,05 тыс. м³/год, в том числе: 7673,76 тыс. м³/год (46,7 %) сбрасываются без очистки; 5087,51 тыс. м³/год (31,0 %) недостаточно очищенных; 27,28 тыс. м³/год (0,2 %) нормативно-чистых (без очистки); биологическую очистку проходят 3648,50 тыс. м³/год (22,1 %) сточных вод.

По данным, рассчитанным нормативным методом, со сточными водами поступило 9656,13 т загрязняющих веществ 22 наименований. Приоритетными загрязняющими веществами (по массе сброса) являются взвешенные — 2636,17 т (27,1 %) и органические вещества по БПК_{полн} — 2581,38 т (26,7 % от общего сброса).

Необходимо отметить крайне неравномерную локализацию поступления загрязняющих веществ со сточными водами в Уссурийский залив. Если выделить внутренние бухты, то наибольшее количество загрязняющих веществ поступает в бухту Муравьиная — 6702,49 т/год (68,9 %), в бухту Большого Камня — 1986,22 т/год (20,5 %) и в бухту Промежуточная — 536,34 т/год (5,6 % от общего сброса загрязняющих веществ) (табл. 1).

Сила воздействия суммарных сбросов загрязняющих веществ по отдельным акваториям характеризуется удельными показателями воздействия (Государственный доклад ..., 1999), которые рассчитываются как отношение массы веществ, сбрасываемые в прибрежные воды к единице объема. Для всей акватории Уссурийского залива этот показатель равен 0,095 г/м³, для бухты Муравьиной — 1507,870 г/м³, для бухт Большой Камень и Андреева — 798,600 г/м³, для бухты Суходол — 98,450 г/м³.

Таблица 1

Поступление загрязняющих веществ (т/год) со сточными водами от береговых источников во внутренние бухты Уссурийского залива

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Бухта Муравьиная V СВ* = 10166, тыс. м ³ /год	Бухта Суходол V СВ = 300, тыс. м ³ /год	Бухта Большого Камня V СВ = 4859, тыс. м ³ /год	Бухта Андреева V СВ = 10, тыс. м ³ /год	Бухта Промежуточная V СВ = 672, тыс. м ³ /год	Бухта Лазурная V СВ = 359, тыс. м ³ /год
1	БПК _{полн}	1975,90	77,78	264,20	2,12	188,19	54,97
2	Взвешенные вещества	1906,69	68,78	425,10	4,48	168,03	45,53
3	Жиры	348,81	11,53	146,89	0,16	26,88	10,85
4	Нефтепродукты	2,07	0,08	1,264	0,002	0,16	0,19
5	СПАВ	102,70	2,96	21,41	0,04	6,72	3,24
6	Азот общий	369,99	13,07	120,50	0,18	30,24	12,60
7	Азот аммонийный	280,13	9,00	74,58	0,24	20,16	10,76
8	Нитраты	6,57	0,02	150,66	—	—	7,15
9	Нитриты	1,44	0,003	2,21	—	—	0,87
10	Фосфор общий	140,37	4,49	52,84	0,06	10,08	5,38
11	Фенол	1,06	0,04	0,05	0,002	0,02	0,02
12	Сульфаты	1031,12	26,99	344,61	0,36	60,50	32,30
13	Хлориды	500,41	10,49	362,67	0,14	23,52	12,51
14	Тетраэтилвинилен	0,01	—	—	—	—	—
15	Алюминий	5,40	0,15	2,11	0,002	0,34	0,17
16	Железо	18,80	0,46	7,52	0,010	1,01	0,53
17	Цинк	3,19	0,08	1,18	0,001	0,20	0,07
18	Медь	1,08	0,01	0,78	—	0,01	0,007
19	Свинец	0,56	0,02	0,12	—	0,05	0,021
20	Никель	2,99	0,06	3,67	0,001	0,13	0,032
21	Хром	2,76	0,04	3,49	0,001	0,10	0,031
22	Кадмий	0,44	—	0,37	—	—	—
	Σ	6702,49	226,05	1986,22	7,80	536,34	197,23
	% от общего сброса	69,3	2,3	20,6	0,1	5,6	2,1

Примечание. V СВ* — объем сточных вод.

Представленные данные показывают, что повышенный антропогенный пресс не мог не сказаться негативно на состоянии среды, особенно, в отдельных локальных акваториях. Установлено, что содержание металлов в донных отложениях из самой загрязненной акватории (бухта Горностай), было выше, чем в грунтах с фоновой станции о. Рейнеке по железу — в 11,0; по цинку — в 13,6; по меди — в 620,0; по марганцу — в 5,2; по кадмию — в 627,8; по свинцу — в 41,5; по хрому — в 26,0; по никелю — в 16,1 раза. Содержание углеводов нефти в донных отложениях исследуемых районов было в среднем в 1,3–4,5 раза выше по сравнению с фоновой станцией (табл. 2).

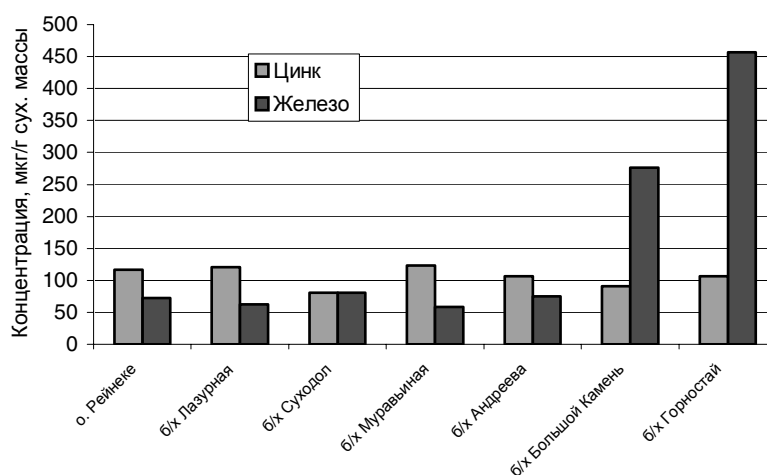
Таблица 2

Содержание металлов (мкг/г сух. массы) и углеводов нефти (мкг/г сыр. массы) в донных отложениях исследуемых районов Уссурийского залива

№	Станции	Fe	Zn	Cu	Mn	Cd	Pb	Cr	Ni	НУ
1	О. Рейнеке	3500,0	12,5	2,5	62,5	0,009	10,0	6,25	3,5	20,0
2	Бухта Лазурная	8500,0	20,0	4,0	37,5	0,012	10,0	6,25	1,5	30,0
3	Бухта Суходол	22000,0	60,0	12,0	150,0	0,078	15,0	30,00	16,0	25,0
4	Бухта Муравьиная	24500,0	67,5	14,0	225,0	0,065	20,0	28,75	16,5	30,0
5	Бухта Андреева	20500,0	57,5	11,5	112,5	0,107	20,0	32,50	12,0	40,0
6	Бухта Большой Камень	17500,0	45,0	9,5	125,0	0,078	15,0	23,75	9,0	50,0
7	Бухта Горностай	38500,0	170,0	1550,0	325,0	5,650	415,0	162,50	56,3	90,0

Биотестирование качества донных осадков было проведено с использованием мидии Грея (*Crenomytilus grayanus*). В качестве тест-функции использовали способность накопления металлов гидробионтами после 12-суточной экспозиции их в экспериментальных условиях в водных экстрактах донных отложений исследуемых станций (рис. 1–3), а также процесс биссусообразования у мидий Грея (рис. 4).

Рис. 1. Концентрации цинка и железа в мидии Грея после 12-суточной экспозиции в водных вытяжках из донных осадков (при разведении 1 : 4)



Результаты исследований показали, что мидии после 12-суточной экспозиции обладали способностью накопления металлов в значительных количествах, но в разной степени. Особенно четко это прослеживается по накоплению таких металлов, как железо (содержание этого элемента в мидиях при экспозиции в водных вытяжках донных отложений из бухты Горностай в 6,3 раза выше, относительно фоновой станции о. Рейнеке); меди — в 2,3 раза; марганца — в 1,8; свинца — в 11,4 раза. Относительно цинка, кадмия, хрома, никеля получены незначительные различия, что указывает на их низкую биодоступность для гидробионтов.

Известно, что у моллюсков ведущий прикрепленный образ жизни, фиксация на грунте часто осуществляется с помощью биссусных нитей посредством адгезивного диска. Это обусловлено необходимостью прочно закрепиться и нормально осуществлять важнейшие функции организма. Развитие биссусов может служить свидетельством напряженности условий обитания и степени адаптации организма к условиям среды (Селин, Вехова, 2003, 2004).

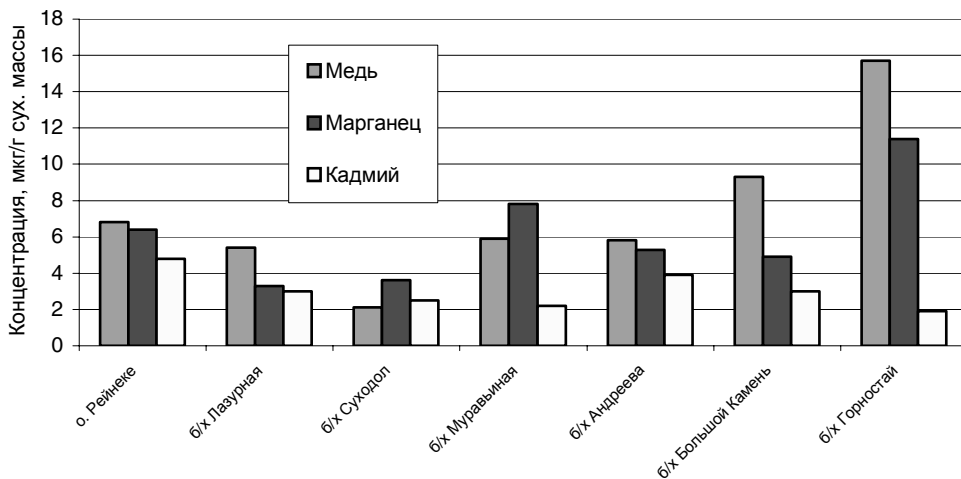


Рис. 2. Концентрации меди, марганца и кадмия в мидии Грея после 12-суточной экспозиции в водных вытяжках из донных осадков (при разведении 1 : 4)

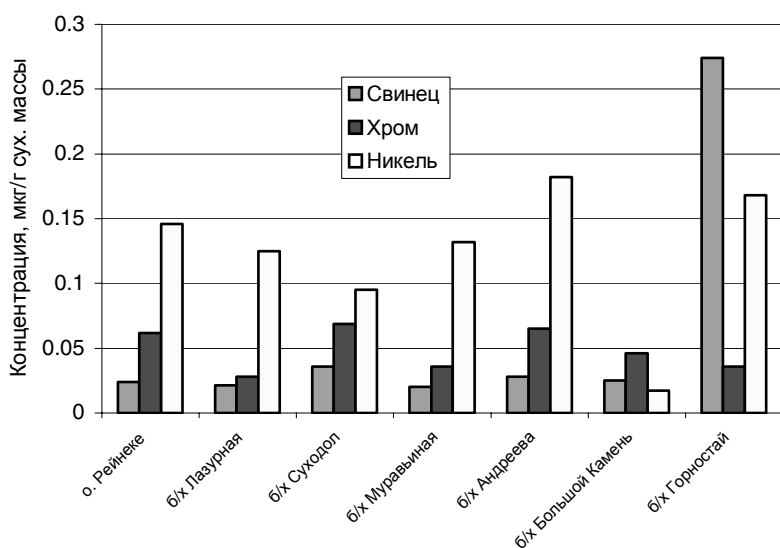


Рис. 3. Концентрации свинца, хрома и никеля в мидии Грея после 12-суточной экспозиции в водных вытяжках из донных осадков (при разведении 1 : 4)

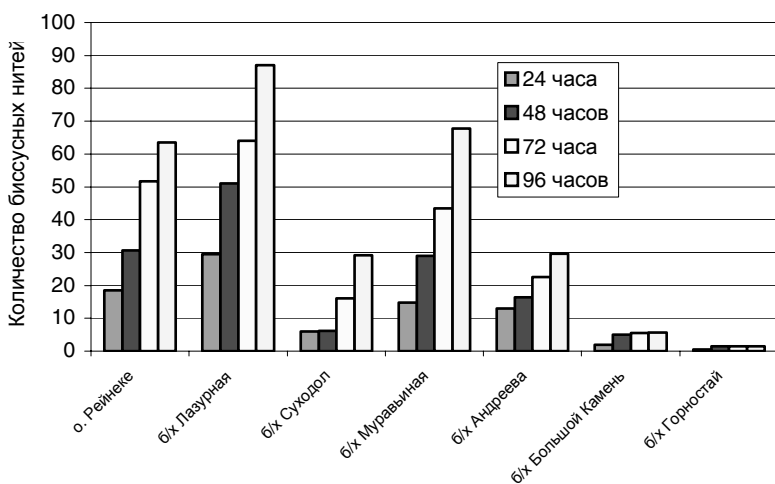


Рис. 4. Влияние водных вытяжек из донных осадков (разведение 1 : 4) на биссусообразование у мидий Грея

Результаты биотестирования показали, что образование биссусных нитей у моллюсков происходило с первого дня их пребывания в эксперименте. Так, после 96 ч пребывания в экспериментальных условиях, мидии, находившиеся в водных вытяжках из грунтов условно-чистого района (o. Рейнеке) имели в среднем 63 биссусных нити, бухты Лазурной — 87. Наибольший ингибирующий эффект воздействия наблюдался при экспозиции в водных экстрактах донных отложений со станций из бухт Горноста́й и Большой Камень. Здесь наблюдалось почти полное угнетение биссусообразования. Водные экстракты донных отложений со станций бухт Андреева, Суходол и Муравьиная по ингибирующему эффекту занимали промежуточное положение относительно донных отложений из бухты Лазурной и o. Рейнеке.

Таким образом, проведенные исследования показали, что повышенное антропогенное загрязнение локальных акваторий Уссурийского залива имеет отрицательные последствия как для качества среды, так и для функционирования гидробионтов, что обосновывает необходимость периодического контроля исследуемых районов.

ЛИТЕРАТУРА

Государственный доклад "О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1998 году". — М.: Государственный центр экологических программ, 1999. — 574 с.

Нигматулина Л.В. Оценка антропогенной нагрузки береговых источников на Амурский залив (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. — 2007. — № 1. — С. 73–77.

Селин Н.И., Вехова Е.Е. Влияние условий среды на образование биссусных нитей у некоторых представителей семейства Mytilidae из Японского моря // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 5. — С. 359–365.

Селин Н.И., Вехова Е.Е. Морфологические адаптации мидии *Srenomytilus Grayanus* (Bivalvia) к прикрепленному образу жизни // Биол. моря. — 2003. — Т. 29, № 4. — С. 262–267.

Христофорова Н.К. Экологические проблемы региона: Дальний Восток — Приморье. — Хабаровск: Хабаровск. кн. изд-во, 2005. — 304 с.

Черкашин С.А. Отдельные аспекты влияния углеводородов нефти на рыб и ракообразных // Вестн. ДВО РАН. — 2005. — № 3. — С. 83–91.

Черкашин С.А., Вейдеман Е.Л. Экотоксикологический анализ состояния прибрежных экосистем залива Петра Великого (Японское море) // Вопросы рыболовства. — 2005. — Т. 6, № 4(24). — С. 637–652.

Global Environment Outlook 2000. UNEP. — L.: Earthscan, 2000. — 423 p.

БЕНТОФАУНА РЕКИ МАЧТОВАЯ (НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)

Н.М. Яворская

Хабаровский филиал ТИНРО-Центра, г. Хабаровск, Россия, e-mail: Yavorskaya-tinro@mail.ru

Обследования бентоса р. Амур были начаты А.В. Микулич (1948), Е.А. Ловецкой, Л.В. Микулич (1948), продолжены комплексной Амурской ихтиологической экспедицией МГУ и ТИРХ в 1945–1949 гг. (Константинов, 1950, 1952; Боруцкий, 1952; Боруцкий и др., 1952; Ключарева, 1952; Чернова, 1952). Однако, притоки р. Амур были сравнительно мало затронуты исследованиями, так как основной задачей экспедиции являлось изучение биологии пресноводных амурских рыб, обитающих в пойме и русле рек Амур и Уссури. Цель нашей работы состояла в изучении гидробиологического состояния р. Мачтовая (Тудур).

Река Мачтовая является правым притоком р. Амур и впадает в него на 540 км от устья. Длина водотока 103 км, площадь водосбора — 1450 км². Обследование реки проведено 17 октября 2006 г. в период осенней межени в точке с координатами 50°61' с.ш. 137°90' в.д. Отбор пробы выполнен бентометром Леванидова, пробы фиксированы 4 %-ным раствором формалина по общепринятой в гидробиологии методике (Жадин, 1960; Методические рекомендации ..., 2003). Расход воды составил 2,95 м³/с, при средней скорости течения 0,36 м/с. Ширина русла реки по урезам воды изменялась от 11,5 до 28,7 м. Средние по поперечному сечению глубины — от 0,3 до 1,1 м. Донные руслоформирующие наносы в реке представлены валунами, галькой и гравием.

Донная фауна р. Мачтовая состоит из 10 систематических групп водных беспозвоночных (см. таблицу). Биомасса бентоса составила 4,056 г/м² при плотности 1325 экз./м². Ведущими группами в формировании биомассы являются поденки (Ephemeroptera) (47 %), при доминировании *Ephemerella strigata* Eaton, а также амфиподы (Amphipoda) (35 %). Основная роль в формировании плотности населения принадлежала также Ephemeroptera (59 %, с доминированием *Leptophlebia chocolata* Iman.), Chironomidae (11 %, с доминированием *Diplocladius cultriger* Kieffer) и Amphipoda (11 %).

Количественные показатели групп бентоса р. Мачтовая в октябре 2006 г.

Группы организмов	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
Oligochaeta	—	0,028
Hydrocarina	12,50	0,001
Amphipoda	143,75	1,438
Asellus	31,25	0,116
Megaloptera	6,25	0,010
Tipulidae	37,50	0,126
Chironomidae	143,75	0,019
Trichoptera	93,75	0,190
Plecoptera	68,75	0,234
Ephemeroptera	787,50	1,894
ВСЕГО	1325,00	4,056

Всего обнаружено 30 видов и личиночных форм амфибиотических насекомых, в том числе 7 видов ручейников (Trichoptera) из 6 семейств, 4 — веснянок (Plecoptera) из 3 семейств, 10 — Ephemeroptera из 5 семейств, 9 — хирономид (Chironomidae) из 4 подсемейств.

Найденные виды личинок ручейников из сем. Hydropsychidae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Glossosomatidae, Lepidostomatidae и Leptoceridae являются реофильными и обладают низким уровнем толерантности, что свидетельствует о том, что вода в р. Мачтовая — чистая.

Среди хирономид доминировали личинки подсемейства Orthocladiinae, представленного реофильными видами комаров-звонцов — *Epoicocladius flavens* Mall., *Diplocladius cultriger* Kieffer, *Parakiefferiella bathophilla* Kieffer, *Orthocladius* sp. Следует отметить, что сообщество

хирономид состоит из холодолюбивых стенотермных таксонов, очень чувствительных к загрязнению.

Обнаруженные формы личинок веснянок (*Isoperla* sp., *Arcynopteryx* sp., *Capnia* sp., *Nemoura* sp.) чрезвычайно требовательны к кислороду и в силу чувствительности к его недостатку не выходят дальше олигосапробной зоны. Поэтому они являются индикаторами чистой воды (Шитников и др., 2003).

В целом, характер донного сообщества обследованного участка р. Мачтовая, представлено реофильными личинками амфибиотических насекомых и амфиподами, свидетельствует о том, что данный участок реки не подвергается антропогенному воздействию.

ЛИТЕРАТУРА

Боруцкий Е.В. Материалы по питанию белого амура [*Stenopharyngodon idella* (Val.)] и мелкочешуйчатого желтопера [*Plagiognathops microlepis* (Bl.)] в бассейне Амура // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1952. — Т. 3. — С. 505–511.

Боруцкий Е.В., Ключарева О.А., Никольский Г.В. Донные беспозвоночные (зообентос) Амура и их роль в питании амурских рыб // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1952. — Т. 3. — С. 5–139.

Жадин В.И. Методы гидробиологического исследования. — М.: Высш. шк., 1960. — 191 с.

Ключарева О.А. Личинки ручейников (Trichoptera) бассейна Амура и их роль в питании рыб // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1952. — Т. 3. — С. 361–380.

Константинов А.С. К фауне хирономид бассейна р. Уссури и оз. Ханка // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1952. — Т. 3. — С. 381–389.

Константинов А.С. Хирономиды бассейна реки Амур и их роль в питании амурских рыб // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1950. — Т. 1. — С. 147–286.

Ловецкая Е.А., Микулич Л.В. Материалы по количественному учету бентоса и планктона пойменных озер низовьев Амура // Изв. ТИНРО. — 1948. — Т. 27. — С. 165–186.

Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: методическое пособие. — М.: ВНИРО, 2003. — 95 с.

Микулич Л.В. Опыт количественного учета бентоса и планктона части русла Амура и некоторых пойменных водоемов // Изв. ТИНРО. — 1948. — Т. 27. — С. 139–164.

Чернова О.А. Поденки (Ephemeroptera) бассейна реки Амура и прилежащих вод и их роль в питании амурских рыб // Тр. Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. — М., 1952. — Т. 3. — С. 229–360.

Шитников В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. — Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. — 463 с.

СЕКЦИЯ «Искусственное разведение гидробионтов»

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТАЙБОЛЬСКОГО РЫБОВОДНОГО ЗАВОДА ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ АТЛАНТИЧЕСКОГО ЛОСОСЯ

М.Ю. Алексеев¹, А.В. Зубченко¹, В.В. Балашов²

¹ Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, г. Мурманск, Россия, e-mail: mal@pingo.ru

² Баренцево-Беломорское территориальное управление Росрыболовства, г. Мурманск, Россия, e-mail: bbterdep@gmail.com

Тайбольский рыбноводный завод (ТРЗ) был построен в 1935 г. в верховьях р. Кола в 70 км от г. Мурманск. Первоначально на заводе проводились работы, связанные с акклиматизацией дальневосточных лососей (кеты) в Баренцевом море, которые продолжались до 1939 г. После этого на заводе осуществлялись только работы по искусственному воспроизводству атлантического лосося р. Кола. Отлов производителей для обеспечения завода оплодотворенной икрой семги производился на рыбоучетном заграждении (РУЗ), расположенном на этой реке примерно в 25 км от ее устья. Там же осуществлялся учет нерестовых мигрантов и сбор ихтиологического материала в течение всей нерестовой миграции. Технологическая схема производственных процессов на заводе слагалась из традиционных приемов биотехники по искусственному воспроизводству семги (Яндовская и др., 1979) и предусматривала двухлетний цикл выращивания. Выращенная на заводе молодь выпускалась в р. Кола и ее притоки. Доставка молоди к местам выпуска осуществлялась живорыбным автотранспортом.

Весной 2006 г. в связи с аварийным состоянием завод был закрыт, и его дальнейшая судьба остается нерешенной. В связи с этим представляется необходимым проанализировать итоги многолетней деятельности ТРЗ и рассмотреть целесообразность дальнейших работ по искусственному воспроизводству семги в р. Кола.

В качестве материала использовались собственные и ретроспективные данные учета анадромных лососей естественного и искусственного происхождения, собранные на РУЗ в период с 1980 г. Измерялись длина (по Смитту) и масса, визуально определялся пол, и отбирались образцы чешуи для определения возраста. Лососи заводского происхождения идентифицировались по ампутированному жировому плавнику. Операция по удалению жирового плавника является обязательной для всех рыбноводных заводов Мурманской области процедурой.

Эффективность работы ТРЗ оценивалась по двум основным показателям: количественному и качественному. Под первым обычно подразумевается доля лососей заводского происхождения в нерестовом стаде (Казаков, 1982). При оценке этого показателя, дополнительно использовались следующие критерии: возврат от одного производителя, принимавшего участие в искусственном нересте, возврат от одной нерестовой самки, возврат от икры (суммарной плодовитости использованных самок) и возврат от выпущенной рыбноводным заводом молоди. Качественный показатель содержит характеристику важнейших популяционных параметров, таких как соотношение полов, доли рыб разного морского и речного возраста, показателей длины и массы, сроков нерестовой миграции. Эта характеристика приводится в сравнении с аналогичными параметрами лососей, полученных в результате естественного воспроизводства.

В естественной части нерестового стада семги р. Кола наблюдается тенденция к снижению численности лососей (рис. 1). В то же время абсолютная численность нерестовых мигрантов заводского происхождения демонстрирует слабую тенденцию к росту. В среднем за все годы наблюдений, доля семги заводского происхождения в нерестовом стаде составила 16,6 %.

Минимальным этот показатель был в 1993 г. (1,1 %), максимум был зафиксирован в 2005 г. (51,4 %). В 2006 г. доля заводских лососей превысила 40 %, а в 2001 г. — 35 %.

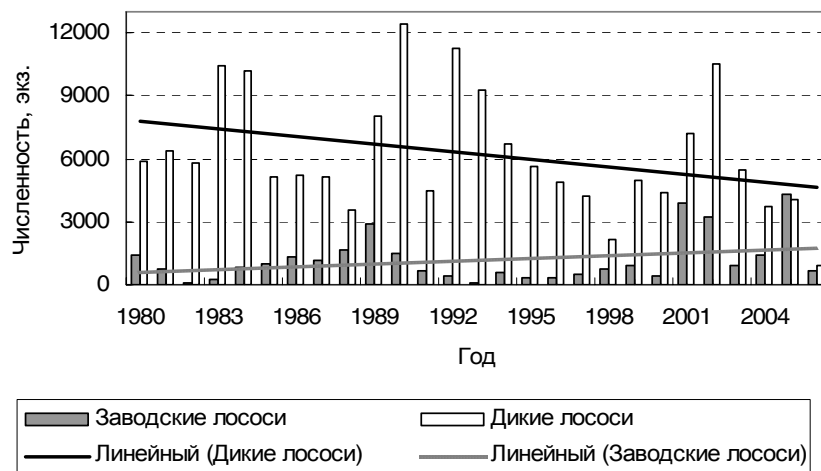


Рис. 1. Абсолютное количество нерестовых мигрантов в р. Кола и лососей заводского происхождения

По всей вероятности, рост промыслового возврата, наблюдаемый в последние годы, может быть обусловлен применением качественного корма, а также дифференцированным выпуском молоди на нескольких порожистых участках, расположенных в среднем и верхнем течении реки.

В популяции рыб, находящейся в состоянии динамического равновесия, отношение числа потомков одной генерации к числу родителей близко к единице. Такое соотношение соблюдается у естественной части популяции семги реки Кола: за обозримый период оно составило 1,0 (0,2–2,6). В отличие от этого, в части популяции лососей, полученной от искусственного нереста, от одного использованного производителя возвращается, в среднем, 8 рыб (0,1–33,0), при положительной динамике этого показателя (рис. 2, а).

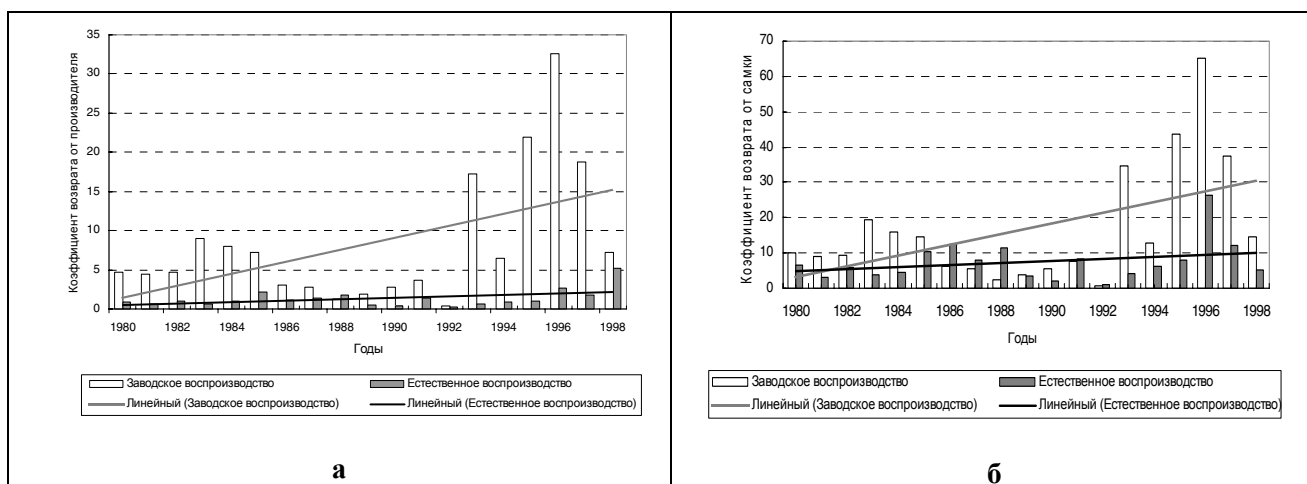


Рис. 2. Динамика коэффициента возврата семги: а — от производителя, б — от самки

От одной принявшей в нересте самки при естественном воспроизводстве вернулось, в среднем, 8 лососей (1,1–26,5), тогда как в части популяции, полученной в условиях заводского воспроизводства, этот коэффициент составил 17 (0,2–65,0). На рис. 2 (б) видно, что для искусственного воспроизводства характерна тенденция роста этого коэффициента, тогда как для естественного воспроизводства такая тенденция почти отсутствует.

Коэффициент возврата от икры в естественной и заводской части популяции семги реки Кола составил, соответственно 0,08 (0,01–0,25) и 0,19 (0,002–0,80).

В тот же период, от выпущенной рыболовным заводом молоди возврат составил 1,01 % (0,02–3,60 %), что гораздо меньше выживаемости естественной молоди, которая в период от смолта до производителя, по оценкам ряда авторов, колеблется около величины 10 % (в реках бассейна Баренцева моря) и 5 % (в беломорских реках). В частности, по наблюдениям

М.Я. Яковенко (1976), за период морского нагула в море выживаемость составляет 3,8–8,3 %. В литературе также имеются сведения о более низкой выживаемости заводской молоди по сравнению с речной (Österdahl, 1964; Костылев, 1981; Бакштанский и др., 1992).

Рассмотрение количественных показателей позволяет сделать вывод, что на ТРЗ достигнуты относительно хорошие результаты.

На рис. 3 видно, что сроки нерестовой миграции лососей естественного и искусственного происхождения не совпадают. Анадромная миграция заводской семги по времени проходит примерно на одну декаду позднее. Кроме этого, она охватывает меньший срок, и среди заводских лососей за все годы исследований не встречалось представителей осенней биологической группы. Известно, что семга осеннего хода в очень небольшом количестве и не каждый год встречается в уловах в реках бассейна Баренцева моря.

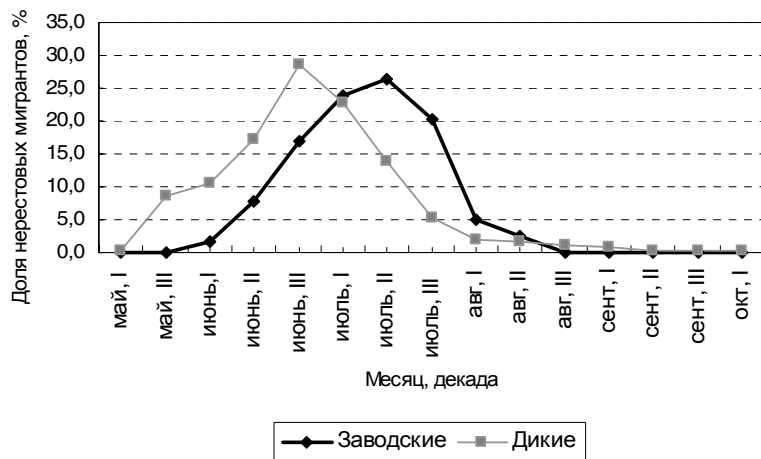


Рис. 3. Динамика нерестового хода производителей в р. Кола (1993–2007)

Исследователи уже обращали внимание на несоответствие сроков анадромной миграции у лососей разного происхождения (Вшивцев, 1980). Со-

поставление современных и ретроспективных данных, показывает, что смещение сроков нерестового хода произошло и у естественной части популяции. По всей видимости, эти изменения вызваны в первую очередь рыбоводными работами.

За годы наблюдений среди нерестовых мигрантов естественного происхождения в уловах были отмечены рыбы 22 возрастных групп (включая повторно нерестующих). У нерестовых мигрантов, имеющих заводское происхождение, было отмечено 14 возрастных групп. Повторно нерестующих особей не зарегистрировано. Основу нерестового стада (около 66 %) составляют особи в возрасте четырех—пяти лет. Таким образом, возрастной состав лососей заводского происхождения в р. Кола менее разнообразен возрастного состава естественной части популяции.

Доля лососей заводского происхождения с речным возрастом 2+ достоверно выше, чем у диких, а семги с речным возрастом 4 года — достоверно меньше ($p \leq 0,05$). Наблюдаемое смещение речного возраста, или «омоложение», у искусственно выращенной части популяции (рис. 4, а), может быть объяснено более ранним наступлением покатной миграции заводских смолтов.

Морской возраст производителей, полученных от естественного нереста, колебался от одного до пяти лет. При этом относительное количество тинды (лососей с одним годом нагула в море) среди нерестовых мигрантов, полученных от естественного нереста, составило, в среднем, 65 %, а у рыб, имеющих заводское происхождение, — 74 % (рис. 4, б). Доля заводских рыб, проведших в море 2 года составила 19 %, а лососей этого возраста в естественной части популяции 22 %. В общем нерестовом стаде преобладали самцы в возрасте одного года морского нагула (1SW) — 60,5 % и самки в возрасте 2SW. Такая же картина наблюдалась у диких рыб. У производителей, имеющих заводское происхождение, преобладали самцы и самки в возрасте 1SW (около 75 %).

Обычное соотношение полов в естественных, не подверженных негативному антропогенному воздействию, популяциях атлантического лосося принимается близким к равному. В последнее время в лососевых реках Западного Мурмана, в том числе в р. Кола, численность самцов превышает численность самок. По всей вероятности, эти изменения

связаны с влиянием браконьерства и с деятельностью ТРЗ. Из данных рис. 5 видно, что снижение численности самок в популяции семги р. Кола происходит синхронно в искусственной и естественной ее части. В период с 1980 по 2007 г. доля самок среди лососей заводского происхождения составила, в среднем, 22,3 %, а у семги естественного происхождения 38,0 %.

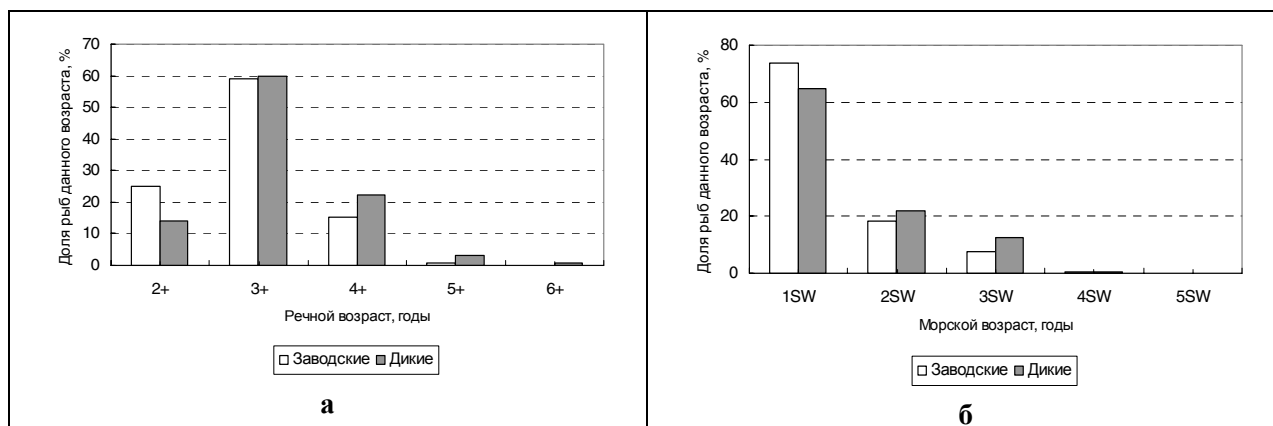


Рис. 4. Процентное соотношение лососей р. Кола разного речного (а) и морского (б) возраста

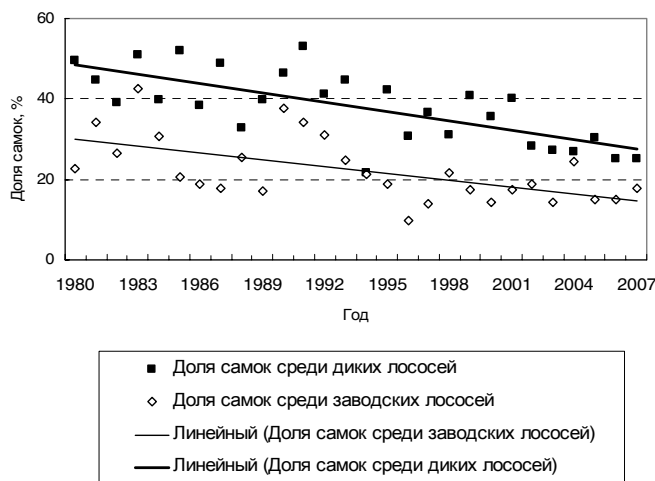
Рис. 5. Соотношение полов в естественной и заводской части популяции семги р. Кола

В части популяции лосося р. Кола, полученной от искусственного нереста, обнаружены достоверные различия в показателях длины и массы у производителей всех возрастов морского нагула в сравнении с аналогичными показателями у нерестового стада в целом. Эти различия отмечаются каждый год, поэтому речь идет уже о закономерности.

На возможное воздействие лососеводства на естественную часть запаса указывал еще В.В. Азбелев (1960), по мнению которого, по сравнению с 1945–1950 гг. из воспроизводства совершенно выпали рыбы в возрасте 5SW, практически исчезли рыбы в возрасте 4SW, заметно сократилось количество производителей в возрасте 3SW и изменилось соотношение основных возрастных групп.

Существующую тенденцию «омоложения» популяции семги, по-видимому, нельзя связывать только с деятельностью рыболовного предприятия. Определенную роль в этом играл морской промысел (Бакштанский и др., 1980) и браконьерство, а также факторы среды (Казак, Ильенкова, 1987; Saunders et al., 1983). Тем не менее, сложная наследственная структура популяций при заводском разведении в силу различных причин часто нарушается, и выжившие после выпуска и нагула в море производители заводского происхождения в той или иной степени отличаются от своих ровесников, полученных в результате естественного нереста по качественной структуре.

Проведенный анализ показал, что поддержание численности стада семги в р. Кола за счет искусственного воспроизводства необходимо, поскольку в условиях интенсивной (зачастую незаконной) эксплуатации запаса сохраняется тенденция уменьшения естественной части популяции. Если такое положение сохранится, не исключено, что в недалекой перспективе именно искусственное лососеводство станет в этой реке приоритетным. Сохране-



ние и улучшение качественных показателей выращиваемой семги возможно при осуществлении рыбоводами селекционных мероприятий, что до настоящего времени, к сожалению, зачастую не соблюдалось.

Периодически в течение последних 20 лет икра, взятая от самок лосося из р. Кола инкубировалась на Кандалакшском экспериментальном лососевом заводе, расположенном в г. Кандалакша, на юге Мурманской области. Несколько пробных выпусков подращенной молоди в р. Кола прошли успешно. Последующие контрольные обловы с помощью электроловильного аппарата, проведенные на выростных участках, куда выпускалась молодь, показали ее успешную адаптацию, что позволяет надеяться на хороший промысловый возврат. Таким образом, передача функции ТРЗ по искусственному воспроизводству атлантического лосося Кандалакшскому рыбоводному заводу, представляется целесообразной.

ЛИТЕРАТУРА

Азбелев В.В. О научно-исследовательских работах по повышению эффективности акклиматизации дальневосточных лососей в бассейнах Белого и Баренцева морей // Науч.-техн. бюл. ПИНРО. — 1960. — № 4(14). — С. 15–19.

Бакштанский Э.Л., Нестеров В.Д., Сафонов Н.В. Система различий в поведении заводской и «дикой» молоди атлантического лосося // Рыб. хоз-во. — 1992. — № 11–12. — С. 19–23.

Бакштанский Э.Л., Нестеров В.Д., Симуков Ю.А. О состоянии лососеводства в Мурманской и Архангельской областях // Лососевидные рыбы. — Л., 1980. — С. 192–206.

Вшивцев А.С. Эффективность работы Тайбольского рыбоводного завода // Биология атлантического лосося на Европейском севере СССР. — Сыктывкар, 1980. — С. 121–133.

Казаков Р.В. Биологические основы разведения атлантического лосося. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. — 144 с.

Казаков Р.В., Ильенкова С.А. Мониторинг в лососеводстве. Некоторые биологические показатели производителей атлантического лосося (*Salmo salar* L.) и кумжи (*Salmo trutta* L.) реки Наровы при изменении технологии выращивания молоди // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1987. — № 261. — С. 106–117.

Костылев Ю.В. Искусственное воспроизводство беломорской семги. Проблемы и перспективы развития // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. — 1981. — Вып. 163. — С. 34–42.

Яковенко М.Я. Выживаемость атлантического лосося при естественном воспроизводстве // Тр. ВНИРО. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — Т. 113. — С. 43–45.

Яндовская Н.И., Казаков Р.В., Лейзерович Х.А. Инструкция по разведению атлантического лосося. — М.: ГосНИОРХ, 1979. — 96 с.

Österdahl L. Smolt investigations in the River Ricklean // LFI Medd. (Swedish Salm. Res. Inst.). — 1964. — Rep. 8. — 66 p.

Saunders R.L., Henderson E.B., Glebe B.D., Loudenslager E.J. Evidence of a major environmental components in determination of the grilse: lager salmon ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) // J. Aquaculture. — 1983. — Vol. 33, № 1–4. — P. 107–118.

МЕЙОФАУНА СООБЩЕСТВА ОБРАСТАНИЯ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ ГРЕБЕШКА НА АКВАТОРИИ О. РЕЙНЕКЕ (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

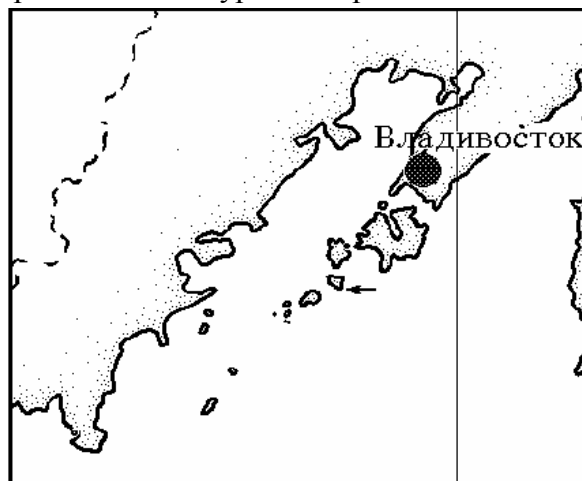
Л.С. Белогурова, С.И. Масленников
Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
г. Владивосток, Россия, e-mail: aqua@imb.dvo.ru

В течение ряда лет в Институте биологии моря ДВО РАН проводятся исследования по изучению процесса заселения искусственных субстратов при выращивании приморского гребешка. Параллельно с этим ведутся работы по исследованию состава и численности мейофауны, сопутствующей поселению гребешка (Гальцова, 1982; Гальцова и др., 1985; Гальцова, Павлюк, 1987, 1993; Белогурова, Ивин, 2000; Белогурова, Масленников, 2000, 2005; Масленников, Белогурова, 2007). Сведения по динамике сообщества мейофауны на антропогенных субстратах, размещенных на открытой акватории зал. Петра Великого (у о. Рейнеке), на данный момент отсутствуют.

Основная цель настоящей работы — изучение таксономического состава и плотности поселения основных групп мейофауны на садках для культивирования моллюсков установок марикультуры в зависимости от глубины и сроков экспозиции.

Материалом для данной работы послужили 105 проб мейобентоса, собранные в июле и сентябре 1988 г. (срок экспозиции 12 и 14 мес) и в августе 1989 г. (срок экспозиции 25 мес) на установках марикультуры приморского гребешка на акватории у о. Рейнеке на глубине от 10 до 30 м (рис. 1). Садок представляет собой конус с пластиковым донным каркасом диаметром 0,3 м, обтянутый капроновой делью с ячейей 4–10 мм. Площадь поверхности садков составляла 0,2242 м². Садки размещались на горизонтах 10, 15, 20, 25 и 30 м от поверхности воды. Глубина моря в месте размещения садков 30 м. После выборки гребешка и его количественного учета с субстрата делали смыв. Смыв с садка промывали через почвенные сита с газом 68 мкм и фиксировали 4 %-ным формалином. Дальнейшая обработка проб проводилась по стандартной методике (Гальцова, 1971). Количественному учету подвергались все группы животных. Полученные количественные данные рассчитывали на садок. Определение таксономической принадлежности животных проводилось до уровня отряда или класса.

Рис. 1. Карта-схема района исследования. Стрелка указывает на размещение экспериментальной установки марикультуры моллюсков (транверз юго-восточной оконечности о. Рейнеке, зал. Петра Великого, Японское море)



В составе мейофауны обрастания садков установок марикультуры обнаружено 7 таксономических групп. Эвмейофауна включала в себя такие группы, как Foraminifera, Harpacticoida, Nematoda, Ostracoda; псевдомейофауна была представлена неполовозрелыми Polychaeta, молодью Bivalvia, ювенильными особями Amphipoda (табл. 1–3, рис. 2–4). В целом в мейофауне обрастания садков по плотности поселения преобладают представители эвмейофауны.

При экспозиции 12 мес доминируют Foraminifera, субдоминируют Bivalvia (рис. 2). При экспозиции 14 мес доминируют Nematoda, субдоминируют так же, как и в предыдущем случае, Bivalvia (рис. 3). При максимальном сроке экспозиции (25 мес) Nematoda сохраняет свои доминирующие позиции при субдоминировании Harpacticoida (рис. 4).

В эвмейофауне доминировали фораминиферы и нематоды. Фораминиферы отмечены на всех глубинах (кроме горизонта 15 м, срок экспозиции 12 мес) на протяжении всего эксперимента. На их долю приходилось от 15 до 37 % суммарной плотности поселения мейо-

фауны (рис. 2–4). Максимальная плотность поселения фораминифер отмечена на глубине 20 м (срок экспозиции 12 мес) — 312 экз./садок (табл. 1).

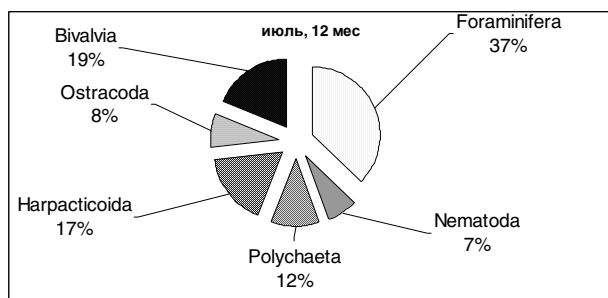


Рис. 2. Состав мейофауны, усредненный по суммарной плотности поселения организмов сообщества обрастания садков, в июле, срок экспозиции — 12 мес

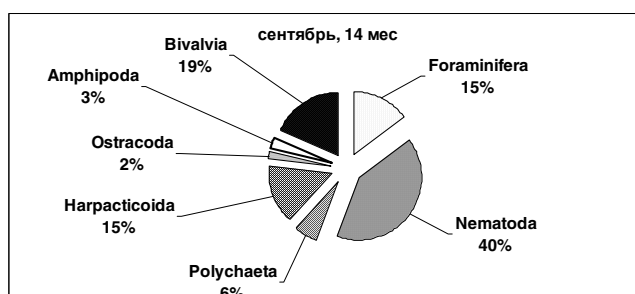


Рис. 3. Состав мейофауны, усредненный по суммарной плотности поселения организмов сообщества обрастания садков, в сентябре, срок экспозиции — 14 мес

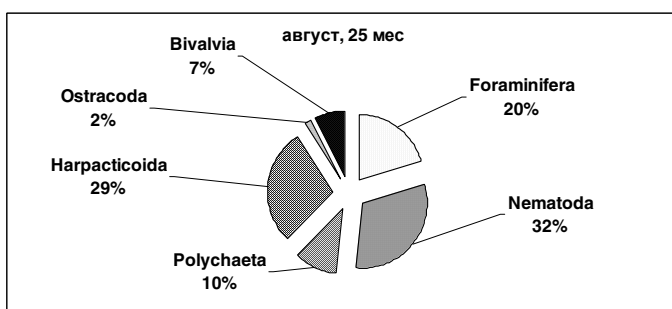


Рис. 4. Состав мейофауны, усредненный по суммарной плотности поселения организмов сообщества обрастания садков, в августе, срок экспозиции — 25 мес

Таблица 1

Плотность поселения организмов (экз./садок) сообщества обрастания садков экспериментальной установки в июле, срок экспозиции — 12 мес

Группа	Горизонт, м			
	10	15	20	25
<i>Foraminifera</i>	12	0	312,0±138,0	204,30
<i>Nematoda</i>	14	54,0	12,0	19,30
<i>Polychaeta</i>	92	60,0	12,0	0
<i>Harpacticoida</i>	30	108,0	63,0±3,0	40,30
<i>Ostracoda</i>	0	114,0	0	0
<i>Amphipoda</i>	0	0	0	0
<i>Bivalvia</i>	240	0	24,0	5,5±0,5

29 % общей плотности поселения мейофауны (рис. 2–4). Максимальная плотность поселения гарпактицид (188 экз./садок) отмечалась на глубине 30 м (срок экспозиции — 25 мес, табл. 3).

Нематоды — вторая доминирующая группа мейофауны, на их долю приходилось от 7 до 40 % суммарной плотности поселения мейофауны (рис. 2–4). *Nematoda* отмечены на всех глубинах во все сроки экспозиции. Максимальная плотность поселения нематод отмечена на глубине 30 м (срок экспозиции 25 мес) — 242 экз./садок (табл. 3).

Плотность поселения гарпактицид была ниже, чем нематод и фораминифер, и составляла от 15 до

Таблица 2

Плотность поселения организмов (экз./садок) сообщества обрастания садков экспериментальной установки в сентябре, срок экспозиции — 14 мес

Группа	Горизонт, м				
	10	15	20	25	30
<i>Foraminifera</i>	2	84,8±33,5	68,0	47,0	20,4
<i>Nematoda</i>	169,2±58,3	140,3±46,1	230,4±55,2	176,0±72,3	58,0±14,4
<i>Polychaeta</i>	18	11	0	46,0	37,5
<i>Harpacticoida</i>	88,0±33,4	74,8±27,9	33,8	74,2±14,4	38,0
<i>Ostracoda</i>	6	6	13,3	3,3	7,0
<i>Amphipoda</i>	0	0	18,0	11,0	13,2
<i>Bivalvia</i>	11	4	138,0	87,5±27,4	47,0

Псевдомейофауна составляла от 17 до 31 % общей численности мейофауны (рис. 2–4). В псевдомейофауне доминировали двустворчатые моллюски и полихеты (табл. 1–3). Двустворчатые моллюски преобладали на сроках экспозиции 12 и 14 мес. Многощетинковые черви доминировали в псевдомейофауне при экспозиции 25 мес.

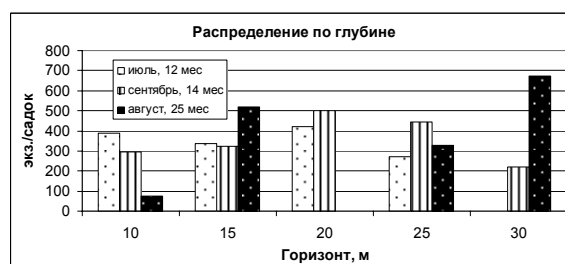
Bivalvia отмечены во все сроки экспозиции. Двустворчатые моллюски отсутствуют на глубине 15 м при экспозиции 12 и 25 мес (табл. 1–3). По видимому, это связано с изменением типа обрастания ГТС, отмечаемого на глубине 15 м (Звягинцев, 2005). Максимальная плотность *Bivalvia* отмечена на глубине 10 м (экспозиция 12 мес).

Многощетинковые черви отмечены во все сроки экспозиции. При этом в мейофауне обрастания садков *Polychaeta* отсутствовали на глубине 20 и 25 м (соответственно при экспозиции 12 и 14 мес, табл. 1–3).

Амфиподы были отмечены только на глубинах 20, 25 и 30 м (срок экспозиции 14 мес).

Общая картина изменения суммарной плотности мейофауны обрастания садков по горизонтам и срокам экспозиции представлена на рис. 5. Преобладающая тенденция — нарастание суммарной плотности со сроком экспозиции. Данная тенденция наблюдается на всех горизонтах, за исключением 10 м. На самом верхнем горизонте отмечено снижение суммарной плотности с увеличением срока экспозиции.

Рис. 5. Суммарная плотность поселения организмов мейофауны сообщества обрастания садков экспериментальной установки на акватории зал. Петра Великого, Японское море, траверз юго-восточного мыса о. Рейнеке



Суммарная плотность поселения мейофауны садков, экспозиция 25 мес, расположенных на горизонте 10 м составляет всего 75 экз./садок. Это минимальная величина отмечена за весь период наблюдения. На садках верхнего горизонта к этому моменту зарегистрировано развитие интенсивного мидиевого обрастания (Масленников, 1996). Интенсивное мидиевое обрастание сопровождается сильным заилением субстрата. Заиление зачастую сопровождается сероводородным брожением. По видимому, это служит объяснением наблюдаемого минимума плотности поселения мейофауны.

Максимальные значения суммарной плотности поселения мейофауны отмечены при экспозиции 25 мес, на глубине 30 и 15 м (рис. 5).

При экспозиции 12 мес с нарастанием глубины идет смена доминантов по плотности поселения в мейофауне сообщества обрастания садков. На глубине 10 м доминируют *Bivalvia*, далее (глубина 15 м) доминирование переходит к *Ostracoda*. На больших глубинах преобладают *Foraminifera*. Субдоминируют на глубине 10 м — *Polychaeta*, на остальных глубинах — *Harpacticoida* (табл. 1).

При экспозиции 14 мес на всех глубинах по плотности поселения в мейофауне сообщества обрастания садков преобладают — *Nematoda*. Субдоминируют на глубине 10 и 15 м — *Harpacticoida*, на глубине 20–30 м — *Bivalvia* (табл. 2). При этом, так же субдоминантами являются на глубине 15 м — *Foraminifera*, а на глубине 25 и 30 м — *Harpacticoida* (табл. 2).

При экспозиции 25 мес с нарастанием глубины вновь отмечается смена доминантов по плотности поселения в мейофауне сообщества обрастания садков. На глубине 10 м доминируют *Foraminifera*

Таблица 3

Плотность поселения организмов (экз./садок) сообщества обрастания садков экспериментальной установки в августе, срок экспозиции — 25 мес

Группа	Горизонт, м			
	10	15	25	30
<i>Foraminifera</i>	24	136,0±55,2	50,0±18,3	112,9±31,0
<i>Nematoda</i>	14	148,0±30,8	99,1±34,2	242,2±39,3
<i>Polychaeta</i>	2	75,0±19,7	36,3±18,4	54,3
<i>Harpacticoida</i>	24	148,0±56,6	94,9±39,9	188,5±49,9
<i>Ostracoda</i>	1	12	7,0	10,0
<i>Bivalvia</i>	10	0	42,5	66,1

raminifera и Harpacticoida, далее (глубина 15 м) доминирование переходит к Nematoda и Harpacticoida. На максимальной глубине (30 м) преобладают Nematoda. Субдоминируют на глубине 10 м — Nematoda, на глубине 15 и 25 м — Foraminifera, на глубине 30 м — Harpacticoida (табл. 3).

Таким образом, мейофауна обрастания садков на акватории у о. Рейнеке представлена 7 таксономическими группами. В эвмейофауне доминировали фораминиферы и нематоды. В псевдомейофауне преобладали двустворчатые моллюски и полихеты. Максимальная плотность поселения мейофауны (674 экз./садок) отмечена на глубине 30 м, минимальная (75 экз./садок) — на глубине 10 м (срок экспозиции 25 мес). Плотность поселения мейофауны увеличивалась со сроком экспозиции в большинстве исследуемых горизонтов. Представители эвмейофауны преобладали, за исключением организмов псевдомейофауны на глубине 10 м (срок экспозиции 12 мес).

Преобладание эвмейофауны в сообществе обрастания установок марикультуры по выращиванию двустворчатых моллюсков отмечалось как в Японском, так и в Белом морях (Гальцова, 1982; Гальцова и др., 1985; Гальцова, Павлюк, 1987). Различия, которые наблюдаются в структуре мейофауны, заключаются в том, что в нашем случае по плотности поселения преобладали фораминиферы и нематоды, а в работах перечисленных авторов отмечено исключительное доминирование нематод. В зал. Китовом (Японское море), при исследовании сообществ мейофауны культивируемых моллюсков, также отмечено преобладание фораминифер (Белогурова, Масленников, 2005). Доминирование фораминифер отмечено и для природных сообществ мейобентоса, не подверженных воздействию плантаций марикультуры (Павлюк и др., 2001).

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта Президиума ДВО РАН «Фауна морских червей залива Петра Великого: мониторинг разнообразия, биоинвазии и изменения состава сообществ» № 06-III-A-06-169.

ЛИТЕРАТУРА

Белогурова Л.С., Ивин В.В. Мейофауна сообществ обрастания ламинарии японской // Экологические проблемы биодegradации промышленных, строительных материалов и отходов производства: Материалы 3-й Всерос. науч.-практ. конф. — Пенза: Приволжский Дом знаний, 2000. — С. 14–17.

Белогурова Л.С., Масленников С.И. Исследование сообществ мейоэпифауны культивируемых двустворчатых моллюсков в заливе Китовом Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 140. — С. 366–375.

Белогурова Л.С., Масленников С.И. Мейофауна сообществ обрастания установки марикультуры // Экологические проблемы биодegradации промышленных, строительных материалов и отходов производства: Материалы 3-й Всерос. науч.-практ. конф. — Пенза: Приволжский Дом знаний, 2000. — С. 17–20.

Гальцова В.В. Количественный учет мейобентоса // Гидробиол. журн. — 1971. — Т. 7, № 2. — С. 132–136.

Гальцова В.В. Мейофауна и нематоды обрастаний на искусственных коллекторах для сбора мидий // Зоол. журн. — 1982. — Т. 61, вып. 9. — С. 1422–1424.

Гальцова В.В., Галкина В.Н., Кулаковский Э.Е. и др. Исследование биоценоза мидий на искусственных субстратах в условиях марикультуры на Белом море // Экология обрастаний в Белом море. — Л.: ЗИН АН СССР, 1985. — С. 76–88.

Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Мейобентос бухты Алексева (залив Петра Великого, Японское море) в условиях марикультуры приморского гребешка. Препр. № 20 — Владивосток: ИБМ ДВНЦ СССР, 1987. — 49 с.

Гальцова В.В., Павлюк О.Н. Мейобентос в условиях марикультуры приморского гребешка в бухте Алексева Японского моря // Биол. моря. — 1993. — № 5–6. — С. 17–22.

Звягинцев А.Ю. Морское обрастание в северо-западной части Тихого океана. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 432 с.

Масленников С.И. Обрастание установок марикультуры приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ИБМ ДВО РАН, 1996. — 24 с.

Масленников С.И., Белогурова Л.С. Формирование сообщества мейофауны в условиях выращивания приморского гребешка в заливе Китовый (Японское море) // Материалы 7-й Дальневост. конф. по заповедному делу. — Благовещенск: БГПУ, 2007. — Т. 1. — С. 221–224.

Павлюк О.Н., Преображенская Т.В., Тарасова Т.С. Межгодовые изменения в структуре сообществ мейобентоса бухты Алексева Японского моря // Биол. моря. — 2001. — Т. 27, № 2. — С. 127–132.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ОЦЕНКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЗНОВОЗРАСТНОЙ МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

В.Н. Валова

ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: vera-valova@rambler.ru

Успех разработки эффективных кормов зависит от знания пищевых потребностей рыб, которые подвержены влиянию целого ряда факторов (включая абиотические) и не всегда достаточно точно определены. Известно, что избыток или недостаток питательных и биологически активных веществ в кормах приводит к нарушению обмена веществ и развитию алиментарных патологий. Причиной их, помимо недоброкачественных кормов, являются и несбалансированные по основным питательным компонентам корма. Кроме того, корма могут являться источником заражения многими инфекционными болезнями, в частности, инфекционным некрозом поджелудочной железы, инфекционным некрозом гемопоэтической ткани, фурункулезом, вибриозом и др. При наличии алиментарных заболеваний могут наблюдаться, в качестве вторичных, инвазионные заболевания, в частности, вызываемые различными грибами и простейшими.

В связи с этим в настоящее время актуальным становится проведение постоянного контроля физиологического состояния молоди при индустриальном выращивании, а также разработка симптомокомплекса для определения ранних стадий алиментарных патологий. Начиная с 2003 г. на НИРС пос. Лучегоorsk ФГУП «ТИНРО-Центр» проводится мониторинг физиологического состояния разновозрастной молоди осетровых рыб при садковом выращивании молоди после перевода в садки сеголеток до достижения ими возраста 2+ включительно каждый вегетационный период.

Цель работы — мониторинг физиологического состояния разновозрастной молоди осетровых рыб в течение вегетационного периода 2007 г. при садковом выращивании.

При проведении мониторинга оценивались гематологические показатели, состояние пищеварительной системы, селезенки, внешние признаки патологических процессов. Работа материала проводилась по общепринятым методикам (Лилли, 1969; Иванова, 1983). Наблюдались следующие возрастные группы молоди чистых линий и гибридных форм: годовики-двухлетки, двухгодовики-трехлетки, также оценивалось физиологическое состояние сеголеток перед зимовкой.

Сеголетки

Возрастная группа сеголеток в 2007 г. включала в себя чистые линии калуги (К) и байкальского осетра (БО), а также гибридные формы калуга х стерлядь (КхСт) и стерлядь х калуга (СтхК). Физиологическое состояние сеголеток исследовалось непосредственно перед зимовкой. У сеголеток гибридных форм КхСт и СтхК отмечались более высокие значения количества лимфоцитов в крови (соответственно 56,5 и 59,5 %) в сравнении с чистыми линиями калуги и байкальского осетра (соответственно 49,9 и 49,4 %) при более низких значениях тромбоцитов — 26,7 % (КхСт) и 28,8 % (СтхК) против 30,4 % (К) и 41,1 % (БО). У всей молоди отмечался сдвиг в лейкоцитарной формуле в сторону увеличения числа незрелых (палочкоядерных) нейтрофилов, особенно у чистой линии калуги (6,8 %) и гибридной формы СтхК (5,1 %). При этом содержание в белой крови фагоцитирующих элементов (моноциты) было довольно низким у всех сеголеток при относительно высоком числе эозинофилов. Среди гранулоцитов у чистых линий калуги (12,0 %) и байкальского осетра (5,7 %), а также у гибридной формы КхСт (6,2 %) самой многочисленной группой были эозинофилы. В сравнении с ними, у гибридной формы СтхК группой, преобладающей в лейкоцитарной формуле крови, оказались палочкоядерные нейтрофилы (5,1 % против 4,2 % эозинофилов). Сеголетки гибридных форм калуги со стерлядью отличались высоким уровнем общего гемоглобина в крови (95,9 г/л). Несколько ниже этот показатель оказался у сеголеток чистой линии байкальского осетра 86 г/л), при этом у сеголеток байкальского осетра были самые высокие значения содержания гемоглобина в 1 эритроците (85,01 пг). Сеголетки калуги имели показате-

ли красной крови, свидетельствующие о развитии патологических процессов, к которым можно отнести высокие значения СОЭ (9,5 мм/час), низкий уровень гемоглобина в 1 эритроците (58,36 пг), а также общего гемоглобина (49,9 г/л) в периферической крови. Данные гистологического анализа и осмотра внешних покровов тела показали наличие признаков алиментарной патологии у всех исследованных сеголеток. Анализ состояния печени подтвердил наличие патологических процессов: у сеголеток чистых линий калуги и байкальского осетра была обнаружена липоидная дегенерация печени хронической формы тяжелой степени, у сеголеток гибридных форм — легкой и средней степеней тяжести. У сеголеток байкальского осетра отмечалось увеличение в 2–3 раза размеров селезенки, ткань которой имела рыхлый характер и имела мозаичную окраску на срезе. Таким образом, сеголетки чистых линий калуги и байкальского осетра вошли в зимовку в плохом физиологическом состоянии, которое в дальнейшем может спровоцировать массовую гибель рыб после выхода из зимовки при повышении температуры воды и активности питания.

Двухлетки

Возрастная группа годовики-двухлетки была представлена чистыми линиями и гибридными формами: К, АО, Ст, Ст (альбиносы), КхСт, СтхК, Стх [АОх (АОхК)].

В ходе исследований были получены следующие результаты.

После выхода из зимовки у всей молодежи данной возрастной группы отмечался высокий уровень тромбоцитов в белой крови и увеличении числа эритроцитов с вакуолизированной цитоплазмой. Увеличение интенсивности тромбоцитопоза обычно связывают со стрессовыми ситуациями и интоксикациями (Головина, Тромбицкий, 1989; Житенева и др., 2003) и характерным признаком таковой является наращивание количества эритроцитов с характерными изменениями в цитоплазме (рис. 1–3). При этом интенсивность тромбоцитопоза тесно связано с усилением эритропоза, на что указывает увеличение числа юных эритроцитов в красной крови. Согласно результатам исследований многих авторов (Зайчик, Чурилов, 1999; Житенева и др., 2003), тромбоцитопоз стимулируется миелоцитопозом при воспалениях и неопластическом росте. Это также характерно для железодефицитных анемий, когда мегакариопоз ускоряется вместе с увеличением интенсивности эритропоза. Необходимо отметить, что в этот период у всей молодежи были достаточно низкими уровень общего гемоглобина в периферической крови и значение СГЭ, при высокой величине СОЭ у всей молодежи (рис. 4–5). При этом высокие величины СОЭ характерны для стерляди в природных популяциях (Гершанович и др., 1987; Строганов, 1962), в то время как для молодежи других видов и гибридных форм высокие значения СОЭ свидетельствует о наличии патологических процессов в организме рыб. В период высоких температур (июль—август) у всех двухлеток отмечалось резкое снижение интенсивности тромбоцитопоза, при достаточно высоком уровне общего количества эритроцитов, где также преобладали юные формы и высоких значениях общего гемоглобина и СГЭ. При этом значения СОЭ оставались высокими у молодежи всех чистых линий и гибридных форм. В течение всего вегетационного периода в лейкоцитарной формуле крови отмечалось преобладание палочкоядерных (незрелых форм) нейтрофилов над сегментоядерными. Поскольку нейтрофилы, являясь наиболее реактивными клетками крови, высокочувствительны к разнообразным изменениям внутренней среды, которые сопутствуют нарушениям гомеостаза во многих системах, то преобладание незрелых форм свидетельствует об ускорении нейтрофилопоза. Как правило, это связано с развитием патологических процессов в организме, в нашем случае липоидной дегенерации печени. При вскрытии у рыб обнаруживались внешние признаки липоидной дегенерации печени (кровоизлияния на поверхности печени, белая, часто мраморная окраска). На препаратах у молодежи калуги, амурского осетра обнаружена липоидная дегенерация печени тяжелой и средней степеней тяжести. У стерляди и гибридных форм СтхК и КхСт отмечалось наличие липоидной дегенерации печени средней и легкой степеней тяжести. Развитием хронической формы алиментарной патологии вызван отход двухлеток чистых линий и гибридных форм осетровых рыб в течение всего вегетационного периода. Наиболее высокий отход в течение всего вегетационного периода 2007 г. отмечался у двухлеток чистой линии амурского осетра и был обусловлен со-

стоянием сеголеток АО перед зимовкой. Сеголетки вошли в зимовку с тяжелой степенью липоидной дегенерации печени, низким уровнем гемоглобина в крови и низким СГЭ, а также пониженным количеством эритроцитов. После зимовки в связи с вынужденным голоданием состояние печени и показатели крови несколько улучшились, однако использование для кормления молодежи несбалансированных кормов спровоцировало дальнейшее развитие болезни, низкий темп роста, высокие затраты корма, повышенный отход молодежи. Однако, несмотря на это перед зимовкой 2007–2008 гг. оставшаяся молодежь амурского осетра имела относительно удовлетворительное состояние. Физиологический статус двухлеток калуги, стерляди и гибридных форм СтхК и КхСт, Стх[АОх(АОхК)] был выше, чем у амурского осетра и они в зимовку вошли в удовлетворительном состоянии.

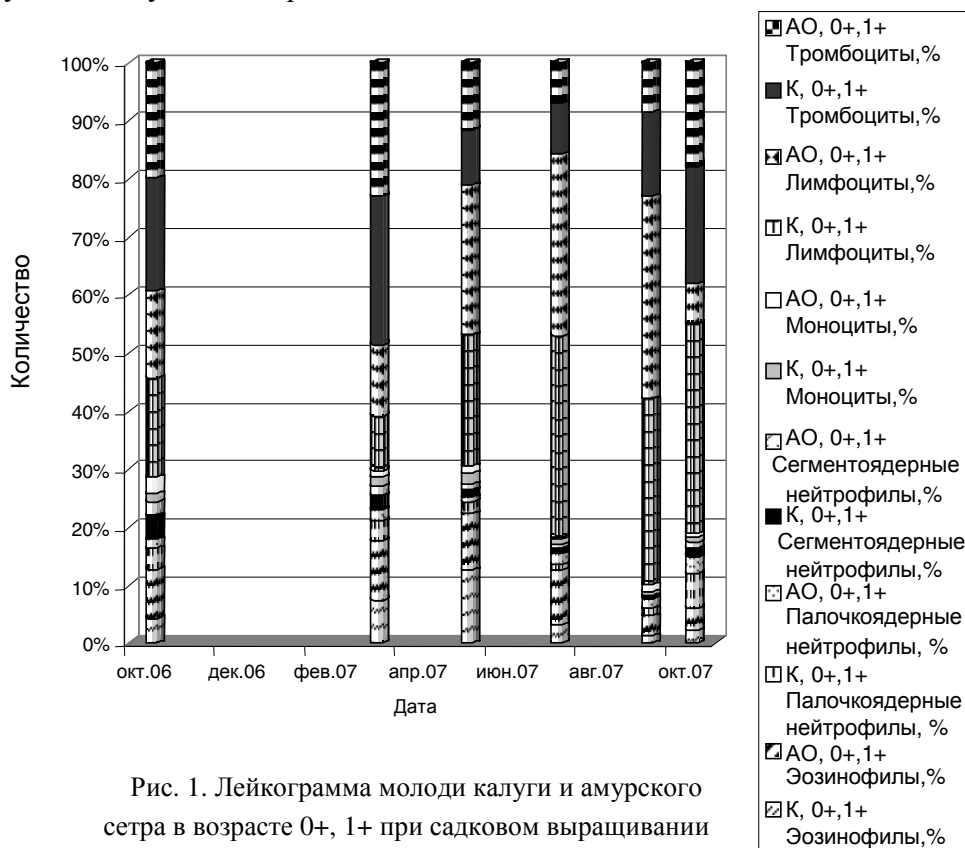


Рис. 1. Лейкограмма молодежи калуги и амурского осетра в возрасте 0+, 1+ при садковом выращивании

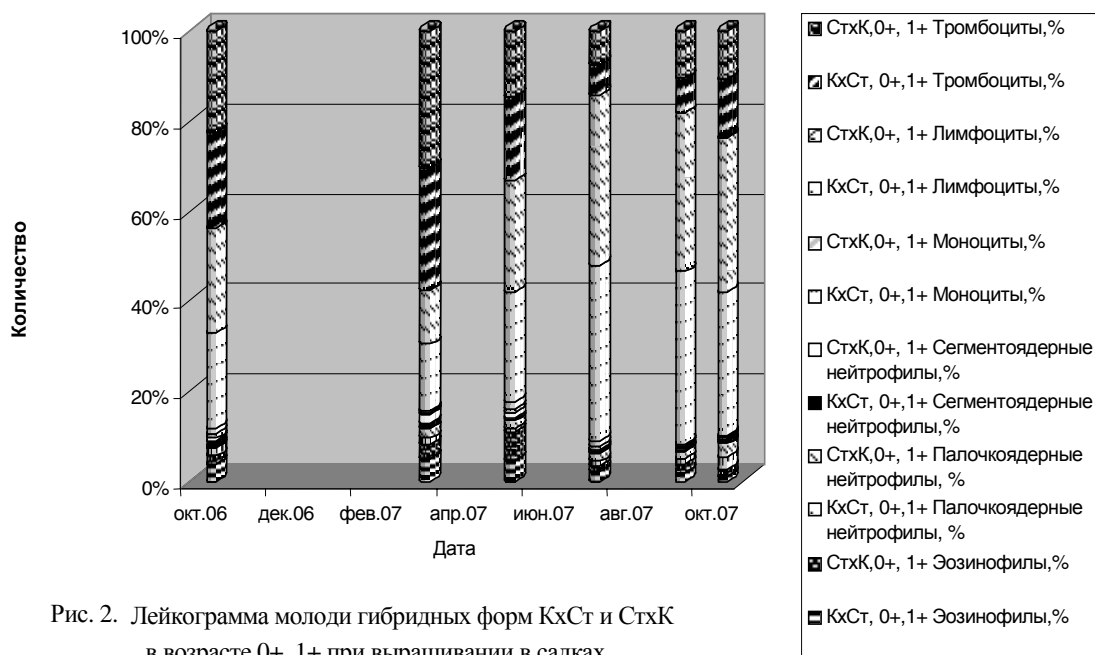


Рис. 2. Лейкограмма молодежи гибридных форм КхСт и СтхК в возрасте 0+, 1+ при выращивании в садках

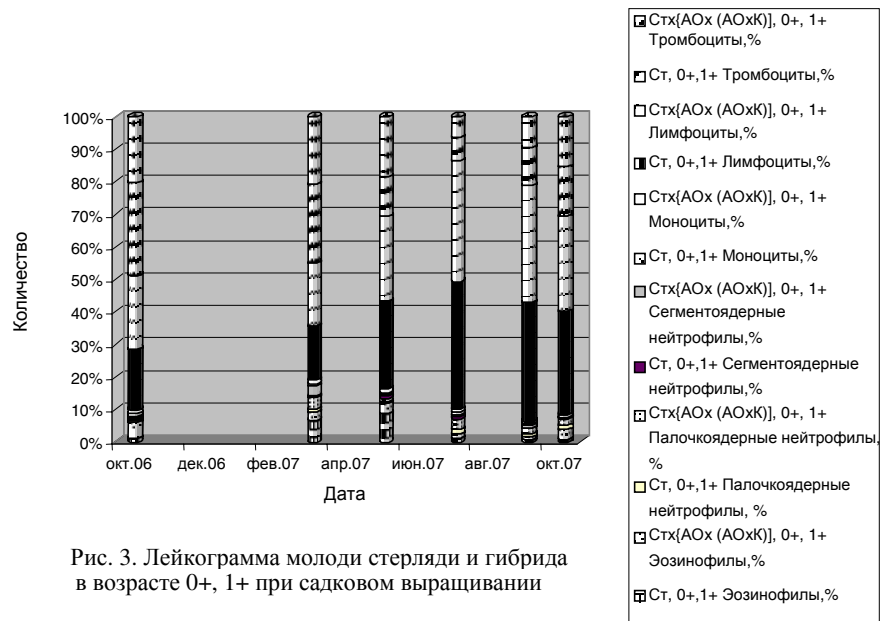


Рис. 3. Лейкограмма молоди стерляди и гибрида в возрасте 0+, 1+ при садковом выращивании

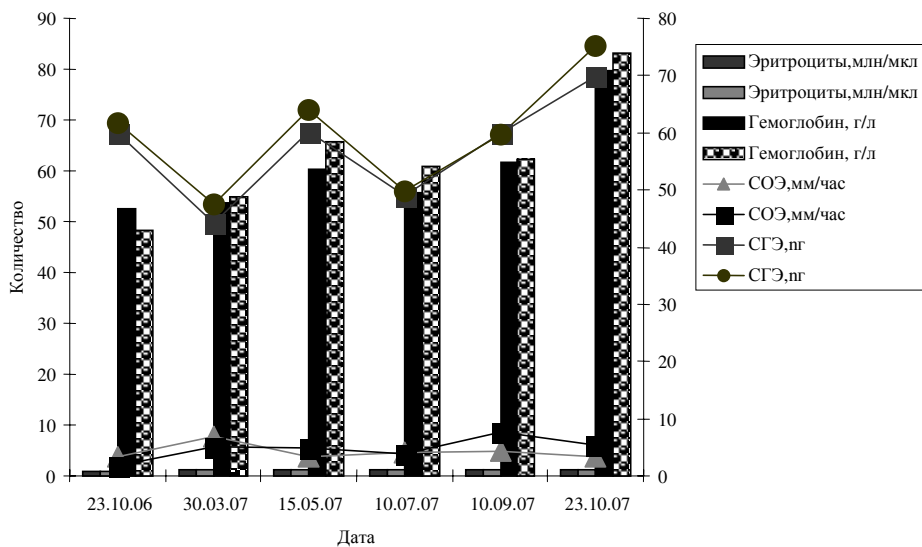


Рис. 4. Гемограмма молоди калуги и амурского осетра в возрасте 0+, 1+ при садковом выращивании

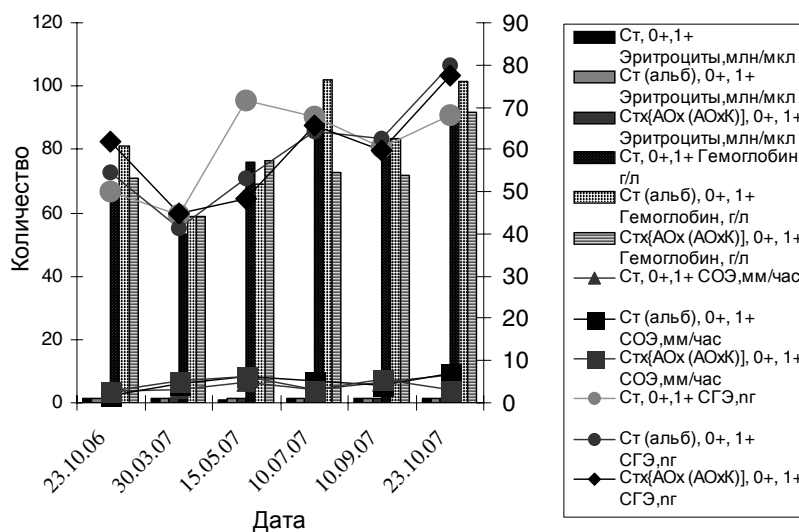


Рис. 5 Гемограмма молоди стерляди и гибридной формы Стx[АОx(АОxK)] в возрасте 0+, 1+ при выращивании в садках

Трехлетки

Возрастная группа двухгодовики-трехлетки состояла из чистых линий амурского осетра, стерляди и гибридных форм АОх[(АОхК)хАОх(АОхК)] и СтхК. В 2007 г. физиологический статус трехлеток в течение всего вегетационного периода был значительно выше, чем у одновозрастной молодежи в 2005–2006 гг. Тромбоцитоз и увеличение числа эритроцитов с вакуолизированной цитоплазмой отмечалось только при выходе из зимовки и, по-видимому, было связано с изменениями абиотических условий в течение зимовки. В течение всего вегетационного периода у всей молодежи отмечалось довольно высокое содержание гемоглобина в периферической крови и в 1 эритроците, которое значительно повысилось перед зимовкой (от 92,42 до 105,60 пг). В красной крови у всей молодежи отмечалось преобладание зрелых эритроцитов. В белой крови среди фагоцитарных элементов отмечался небольшой сдвиг вправо, т.е. небольшое преобладание палочкоядерных эритроцитов и довольно высокое содержание моноцитов. В целом лейкоцитарная формула крови у всех трехлеток в течение вегетационного периода соответствовала норме согласно литературным данным (Баденко, Чихачева, 1984; Гершанович и др., 1987). Перед зимовкой у всей молодежи наблюдалось повышение интенсивности тромбоцитоза при высоком числе лейкоцитов, эритроцитов и довольно высоком СОЭ (от 3,6 до 6,3 мм/час). Высокие значения СОЭ (6,3 мм/час) у трехлеток стерляди может свидетельствовать о наступлении половой зрелости, у остальных о развитии патологических процессов, что подтверждается наличием у всех трехлеток липоидной дегенерации печени средней и легкой степени тяжести. Все нарушения физиологического статуса двухлеток и трехлеток напрямую связаны с кормлением молодежи, в частности с несбалансированными по основным питательным компонентам комбикормами.

Таким образом, из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

Высокий уровень тромбоцитоза при снижении числа лимфоцитов свидетельствует о развитии патологических процессов в организме разновозрастной молодежи осетровых рыб, что подтверждается наличием липоидной дегенерации печени разных степеней тяжести у всех исследованных рыб.

Данный показатель может использоваться как симптом ранних стадий алиментарной патологии при искусственном выращивании рыбы.

Развитие алиментарной патологии у разновозрастной молодежи чистых линий и гибридных форм осетровых рыб обусловлено скормливанием молодежи несбалансированных по основным питательным компонентам кормов, в частности по составу незаменимых аминокислот.

Гибридные формы СтхК и КхСт имели более высокий физиологический статус, чем чистые линии АО, К и БО.

ЛИТЕРАТУРА

- Баденко Л.В., Чихачева В.П. Критерии и методы оценки жизнестойкости молодежи азовских осетровых, выпускаемой осетровыми заводами // Рыбохозяйственное значение внутренних водоемов Азовского и Каспийского бассейнов. — М.: Наука, 1984. — С. 41–55.
- Гершанович А.Д., Пегасов В.А., Шатуновский М.И. Экология и физиология молодежи осетровых. — М.: Агропромиздат, 1987. — 210 с.
- Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. Гематология прудовых рыб. — Кишинев: Штинца, 1989. — 155 с.
- Житенева Л.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А. Тромбоциты рыб и других групп позвоночных. — Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 2003. — 71 с.
- Зайчик А.Ш., Чурилов Л.П. Основы общей патологии. Ч. 1. — СПб., 1999. — 624 с.
- Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1983. — 184 с.
- Лилли Р. Патогистологическая техника и практическая гистохимия. — М.: Мир, 1969. — 624 с.
- Строганов Н.С. Экологическая физиология рыб. — М.: МГУ, 1962. — 444 с.

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ БИОЛОГИИ И ПЛОДОВИТОСТЬ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS* (AGASSIS) В БУХТЕ КИЕВКА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Н.О. Вороной

Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия

Промежуточный (серый) морской еж — *Strongylocentrotus intermedius* (Agassis) — является ценным промысловым объектом. Вопрос изучения его воспроизводства достаточно актуален в связи с активным промыслом и повсеместном снижении запасов. В связи с разработкой биотехнологии получения молоди в заводских условиях исследовалось состояние производителей в бухте Киевка. Одной из главных составляющих, определяющей качественное состояние производителей, является плодовитость и размеры яйцеклеток. Цель данной работы — исследование биологических показателей и потенциальной плодовитости серого морского ежа на сублиторали о. Второй в бухте Киевка.

Серых морских ежей промысловых размеров (диаметром больше 45 мм) собирали водолажным способом в августе 2006 г. на глубине до 5 м.

Исследования проводили на трех участках в бухте Киевка, различающиеся по типу грунта и рельефу дна, а также по количественному и качественному составу водорослей (рис. 1). Если на первом участке грунт песчано-галечный с вкраплениями валунов размерами до 30 см, то на втором участке наблюдалось замещение песка валунами и появлением крупных глыб до 2 м в диаметре. На скальных, скально-валунных и валунно-галечных участках дна второго участка отмечались многочисленные разнообразные щели, трещины, используемые морскими ежами в качестве укрытий. На третьем участке грунт представлен скальными выходами, реже — крупными глыбами 2–4 м в диаметре, скальные выходы и крупные валуны практически не имели щелей. Макрофиты первого участка были представлены в основном лишь отдельными «пятнами» известковых водорослей *Corallina* sp., *Bosiella* sp. (до 30 % проективного покрытия), которые росли на валунах; тогда как растительность второго и третьего участков в основном слагалась из бурых водорослей: *Laminaria japonica* (до 30 % проективного покрытия) + *Costaria costata* (до 10 % проективного покрытия) и *Laminaria japonica* (70–80 % проективного покрытия) + *Costaria costata* (до 10 % проективного покрытия).

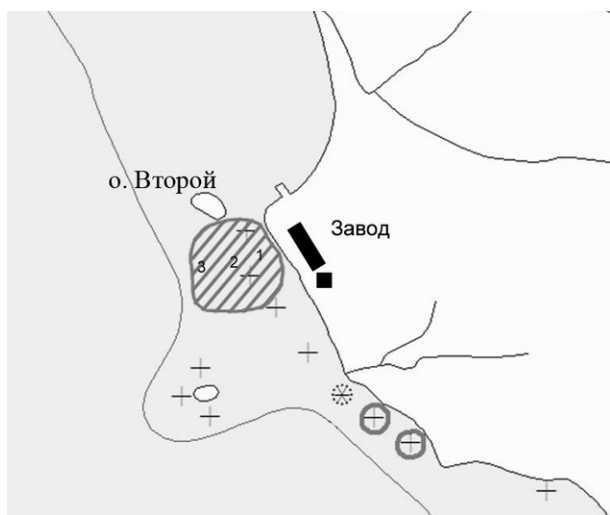


Рис. 1. Схема расположения исследуемых участков

У морских ежей измеряли диаметр панциря, массу тела и гонад, определяли пол, стадию зрелости и диаметр яйцеклеток. Потенциальную плодовитость определяли путем подсчета яйцеклеток (Яковлев, 1987) и рассчитывали по формуле: $Пп = N_{cp} * V_1 * V_2 * W_g$, где Пп — потенциальная плодовитость, N_{cp} — среднее число яйцеклеток в 1 мл гонадной взвеси, V_1 и V_2 — объем воды, использованный для первичного и вторичного разведения, мл, а W_g — начальная масса гонады, г.

Наибольшие величины среднего диаметра панциря, средней общей массы тела и средней массы гонад морских ежей обнаружены на втором участке. На первом и третьем участках средний диаметр панциря был приблизительно одинаков, но наименьшая величина средней массы гонад наблюдалась на третьем участке (табл. 1).

Таблица 1

Основные биологические показатели серого ежа на разных участках

Участок	Диаметр панциря, мм			W _{общ} , г			W _г , г		
	Min	Max	Среднее	Min	Max	Среднее	Min	Max	Среднее
1	44	70	54,9	38,7	130,6	71,3	4,0	30,8	14,3
2	49	71	59,5	52,8	133,2	88,3	3,1	30,7	15,1
3	44	67	55,8	37,8	121,1	75,7	2,4	23,5	11,6

Плодовитость — это важный элемент репродуктивной стратегии вида и показатель условий его существования в определенном месте обитания. Существует связь между товарными качествами гонад (гонадный индекс, цветность) и плодовитостью. Как правило, особи с гонадами хорошего «товарного» качества имеют максимальные значения плодовитости и диаметр яйцеклеток.

Потенциальная плодовитость у морских ежей на первом участке варьировала от 6,0 до 27,5 млн яйцеклеток, среднее — 12,7 млн. На втором участке значения плодовитости колебались от 10,3 до 32,5 млн яйцеклеток со средним значением 19,0 млн яйцеклеток. На третьем участке потенциальная плодовитость изменялась от 10,6 до 24,6 млн яйцеклеток, среднее равнялось 14,7 млн яйцеклеток (табл. 2).

Диаметр яйцеклеток у животных, отловленных с первого участка, варьировал от 90,0 до 113,0 мкм при среднем значении 96,4 мкм. На втором участке яйцеклетки имели размеры от 94,0 до 113,0 мкм при среднем значении 97,4 мкм. На третьем участке диаметр яйцеклеток колебался от 89,0 до 106,0 мкм при среднем значении 97,7 мкм. На всех трех участках преобладали яйцеклетки размерами 95–100 мкм. Наибольшая доля яйцеклеток размерами более 100 мкм (8 %) обнаружена в гонадах морских ежей, обитающих на третьем участке (рис. 2).

Зависимость потенциальной плодовитости от массы гонад описывается линейным уравнением: $y = -2,2 \cdot 10^6 + 9,7 \cdot 10^5 \cdot x$; $R^2=0,88$; $y = -4,2 \cdot 10^6 + 1,2 \cdot 10^6 \cdot x$; $R^2=0,94$; $y = -2,7 \cdot 10^6 + 1,1 \cdot 10^6 \cdot x$; $R^2=0,94$ на первом, втором и третьем участках соответственно (рис. 3). Четкой зависимости плодовитости от общей массы тела и диаметра панциря выявить не удалось.

Для морских ежей, обитающих в сублиторали — зоне с высокой, как правило, фитопродукцией, пища является вторым по значимости, после

температуры, фактором внешней среды, оказывающей существенное воздействие на их репродукционные характеристики. Обилие или недостаток пищи заметно влияет на степень развития гонад, динамику нереста морских ежей (Калинина и др., 2004). Согласно исследованиям И.Ю. Сухина (2006), наиболее предпочитаемым морскими ежами кормом является ламинария. Некоторые исследователи сходятся во мнении, что наилучшие цветовые показатели гонад имеют ежи, потребляющие разнообразную водорослевую пищу, включая кораллиновые водоросли (Калинина и др., 2000; Евсева, 2001).

Таблица 2
Плодовитость самок морского ежа *Strongylocentrotus Intermedius* на различных участках

Участок	Потенциальная плодовитость, шт.		
	Min	Max	Среднее
1	6058667	27535200	12726322
2	10337933	32517333	18992156
3	10664800	24590600	14753952

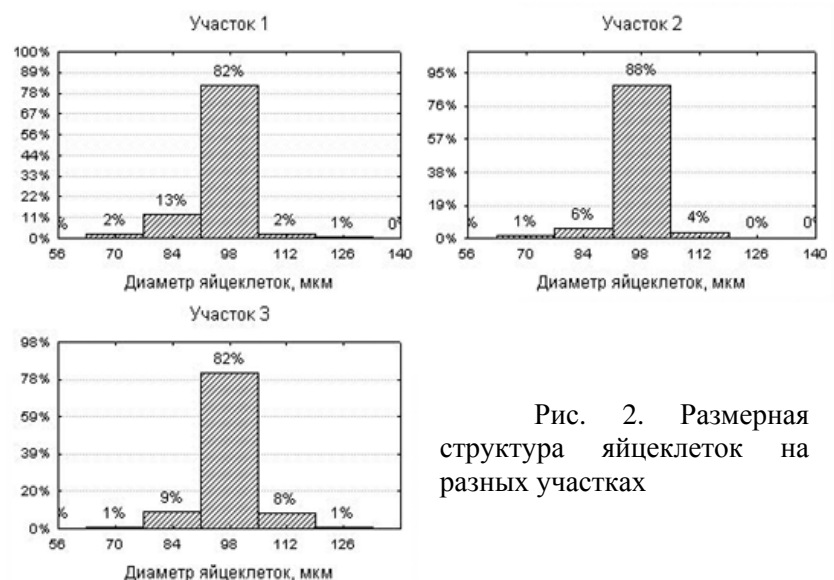


Рис. 2. Размерная структура яйцеклеток на разных участках

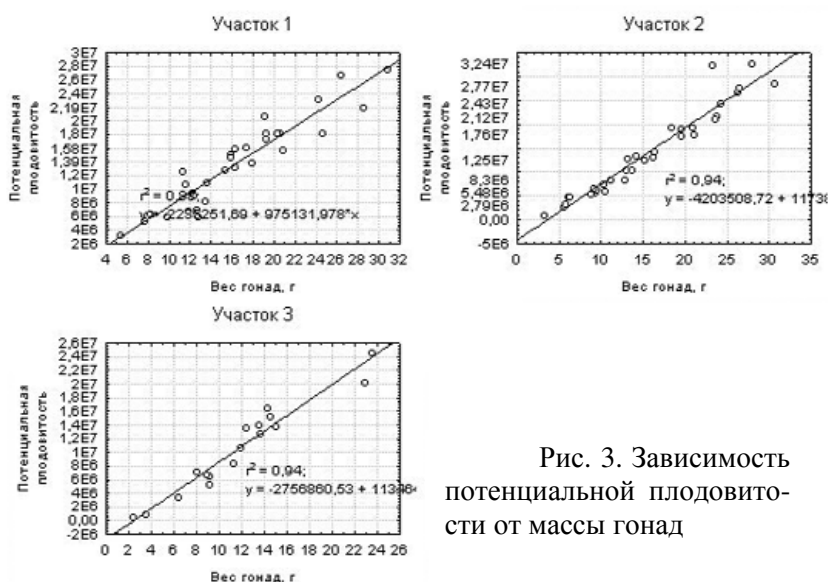


Рис. 3. Зависимость потенциальной плодовитости от массы гонад

По нашим данным, растительный покров первого участка был сравнительно скудным и заметно отличался от растительности двух других. Второй и третий участки характеризовались сходным составом водорослей — наличием зарослей ламинарии и костарии. Однако, как оказалось, наименьшая масса гонад в период наших исследований наблюдалась у морских ежей, отловленных на третьем участке, который характеризовался обилием бурых водорослей.

При этом максимальное среднее значение потенциальной плодовитости зафиксировано на втором участке, а наибольший средний размер яйцеклеток — на третьем. По нашему мнению все это можно объяснить тем, что исследуемые участки располагаются не далеко друг от друга и грунты не прерываются песками, поэтому животные могут свободно перемещаться с одного участка на другой. Отмечено, что ежи интенсивно мигрируют в период нереста, поэтому разница в показателях между участками может минимизироваться (Левин, Коробков, 2003).

Зависимость потенциальной плодовитости от массы гонад на всех трех участках достаточно четко выражена, коэффициент аппроксимации более 0,8, что свидетельствует о достоверности этой зависимости (Рокицкий, 1967).

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно рекомендовать использование производителей для дальнейших работ по отработке биотехнологии искусственного воспроизводства серых морских ежей со всех трех участков.

ЛИТЕРАТУРА

- Евсеева Н.В. Современное состояние ресурсов серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* южных Курильских островов // Вопр. рыболовства. — 2001. — Т. 2, № 7. — С. 422–431.
- Калинина М.В., Гусарова И.С., Гаврилова Г.С., Викторовская Г.И. Влияние экологических факторов на размножение морских ежей в различных биотопах залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 490–511.
- Калинина М.В., Сухин И.Ю., Викторовская Г.И. Влияние биотопических условий на состояние гонад серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (залив Петра Великого, Японское море) // Вопр. рыболовства. — 2004. — Т. 5, № 1(17). — С. 147–164.
- Левин В.С., Коробков В.А. Морские ежи России. Биология, промысел, использование. — СПб.: ДОРН, 2003. — 256 с.
- Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. — Минск: Вышэйшая школа, 1967. — 327 с.
- Сухин И.Ю. Особенности питания и пищевых отношений черного и серого морских ежей в районах их совместного обитания: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2006.
- Яковлев С.Н. Плодовитость морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* и методы ее оценки // Биол. моря. — 1987. — № 5. — С. 46–52.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СКОПЛЕНИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА МЕТОДАМИ МАРИКУЛЬТУРЫ НА ПРИМЕРЕ БУХТЫ СУХОДОЛ (ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Г.С. Гаврилова¹, А.В. Кучерявенко¹, М.М. Косых²

¹ ТИПРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: gavrilova@tinro.ru

² ООО «Марикультура», Приморский край, Россия

Восстановление численности и, как следствие, промысла дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в бухтах зал. Петра Великого — одна из наиболее актуальных задач марикультуры в Приморье. Для ее решения существует как минимум два пути:

1) улучшение условий воспроизводства вида в пределах какой-либо акватории (пополнение или создание маточного стада, увеличение количества субстратов для оседания молоди, создание донных конструкций для обеспечения убежищ малькам). В мелководных полузакрытых бухтах заливов Посъета, Амурского, Уссурийского, где складывается весь комплекс условий (гидрологический режим, орография берегов, кормовая база), можно и нужно проводить такие мероприятия, которые, несомненно, приведут к увеличению численности трепанга;

2) вселение и подращивание до товарной продукции молоди, полученной на заводах, или собранной на коллекторы в хозяйствах марикультуры в районах с высокой численностью трепанга. В настоящее время в Приморье работают два завода, получающие молодь трепанга. Кроме того, данные последних лет показывают, что в районах, где существуют благоприятные условия для размножения и роста трепанга и где созданы достаточно мощные плантации для сбора спата гидробионтов, наблюдается и более успешное оседание молоди этой голотурии.

В дальнейшем для поддержания в стабильном состоянии вновь создаваемых поселений трепанга необходимо: проводить эффективные охранные мероприятия, оценить приемную емкость акватории, регулировать величину изъятия товарной продукции.

В этой связи характеристика формирующегося скопления трепанга (численность, биомасса, размерная структура), получение данных о выживаемости и скорости роста молоди 1–2-го года жизни представляются актуальными.

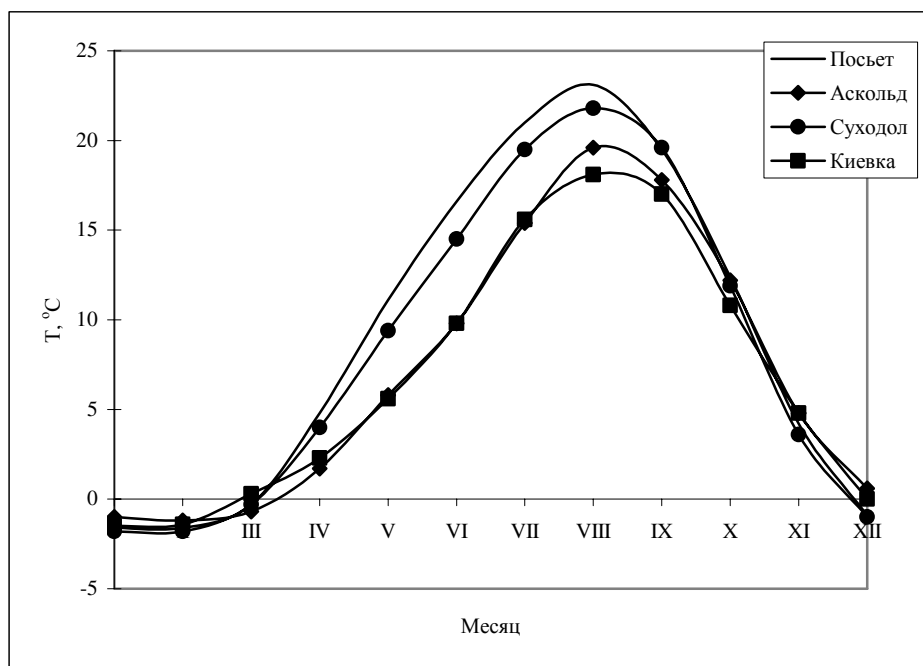
Материалы и методы

Работы проводили в Уссурийском заливе (зал. Петра Великого) на акватории юго-западной части бухты Суходол (бухта второго порядка Тихая Заводь, расположенная между мысами Красный и Шевелева).

Гидрологические условия бухты Суходол в целом типичны для бухт зал. Петра Великого с существенным материковым стоком и определяются взаимодействием прибрежных вод открытой части залива и приэстуарных вод (Афейчук и др., 2004).

Оценивая бухту Суходол с точки зрения пригодности ее для культивирования видов различной зоогеографической принадлежности, можно говорить о ее более высокой «теплоемкости» по сравнению с открытыми районами побережья Приморья. Так, сумма градусо-дней, в период с мая по октябрь, рассчитанная по значениям температуры воды на поверхности, здесь на 14–15 % больше, чем, например, в бухте Киевка или у о. Аскольд (см. рисунок). Кроме того, в мелководной части, до глубины 7–9 м, в теплые месяцы формируется однородный по термическим характеристикам слой воды. Все это делает возможным успешное воспроизводство субтропических низкобореальных видов.

Материалом для исследований послужили данные о численности и биомассе трепанга на донных плантациях. Вселение мальков трепанга в бухту проводилось в период с 2000 по 2006 г. Мальки поколения 2005 и 2006 гг., полученные на заводе в бухте Киевка, в течение зимних периодов соответственно 2005/06 и 2006/07 гг. содержались в выростных садках. После зимнего содержания в садках все они были высажены для пастбищного подращивания. Молодь трепанга, собранная на коллекторах, в самой бухте рассаживалась в садки и на донных плантациях.



Средняя многолетняя температура воды на поверхности в прибрежье Приморья (по: Мануйлов, 1990)

Численность и биомассу скоплений трепанга определяли гидробиологическим методом, в той его модификации, когда плотность рассчитывается по времени работы водолаза на станции (Левин, Шендеров, 1975). Всего выполнено три водолазные съемки на 7 разрезах (14 водолазных станций). Размерно-массовую структуру оценивали дважды — в апреле и октябре. Пробы животных отбирали тотально на каждой станции.

Результаты и их обсуждение

Гидробиологические исследования, выполненные в 2006–2007 гг. показали, что в настоящее время в бухте Тихая Заводь трепанг распределен на площади более 16 га. Основное скопление, состоящее из непромысловых особей, расположено в прибрежной полосе на глубине 2–7 м со средней плотностью 1,2 экз./м² (минимальное значение 0,4, максимальное — 2,0 экз./м²). На глубине свыше 10 м, где средняя плотность животных не превышала 0,1 экз./м², распределены в основном более крупные животные. Младшая размерная группа приурочена к биотопам гравийно-галечных грунтов с зарослями макрофитов, крупные животные распределены на мягких грунтах, концентрируясь в местах выхода коренных пород.

Общая численность трепанга составила порядка 170 тыс. экз. при общей биомассе ~13,7 т.

В скоплении преобладают непромысловые животные (общая масса тела до 120 г), доля которых в трех выборках была практически одинакова и составила соответственно 85,8 %; 89,6; 84,4 %. В течение года, с октября 2006 по октябрь 2007 г., численность животных с массой тела более 60 г составляла соответственно 80,7 %; 31,6; 53,2 %. Промысловая часть скопления за этот период изменялась в следующем порядке 14,2 %; 10,4; 15,6%. Анализ размерной структуры показывает, что рассматриваемое скопление регулярно пополняется молодь. Вместе с тем, за последние два года отсутствует сколько-нибудь заметное увеличение численности промысловой части.

Хозяйство марикультуры в бухте Тихая Заводь организовано в 1999 г., тогда же здесь были выполнены гидробиологические исследования, показавшие, что в бухте поселения трепанга отсутствуют. В настоящее время основная деятельность хозяйства — это культивированием моллюсков (мидия тихоокеанская, приморский гребешок). Подвесные установки занимают порядка 15 га, кроме того, сформированы донные плантации для товарного выращивания гребешка.

Работы по восстановлению численности трепанга начались в 2000 г., и в течение восьми лет в этой бухте применялись: коллекторный сбор молоди; вселение молоди, собранной

на коллекторы в зал. Посъета; пополнение скоплений молодью, полученной на заводе в бухте Киевка. В 2000 г. 10 тыс. экз. сеголеток трепанга были завезены из марихозьяств зал. Посъет. В 2005–2006 гг. в бухте расселены 22 тыс. мальков, полученные в заводских условиях.

Пополнение молодью в бухте за счет собственных ресурсов происходит ежегодно с разной интенсивностью (отсутствие молодежи на коллекторах в 2006 г. вызвано техническими причинами) (см. таблицу). За последние 8 лет наиболее успешное пополнение отмечено в 2003 и 2007 гг., т.е. каждый четвертый. Всего за это время на дно бухты отсажено 341 606 экз. молодежи трепанга.

Интенсивность оседания и общее количество молодежи трепанга, собранной на коллекторах в бухте Суходол

Показатель	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Интенсивность оседания, экз./кол.	6,8	0,8	–	12,7	1,6	0,6	0	15,0
Количество собранного спата, экз.	4833 10000*	13385	8405	85260	8225	5231 20000**	0 2100**	186270

* Куплено в зал. Посъета.

** Куплено МПЦМ «Заповедное», бухта Киевка.

В годы с успешным пополнением изменилась величина урожайности акватории, под которой понимается количество молодежи, которое может быть собрано с 1 га стандартно оборудованной плантации (21000 мешочных коллекторов). При современном уровне воспроизводства эта величина возросла на 16 %.

Урожайное поколение 2003 г. сказалось на численности всего скопления, 37 % которого составляют к настоящему времени 3–4-летние животные с массой тела от 60 до 120 г (см. таблицу). Промысловая часть скопления малочисленна и, по-видимому, состоит из животных поколений 2000–2002 гг. Численность этой группы составляет порядка 26 тыс. экз., что сопоставимо с численностью расселенной в эти годы молодью (36,6 тыс. экз.) и свидетельствует о высокой выживаемости (~71 %) коллекторной молодежи.

Рост численности промысловых особей следует ожидать в 2008–2009 гг., численность животных может составить порядка 60 тыс. экз. при биомассе 5,5 т.

Скопление трепанга в юго-западной части бухты Суходол существовало на протяжении многих лет. По данным М.Г. Бирюлиной (1972), численность его в начале 1970-х гг. составляла 1200 тыс. экз. при общей биомассе порядка 30 т. На 75 % скопление состояло из промысловых животных. Принимая во внимание отсутствие сколько-нибудь значительного промысла в те годы, можно предположить, что мелководная часть бухты (до 5–7 м) по своим биотопическим характеристикам соответствует условиям питомников для роста молодежи. Мористая часть бухты пригодна для промысловых скоплений. Преобразование донных участков путем создания на них конструкций по типу искусственных рифов позволит увеличить концентрации животных. Пределы увеличения численности в первую очередь будут зависеть от биотической (или кормовой) емкости акватории, что подразумевает запас необходимого корма на всех этапах развития трепанга.

Современная численность трепанга в бухте в семь раз меньше, чем учтенная в 1970 г., т.е. сама экосистема бухты в состоянии обеспечить кормом скопления численностью в 1,2–1,5 млн экз. (может быть и больше). Вместе с тем, в настоящее время в бухте осуществляется культивирование в подвесном режиме двустворчатых моллюсков. Объемы биоотложений под плантациями моллюсков весьма значительны. По нашим оценкам, только с 1 га плантаций в бухту поступает до 0,46 т натурально-влажного вещества биоотложений в сутки.

Вследствие трансформации органического вещества сестона моллюсками происходит увеличение количества легко усвояемого детрита и перестройка микробного ценоза донных осадков. Повышенная численность микроорганизмов в поверхностном слое грунта под плантациями моллюсков создает благоприятные условия для питания детритофагов (Брегман, 1994). По нашим оценкам, энергетический эквивалент суточного рациона сеголеток трепанга

составляет около $1,0 \text{ мгС экз.}^{-1}$, а в возрасте одного года мальки потребляют от 3,4 до 5,0 мгС экз.⁻¹ в сутки (Гаврилова, 1987). Соответственно биоотложения моллюсков только с одного гектара мидийных плантаций могут удовлетворить пищевые потребности 2,5 млн сеголетов, или 1,5 млн годовиков.

Таким образом, в настоящее время в бухте Тихая Заводь формируется скопление трепанга, общая численность которого уже насчитывает не менее 340 тыс. экз. животных. Пополнение скопления идет как за счет собственных ресурсов бухты, так и в результате вселения молоди, полученной на заводе и в марихозяйствах других районов.

В бухте Суходол может быть предложена модель бикультурного хозяйства, включающего наряду с культивированием моллюсков-фильтраторов пастбищное выращивание молоди дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в районе мидийных плантаций.

ЛИТЕРАТУРА

Афейчук Л.С., Зуенко Ю.И., Рачков В.И., Раков В.А. Экологические условия воспроизводства и распределение анадары Броутона (*Anadara broughtonii*) в бухте Суходол (Уссурийский залив, Японское море) // Бюл. Дальневост. малакологического об-ва. — 2004. — Вып. 8. — С. 43–60.

Бирюлина М.Г. Запасы трепанга в заливе Петра Великого // Вопросы гидробиологии некоторых районов Тихого океана. — Владивосток, 1972. — С. 22–32.

Брегман Ю.Э. Биоэнергетика трофической цепи «моллюск-фильтратор — голотурия-детритофаг» в условиях бикультуры // Изв. ТИНРО. — 1994. — Т. 113. — С. 5–12.

Гаврилова Г.С. Абиотические факторы среды и трофические потребности дальневосточного трепанга при разведении в искусственных условиях: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М.: ИО АН СССР, 1987. — 19 с.

Левин В.С., Шендеров Е.М. Некоторые вопросы методики количественного учета макробентоса с применением водолазной техники // Биол. моря. — 1975. — № 2. — С. 64–70.

Мануйлов В.А. Подводные ландшафты залива Петра Великого. — Владивосток: ДВГУ, 1990. — 168 с.

МАРИКЛИМАТОЛОГИЯ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИИ, ИЗУЧАЮЩЕЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ФАКТОРАМИ СРЕДЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬЮ МАРИХОЗЯЙСТВ

Л.А. Гайко

ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: gayko@yandex.ru

Существующие методики прогнозирования плотности спата приморского гребешка в основном разработаны на Экспериментальной морской базе «Посыет» и основываются на выявлении эмпирических зависимостей между различными биологическими и гидрологическими показателями (Белогрудов, 1981). При этом в качестве предикторов используются накопленная сумма тепла за определенные периоды развития, длительность ледового периода, вариабельность поверхностной температурой воды в преднерестовый период, в период оседания; максимальная численность личинок гребешка перед оседанием (с глазком). По заблаговременности все биологические прогнозы, применяемые в марикультуре для предсказания урожайности, можно разделить на три группы:

1. *Долгосрочные прогнозы*, имеющие заблаговременность до четырех месяцев. Составляются на основе многолетних биологических, гидрометеорологических и фенологических наблюдений. Точность долгосрочных прогнозов зависит от длительности ряда наблюдений и объема собранного многолетнего материала.

2. *Краткосрочные прогнозы* охватывают период в несколько суток до начала нереста. Для прогноза из природных популяций делают выборку половозрелых моллюсков и производят биологический анализ.

3. *Текущие прогнозы* выполняются после начала оседания личинок на коллекторы. Изучая динамику численности личинок в планктонных пробах, в случае появления в планктоне новых генераций личинок можно рекомендовать дополнительный сбор спата или предлагать меры, предохраняющие коллекторы от избыточного оседания личинок (Раков, 1979).

Такой подход к прогнозированию плотности спата приморского гребешка основывается на выявлении эмпирических зависимостей. Но использование прогноза только в этом аспекте значительно ограничивает возможности гидрометеорологического обслуживания хозяйств марикультуры и не позволяет составить прогнозы с большой заблаговременностью. Настало время смены парадигм — на место эмпирико-статистическому подходу приходит методология, ориентированная на количественный анализ причинно-следственных связей между гидрометеорологическими условиями и продуктивностью марихозяйств, соединяющая описательный гидробиологический подход и агрометеорологический, с присущей ему комплексностью и глубиной анализа явлений и процессов. Она базируется на моделировании причинно-следственных связей между гидрометеорологическими условиями и продуктивностью марихозяйств. Для создания научно-обоснованных методов долгосрочного прогноза урожайности моллюсков, на первом этапе необходимо изучить влияние гидрологических параметров как на биологический объект, так и на технологию его выращивания.

В прогностических целях можно использовать климатическую информацию. При этом большое многообразие абиотических факторов, влияющих на биологический объект, учитывается с применением физико-статистических схем (Пасов, 1971; Чирков, Пестерева, 1990), основанных на оценке как синхронных, так и асинхронных корреляционных зависимостей между значениями различных гидрометеорологических элементов. Использование этих схем применительно к аквакультуре позволяет учитывать реально существующие связи между погодой и состоянием подстилающей поверхности, с одной стороны, и урожайностью биологических объектов, формирующейся под влиянием этих условий, с другой стороны. Синоптико-статистические методы прогноза урожайности сельскохозяйственных культур разрабатывались на основе методов долгосрочных прогнозов погоды. Так как при составлении долгосрочных прогнозов погоды учитывается множество факторов, являющихся источниками долговременных изменений погоды, то целесообразно строить многопараметрические схемы, которые включали бы наиболее значимые из них.

Рассмотрим теоретические подходы агрометеорологии применительно к марихозяйствам. Важнейшей задачей при долгосрочном прогнозировании является выбор наиболее информативных предикторов. При этом прежде всего учитываются факторы, влияющие на годовой цикл развития моллюсков, такие как температура воды, ее вариабельность, соленость, количество градусо-дней, пищевые условия, ветровой режим, солнечная радиация, количество и интенсивность осадков, атмосферное давление, морские течения, приливы, фазы Луны, другие лунные и иные ритмы, солнечные затмения и т.п. Далее проводится количественный анализ синхронных зависимостей предиктанта и предикторов путем расчета коэффициентов корреляции и аналогичности, который позволяет выявить наиболее тесные зависимости между урожайностью гребешка и абиотическими факторами (Гайко, 2006). Для выделения из временных рядов урожайности этих существенных факторов агрометеорологи (Полевой, 1988; Уланова, Забелин, 1990) используют понятие «тенденция» или «трендовая составляющая урожайности». Подобный подход предлагается и в марикультуре на примере прогноза урожайности гребешка. По аналогии с агрометеорологией, урожайность моллюсков (P_t) рассматривается как сумма двух основных составляющих: неслучайной или трендовой (E_t), обусловленной культурой агротехники и долгопериодными колебаниями климата, и случайной составляющей (ΔP_t), которая определяется погодными особенностями конкретного года (t), т.е.

$$P_t = E_t + \Delta P_t. \quad (1)$$

Для выделения неслучайной или трендовой составляющей урожайности производится сглаживание ряда урожайности моллюсков и его выравнивание. На основании анализа распределения отклонений от тренда весь исходный ряд урожайности условно разделен на три группы лет: высокоурожайные (выше тренда), низкоурожайные (ниже тренда) и среднеурожайные (около тренда). При построении прогностической схемы за основу была взята трехуровневая модель Н.М. Пестеревой (Чирков, Пестерева, 1990), которая хорошо себя зарекомендовала при прогнозе урожая риса. Разработанная автором модель случайной составляющей урожая моллюсков (ΔP) учитывает одновременно состояние морской среды, приземных слоев атмосферы, тропосферную циркуляцию, циркуляцию в стратосфере и гелиофизические факторы и имеет следующий вид:

$$\Delta P = a_1 (A_1, A_2) + a_2 B + a_3 (C_1, C_2, C_3) + a_4, \quad (2)$$

где a_1, a_2, a_3 и a_4 — коэффициенты; A_1, A_2 — предикторы, учитывающие гелиофизические факторы (солнечная активность, солнечные и лунные затмения) и циркуляцию стратосферы (положение и интенсивность ЦПВ); B — предикторы, учитывающие циркуляцию тропосферы (формы атмосферной циркуляции, типы синоптических процессов); C_1, C_2, C_3 — предикторы, учитывающие особенности приземного состояния атмосферы над поверхностью того района, по которому прогнозируется урожай (аномалии температуры воздуха, сумма осадков за весенне-летний период, число дней с различными типами погоды и т.д.); особенности состояния подстилающей поверхности данного района (аномалии поверхностной температуры и солености морской воды, продолжительность ледового периода и т.д.) и биологические особенности объекта культивирования (термогалинные характеристики различных биологических периодов, даты начала этих периодов, их продолжительность и т.д.). Поскольку алгоритм схемы прогноза основан на статистических методах с учетом гелиофизических, синоптических и гидрометеорологических особенностей, то такая схема прогноза является физико-синоптико-статистической.

Таким образом, представляется обоснованным и прогрессивным применение методов агрометеорологии к марикультуре. Но агрометеорология — это наука, изучающая метеорологические, климатические и гидрологические условия, имеющие значения для сельского хозяйства, а в нашем случае мы имеем дело с особым направлением, изучающим влияние факторов среды на морские хозяйства, выращивающие гидробионтов. Поэтому науку, изучающую влияние факторов среды на урожайность культивируемых объектов марикультуры, следует назвать *мариклиматологией*, т.е. мариклиматология — это наука, которая изучает реально существующие связи между погодой, атмосферной циркуляцией и параметрами

водной среды в предшествующий период, с одной стороны, и урожайностью культивируемых культур, формирующейся под влиянием этих условий, с другой стороны.

Применяемые для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур физико-статистические методы могут быть с успехом применены и к морскому фермерству, что подтверждают работы автора (Gayko, 1996, 1999a, b, 2000; Гайко, 2006). Важным направлением развития прикладной мариклиматологии является создание систем различного уровня для информационного обслуживания марихозяйств, составление гидрометеорологических технологических блок-схем хозяйственных решений и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов, необходимых для их принятия, и рекомендации по выбору хозяйственных решений, связанных с производством приморского гребешка. Так, для прогноза, например, урожайности спата приморского гребешка, необходимо выполнить следующие этапы: 1) исследовать особенности временного хода урожайности приморского гребешка за период наблюдений; 2) выявить особенности влияния факторов внешней среды на преднерестовый, нерестовый и личиночный периоды в годы с высоким и низким урожаями; 3) разработать долгосрочный метод прогноза урожайности молоди приморского гребешка; 4) выявить синхронные и асинхронные связи урожайности гребешка с абиотическими факторами с уточнением уже известных зависимостей; 5) выявить особенности абиотических факторов в годы с высокими и низкими урожаями спата приморского гребешка; 6) оценить и отобрать наиболее информативные предикторы для расчета схем долгосрочного прогноза продуктивности плантаций приморского гребешка; 7) провести формализацию представленной схемы прогноза; 8) разработать правила динамического комплексирования прогноза с разной заблаговременностью; 9) проверить работу схемы на фактическом материале; 10) проанализировать результаты и отобрать наиболее оптимальные схемы прогноза; 11) разработать рекомендации по количественным критериям оценки урожайности моллюсков; 12) составить технологическую блок-схему хозяйственных решений и гидрометеорологических долгосрочных прогнозов, необходимых для их принятия и рекомендаций по выбору хозяйственных решений, связанных с производством приморского гребешка.

ЛИТЕРАТУРА

Белоградов Е.А. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Viv.) в зал. Посъета (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. — 23 с.

Гайко Л.А. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 204 с.

Пасов В.М. Путь увеличения заблаговременности составления прогноза урожая сельскохозяйственных культур // Тр. ИЭМ. — 1971. — Вып. 22. — С. 82–88.

Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 176 с.

Раков В.А. Рост и выживаемость личинок тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*) в планктоне залива Посъета (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 1979. — Т. 103. — С. 79–85.

Уланова Е.С., Забелин В.Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 151 с.

Чирков Ю.И., Пестерева Н.М. Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. — Л.: Гидрометеиздат, 1990. — 160 с.

Gayko L.A. Hydrometeorological data and productivity prognosis of marine culture of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay) in Posyet Bay (Sea of Japan) // PICES Sci. Rep. — 1996. — № 6. — P. 417–422.

Gayko L.A. Influence of abiotic factors on mariculture yield in Primorsky Krai (Sea of Japan) // Proc. PACON'99. — Moscow, Russia, 1999a. — P. 428–438.

Gayko L.A. Interrelation between hydrometeorological and biological parameters of marine farms (on example of economy, located on Japan Sea north-western coast) // Proc. CREAMS'99. — Fukuoka, Japan, 1999b. — P. 249–253.

Gayko L.A. The use of long-term physical and statistical methods to forecast yield of mollusks on marine farms // Abstr. PICES 9th Ann. Meet. — Hakodate, Japan, 2000. — P. 55–56.

ИХТИОПАТОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛОСОСЕВЫХ РЫБОРАЗВОДНЫХ ЗАВОДОВ МАГАДАНСКОЙ ОБЛАСТИ

П.П. Головин¹, Н.А. Головина², Н.К. Учужева³, П.И. Пузиков³

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства, пос. Рыбное, Московской области, Россия, e-mail: golovin_pavel@mail.ru

² Дмитровский филиал ФГОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», пос. Рыбное, Московской области, Россия, e-mail: kafvba@mail.ru

³ Охотскрыбвод, г. Магадан, Россия, e-mail: orv@lota.fish.magadan.ru

Тихоокеанские лососи — наиболее многочисленные и ценные объекты промысла в Дальневосточном регионе. Интенсивный вылов и антропогенное воздействие значительно снизили запасы естественных популяций лососей, и их эффективное восстановление в настоящее время невозможно без искусственного воспроизводства.

В Североохотоморском регионе функционируют 4 лососевых рыбоводных завода производственного назначения ФГУ «Охотскрыбвод» суммарной мощностью 120 млн молодки кеты, горбуши, кижуча и нерки. Однако получение полноценной молоди в условиях рыбоводных заводов невозможно без знания их эпизоотического состояния и строгого выполнения санитарно-профилактических и лечебных мероприятий.

В этой связи целью настоящей работы является оценить эпизоотическое состояние лососевых рыбоводных заводов Охотскрыбвода, изучить и отработать для них эффективные методы профилактики и терапии выявленных заболеваний.

Материалы и методы

Работу проводили на всех четырех ЛРЗ Охотскрыбвода: Арманском, Янском, Тауйском и Ольской ЭПАБ в 2005 и 2006 гг. Всего было проведено 4 комплексных ихтиопатологических обследования: в июне — перед выпуском молоди горбуши, кеты и кижуча — и в июле при подращивании молоди нерки и кижуча. Ихтиопатологическое обследование включало: гематологический анализ, микробиологическое и паразитологическое обследование рыбы по общепринятым методам (Лабораторный практикум ..., 1983).

Всего гематологическому обследованию было подвергнуто около 150 экз. молоди. Отбор крови проводили пастеровской пипеткой из сердца, каудального канала хвостового стебля или методом отсечения последнего. Поражение рыб внутриэритроцитарными тельцами включили оценивали по мазкам крови, окрашенным по Паппенгейму, на которых хорошо видны цитоплазматические включения. Долю пораженных эритроцитов высчитывали при просмотре 1000 клеток, расположенных в разных участках мазка. Обнаруженные эритроциты дифференцировали по морфологическим признакам.

Бактериальные посевы проводили из воды и рыбы на ЛРЗ, где наблюдалась сверхнормативная гибель молоди.

Результаты и их обсуждение

Ихтиопатологический мониторинг на ЛРЗ Охотскрыбвода до 2005 г. не проводился. Практически отсутствуют сведения о состоянии здоровья молоди и производителей в Северном Охотоморье. Известны лишь отдельные данные о наличии у производителей кеты и кижуча из рек Тауй и Яна (Магаданская область) внутриэритроцитарных тельц-включений (Головин, Головина, 2000, 2002).

Результаты ихтиопатологического мониторинга молоди лососей на рыбоводных заводах Охотскрыбвода свидетельствуют об эпизоотологическом благополучии предприятий по наиболее опасным инфекционным и инвазионным заболеваниям, при которых применяют карантинные мероприятия. Вместе с тем, на Янском ЛРЗ выявлены периодические вспышки миксобактериоза и ихтиободоза (костиоза), которые обычно регистрировались на начальных этапах эпизоотии и не вызвали высоких потерь молоди.

Причины их возникновения во многом связаны с высокой плотностью посадки и большим количеством рыбы, находящейся в огромных рыбоводных бассейнах, которые используют

ются на этом рыбзаводе для подращивания молоди. Предупреждение возникновения указанных заболеваний невозможно без своевременного и регулярного проведения профилактических обработок молоди дезинфектантами (в частности хлорамином) и лекарственными препаратами, такими как формалин и малахитовый зеленый.

Сапролегниоз — грибковое заболевание икры, которое наблюдается в период ее инкубации. Оно имеет место на всех рыбзаводах и может, при плохом качестве икры и не проведении профилактических обработок, наносить существенный ущерб, снижая величины выхода личинки.

Нами проведены специальные исследования по выявлению у молоди кеты, нерки, горбуши и кижуча, подращиваемой на ЛРЗ вирусных включений, вызывающих два заболевания: синдром эритроцитарных телец-включений (СЭТВ или Erythrocytic inclusion body syndrome, EIBS) и вирусный некроз эритроцитов (ВНЭ или Viral erythrocytic necrosis, VEN)

В 2006 г. наиболее распространенным у молоди на ЛРЗ было поражение эритроцитов тельцами-включениями по типу ВНЭ (табл. 1). Менее всего оказалась пораженной молодь на Арманском ЛРЗ, где у сеголеток кеты и горбуши наблюдали включения только по типу ВНЭ. На остальных заводах отмечено носительство возбудителей обоих заболеваний. Молодь кеты и кижуча являлась носителем обоих вирусов (табл. 2). При этом у молоди кеты наблюдали поражение ВНЭ на всех ЛРЗ, где она выращивалась. Особенно сильная зараженность эритроцитов отмечалась на Ольской ЭПАБ (у 75 % рыб), где у рыб выявлены также и СЭТВ (у 25 % рыб).

Сеголетки кижуча на Янском и Тауйском ЛРЗ поражены как ВНЭ, так и СЭТВ (см. табл. 1). При этом поражение СЭТВ молоди было нередко выше, чем ВНЭ. При этом наблюдали изменение процента заражения молоди в июле, по сравнению с июнем. Так, на Янском ЛРЗ в июне у 100 % молоди обнаруживали включения, а в июле их доля снизилась в 4 раза. В то же время процент пораженных ВНЭ рыб возрос в 2 раза. Та же закономерность отмечена и на Тауйском ЛРЗ. Выращиваемые двухлетки кижуча оказались поражены только СЭТВ-включениями. У горбуши выявили только ВНЭ-включения, а у нерки включений в эритроцитах не было обнаружено вообще (табл. 2).

Анализируя значимость внутриэритроцитарных телец-включений для эпизоотической обстановки на ЛРЗ, был проведен анализ опубликованных ранее данных. Из литературных данных известно, что СЭТВ — это мягко протекающее заболевание лососевых, зарегистрированное как у годовиков, так и у взрослых рыб, в пресной и морской воде (Ихтиопатология, 2003). Обнаруженная впервые в 1982 г. у культивируемых годовиков чавычи в штате Вашингтон, болезнь позднее была зарегистрирована в соседних штатах Тихоокеанского Северо-Запада США — Орегон и Айдахо, в канадской провинции Британская Колумбия, в Японии, Норвегии, Ирландии и, вероятно, в Чили. Инфекция, вероятно, имеется в бассейнах Баренцева и Белого морей (Ихтиопатология, 2003). Возбудитель отмечен у чавычи, кижуча, ат-

Таблица 1

Встречаемость внутриэритроцитарных включений у молоди тихоокеанских лососей на ЛРЗ Охотскрибвода, %

Место сбора материала	Вид и возраст рыбы	Месяц обследования	СЭТВ	ВНЭ
Арманский ЛРЗ	Горбуша 0+	Июнь	0	20
	Кета 0+	Июнь	0	40
	Нерка 0+	Июнь	0	0
	Кижуч 0+	Июнь	0	0
Янский ЛРЗ	Горбуша 0+	Июнь	0	0
	Кета 0+	Июнь	0	33
	Кижуч 0+	Июнь	100	20
	Кижуч 0+	Июль	25	50
	Кижуч 1+	Июнь	40	0
Тауйский ЛРЗ	Кижуч 0+	Июнь	60	0
	Кижуч 0+	Июнь	57	43
Ольская ЭПАБ	Кижуч 1+	Июнь	60	0
	Кета 0+	Июнь	25	75
Речная протока (Ольская ЭПАБ)	Кижуч 0+	Июль	33	33

Таблица 2

Зараженность молоди лососей на ЛРЗ Охотскривода
внутриэритроцитарными тельцами-включениями

Вид рыбы	Месяц	ЛРЗ	Поражение ВНЭ, %	Поражение СЭТВ, %
Горбуша 0+	Июнь	Арманский	20	0
	Июнь	Янский	0	0
Кета 0+	Июнь	Арманский	40	0
	Июль	Янский	33	0
	Июль	Ольская ЭПАБ	75	25
Нерка 0+	Июнь	Арманский	0	0
Кижуч 0+	Июнь	Арманский	0	0
	Июнь	Янский	20	100
	Июль	Янский	50	25
	Июнь	Тауйский	0	60
	Июнь	Тауйский	43	57
Кижуч 1+	Июнь	Янский	0	40
	Июнь	Ольская ЭПАБ	0	60

лантического лосося. При экспериментальном заражении путем инъекции заболели также радужная форель и лосось Кларка (*O. clarki*). Болезнь обычно проявляется в холодное время года.

В России она была выявлена только на Камчатке на мазках крови у молоди кижуча, чавычи и нерки (Карманова и др., 2004; Рудакова и др., 2005). Возбудителем заболевания является оболочечный РНК-геномный вирус, отнесенный к семейству тогавирусов.

При электронно-микроскопическом исследовании пораженных эритроцитов обнаруживаются отдельные вирионы, случайным образом разбросанные в цитоплазме клетки или собранные и заключенные в ограниченные мембраной везикулы в количестве до нескольких десятков.

Болезнь проявляется при температуре воды от 6 до 12 °С. При более низкой температуре протекает в хронической форме, когда включения встречаются редко. Инфекция передается через воду, по-видимому, с экскрементами рыб и другими выделениями. У больных рыб бледные жабры, другие внешние поражения отсутствуют. При микроскопии мазков крови обнаруживаются мелкие внутри эритроцитарные включения диаметром 0,8–3,0 мкм. Встречаемость рыб с включениями колеблется в широких пределах и может достигать 100 %.

ВНЭ — это так же мягко протекающее заболевание (Ихтиопатология, 2003). Болезнь распространена очень широко и отмечена у нескольких десятков видов рыб, обитающих в районах тихоокеанского и атлантического побережий. ВНЭ-включения в эритроцитах обнаружены у производителей кеты, чавычи, кижуча и стальноголового лосося в рыбопитомниках штата Орегон (США), а также у личинок кеты и молоди кижуча, полученных из икры инфицированных производителей. Это указывает, что заражение рыб может происходить на ранних стадиях развития, протекающих в пресной воде, и, вероятно, вертикальным путем. На Камчатке их отмечали у сеголеток кеты на некоторых ЛРЗ и у молоди естественных популяций (Карманова и др., 2004).

Возбудителями болезни являются несколько иридовирусов, различающихся размерами вирионов у разных хозяев и по этому признаку условно разделенных на три группы: 310–360 нм у атлантической трески, около 145 нм у атлантической сельди и 189–205 нм у тихоокеанских лососей и сельди. При электронной микроскопии срезов пораженных эритроцитов вирионы обнаруживаются в цитоплазме и имеют вид правильных шести- и пятиугольников, внутри которых заключен электронно-плотный нуклеотид. Заболевание наблюдается в разные сезоны года при температуре воды от 5 до 19 °С, но наиболее тяжело протекает летом. Заболеваемость может достигать 100 %.

Главным клиническим признаком болезни является анемия жабр и внутренних органов, иногда наблюдали увеличение селезенки. При микроскопии мазков крови в цитоплазме эритроцитов обнаруживаются округлые включения размером 0,5–5,0 мкм в количестве от одного до (реже) трех на клетку. Для ВНЭ характерно также повреждение ядер инфицированных эритроцитов — от маргинации хроматина до кариорексиса, чего не отмечено при СТЭВ. Сам ВНЭ не приводит к ощутимой гибели, однако больная рыба отстаёт в росте, у нее снижаются адаптационные способности и резистентность организма, в результате чего она

обычно погибает от различных стрессовых воздействий (например, дефицита кислорода) или развития вторичных инфекций. Меры борьбы не разработаны. Рекомендуется строго соблюдать комплекс рыбоводно-мелиоративных и ветеринарно-санитарных профилактических мероприятий.

На ЛРЗ Охотскрыбвода наблюдаются и незаразные болезни (Головин, 2005). Одной из причин повышенной смертности молоди лососей может быть ухудшение качества воды, например, избытка растворенных в воде газов, как правило, молекулярным или атмосферным азотом. Это нередко связано с подогревом воды или при подсосе воздуха в системе трубопроводов, кранов, насосов или при использовании артезианской воды, которая, обычно содержит избыток молекулярного азота. Для предупреждения газопузырьковой болезни необходимо использовать различные способы удаления этих газов из воды, в том числе применяя специальные технические устройства — дегазаторы.

Заключение

Результаты ихтиопатологического мониторинга молоди лососей на рыбоводных заводах Охотскрыбвода свидетельствуют об эпизоотическом благополучии предприятий по наиболее опасным инфекционным и инвазионным заболеваниям. Физиологическое состояние молоди (ее качество) во многом зависит от условий содержания рыб и в первую очередь от температурного режима питающей воды завод. Длительное выдерживание личинок только на подрусловой воде «теплой» осенью и «холодной» весной приводит к раннему (в декабре) выклеву личинок и их сверх длительному развитию в дальнейшем. В результате, например, на Ольской ЭПАБ и Арманском ЛРЗ молодь кеты, кижуча и, в меньшей степени, горбуши до конца июня имеет не полностью сформированный к скату организм. Поэтому решение проблемы здоровья молоди и эпизоотологического благополучия ЛРЗ тесно связано с техническим перевооружением этих заводов, системы их водоснабжения. Для обеспечения ЛРЗ «теплой» водой, возможно подача артезианской воды из более глубоких водоносных слоев (как это сделано на Янском и Тауйском ЛРЗ), или же речной воды, которая, как более теплая, необходима молоди летом и, как более холодная, для инкубации икры осенью.

Для предотвращения потерь молоди от заболеваний необходимо знать объективную эпизоотическую ситуацию на рыбоводных заводах, т.е. проводить ихтиопатологический мониторинг. Это позволит разработать оптимальную схему лечебно-профилактических мероприятий для каждого рыбоводного завода с учетом конкретных условий его производственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

Головин П.П. Стресс рыб и его связь с эпизоотическим благополучием рыбоводных хозяйств России // Эпизоотологический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы: Расширенные материалы Всерос. науч.-практ. конф.-семинара. — М.: Россельхозакадемия, 2005. — С. 27–29.

Головин П.П., Головина Н.А. К проблеме внутриэритроцитарных включений у дальневосточных лососей // Проблемы охраны здоровья рыб в аквакультуре: Сб. тез. докл. науч.-практ. конф. — М., 2000. — С. 50–51.

Головин П.П., Головина Н.А. Основные достижения и перспективы в разработке методов профилактики и терапии болезней рыб во ВНИИПРХе // Аквакультура начала XXI века: истоки, состояние, стратегия развития: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — М.: ВНИРО, 2002. — С. 213–215.

Ихтиопатология / под ред. Н.А. Головиной, О.Н. Бауера. — М.: Мир, 2003. — 448 с.

Карманова И.В., Рудакова С.Л., Гаврюсева Т.В. и др. Инфекционные и инвазионные возбудители болезней рыб в аквакультуре (Камчатка) / Сб. науч. тр. ВНИИПРХа. — М.: Компания Спутник+, 2004. — Вып. 79. — С. 100–107.

Лабораторный практикум по болезням рыб / под ред. проф. В.А. Мусселиус. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1988. — 294 с.

Рудакова С.Л. Эпизоотическая обстановка на ЛРЗ Камчатки и состояние здоровья производителей, используемых для воспроизводства тихоокеанских лососей в 2004 г. / С.Л. Рудакова, Е.А. Устименко, Т.В. Гаврюсева и др. // Эпизоотический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы. Расшир. материалы. — М., 2005. — С. 101–105.

ТОВАРНОЕ ЛОСОСЕВОДСТВО — ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ НА КАМЧАТКЕ

С.С. Григорьев¹, Н.А. Седова²

¹ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Россия

² Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Тихоокеанские лососи вносят значительный вклад в биоресурсы Дальнего Востока. В начале XXI века на Дальнем Востоке вылавливалось порядка 200 тыс. т лососей, четверть из которых приходилось на Камчатку (Синяков, 2006; Запорожец, Запорожец, 2007). Однако запасы лососей серьезно подрывает промысел как в открытом океане, так в прибрежье и в пресных водах. Например, за последние 10–15 лет вылов кижуча на западном и восточном побережьях Камчатки сократился в несколько раз (Зорбиди, 2003). Эти последствия определила масса факторов, в том числе браконьерство, строительство автомобильных дорог, трасса газопровода и др. (Запорожец, Запорожец, 2007).

Однако общее снижение запасов лососей, обусловленное массивным антропогенным воздействием на биоту, заставляет очень взвешенно подходить к эксплуатации и воспроизводству этих ценных ресурсов. В настоящее время деятельность ЛРЗ получает пристальное внимание ввиду их негативного воздействия на природные популяции лососей. Хотя ранее это считалось довольно простым — компенсировать потерю среды обитания искусственным воспроизводством, сейчас научно доказано существование вредного воздействия ЛРЗ (Радтке, 2006).

Существует много дискуссий о результатах деятельности ЛРЗ, включая вопросы воздействия на популяции природных (диких) лососей. Два основных направления дискуссий: экологические аспекты и экономический эффект. К первым относятся уменьшение популяционного биоразнообразия, использование емкости морской среды, генетическая интрагрессия и конкуренция с дикой молодежью. При пастбищном выращивании получение прибыли проблематично. Недавние американские экономические исследования показывают, что цена одной особи, вернувшейся на завод, составляет от 50 до 400 долларов США (Бонковский, 2006).

Анализ работы лососевых рыбоводных заводов однозначно свидетельствует не только о неэффективной их работе, но и о существенном вреде, который наносит «деятельность» ЛРЗ природным популяциям. Затрачиваются большие материальные, финансовые и людские ресурсы, но промысел не получает ничего, а природе наносится большой вред. Как показал опыт, имеющийся на сегодняшний день, что сами по себе ни современное оборудование, ни применяемая биотехника не гарантируют эффективной работы ЛРЗ (Смирнов и др., 2006).

Весьма важным примером вредного воздействия является уменьшение биоразнообразия в смешанных популяциях лососей в связи с воздействием искусственного воспроизводства, а также снижение генетического разнообразия (Салменкова, 1994; Бачевская и др., 1997, 2001), имеются данные об обеднении возрастной структуры возвращающихся заводских производителей. Показано, например, уменьшение количества возрастных классов по сравнению с исходными дикими популяциями у чавычи Малкинского ЛРЗ (с 11 до 6) и у кеты Паратунского ЛРЗ (с 5 до 3), а значит, и снижение биологического разнообразия (Рухлов, 1983; Ковтун, 1986; Запорожец, 2002; Запорожец, Запорожец, 2003, 2007). Таким образом, почти столетняя история существования пастбищного лососеводства на российском Дальнем Востоке свидетельствует о весьма незначительном прогрессе в области восстановления утрачиваемых биологических ресурсов и отсутствии экосистемного подхода.

Современные ЛРЗ на Камчатке возникли в 1990-е гг. В настоящее время здесь существует пять лососевых рыбоводных заводов. Искусственное воспроизводство лососей на Камчатке относительно невелико, по сравнению с естественным. Его доля не превышает 1 % общих подходов производителей (Запорожец, Запорожец, 2006).

Если мировое рыболовство по причине ограниченности водных биоресурсов сохраняет некоторую стабильность, то аквакультура представляет собой пример динамичного развития. Сейчас многие страны рассматривают аквакультуру (прежде всего, товарное выращивание рыбы), если не

как альтернативу морскому рыболовству, то, во всяком случае, как существенное дополнение к нему. Наиболее активные исследования и эксперименты в области аквакультуры выполняются в Норвегии, где происходит переход от пастбищного рыбоводства к товарному, и где проводится товарное выращивание лососей (включая гольца), а также выращивание некоторых морских рыб и беспозвоночных. С опытом Норвегии связаны успехи Чили в области товарного выращивания атлантического лосося.

Опыт США показывает, что наименьший риск воздействия на внешнюю среду представляют предприятия, где молодь не выпускается в естественные водоемы, а выращивается до товарного веса. Наиболее распространенным типом аквакультуры на таких предприятиях является садковое производство. На северо-западе США на таких предприятиях разводятся форели для коммерческих целей (Kostow, Zhou, 2006; Krkosek et al., 2006).

Аквакультура на Камчатке пока развивается по одному направлению — пастбищному выращиванию лососей. Учитывая опыт развития аквакультуры других стран, прежде всего США и Норвегии, в качестве существенного дополнения к пастбищному лососеводству на Камчатке следует рассматривать другое перспективное направление, не связанное с вмешательством в природные экосистемы — это товарное выращивание лососей. Наиболее перспективными объектами товарного рыбоводства на Камчатке следует считать камчатскую микижу и кижуча.

Самым распространенным рыбоводным объектом и традиционной формой товарного культивирования во всех странах мира является радужная форель. В естественных условиях она обитает в холодных и прозрачных пресноводных водоемах, но хорошо растет и в обычных водоемах (как пресноводных, так и солоновато-водных и морских) с незагрязненной водой и достаточным содержанием кислорода. Радужная форель широко культивируется благодаря своим рыбоводным качествам: она хорошо приспосабливается к искусственным условиям содержания и усваивает искусственные корма, обладает высоким (по сравнению с другими лососевыми рыбами) темпом роста при значительной плотности посадки, что является результатом многолетней селекции и отбора по этим и некоторым другим признакам.

На основе современных исследований и анализа митохондриальной ДНК ученые пришли к выводу, что американский стальноголовый лосось и радужная форель, как и камчатская форель (микижа) являются одним биологическим видом. Таким образом, все формы радужной форели, в том числе и камчатскую микижу, рекомендовано называть *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (общепринятое международное название, которого также придерживаются российские форелеводы) (Титарев, 2005; Запорожец, Запорожец, 2007).

Исследования сотрудников МГУ показали, что микижа обладает всеми теми положительными биологическими свойствами, которые определяли успех хозяйственного освоения *S. gairdneri* (*O. mykiss* W.). Эти свойства следующие: раннее созревание, быстрый рост и большая экологическая пластичность, проявляющаяся в наличии жилой и проходной форм, в способности жилой формы обитать как в реках, так и в озерах, в разделении проходной формы на группы типично проходных, прибрежных и жилых особей. Естественные популяции, в отличие от "культурных линий" форели, не подвергавшиеся эксплуатационной депрессии, обладают большой устойчивостью к воздействию неблагоприятных внешних факторов.

Микижа упоминалась в качестве возможного объекта форелеводства А.Н. Елеонским (1946). С доказательством того, что ее ближайшими родственниками являются стальноголовый лосось и радужная форель, появилась уверенность, что и она может стать не менее ценным объектом рыбоводства и акклиматизации (Савваитова и др., 1973; Павлов и др., 2001).

Известно, что микижа отличается повышенной жизнестойкостью по сравнению с ее родственными формами (радужной форелью и стальноголовым лососем). Ее культивировали в форелевом хозяйстве "Ропша" (Ленинградская область), в Латвии и Казахстане (Титарев, 2005). Икру микижи возможно инкубировать при солености 5 ‰, при этом снижается поражение сапролегнией и увеличивается процент выхода предличинок. При солености 10 ‰ выживает даже подо льдом.

Возможно, микижа в меньшей степени будет подвержена тем заболеваниям, которые наблюдаются у радужной форели. Близость микижи к стальноголовому лососю и лососю Кларка открывает широкие перспективы для гибридизации, и можно надеяться, что потомство от скрещивания микижи с американскими лососями не только окажется плодовитым, но и обнаружит гиб-

ридную мощь — гетерозис (Савваитова и др., 1973). Оценивая возможности и целесообразность хозяйственного использования микижи, необходимо принять во внимание ее высокие вкусовые качества.

Таким образом, в настоящее время есть все основания полагать, что микижа станет ценным объектом форелеводства и что благодаря своей экологической пластичности она сможет заселить водоемы, значительно различающиеся по гидрологическому режиму. Если она и не во всех водоемах превратится в объект промысла, то, во всяком случае, может стать прекрасным объектом спортивного рыболовства. На Камчатке этот объект может стимулировать массовый приток иностранных туристов.

При товарном разведении микижи на Камчатке товаром может быть и посадочный материал. Посадочный материал, перевезенный с Камчатки в форелевые хозяйства разных районов страны, поможет оздоровлению местных маточных стад и дает широкие перспективы для гибридизации. Изъятие производителей из природных популяций с целью получения икры для перевозок надо строго ограничивать, чтобы не подорвать численность этих популяций.

В этой связи формирование маточного стада микижи, изучение ее рыбоводно-биологических свойств, генетического разнообразия, создание генетического резерва для последующих селекционных работ явится актуальным и приоритетным. Для разведения в хозяйствах рекомендуется микижа рек западной Камчатки.

Кижуч *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792), благодаря резистентности к заболеваниям, в первую очередь инфекционным, достаточно высокому темпу роста при нормальных затратах корма и в силу своей деликатесности несомненно, является перспективным объектом товарного выращивания в прибрежных водах Камчатки.

Первые попытки культивирования кижуча как объекта интенсивного товарного выращивания были предприняты в 1969 г. в США в Пюджет-Саунд. В Европе соответствующие работы начались в 1971 г. во Франции и несколькими годами позднее в Советском Союзе после завоза икры этого вида в бассейны Балтийского и Белого морей с Дальнего Востока. Кижуч привлек внимание рыбоводов в первую очередь некоторыми своими биологическими особенностями, такими, как быстрый темп роста, хорошая выживаемость, меньшая чувствительность к повышенной температуре воды по сравнению с другими видами лососевых и относительная резистентность к заболеваниям. Имеются результаты экспериментальных работ по оценке перспективности кижуча как объекта товарного выращивания в северо-восточной части Балтийского моря и в Заполярье (Крутикова, 1981; Кангур и др., 1986).

Опыты выращивания кижуча в Прибалтике показали, что инкубация привезенной с Дальнего Востока икры трудностей не представляет, так же как и выращивание сеголеток. Физиологическое состояние кижуча при выращивании в морских садках до наступления сроков созревания было нормальным. Кижуч меньше, чем радужная форель, подвержен инвазионным и инфекционным заболеваниям (Кангур и др., 1986). При режиме усиленного кормления кижуч растет медленнее радужной форели. Однако если сравнить максимально достигнутые в экспериментальных условиях показатели роста кижуча (сеголетки — 16 г, двухлетки — 285, трехлетки — 1070 г) с обычными навесками радужной форели в производственных условиях (сеголетки — 10–20 г, двухлетки — 100–200, трехлетки — 300–600 г), то кижуч превосходит радужную форель. На более высокий возможный темп роста кижуча в Прибалтике указывает и масса выловленных беглецов из хозяйств — эти рыбы достигли за два года в море массы 5–6 кг. Средние кормовые коэффициенты также в пользу кижуча: у радужной форели в хозяйствах кормовой коэффициент выше — 5,0, у кижуча в условиях опыта — 3,0–3,5. Но самое главное — выживаемость кижуча в море, особенно в первые годы жизни, намного выше, чем у форели. Нельзя однако забывать, что кижуч требовательнее к условиям выращивания, чем радужная форель к качеству корма, фактору пространства и к перепадам температуры в сторону понижения (реагирует уменьшением интенсивности питания), но менее страдает от высокой температуры воды (Кангур и др., 1986). Опыт садкового выращивания показывает возможность получения половых продуктов в морских условиях (Хованский, Пузиков, 2004).

Таким образом, благодаря резистентности к заболеваниям, в первую очередь инфекционным, достаточно высокому темпу роста при нормальных затратах корма и в силу своей деликатес-

ности микижа и кижуч могут быть объектами полноциклического товарного выращивания на Камчатке. Внедрение этих объектов в практику рыбного хозяйства должно проводиться планомерно и централизованно.

ЛИТЕРАТУРА

Бачевская Л.Т., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П., Хованский И.Е. Влияние искусственного воспроизводства кеты на численность и генетическое разнообразие ее популяций // Первый конгр. ихтиологов России: Тез. докл. — М.: ВНИРО, 1997. — С. 348.

Бачевская Л.Т., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П., Хованский И.Е. Генетическая изменчивость кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) рек северного побережья Охотского моря в условиях искусственного воспроизводства // Вопр. рыболовства. — 2001. — Т. 2, № 1(5). — С. 125–139.

Бонковский Д. Оценка рыбоводных заводов Северной Пацифики // Совр. пробл. лосос. рыб. завод. ДВ: Материалы Междунар. науч. семинара. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — С. 49–56.

Елеонский А.Н. Прудовое рыбоводство. — М.: Пищепромиздат, 1946. — 307 с.

Запорожец О.М. Этолого-физиологические и экологические аспекты искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М.: ВНИИПРХ, 2002. — 52 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Браконьерский промысел лососей в водоемах Камчатки: учет и экологические последствия. — Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2007. — 58 с.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Некоторые аспекты взаимодействия заводских и диких лососей на Дальнем Востоке России // Совр. пробл. лосос. рыб. завод. ДВ: Материалы Междунар. науч. семинара. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — С. 32–36.

Запорожец О.М., Запорожец Г.В. Состояние популяций тихоокеанских лососей р. Паратунки (восточная Камчатка) к началу XXI века // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Докл. 3-й науч. конф. — Петропавловск-Камчатский, 2003. — С. 55–67.

Зорбиди Ж.Х. Кижуч Камчатки: между прошлым и будущим // Тихоокеанский вестник. — 2003. — № 4(81). — С. 6.

Кангур М.Л., Кангур А.К., Кольк Ю.В. и др. Культивирование кижуча в Прибалтике // Биологические основы аквакультуры в морях европейской части СССР. — М.: Наука, 1986. — С. 139–151.

Ковтун В.В. Воспроизводство осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на южном Сахалине // Вопр. ихтиол. — 1986. — Т. 26, вып. 1. — С. 68–73.

Крутикова А.Д. Выращивание кижуча в морских садках в Заполярье // Тр. ПИНРО. — 1981. — Вып. 45. — С. 124–128.

Павлов Д.С. и др. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. — М.: Научный мир, 2001. — 200 с.

Радтке Г., Картер К., Дэвис Ш. Оценка экономической выгодности деятельности лососевых рыбоводных заводов тихоокеанского северо-запада США // Совр. пробл. лосос. рыб. завод. ДВ: Материалы Междунар. науч. семинара. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — С. 22–26.

Рухлов Ф.Н. Особенности сбора икры тихоокеанских лососей на сахалинских рыбоводных заводах // Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. — М.: Наука, 1983. — С. 72–84.

Савваитова К.А. и др. Камчатские благородные лососи. — Воронеж: Гос. ун-т, 1973. — 120 с.

Салменкова Е.А. Внутривидовое генетическое разнообразие и его изменение под влиянием антропогенных воздействий // Сист. биол. и биотехн. развед. лосос. рыб.: Материалы 5-го Всерос. совещ. — СПб.: ГосНИОРХ, 1994. — С. 167–168.

Синяков С.А. Рыбная промышленность и промысел лосося в сравнении с другими отраслями экономики Дальнего Востока. — Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2006. — 64 с.

Смирнов Б.П., Федорова Л.К., Борзов С.И., Полгодин В.П. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей на южных Курильских островах: история, современное состояние и перспективы // Совр. пробл. лосос. рыб. завод. ДВ: Материалы Междунар. науч. семинара. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — С. 139–145.

Титарев Е.Ф. Холодноводная аквакультура. Ч. 1. — Рыбное, 2005. — 123 с.

Хованский И.Е., Пузиков П.И. Новые подходы в развитии искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей // О приоритетных задачах рыбохозяйственной науки в развитии рыбной отрасли России до 2020 года: Тез. докл. науч.-практ. конф. — М.: ВНИРО, 2004. — С. 98–100.

Kostow R.E., Zhou S. The effect of introduced summer steelhead hatchery stock on the productivity of a wild winter steelhead population // Transactions of the American Fisheries Society. — 2006. — Vol. 126. — P. 230–239.

Krkosek M., Levis M.A., Morton A. et al. Epizootics of wild fish induced by farm fish // Proc. Nat. Acad. Sci. — 2006. — Vol. 103. — P. 15507–15510.

ОСОБЕННОСТИ ВКУСОВОГО ПОВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА КАРПОВЫХ

О.М. Исаева

ФГНУ «НИИ экологии рыбохозяйственных водоемов», г. Красноярск, Россия,
e-mail: olga-isa2@yandex.ru

Питание лежит в основе морфологических, физиологических и биохимических процессов, поведения, выживаемости, размножения, динамики численности и т.д. живых организмов. В общем балансе поведенческих реакций рыб пищевое поведение занимает существенное место (Никольский, 1974; Павлов, Касумян, 1990). В обеспечении их пищевого поведения принимают участие все органы чувств, при этом роль и значение отдельных систем резко различаются на разных фазах поведенческих реакций и зависят прежде всего от функциональных особенностей сенсорных систем, дистантности действия, а также от многих биотических и абиотических факторов (Atema, 1980; Павлов, Касумян, 1990; Касумян, 1997). Вкусосная чувствительность является по существу единственной сенсорной системой, регулирующей финальную фазу пищевого поведения. Определенное участие в этом процессе принимает также и механорецепция, которая функционально и структурно тесно связана с вкусовой системой (Kanwal, Caprio, 1988). Отвергание уже схваченной добычи, т.е. прошедшей предварительную оценку с помощью разнообразных сенсорных систем по многим диагностическим признакам (запах, размер, форма, окраска, яркость, цвет, подвижность и пр.), часто наблюдается в природе и в искусственных условиях (Bardach et al., 1959; Atema, 1980; Гирса, 1981; Gerhart et al., 1991; Gomahr et al., 1992; Schulte, Bakus, 1992; Osse et al., 1997; Kasumyan et al., 2003). Эта особенность указывает на важные контрольные функции внутриротовых рецепторов, прежде всего вкусовых, в обеспечении селективного потребления рыбами адекватных пищевых организмов, свойственных особям определенного вида, возраста и физиологического состояния.

Вкусосная рецепция обеспечивает заключительную оценку объектов питания и их соответствие пищевым потребностям рыб. Однако особенности проявления рыбами поведенческого ответа на вкусовые вещества остаются еще слабо изученными.

В задачи настоящей работы входило выяснение продолжительности вкусовой поведенческой реакции и отдельных ее элементов, длительность вкусового тестирования, сравнение этих параметров вкусовой реакции в случае заглатывания или отвергания рыбами схваченного объекта.

Материалы и методы

Эксперименты выполнены на карповых рыбах — лине *Tinca tinca*, леще *Abramis brama* и горчаке *Rhodeus sericeus amarus*. В каждом из опытов рыбам, помещенным в отдельные аквариумы, предъявляли изготовленные из агар-агарового геля гранулы, содержащие кроме красителя одну из аминокислот (L-стереоизомеры), обеспечивавших близкое к 50 % потребление гранул: аланин — в опытах с линеом и горчаком, цистеин и глутамин — в опытах с лещом. Для этого у рыб, содержащихся в отдельных аквариумах (отсадниках), регистрировали продолжительность последовательных периодов удержания гранулы (У) и интервалов между схватываниями гранулы (И), а также период от падения гранулы в воду и до ее схватывания рыбой (И₀). Для этих целей была использована компьютерная программа «ВН-Fish», позволяющая определять продолжительность этих временных отрезков с точностью 0,1 с. Регистрацию указанных событий (последовательные схватывания и отвергания гранулы в течение отдельного опыта) производили нажатием соответствующей клавиши клавиатуры или мыши компьютера. Продолжительность всего опыта, так же как и отдельных временных отрезков (периоды удержаний гранулы и интервалы между удержаниями), фиксировалась в отдельном файле, и далее эти данные использовались для статистической обработки.

Общее число опытов по выяснению динамики вкусового ответа составило 485, среди них 22 опыта — на горчаке, 353 — на леще и 110 опытов — на лине.

Результаты и их обсуждение

Впервые проведенное нами изучение динамики проявления рыбами вкусового поведенческого ответа позволило установить ряд особенностей, как видоспецифичных, так и общих для исследованных нами видов рыб.

Результаты экспериментов показывают, что вкусовые ответы подопытных рыб существенно различаются: для леща были характерны многократные отвергания и повторные схватывания гранулы (рис. 1), у линя и у горчачка повторных схватываний было меньше (рис. 2, 3). Наиболее детальным образом динамика вкусового ответа была исследована на примере леща, для поведения которого многократные отвергания и повторные схватывания гранулы наиболее типичны, например, гранулы с цистеином лещом повторно схватывались до 16 раз в течение опыта (см. рис. 1). Однако наиболее многочисленны опыты, в которых гранулы схватываются по 2 и 3 раза. Чем больше число повторных схватываний, тем больше времени рыба затрачивает на принятие окончательного решения — заглотить или отвергнуть гранулу. Так, в опытах с цистеином средняя продолжительность опыта варьирует от 17,3 с в случае одного схватывания до 92,2 с при 14 схватываниях. Средняя продолжительность удержаний гранулы больше, чем средняя продолжительность интервалов между схватываниями. Почти во всех случаях интервалы между схватываниями короче предшествовавшего или последующего удержания гранулы. Удержание гранулы после первого схватывания наиболее длительное, продолжительность последующих удержаний закономерно снижается. Продолжительность интервалов между схватываниями варьирует гораздо слабее и какой-либо отчетливой тенденции в изменении этого параметра по мере прохождения опыта выявить не удается.

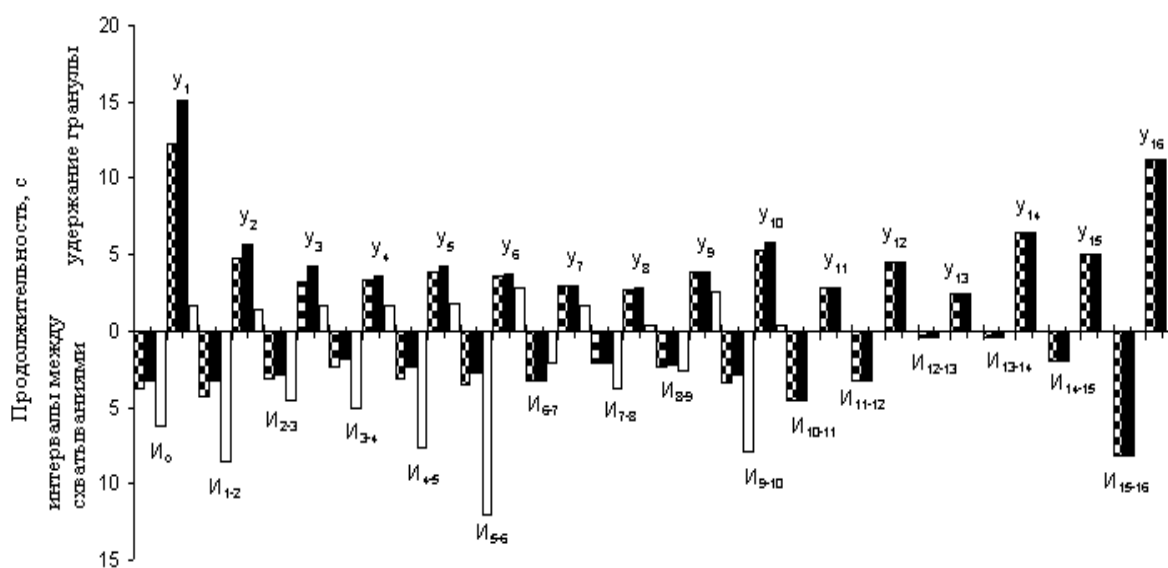


Рис. 1. Продолжительность последовательных периодов поведенческого вкусового ответа леща на гранулы, содержащие L-цистеин (0,1 М): *заштрихованные столбцы* — все опыты; *темные столбцы* — опыты, в которых гранула была съедена (ЗГ-опыты); *светлые столбцы* — опыты, в которых гранула была отвергнута (ОГ-опыты). y_1, y_2, y_3, \dots — удержание гранулы соответственно после первого, второго, третьего и последующих схватываний гранулы; $I_{1-2}, I_{2-3}, I_{3-4}, \dots$ — периоды соответственно между первым и вторым схватываниями гранулы, вторым и третьим, третьим и четвертым и т.д.; I_0 — интервал между падением гранулы в воду и ее схватыванием рыбой

Еще одной особенностью вкусового ответа леща являлась разница абсолютных величин длительности удержаний гранулы, которые всегда были в несколько раз выше в опытах завершившихся заглатыванием гранулы (ЗГ-опыты), чем в опытах, закончившихся отверганием гранулы (рис. 1). Наиболее резко отличается длительность удержания гранулы при первом схватывании, почти в 10 раз. В целом в опытах, заканчивающихся отверганием гранулы, длительность ее удержаний варьирует слабо. В этих опытах интервалы между схватываниями всегда были более длительными, чем в опытах, где гранула рыбами заглатывалась.

Продолжительность вкусового ответа более длительная в опытах, завершившихся заглатыванием гранулы, что еще раз подчеркивает важную контрольную функцию вкусовой рецепции.

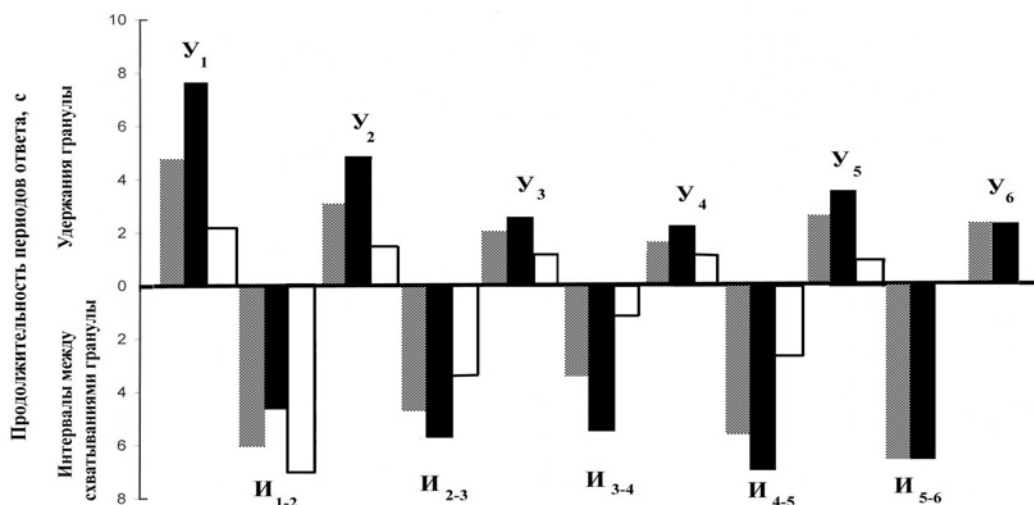


Рис. 2. Продолжительность последовательных периодов поведенческого вкусового ответа линия на гранулы, содержащие L-аланин (0,1 М): *серые столбцы* — все опыты; *темные столбцы* — опыты, в которых гранула была съедена (ЗГ-опыты); *светлые столбцы* — опыты, в которых гранула была отвергнута (ОГ-опыты); Y_1, Y_2, Y_3, \dots — удержание гранулы соответственно после первого, второго, третьего и последующих схватываний гранулы; $I_{1-2}, I_{2-3}, I_{3-4}, \dots$ — периоды соответственно между первым и вторым схватываниями гранулы, вторым и третьим, третьим и четвертым и т.д.; I_0 — интервал между падением гранулы в воду и ее схватыванием рыбой

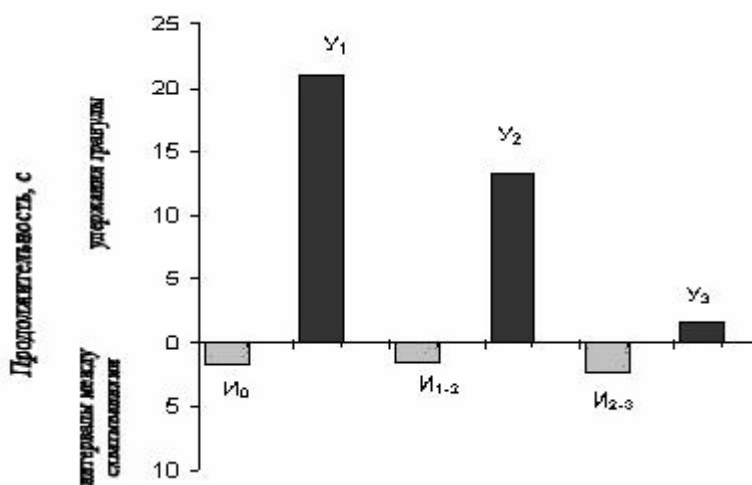


Рис. 3. Продолжительность последовательных удержаний гранулы (аланин, 0,1 М) и интервалов между схватываниями у горчачка (суммарно для всех опытов). Y_1, Y_2, Y_3, \dots — удержание гранулы после первого, второго, третьего и последующих схватываний гранулы; $I_{1-2}, I_{2-3}, I_{3-4}, \dots$ — периоды между первым и вторым схватываниями гранулы, вторым и третьим, третьим и четвертым и т.д.; I_0 — интервал между падением гранулы в воду и ее схватыванием рыбой

Необходимо подчеркнуть, что в опытах, закончившихся отверганием гранулы, почти в 2 раза более продолжительным был период реагирования рыб на упавшую в воду гранулу, т.е. интервал между падением ее в воду и схватыванием рыбой (I_0). Возможно, этот параметр отражает пищевую мотивацию подопытных рыб — фактор, способный влиять на проявление рыбами вкусового ответа (рис. 1, 2).

В целом у исследованных рыб заглатывание или окончательное отвергание гранулы происходит после нескольких отверганий и повторных схватываний гранулы. Чем больше число повторных актов схватывания гранулы, тем длительнее вкусовой ответ. Это в полной

мере относится к опытам, закончившихся заглатыванием гранулы, и к опытам, в которых гранула в итоге была рыбой отвергнута. Продолжительность вкусового ответа в последнем случае значительно короче, прежде всего из-за менее длительных периодов удержания гранулы в ротовой полости. Продолжительность удержания гранулы быстро и закономерно снижается с каждым последующим схватыванием, тогда как интервалы между схватываниями изменяются менее существенно. Следовательно, время, затрачиваемое рыбами на разовую оценку вкусовых качеств схваченного пищевого объекта, последовательно уменьшается с каждым повторным его схватыванием.

Динамика вкусовых ответов у горчак, леща и линя носила ярко выраженные различия, которые выражались в количествах схватываний гранулы, длительности удержаний гранулы и т.д. Возможно, это может быть связано с различиями характера и стратегии питания рыб, их образа жизни. Рыбы, обитающие в стоячей воде и питающиеся в основном представителями инфауны, склонны к очень длительному анализу вкусового объекта (лещ, линь) из-за повышенной вероятности попадания в ротовую полость несъедобных частиц грунта и необходимости сепарировать пищевые объекты. Эти рыбы — типичные бентофаги, также совершают рекордно большое количество повторных схватываний гранулы и затрачивают много времени на ее тестирование. Некоторые черты сходства ответов леща и линя проявляются в увеличении продолжительности каждого последующего удержания гранулы рыбой при повторных схватываниях, особенно в опытах, завершившихся заглатыванием гранулы (рис. 1, 2). Рыбы, обитающие в слабо текущих водах и питающиеся в основном мало подвижными объектами, из наших видов — это горчак, имеют более короткий вкусовой ответ, и более короткие промежутки тестирования гранулы (в течение опыта), используют несколько иную стратегию питания, не связанную с необходимостью длительно тестировать пищу в ротовой полости.

Таким образом, было показано, что исследованные карповые рыбы (лещ, линь и горчак) имеют сходные черты в динамике проявления вкусового ответа, но при этом, у каждого из видов наблюдаются собственные видоспецифичные особенности характеризующие вкусовой ответ.

ЛИТЕРАТУРА

- Гирса И.И. Освещенность и поведение рыб. — М.: Наука, 1981. — 163 с.
- Касумян А.О. Вкусовая рецепция и пищевое поведение рыб // *Вопр. ихтиол.* — 1997. — Т. 37, № 1. — С. 78–93.
- Никольский Г.В. Экология рыб. — М.: Высш. шк., 1974. — 174 с.
- Павлов Д.С., Касумян А.О. Сенсорные основы пищевого поведения рыб // *Вопр. ихтиол.* — 1990. — Т. 30, вып. 5. — С. 720–732.
- Atema J. Chemical senses, chemical signals and feeding behaviour in fishes // *Fish behaviour and its use in the capture and culture of fishes.* — Manila, 1980. — P. 57–101.
- Bardach J.E., Winn H.E., Menzel D.W. The pole of the senses in the feeding of the nocturnal reef predators *Gymnothorax moringa* and *G.vicinus* // *Copeia.* — 1959. — № 2. — P. 133–139.
- Gerhart D.J., Bondura M.E., Commito J.A. Inhibition of sunfish feeding by defensive steroids from aquatic beetles: structure-activity relationships // *Journal of Chemical Ecology.* — 1991. — Vol. 17. — P. 1363–1370.
- Gomahr A., Palzenberger M., Kotschal K. Density and distribution of external taste buds in cyprinids // *Environmen. Biol. Fish.* — 1992. — Vol. 33, № 12. — P. 125–134.
- Kanwal J.S., Caprio J. Overlapping taste and tactile maps of the oropharynx in the vagal lobe of the channel catfish *Ictalurus punctatus* // *J. Neurobiol.* — 1988. — Vol. 19, № 3. — P. 211–222.
- Kasumyan A.O., Marusov E.A., Sidorov S.S. Feeding behavior of the ruffe *Gymnocephalus cernuus* triggered by olfactory and gustatory stimulants // *Journal of Ichthyology.* — 2003. — Vol. 43, suppl. 2. — P. 247–254.
- Osse J.W.M., Sibbing F.A., Van Den Boogaart J.G.M. Intra-oral food manipulation of carp and pther cyprinids: adaptation and limitations // *Acta Physiol. Scand.* — 1997. — Vol. 161, suppl. 638. — P. 47–57.
- Schulte B.A., Bakus G.J. Predation deterrence in marine sponges: laboratory versus field studies // *Bull. Mar. Sci.* — 1992. — Vol. 50, № 1. — P. 205–211.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ В МОДЕЛЬНЫХ АКВАСИСТЕМАХ С РАЗЛИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ ИХТИОЦЕНОЗОВ

Л.М. Кондратьева¹, И.С. Русинов², Н.К. Фишер¹, В.Л. Рапопорт³

¹ Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: kondrlm@rambler.ru

² ООО «Вода», г. Хабаровск, Россия

³ Институт тектоники и геофизики ДВО РАН, г. Хабаровск, Россия

Проблемы воспроизводства рыбных ресурсов в искусственных системах связаны с поддержанием соответствующего качества воды. Необходимость безреагентных методов очистки амурской воды в рыбоводстве обусловлена тем, что на любом из этапов выращивания рыб (выдерживание производителей, инкубация икры и т.д.) не допускается ее обработка хлором и коагулянтами (флокулянтами). В пищевой промышленности в большинстве случаев для технологической воды наличие остаточного хлора и остатков коагулянтов также недопустимо (например, при консервировании черной икры).

Специалистами ООО «Вода» разработано несколько технологических схем установок для водоподготовки: цех переработки икры ООО «Амуррыбпром» — двухступенчатое фильтрование на цеолитах, использование активированного угля на третьей ступени; станция водоподготовки ОАО «Балтимор-Амур» — трехступенчатое фильтрование на цеолитах; оборотное водоснабжение с применением цеолитов разработано для производственно-экспериментальной базы «Лососина» г. Советская Гавань. В качестве фильтрующего материала применяется цеолит Чугуевского месторождения (Баянов и др., 1987). Разрабатываются технологические схемы узлов водоподготовки на прямоточных линиях подачи воды, системы оборотного водоснабжения для рыбоводных заводов ФГУ «Амуррыбвод».

Актуальность организации систем доочистки воды обусловлена сильной изношенностью магистральных трубопроводов центрального водоснабжения. В точках водозабора наблюдается вторичное загрязнение хозяйственно-питьевой воды продуктами коррозии и веществами, попадающими в водоводы при ремонтах и эжекции грунтовых вод. В водопроводной воде отмечается превышение нормативного содержания следующих показателей: сухой остаток, взвешенные вещества, диоксид углерода, нитраты и нитриты, хлориды, сульфаты, кальций, тяжелые металлы (периодически, данные разрозненные — система и причина появления не установлена). Органические вещества (ОВ), за исключением редких случаев, не контролируются.

В настоящей работе представлены данные по исследованию качества воды, формирующейся в аквасистемах с различным составом ихтиоценозов и эффективности ее очистки с использованием фильтрующих материалов (цеолиты, активированный уголь).

Материалы и методы

Модельный эксперимент выполнялся на опытно-экспериментальном участке ООО «Вода», с использованием 5 рыбоводных модулей (аквасистем), выполненных на основании установок для содержания гидробионтов (Пат. РФ № 61090). Все используемые рыбоводные модули являются установками с замкнутым циклом водообеспечения (УЗВ), в состав модулей включались: рыбоводная емкость (РЕ); блок очистки и стабилизации оборотной воды, установка ультрафиолетового обеззараживания оборотной воды (кроме модуля № 5).

Рыбоводные емкости выполнены из металла, с антикоррозийным покрытием (органо-силикатным, для систем водоснабжения), трубопроводы циркуляционной воды металлополимерные. Температурный режим на участке автоматически поддерживается автономной системой отопления. Кислородный режим в рыбоводных емкостях обеспечивается за счет естественного массообмена (в системе «вода—воздух»), без искусственной оксигенации. Первоначальное заполнение рыбоводных емкостей и 5 %-ная суточная подпитка осуществлялись водой центрального водопровода г. Хабаровск, прошедшей дезодорацию на опытно-экспериментальном участке ООО «Вода».

Очистка оборотной воды на каждом рыбоводном модуле осуществлялась на скорых напорных фильтрах 09.Т.498 ООО «Вода» (блок очистки), с фильтрующим материалом — цеолитом Чугуевского месторождения. Контроль pH воды выполнялся ежедневно. Кальцирование и корректировка pH воды выполнялись 1 раз в 4 дня: pH воды в РЕ № 1, 2 с осетровыми поддерживался на уровне 7,8; в РЕ № 3, 5 с карпообразными и поликультурой РЕ № 4 — около 7,0. Кормление в период до и после зимовки осуществлялось гранулированными кормами датской фирмы ALLER AQUA два раза в сутки (утро—вечер). Общая характеристика РЕ и состав ихтиоценозов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Общая характеристика экспериментальных рыбоводных модулей

№ модуля	Характеристика экспериментального модуля	Структура ихтиоценоза	Биомасса, кг
1	Рыбоводная емкость $V = 3,5 \text{ м}^3$, циркуляционный насос, блок очистки оборотной воды, блок стабилизации, установка УФ-обеззараживания оборотной воды	Поликультура: Осетр амурский (<i>Acipenser schrenckii</i> Brandt, 1869), 3+ Стерлядь (<i>Acipenser ruthenus</i>), 5+	40,60 5,40 46,00
2	Рыбоводная емкость $V = 3,5 \text{ м}^3$, циркуляционный насос, блок очистки оборотной воды, блок стабилизации, установка УФ-обеззараживания оборотной воды	Моноккультура: Осетр амурский (<i>Acipenser schrenckii</i> Brandt, 1869), 5+	81,29
3	Рыбоводная емкость $V = 1,5 \text{ м}^3$, циркуляционный насос, блок очистки оборотной воды, блок стабилизации, установка УФ-обеззараживания оборотной воды	Моноккультура: Сазан амурский (<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758), 3+	61,20
4	Рыбоводная емкость $V = 1,5 \text{ м}^3$, циркуляционный насос, блок очистки оборотной воды, блок стабилизации, установка УФ-обеззараживания оборотной воды	Поликультура: Пестрый толстолобик (<i>Aristichthys nobilis</i> Richardson, 1846), 3+ Белый толстолобик (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844), 3+ Серебряный карась (<i>Carassius auratus</i> Linnaeus, 1758), 1+ Белый амур (<i>Ctenopharyngodon idella</i> Valenciennes, 1844), 3+	15,20 1,25 1,10 1,80 19,35
5	Рыбоводная емкость $V = 1 \text{ м}^3$, циркуляционный насос, блок очистки оборотной воды, блок стабилизации	Моноккультура: Декоративные карпы Кои	12,54

В течение 6 мес осуществлялся мониторинг качества воды в аквасистемах (рыбоводная емкость, оборотная вода после очистки, водопроводная вода), с использованием гидрохимических и микробиологических показателей. Динамику изменения качественного состава быстро метаболизируемых азотсодержащих органических веществ и присутствие фенольных соединений в воде оценивали по микробиологическими критериям. Численность аммонифицирующих бактерий (АМБ), общую численность гетеротрофных бактерий (ОЧГБ), численность фенолоксиляющих бактерий (ФОБ) определяли на соответствующих агаризованных средах (Микроорганизмы ..., 2000). Самоочищающий потенциал в аквасистемах определяли в результате экспериментального исследования активности микробных комплексов (МК). Активность утилизации ароматических соединений (фенол, нафталин, фенантрен) определяли по разработанной методике (Кондратьева и др., 2007).

Хроматомасс-спектрометрия (ХМС) качества воды была проведена в конце февраля 2007 г., когда рыбы находились в малоактивном состоянии. Были использованы пробы воды из 3-х рыбоводных емкостей с различным составом ихтиоценозов: РЕ № 1 (осетры + стерлядь); РЕ № 2 (осетры); РЕ № 4 (караси + амур + толстолобики). Для контроля были использованы пробы воды из водопроводной сети и оборотная вода после очистки на фильтрующих установках. ХМС-сканирование проводили по полному ионному току. Качественный и полуколичественный анализ ионных хроматограмм проводили для отдельных групп

по их m/z характеристикам и времени удерживания. Для идентификации органических веществ использовали библиотеку из 225 тыс. спектров и персональную библиотеку для амурской воды, представленную 200 соединениями.

Результаты и их обсуждение

Как показали исследования структура МК и их потенциальная активность в модельных водных микросомах отражали динамику температурного режима, особенности деструкции и трансформации органических веществ, представленных в виде продуктов жизнедеятельности рыбных сообществ и кормами. При снижении температуры с ноября по февраль (с 14 до 7 °С) уменьшалась численность гетеротрофных и аммонифицирующих бактерий. Наиболее активно процессы самоочищения происходили в аквасистеме со сложной структурой рыбного сообщества (табл. 2). Эффективность очистки от азотсодержащих органических веществ была подтверждена отсутствием аммонифицирующих бактерий в оборотной воде за исключением РЕ № 5, где не проводилась УФ-обработка.

Таблица 2

Динамика общей численности гетеротрофных (ОЧГБ) и аммонифицирующих (АМБ) бактерий в рыбоводных емкостях

Месяц	РЕ № 1		РЕ № 2		РЕ № 3		РЕ № 4		РЕ № 5	
	ОЧГБ	АМБ	ОЧГБ	АМБ	ОЧГБ	АМБ	ОЧГБ	АМБ	ОЧГБ	АМБ
Ноябрь 2006 г.	16333	1367	2667	2633	2333	933	5000	2833	18333	2300
Декабрь 2006 г.	9333	1700	1667	750	4000	1800	1500	300	4000	500
Январь 2007 г.	1000	1600	1333	233	1000	100	0	133	-	6700
Февраль 2007 г.	0	0	0	0	0	0	0	100	1600	200
Март 2007 г.	1033	1300	200	250	567	400	467	100	37367	233
Апрель 2007 г.	0	150	13500	15233	367	0	1000	300	108000	39267

Специфика протекающих процессов очищения воды после зимовки нашла полное отражение в проявляемой активности МК по отношению к ароматическим соединениям различной структуры. Так, максимальную активность по отношению к фенолу проявляли МК из аквасистемы с декоративными карпами. Вода в ней не подвергалась УФ-обработке (табл. 3). Вероятно, более сложные ароматические соединения, которые могли накапливаться в фильтрующем материале, подвергались деструкции до фенолов. Происходил селективный отбор устойчивых форм бактерий, способных утилизировать фенол в качестве источника углерода. Высокую активность по отношению к нафталину проявляли МК в аквасистемах с монокультурами рыб (РЕ № 3, 5). На фенантрена лучше развивались МК из рыбоводной емкости, в которой содержались осетры.

Таблица 3

Активность микробоценозов в модельных аквасистемах по отношению к фенолу и полициклическим ароматическим углеводородам в апреле 2007 г.

Аквасистема	Фенол	Нафталин	Фенантрен
РЕ № 1	0,007	0,318	0,063
РЕ № 2	0,011	0,311	0,219
РЕ № 3	0,004	0,531	0,156
РЕ № 4	0,013	0,207	0,105
РЕ № 5	0,366	0,561	0,146

В аквариумах с осетровыми методом ХМС было идентифицировано более 100 пиков различных веществ, в воде присутствовали моноароматические соединения, низкомолекулярные полиароматические углеводороды, фталаты, жирные кислоты, сквален и другие классы органических соединений. Происхождение ОВ, обнаруженных в воде было различным. Некоторые из них поступали в виде примесей с водопроводной водой. Другие являются продуктами жизнедеятельности рыб или метаболитами микроорганизмов, принимающих участие в очищении водной

среды в РЕ и на фильтрующих субстратах, находясь в иммобилизованном состоянии.

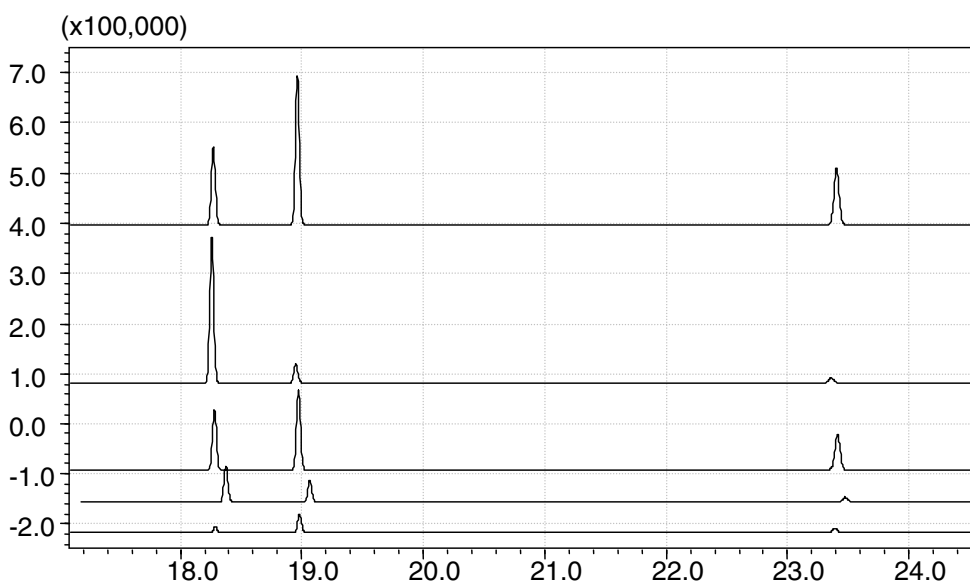
Сравнительный анализ содержания ОБ в различных аквасистемах, водопроводной и оборотной воде после очистки показал, что жирные кислоты и сквален могли образоваться непосредственно в аквариумах в результате жизнедеятельности рыб и функционирования микробоценозов. В дальнейшем их концентрация значительно снижалась в оборотной воде после очистки на фильтрующей установке (табл. 4).

Таблица 4

Качественный состав микропримесей органических веществ в различных компонентах аквасистем

Органическое вещество	Содержание в компонентах аквасистем	
	Max	Min
Алкилбензолы (C ₉ H ₁₂)	PE № 1 (осетр+стерлядь)	Оборотная вода (A1)
Сквален	PE № 1 (осетр+стерлядь)	Водопроводная сеть
Диизоактилфталат	PE № 2 (осетр)	Оборотная вода (A2)
Бензтиозол	PE № 2 (осетр)	Водопроводная сеть
Нафталин	PE № 2 (осетр)	Оборотная вода (A2)
Фенантрен	PE № 2 (осетр)	Оборотная вода (A2)
Пальмитиновая кислота	PE № 1 (осетр+стерлядь)	Водопроводная сеть
Меристиновая кислота	PE № 1 (осетр+стерлядь)	Водопроводная сеть

Однако такие соединения, как алкилбензолы, фталаты, нафталин и фенантрен могли поступать с водопроводной водой и накапливаться в аквариумах, а затем также трансформироваться на фильтрах. В тех случаях, когда минимальная концентрация отдельных компонентов обнаруживалась именно в оборотной воде, по сравнению с водопроводной свидетельствует об эффективности их очистки на фильтрах. В качестве примера поступления некоторых ОБ с водопроводной водой, их трансформации в аквариумах и дальнейшей очистки на фильтрах можно привести ионные хроматограммы фталатов (см. рисунок). Так, в водопроводной воде было установлено максимальное содержание диизобутилфталата, а диизооктилфталат практически отсутствовал. В аквариумах обнаружены другие сочетания форм фталатов. В оборотной воде их содержание значительно снижалось.



Ионные хроматограммы фталатов (m/z 149) в пробах воды (сверху вниз): PE № 2 (осетры); вода из водопроводной сети; PE № 1 (осетры+стерлядь); оборотная вода из PE № 2 (осетры); PE № 4 (амурская рыба, поликультура). Пики слева направо: диизобутилфталат, дибутилфталат, диизооктилфталат

Низкомолекулярные жирные кислоты присутствовали только в PE № 1 и 2 с осетровыми рыбами. Высокомолекулярные кислоты (тетрадекановая, пентадекановая и гексадекановая) обнаружены во всех проанализированных пробах. Максимальные их концентрации также содержались в аквасистемах с осетрами. В водопроводной и оборотной воде после фильтрации они присутствовали в виде микропримесей. Минимальное содержание высокомолекулярных жирных кислот отмечено в PE, где содержалось сложное сообщество амурских рыб.

Проведенные исследования показали, что наиболее эффективная очистка от микропримесей ОВ различного происхождения происходила в аквариуме № 4 со сложным ихтиоценозом (поликультура амурской рыбы). Максимальную активность по отношению к легкодоступным органическим веществам (глюкоза, пептон) проявляли МК, присутствующие в аквасистеме, где содержались осетры. Эта активность сохранялась в течение всего эксперимента и может быть связана с повышенной биогенной нагрузкой в этой аквасистеме. Как отмечалось выше, на цеолитах аккумулировались токсичные микропримеси, которые содержались в водопроводной воде, в том числе фталаты и алкилбензолы. В оборотной воде прошедшей через фильтрующую установку и поступающую в рыбоводную емкость с осетрами содержались только микропримеси таких веществ как алкилбензолы, нафталин, фенантрен, что свидетельствует об эффективности очистки на цеолитах. После микробиологических исследований фильтрующей загрузки из цеолитов, использованных для очистки амурской воды, была установлена вертикальная стратификация микробиологических сообществ и наличие на зернах загрузки иммобилизованных бактерий.

Отмеченный эффект очистки объясняется накоплением загрязняющих веществ в результате их сорбции на цеолитах и биосорбции клетками бактерий, объединенных в биопленки. Активизация микробных комплексов сопровождалась деструкцией и трансформацией органических соединений сложной структуры. Например, нафталин может выступать в качестве продукта трансформации высокомолекулярных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Можно предположить, что на цеолитах также присутствовали МК способные расщеплять некоторые ПАУ, этим объясняется эффективность очистки от фенантрена и нафталина оборотной воды.

ЛИТЕРАТУРА

Баянов Г.Г., Мингалева Е.А., Фролова Н.В., Харитонов И.В. Исследование местных фильтрующих материалов Дальнего Востока для целей водоснабжения: Отчет ДВО ВНИИ «ВОДГЕО». — Владивосток, 1987. — 73 с.

Кондратьева Л.М., Фишер Н.К., Стукова О.Ю., Золотухина Г.Ф. Загрязнение р. Амур полиароматическими углеводородами // Вестн. ДВО. — 2007. — № 4. — С. 17–26.

Микроорганизмы в экосистемах Приамурья / Л.М. Кондратьева, Л.А. Гаретова, Е.Л. Имранова и др. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — 198 с.

СТРАТЕГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ПРИМОРЬЕ

Г.Н. Курганский, В.Г. Марковцев
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

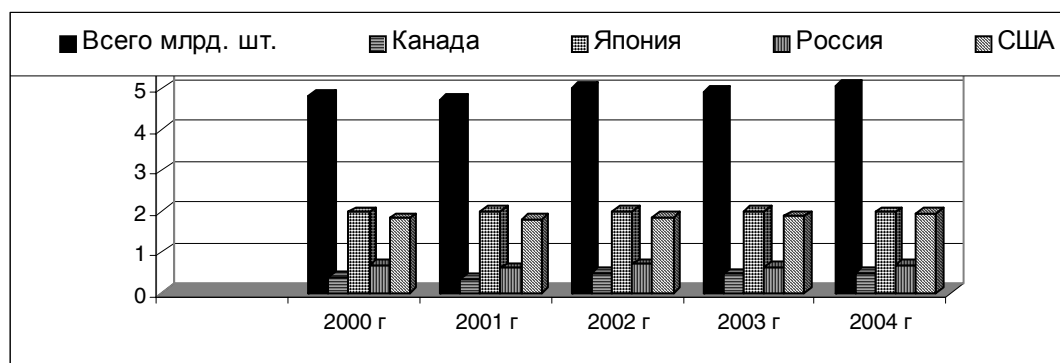
Разведение тихоокеанских лососей в мире имеет более чем вековую историю. В настоящее время в АТР действуют более 400 лососевых заводов различной формы собственности (табл. 1).

За последние годы все заводы в среднем выпускают около 5 млрд шт. молоди в год. На первом месте по количеству выпускаемой молоди стоит Япония, на втором — США, заводы которых выпускают чуть меньше 2 млрд шт. молоди в год (рис. 1). Далее следуют Россия и Канада. Искусственно воспроизводятся 6 видов тихоокеанских лососей, однако основными объектами являются кета (59 %) и горбуша (29 %).

Таблица 1
Лососевые заводы стран АТР

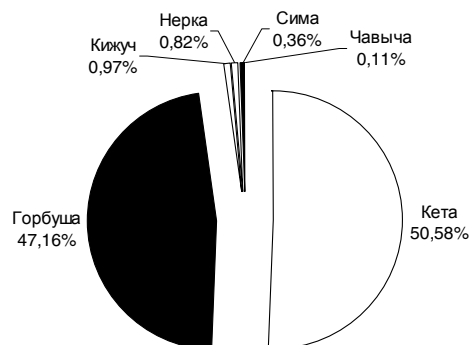
Страна	Всего заводов	В том числе государственных
Япония (Хоккайдо)	147	43
США	104	43
Россия	52	30
Канада	29	29
Республика Корея	12	1
Прочие страны	8	Н/д

Рис. 1.
Выпуск молоди лососей странами АТР, млрд шт.



В России первый лососевый завод появился в 1909 г. на р. Амур. В настоящее время на российском Дальнем Востоке действуют 52 лососевых завода с общим выпуском около 700 млн шт. молоди шести видов рыб. Наибольший вклад вносят сахалинские лососевые заводы, на долю которых приходится 87,6 % выпускаемой молоди. В Приморье действуют 2 рыбодобывающих заводов: Барабашевский ЛРЗ и Рязановский ЭПРЗ, занимающиеся воспроизводством кеты и сима. Их доля в выпуске молоди составляет чуть более 2 %. Структура выпускаемой с заводов молоди (рис. 2) показывает, что более половины составляет кета и около 47 % горбуша. На долю остальных четырех видов приходится чуть больше 2 %.

Рис. 2. Видовая структура выпускаемой молоди лососей с российских заводов



В общих уловах доля тихоокеанских лососей от искусственного воспроизводства велика. В Японии она достигает 90 %, на Аляске 70 %, в республике Корея — 100 %.

По мнению С.А. Синякова (2006), вклад разведения лососей на отечественных заводах в их общем улове на Дальнем Востоке России на Камчатке не превышает 2 %. На Сахалине высокие уловы кеты обусловлены в основном работой заводов. Уловы горбуши также на 10–15 % обеспечены благодаря заводам. Несмотря на низкие уловы осенней амурской кеты в последние годы, они на 20 % обеспечены работой заводов.

На материковом побережье Охотского моря уловы кеты на 15 % обеспечены работой лососевых заводов (Синяков, 2006).

В Приморье без деятельности заводов популяция кеты южных рек (Амурский залив) практически бы прекратила свое существование из-за огромного влияния несанкционированного промысла кеты населением береговых поселков.

Современное состояние естественного воспроизводства лососей в Приморском крае не позволяет даже в самые благоприятные годы добывать их в объеме более чем 1,5–2,0 тыс. т. Основную долю уловов (более 90 %) составит горбуша и кета. Промышленного промысла сима нет.

В северных реках Приморья (в основном реки Тернейского района) имеет место воспроизводство кеты, сима и горбуши с преобладанием численности горбуши. В реках центральной части Приморья (Ольгинский и Лазовский районы) наибольшую численность имеет кета, за ней следует сима и горбуша. В южной части Приморья воспроизводятся кета и сима.

В межгодовом аспекте подходы кеты в реки южного Приморья имеют значительные колебания (рис. 3). Как видно, в период с 1996 по 1998 г. отмечены самые низкие подходы кеты в реки южного Приморья. Следует отметить один момент. Группировки кеты рек Рязановка и Барабашевка, начиная с 1992 г., имеют сходную динамику подходов. Последнее может говорить о том, что в Амурском заливе в период нагула молоди кеты формируется единая единица запаса, основу которой составляет заводская молодь обоих заводов. В последние три года отмечается увеличение подходов кеты в реки Приморья.

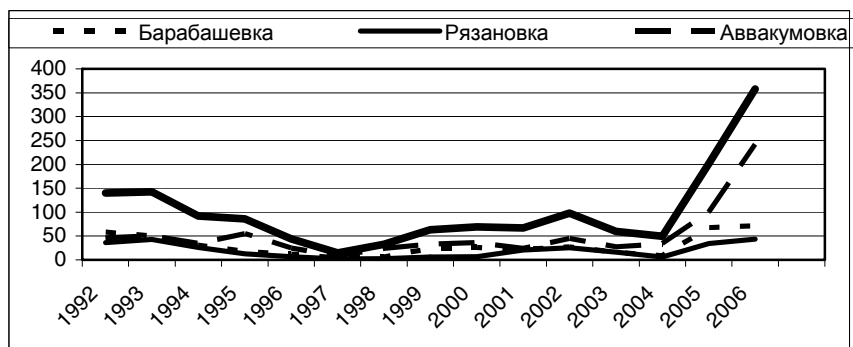


Рис. 3. Подходы производителей кеты в основные реки Приморья, тыс. шт.

Особенности природного воспроизводства лососей в Приморье связано с гидрологическими особенностями рек. По гидрологическим и ландшафтно-морфологическим характеристикам на территории Приморья выделяется пять гидрологических районов: центральная часть хребта Сихотэ-Алиня; западный склон хребта Сихотэ-Алиня; восточный склон хребта Сихотэ-Алиня; юго-западное Приморье; западно-приморская равнина (Курганский, Марковцев, 2005).

В крае имеется значительное количество рек с чистой водой. По оценкам специалистов в крае имеется не менее 25 рек, в которых возможно разведение лососей. В долинах этих рек, особенно в центральной и северной зонах, отсутствуют промышленные предприятия. Однако существует дефицит нерестовых площадей обусловленный горным и предгорным характером рек. Площадь водосбора рек, впадающих в Японское море в пределах края, на несколько порядков меньше таковой в бассейне р. Уссури. Кета этого бассейна, ранее определявшая вылов лососей в крае, сейчас имеет очень низкую численность. В силу этого в настоящее время лососи в Приморье не образуют промышленных популяций.

Учитывая все изложенное выше, подчеркивается, что наращивание промысла кеты в крае невозможно без ее искусственного разведения, т.е. альтернативы заводскому воспроизводству кеты в крае нет. При этом общая стратегия развития заводского разведения этого вида в Приморском крае должна строиться на базисе сохранения и приумножения естественных популяций, а также увеличения эффективности работы заводов (Горяинов, Крупянко, 2007).

О возможности эффективного искусственного воспроизводства лососей на территории Приморского края показывает не только опыт наших зарубежных соседей (Япония и Корея), но и собственные результаты создания промышленной группировки кеты в р. Рязановка. Анализ протяженности рек Амурского залива и нерестовых площадей в них показывает, что

р. Рязановка на момент выбора ее как базовой реки завода находилась только на 4 месте. По заходам производителей она вообще на последнем месте. Тем не менее, после начала работы завода численность кеты в этой реке постепенно возрастала и к 1992 г. достигла уже 35,9 тыс. шт. (табл. 2). В настоящее время завод обеспечивает закладку икры за счет собственной группировки и может позволить осуществлять промышленное изъятие. Данный факт красноречиво говорит о возможности строительства лососевых заводов на приморских реках, в которые в настоящее время не заходят производители кеты или их численность очень низкая.

Таблица 2

Численность подходов кеты в реки Амурского залива, тыс. шт.

Река	Длина, км	Нерестовых площадей, га	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Рязановка	30,0	1–2	1,0	1,0	2,5	8,30	13,30	16,60	35,90
Пойма	42,0	10	3,5	4,0	6,0	9,60	8,86	9,85	8,00
Брусья	4,1	1–2	2,0	1,5	2,0	4,50	3,30	2,00	1,00
Нарва	38,0	15	8,0	5,5	8,5	20,95	17,10	8,60	8,37
Барабашевка	61,0	60	160,6	7,2	64,9	297,60	164,40	68,10	28,04
Амба	28,0	1–2	2,0	1,0	2,0	3,00	3,00	2,00	1,00

Искусственное воспроизводство лососей имеет своих сторонников и противников. Мирская практика показала, что возможно воспроизводство и природное и заводское с достаточно высокими коэффициентами возврата. Однако заводское воспроизводство требует значительных затрат, в то время, как для природного воспроизводства требуется лишь охрана нерестилищ в период нереста рыб. Естественное воспроизводство сегодня является доминирующим, хотя доля искусственного воспроизводства оценивается многими достаточно высоко. Современный уровень знаний о биологии лососей и существующие биотехники не позволяют закладывать в заводскую молодь все параметры соответствующие у природной молоди. Даже при выпуске с заводов более крупной, чем природная, молоди, нет полной уверенности, что она будет более жизнестойкой.

Вопрос сохранения генофонда популяций лососей при организации их искусственного воспроизводства, несмотря на более чем столетнюю историю лососеводства, стоит очень остро и в настоящее время. Заводы осуществляют выпуск молоди в природную среду, поэтому важнейшей компонентой их эффективной деятельности является экологическая. Это подразумевает необходимость осуществления экологического мониторинга и проведения оценки степени влияния рыбоводного завода на состояние естественных популяций лососей.

Естественно, что для понимания процессов, происходящих в заводских популяциях лососей, нужен эталон. Им может служить только природная популяция, не затронутая искусственным разведением. При этом природная популяция должна быть именно в той зоне, где функционируют лососевые заводы.

Поэтому, исповедуя принцип «не навреди природе» считаем целесообразным начинать с разработки Программы «Лосось Приморья». Попытки создания этой программы были в 1990–1991 гг. С учетом особенностей гидрологии рек и природного воспроизводства лососей в Приморье было выделено 4 рыбоводных зоны: северная зона (реки Тернейского района), центральная зона (реки Ольгинского и Лазовского районов), южная зона (реки, впадающие в зал. Петра Великого) и амурская зона (реки, являющиеся притоками Амура). Общий потенциал Приморья был оценен в 7–11 тыс. т, где доля искусственного воспроизводства достигает 70 %.

В настоящее время для разработки программы интерес представляют три рыбоводных зоны, а именно южная, центральная и северная. Очевидно, что в каждой из зон будут свои особенности организации разведения лососей. Тем не менее, для всех зон имеется общее, а именно то, что в каждой зоне должна сохраниться генетическая структура воспроизводимых популяций кеты, симы и горбуши.

Последнее может обеспечить только естественное воспроизводство лососей, хотя бы в одной из рек зоны. При этом в данной реке не должен осуществляться сбор икры и, что осо-

бенно важно, не должно осуществляться строительство рыбоводных заводов, как на самой реке, так и на ее притоках. Для таких рек необходимо определить статус «особо охраняемых водотоков».

С учетом всего изложенного, представляется целесообразным в южной рыбоводной зоне, куда входят реки, впадающие в зал. Петра Великого, определить базовой рекой р. Нарва. В данной реке еще возможно сохранить естественный нерест кеты и симы. В центральной рыбоводной зоне, куда входят реки в основном Лазовского и Ольгинского районов, такой рекой должна стать Аввакумовка. В ней до настоящего времени сохраняется естественный нерест кеты и симы. В северной рыбоводной зоне (реки Тернейского района) базовой рекой должна стать Самарга, где сохранилась популяция горбуши и симы и продолжает заходить кета.

Базовые реки в дальнейшем обеспечат вновь создаваемые заводы своей зоны производителями. Поскольку численность лососей в базовых реках не велика, то строительство рыбоводных заводов должно быть строго регламентировано, чтобы не уничтожить природную популяции. Так, для заводов, воспроизводящих кету, период выхода на 100 %-ное использование собственного стада составляет 4–6 лет, для горбушевых заводов 3–4 года. Для закладки 1 млн икры кеты потребуется около 3,2 т производителей, для горбуши около 2,8 т.

Искусственное разведение лососей очень затратный вид деятельности, включающий строительство и эксплуатацию завода. Удельные капитальные затраты в настоящее время для Приморья по кете составляют порядка 15,4 руб. на покатника. Важной составляющей затрат завода являются удельные эксплуатационные расходы. Практика работы приморских заводов показывает, что на рыбоводные цели тратят по 1,36 руб. на покатника. Экспертная оценка эффективности работы завода показывает, что рентабельным он становится только при достижении коэффициента возврата 1 % и выше. При более низких показателях коэффициента частный завод не сможет обеспечить свое экономическое благополучие. Также очевидно, что увеличение мощности завода, если позволяет наличие достаточного количества технологической воды, повышает рентабельность его работы. Но на его строительство первоначально требуется больше денег.

Принципиально сегодня нет разницы между государственным и частным заводом. При не высоких возвратах, особенно в годы естественного снижения численности лососей, частный завод может остановиться и прекратить воспроизводство. Поскольку государство более последовательно в своей политике и более заинтересовано в конечном результате, в каждой рыбоводной зоне необходимо иметь 1–2 государственных завода. Они будут базой для подготовки методических рекомендаций по разведению лососей в зоне. В южной зоне уже существуют 2 завода. В центральной и северной зонах в настоящее время планируется строительство двух заводов (в Ольгинском и Тернейском районах). Места их размещения будут определяться в ходе подготовки рыбоводно-биологических обоснований. После организации разведения лососей на государственных заводах в каждой зоне целесообразно строительство частных заводов. Государственные заводы должны до момента формирования промышленных группировок на реках с частными заводами обеспечивать малые заводы икрой.

И еще один аспект. Рассредоточение лососевых заводов по побережью Приморья с его большой протяженностью будет способствовать более полному использованию кормовой базы молодь лососей в приустьевых пространствах рек.

Основой успешной работы заводов и высоких коэффициентов возврата наряду с биологическими и экологическими проблемами является водоснабжение. Способ организации водоснабжения ЛРЗ в первую очередь зависит от вида воспроизводимых лососей. Каждому виду необходим свой источник воды. Кете, исходя из ее биологии, необходима ключевая вода с достаточно высокой температурой в зимний период времени (порядка 4–8 °С) (Смирнов, 1975; Канидьеv, 1986). Поэтому для водоснабжения ЛРЗ, воспроизводящего кету, обычно используют грунтовые воды с достаточно стабильным температурным режимом в зимний период. Известно, что недостаток грунтовой воды на многих отечественных ЛРЗ часто компенсируют подачей речной воды с более низкой температурой. Это ведет к задержке эм-

брионального и личиночного развития лососей на заводе и в конечном счете к снижению эффективности всего процесса воспроизводства. Горбуша нерестится раньше кеты и на русловых водотоках. Для водоснабжения ЛРЗ, воспроизводящего горбушу, обычно используется подрусовая вода, температура которой соответствует температуре реки (Канидьев, 1986). Практика эксплуатации горбушевых ЛРЗ показывает, что необходима и речная и грунтовая вода.

Общим для всех видов является наличие в реке устойчивого стока в течение всего года (т.е. река не должна не пересыхать, не перемерзать и иметь на данном участке достаточно стабильный уровень). Нужно учесть, что для Приморья характерны низкие значения минимального зимнего стока. Средние значения стока для южной и центральной зон 0,6–3,0 л/с/км², для северной 0,6 — 1,5 л/с/км². Для отдельных участков возможны значения минимального зимнего стока на уровне 0,2–0,3 л/с/км² (Ресурсы ..., 1972). Поэтому планирование производственной деятельности, связанной с искусственным воспроизводством лососей, должно базироваться на этих природных особенностях и учитываться на стадии предпроектных исследований. Перечень информации, необходимой для проектирования и строительства ЛРЗ был разработан специалистами ТИПРО в 1992 г. и откорректирован в 1994 г. Основными параметрами любого участка являются: площадь водосбора, длина, средний уклон, модули среднегодового и минимального зимнего стоков. Конечной оценкой участка являются: допустимый забор воды из источника (среднегодовой и минимальный зимний) и имеющий место уклон, что позволяет рассмотреть возможность самотечного водоснабжения ЛРЗ.

Следовательно, стратегия искусственного воспроизводства лососей в Приморье должна строиться на следующих принципах:

- зональность — учет природных особенностей выделенных зон и организация воспроизводства в каждой зоне самостоятельно;
- сохранение не затронутых искусственным воспроизводством природных популяций — строительство заводов на реках, где природное воспроизводство на низком уровне или отсутствует совсем;
- максимальное использование природного потенциала — рассредоточение заводов с целью максимального использования кормовой базы эстуариев и организация работы по восстановлению или созданию естественного воспроизводства в базовых реках ЛРЗ;
- строгая последовательность строительства и ввода в эксплуатацию заводов по зонам.

ЛИТЕРАТУРА

- Горяинов А.А., Крупянок Н.И. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в Приморском крае (итоги 20-летней деятельности) // Бюл. № 2 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИПРО-центр, 2007. — С. 47–69.
- Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1986. — 216 с.
- Курганский Г.Н., Марковцев В.Г. Биологические и технические основы разведения лососей в Приморском крае // Изв. ТИПРО. — 2005. — Т. 141. — С. 325–334.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. — Л.: Гидрометиздат, 1972. — Т. 18, вып. 3. — 595 с.
- Синяков С.А. Рыбная промышленность и промысел лососей в сравнении с другими отраслями экономики в регионах Дальнего Востока. — Петропавловск-Камчатский, 2006. — 64 с.
- Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. — М.: МГУ, 1975. — 334 с.

МАТЕРИАЛЫ К БИОТЕХНОЛОГИИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *ANADARA BROUGHTONI* (SCHRENCK, 1867)

С.А. Ляшенко
ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия

A. broughtoni — ценный промысловый моллюск, спрос на него достаточно большой как на внешнем, так и на внутреннем рынках. По последним данным запасы в зал. Петра Великого неуклонно снижаются (Олифиренко, 2007), в связи с этим встает вопрос об искусственном разведении. В ряде стран юго-восточной Азии, таких как Республика Корея, Китай, уже ведется успешное культивирование этого вида, в том числе экстенсивными методами, предполагающими сбор спата в природе на искусственные субстраты. Для разработки технологии культивирования, адаптированной к местным гидрологическим условиям, в первую очередь необходимы знания по экологии размножения вида, в том числе по срокам нереста, развития личинок в планктоне и времени их оседания на коллекторы. Кроме того, необходимо определить участки концентрации личинок.

Сбор материала проводился в 2006 и 2007 гг. в северной части Амурского залива, где расположено самое крупное по численности и биомассе скопление этого вида в Приморье (Олифиренко, 2007). Планктонные пробы отбирали с июня по сентябрь на 12 станциях (рис. 1) с периодичностью раз в неделю. Облавливали вертикальный слой от дна до поверхности с помощью модифицированной сети Апштейна с диаметром входного отверстия 25 см и газом из капронового сита с ячейей 100 мкм. На каждой станции измеряли температуру воды у поверхности и у дна. Фиксировали и обрабатывали пробы по стандартной методике (Куликова, Колотухина, 1986).

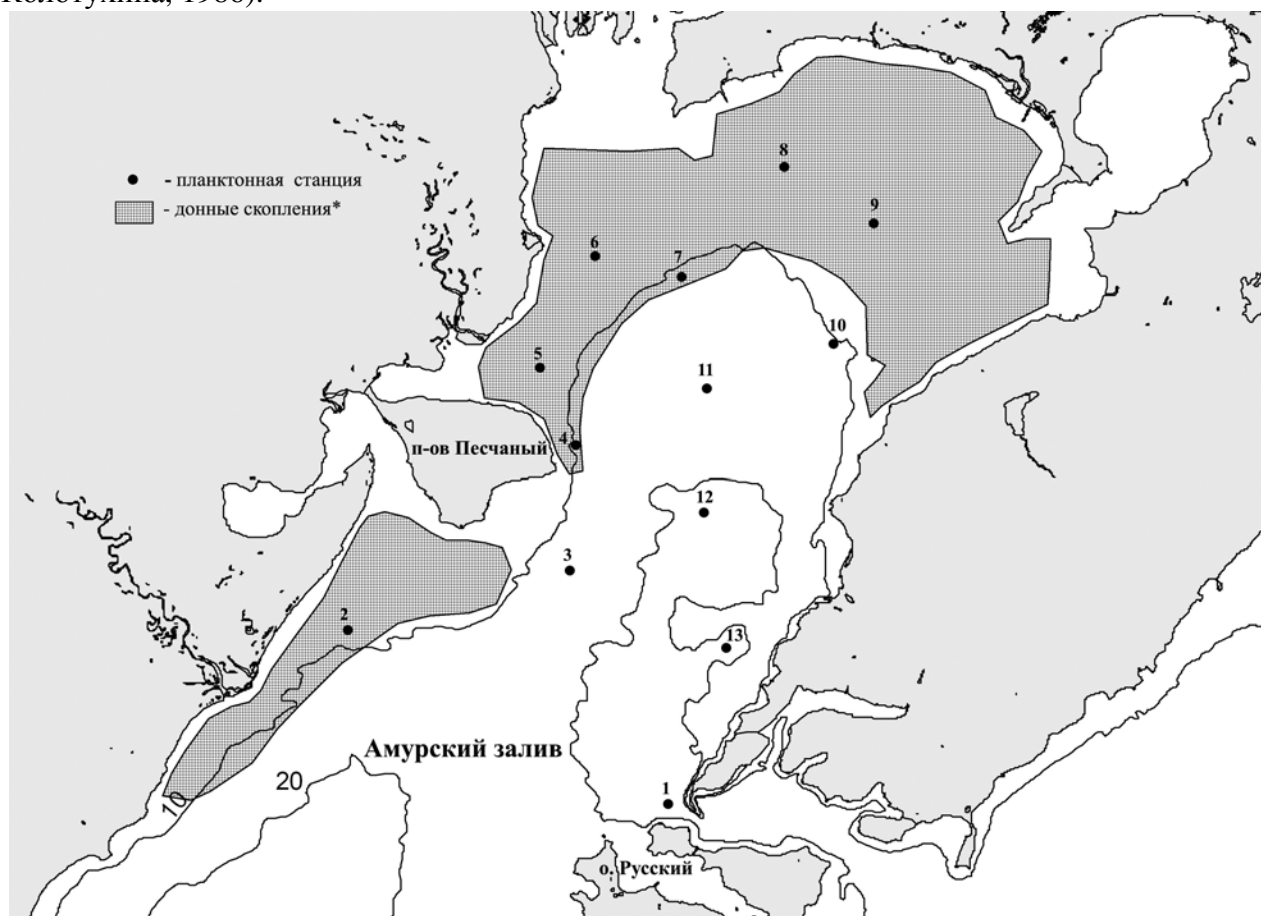


Рис. 1. Карта-схема планктонных станций в Амурском заливе (по: Олифиренко, 2002)

В 2006 г. личинки анадары в планктоне начали встречаться в третьей декаде июля, температура воды у поверхности в местах отбора проб при этом составляла 21,0–22,9 °С. Личин-

ки были обнаружены на 8 станциях из 13 с плотностью не более 17 экз./м³ (табл. 1). Длина раковин великонхов варьировала в пределах от 150 до 250 мкм.

Пик численности личинок был отмечен в первой декаде августа, их концентрация достигала 91 экз./м³. В этот период были зарегистрированы самые высокие температуры за сезон, до 25,8 °С у поверхности и до 23,7 °С у дна. Центр скопления личинок находился у восточного берега Амурского залива (рис. 2).

В начале третьей декады августа великонхов анадары обнаружено не было. Возможно, сказало влияние циклона, прошедшего накануне над акваторией Амурского залива. В конце августа они были обнаружены на четырех станциях из пяти, где удалось взять пробы в связи с погодными условиями (ст. 1–5). Их плотность не превышала 18 экз./м³. Они встречались по вторую декаду сентября на отдельных станциях с плотностью не более 6 экз./м³.

В 2007 г. личинки анадары появлялись в планктоне в начале второй декады июля на шести станциях, длина их раковины при этом варьировала в пределах от 150 до 250 мкм. Температура воды у поверхности в этот период была равна 16,1–17,6 °С. В конце второй декады июля личинки были обнаружены на восьми станциях, кроме станций, расположенных в юго-восточной части исследованного района и у северного побережья п-ова Песчаного. Их плотность в этот период изменялась от 2 до 111 экз./м³ (табл. 2). Наиболее высокие концентрации были зарегистрированы на северо-востоке акватории (рис. 2).

В третьей декаде июля, когда температура воды у поверхности повысилась до 21–22 °С, концентрация личинок увеличилась. Они встречались на всех станциях (ст. 13 не обследовалась по техническим причинам) с плотностью от 4 до 243 экз./м³ (табл. 2). На карте горизонтального распределения видно, что в этот период они в основном концентрировались в северной части района (рис. 2).

В начале августа личинки анадары встречались не на всех станциях и их плотность не превышала 8 экз./м³ (табл. 2). В конце первой декады августа из-за погодных условий (дождь и сильный юго-восточный ветер) планктон отбирали только на первых шести станциях. Великонхи были обнаружены в концентрации от 1 до 64 экз./м³. Во второй декаде этого месяца, когда температура воды достигла максимальных значений, 22,0–24,7 °С у поверхности, личинки встречались не на всех станциях, но их численность не превышала 35 экз./м³ (табл. 2). В третьей декаде августа температура воды оставалась такой же высокой, но личинок обна-

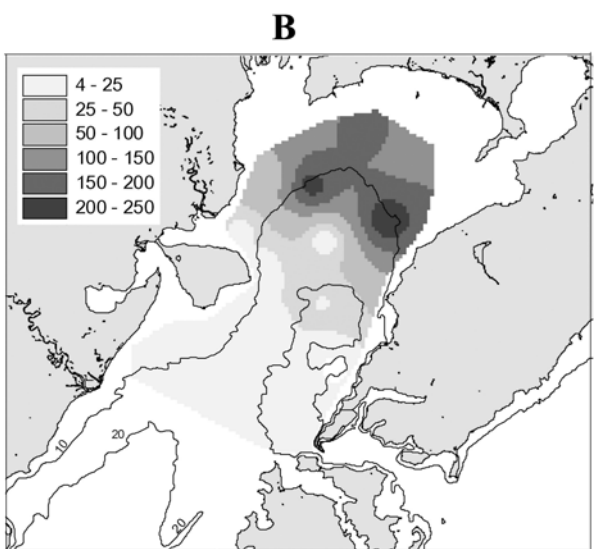
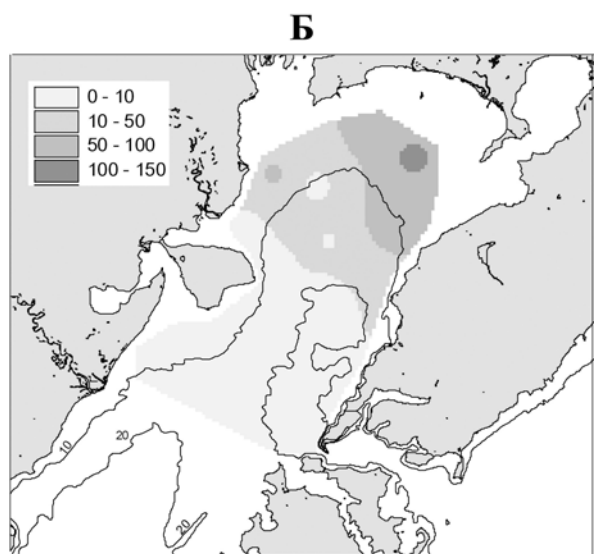
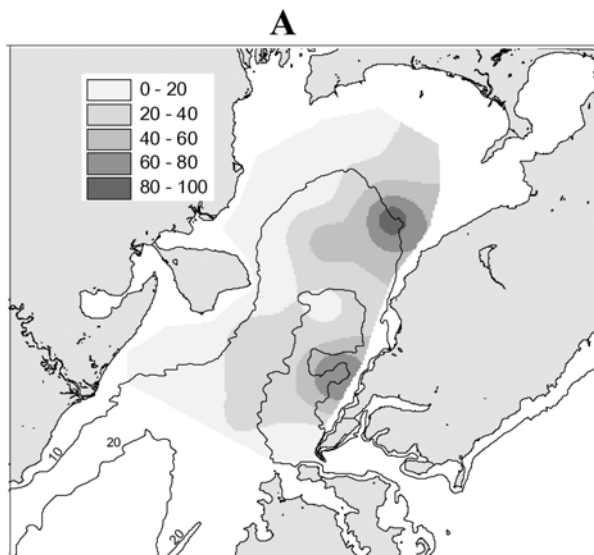
Таблица 1
Концентрация личинок *A. broughtoni* в 2006 г., экз./м³

№ станции	Дата					
	25.07	7.08	23.08	30.08	6.09	13.09
1	8	2	0	0	3	0
2	4	0	0	17	6	0
3	9	22	0	18	0	0
4	0	2	0	13	2	3
5	17	2	0	8	0	0
6	0	0	0		0	0
7	15	9	0		4	0
8	8	0	0		0	5
9	10	34	0		0	0
10	7	91	0		0	0
11	0	51	0		0	0
12	0	14	0		0	0
13	0	80	0		0	0

Таблица 2
Концентрация личинок *A. broughtoni* в 2007 г., экз./м³

№ станции	Дата								
	12.07	18.07	25.07	2.08	8.08	15.08	27.08	4.09	13.09
1	0	0	10		7	0	0		4
2	0	2	5	0	64	0	0	6	0
3	8	5	10	7	15	2	0	0	0
4	2	0	4	0	0	20	0	18	4
5	6	0	18	5	8	20	0	9	6
6	0	54		7	1	24	0	0	0
7	2	2	224	0		11	0	12	4
8	0	60	163	0		20	0	0	0
9	0	111	140	8		35	0	0	8
10	12	81	243	0		4	0	8	0
11	0	9	8	2		8	0	18	0
12	3	0	24	0		0	0	21	1
13	0	0		4		2	0	14	6

В начале августа личинки анадары встречались не на всех станциях и их плотность не превышала 8 экз./м³ (табл. 2). В конце первой декады августа из-за погодных условий (дождь и сильный юго-восточный ветер) планктон отбирали только на первых шести станциях. Великонхи были обнаружены в концентрации от 1 до 64 экз./м³. Во второй декаде этого месяца, когда температура воды достигла максимальных значений, 22,0–24,7 °С у поверхности, личинки встречались не на всех станциях, но их численность не превышала 35 экз./м³ (табл. 2). В третьей декаде августа температура воды оставалась такой же высокой, но личинок обна-



ружено не было. Они вновь появились в начале сентября и встречались по вторую декаду этого месяца с плотностью от 1 до 21 экз./м³, но не на всех станциях одновременно (табл. 2).

Обобщенные результаты наблюдений двух лет показали, что личинки анадары Броутона в исследованном районе Амурского залива встречались в планктоне в период со второй декады июля по вторую декаду сентября. Температура воды у поверхности при этом варьировала от 16,1 до 25,8 °С, соленость от 15,9 до 29,8 ‰. Наиболее высокие концентрации регистрировались со второй декады июля по первую декаду августа, при температуре 21 °С и более.

Ранее накопленные и немногочисленные литературные данные (Полякова, 2003; Габаев, Колотухина, 2006) показывают, что в водах Амурского залива личинки анадары могут быть обнаружены и в более ранние сроки, с 3 декады июня. Межгодовые различия в сроках появления личинок обусловлены сроками начала нереста. По времени появления личинок в стадии оседания можно сделать предположение о начале нереста. По данным, полученным ранее на основе промеров личиночной раковины спата, оседание личинок наступает при длине раковины 250–300 мкм. В момент первого обнаружения личинок часть их них, как правило, уже достигала этих размеров. Известно, что они переходят на эту стадию через 19–23 сут с момента нереста (Каппо, 1963). Следовательно, нерест анадары в 2006 и 2007 гг. начинался в первой декаде июля и в третьей декаде июня, соответственно. В это время могли нереститься моллюски, обитающие на мелководье, на глубине не более 5–6 м, где температура воды к этому времени достигала нерестовых значений (17–18 °С), характерных для этого вида в нашем регионе (Дзюба, Масленникова, 1982; Масленникова, 2000; Калинина, Викторовская, 2002; Результаты ..., 2005).

Рис. 2. Карта-схема горизонтального распределения личинок анадары (экз./м³): **А** — 7.08.06; **Б** — 18.07.07; **В** — 25.07.07 г.

Горизонтальное распределение личинок было изменчивым, однако в период массового развития они в основном концентрировались вблизи донных скоплений или в юго-восточной части исследованного района. Наиболее высокая плотность личинок чаще отмечалась в районе десятой станции. Их высокие концентрации ранее были отмечены южнее, далеко за пределами донных скоплений, у северо-западного побережья о. Русский (Полякова, 2003). Ха-

рактер распределения личинок, по-видимому, обусловлен не только распределением донных скоплений анадары, но и циркуляцией вод.

Направление переноса вод в Амурском заливе, как известно, в основном определяется стоком р. Раздольная, а также силой и направлением ветра и может меняться в течение суток. В июле шлейф стоковых вод обычно раздваивается, а в среднюю часть залива из открытой части проникают морские воды. В августе, в период максимального развития летнего муссона, усиливается нагон морских вод в северо-западную часть залива, шлейф чаще распространяется вдоль восточного побережья, реже раздваивается, но почти никогда не распространяется вдоль западного берега. Однако в обычном режиме скорость стокового течения затухает на расстоянии 4 км от устья и составляет всего 2–3 см/с. В этих условиях усиливается роль дрейфовых течений.

По неопубликованным данным сотрудников лаборатории промысловой океанографии ФГУП «ТИНРО-Центр», для летнего сезона наиболее характерен тип циркуляции вод, формируемый летним муссоном. В районе донного скопления анадары, расположенного в северной части залива, выше п-ова Песчаный, при умеренном южном ветре поток имеет южное направление, соответственно, личинки, обитающие в самых верхних горизонтах выносятся к югу. В подповерхностном слое существует антициклонический вихрь и личинки, обитающие на глубине в несколько метров, концентрируются вблизи донных скоплений анадары или выносятся на юго-восток.

Таким образом, на основании имеющихся данных, можно дать предварительные рекомендации о сроках и районах выставления коллекторов для сбора спата. Коллекторы следует выставлять в первой половине июля в северной части Амурского залива, в районе 10-метровой изобаты.

ЛИТЕРАТУРА

Габаев Д.Д., Колотухина Н.К. Воспроизводство анадары *Scapharca broughtoni* (Bivalvia, Arcidae) в заливе Петра Великого (Японское море) // Зоол. журн. — 2006. — Т. 85, № 8. — С. 925–934.

Дзюба С.М., Масленникова Л.А. Репродуктивный цикл двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* в южной части залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 1982. — № 3. — С. 34–40.

Калинина М.В., Викторовская Г.И. Особенности репродуктивной биологии анадары Броутона в Уссурийском заливе (залив Петра Великого, Японское море) // Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: Тез. докл. Первой междунар. конф. — М.: ВНИРО, 2002. — С. 23.

Куликова В.А., Колотухина Н.К. Распределение личинок некоторых промысловых двустворчатых моллюсков в северо-восточной части залива Петра Великого // Тез. докл. 4-й Всесоюз. конф. по промысловым беспозвоночным. — Севастополь, 1986. — Ч. 2. — С. 250–251.

Масленникова Л.А. Сперматогенез двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* (Schrenck) // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 453–460

Олифиренко А.Б. Биологические основы рациональной эксплуатации ресурсов анадары (*Anadara broughtoni* (Mollusca: Bivalvia)) в заливе Петра Великого // Приморье — край рыбацкий: Материалы науч.-практ. конф. — Владивосток, 2002. — С. 52–55.

Олифиренко А.Б. Особенности биологии двустворчатого моллюска *Anadara broughtoni* в заливе Петра Великого (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2007. — 23 с.

Полякова С.А. Первые сведения о личинках анадары (*Anadara broughtoni*) у берегов Приморья // Тез. докл. 6-й регион. конф. по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых Дальнего Востока. — Владивосток: ДВГУ, 2003. — С. 75–76.

Результаты 5-летних исследований репродуктивной биологии анадары Броутона в заливе Петра Великого (Японское море) // Особенности биологии и состояние запасов некоторых донных беспозвоночных прибрежных вод Приморья: Отчет о НИР / ТИНРО. № 25598. — Владивосток, 2005. — С. 189–211.

Kanno H. Breeding of the ark *Anadara broughtoni* (Schrenck) in tank // Bull. of Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. — 1963. — Vol. 23. — P. 108–116.

КЛЕТОЧНЫЕ И ТКАНЕВЫЕ РЕАКЦИИ ЭМБРИОНОВ *SALMO SALAR* (L.) НА ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Е.Е. Минченок

Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия,
e-mail: elena_minchenok@mail.ru

Исследования по выявлению механизма неспецифической защиты у рыб описаны в многочисленных работах (Ingram, 1980; Микряков, 1984; Manning, Tatner, 1985; Лукьяненко, 1989; Вихман, 1994; Asbakk, 2001; Glenney Gavik, Petrie-Hanson Lora, 2002).

Чувствительность эмбрионов рыб определяется действием различных повреждающих факторов среды, таких как кислородная недостаточность, резкие колебания температуры, выходящие за пределы оптимумов, механические повреждения и др. Эти воздействия оказывают влияние на ход морфогенетических процессов, нарушая скорости развития отдельных органов, вызывая появление уродливо развитых зародышей, а во многих случаях приводя к летальным исходам.

Сравнительное изучение фагоцитарных и воспалительных явлений у эмбрионов семги и горбуши при механическом повреждении (Zhuravleva, Minchenok, 2004) показывает, что в защитных явлениях формирующегося эмбриона значительная роль принадлежит регенеративным процессам, которые сопряжены с фагоцитарными явлениями. Комплекс воспалительных тканевых перестроек формируется лишь на поздних этапах эмбриогенеза.

В работе приведены результаты исследований, которые проводили на эмбрионах семги на стадии пигментации глаз при повреждающем действии электрического тока. Икринки фиксировались через 5 мин, 1 ч, 3, 6, 12, 24 ч, а также через 3 сут после операции. В каждом сроке опыта фиксировались по три икринки в 10 %-ном формалине и жидкости Буэна. Парафиновые, целлюлозные и замороженные срезы окрашивались триоксигематеином Ганзена, по Маллори, азур-П-эозином, толуидиновым синим.

При действии электрического тока на ткани эмбриона семги в первые часы отмечается изменение ориентации ядер поврежденных клеток — они вытягиваются по направлению действия тока. Происходит накопление тканевой жидкости между эктодермой и подлежащими тканями, ведущее к отслаиванию в некоторых участках эктодермального слоя. Заметных изменений в желтке не обнаружено (рис. 1).

По истечении 12 ч в области действия электрического тока наблюдается распад ДНК ядер эмбриональных и внезародышевых тканей. Наиболее интенсивно распадаются ядра перибласта. Видны участки отслоившейся эктодермы зародыша и эктодермального слоя бластодиска, расположенного на желтке (рис. 2).

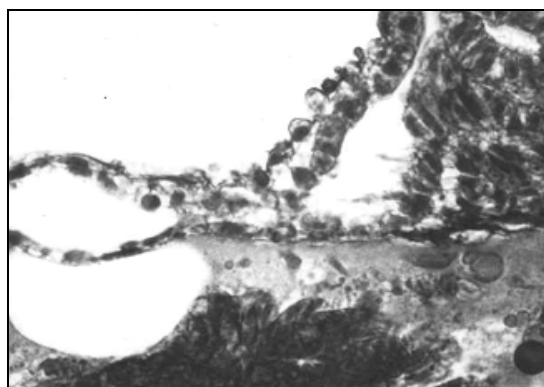


Рис. 1. Эмбрион семги в первые часы опыта. Отслаивание эктодермального слоя эмбриона. Окрашено по Маллори. Увел.: об. 45х, ок. 10х

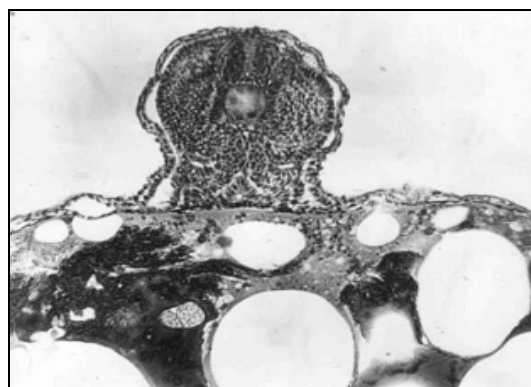


Рис. 2. Эмбрион семги через 12 ч после опыта. Отслаивание эктодермального слоя. Общая картина эмбриона. Окрашено по Маллори. Увел.: об. 11х, ок. 10х

В местах приложения электродов ядра клеток ориентированы по ходу электрического тока (рис. 3). Вблизи очага повреждения отмечается сдувание эктодермальных клеток. Ядра перибласта вытягиваются и увеличиваются в размерах. В эктодерме зародыша и во внезародышевых тканях наблюдаются единичные митозы.

Если в опыте электрический ток проходил через закладку мозга, то через 12 ч наступал лизис тканей эмбриона.

Через трое суток усиливается разрушение поврежденных тканей эмбриона и его внезародышевых частей. Резко уменьшается количество цитоплазматической РНК, причем в отмирающих клетках длительное время сохраняется ядерная РНК.

В желтке по ходу действия электрического тока обнаруживаются полосы. Каких-либо скоплений клеток около поврежденных участков желтка не отмечалось.

Лизис и распад тканей хвостового стебля не сопровождаются появлением на границе с отмирающими клетками фагоцитов или других блуждающих клеток (рис. 4). На границе с отмирающими элементами хвостового стебля в мало поврежденных мезодермальных клетках постоянно встречаются митозы. Происходит дальнейшее накопление жидкости в клетках и во внеклеточных пространствах.

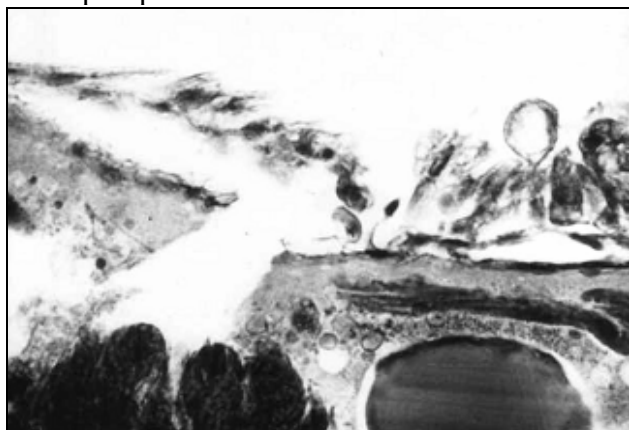


Рис. 3. Эмбрион семги через 12 ч после опыта. Изменение ориентации ядер по ходу действия электротока. Окрашено по Маллори. Увел.: об. 45х, ок. 10х

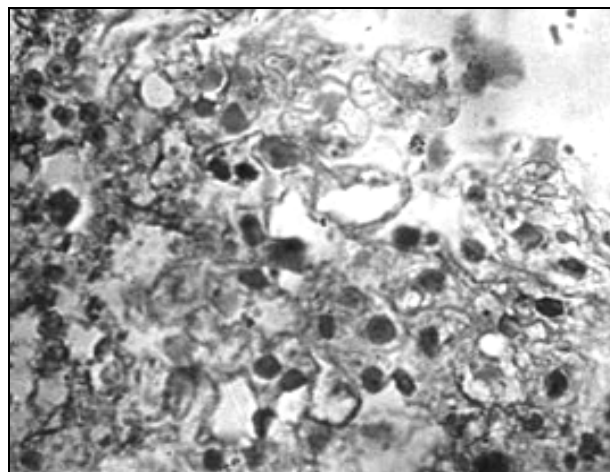


Рис. 4. Эмбрион семги через 3 сут после опыта. Отмирающий участок хвостового стебля. Окрашено по Маллори. Увел.: об. 45х, ок. 10х

Таким образом, при действии электрического тока ядра эмбриональных клеток и перибласта ориентируются по ходу электрического тока; характерны вакуолизация цитоплазмы поврежденных клеток, распад ДНК ядер на мелкие гранулы, отслаивание эктодермальных слоев от подлежащих тканей. Весьма ранимыми оказываются закладки мозга, нервной системы, кишечника. Отмечается изменение гидрофильности тканей в области повреждения. Поврежденные структуры быстро лизируются благодаря действию ферментов, выделяемых разрушенными клетками. Фагоцитарные явления на границе с травмированными и отмирающими структурами встречаются крайне редко. В то же время процессы физиологического фагоцитоза желтка не только сохраняются при повреждении, но и несколько усиливаются. Из внезародышевых тканей значительные повреждения обнаруживаются в эктодерме и перибласте.

ЛИТЕРАТУРА

- Вихман А.А. Иммунофизиологический статус рыб — объектов аквакультуры: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1994. — 48 с.
- Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб: врожденный иммунитет. — М.: Агропромиздат, 1989. — 271 с.
- Микряков В.Р. Закономерности функционирования иммунной системы пресноводных рыб: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1984. — 38 с.
- Asbakk K. Elimination of foreign material by epidermal malpighian cells during wound healing in fish skin // *J. Fish. Biol.* — 2001. — № 4. — P. 953–966.
- Glennay Gavik W., Petrie-Hanson Lora. Phagocytic responses of *Ictalurus punctatus* fry to intraperitoneally study injected particulate material: a light microscopy and cytochemical study // 4 Intern. Sympos. on Aquatic Animal Health. — USA, New Orleans, 2002.
- Ingram G.A. Substances involved in the natural resistance of fish to infection. A review // *J. Fish. Biol.* — 1980. — Vol. 16. — P. 23–60.
- Manning M. J., Tatner M.F. Fish immunology. — L.: Acad. Press, 1985. — 374 p.
- Zhuravleva N.G., Minchenok E.E. Immunological reactions in the early ontogenesis of Atlantic salmon and humpback salmon // *Phytochemistry Reviews.* — 2004. — № 3. — P. 431–439.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

Е.В. Млынар, Е.В. Рыгованова, Д.Г. Фисенко
Амурское территориальное управление Госкомрыболовства, г. Хабаровск, Россия,
e-mail: mlynar@bk.ru

История развития тихоокеанских лососей в Хабаровском крае насчитывает уже 80 лет. За точку отсчета следует принять 1928 г., когда был построен Тепловский ЛРЗ — старейшее рыболовное предприятие на р. Амур, успешно функционирующее до настоящего времени (Селютина, 2004; Хованский и др., 2006).

Известно, что в середине 20-го века в бассейн р. Амур наблюдались значительные подходы производителей, доходивших даже на Тепловский и Биджанский рыболовные заводы, находящиеся на расстоянии более 1500 км от устья р. Амур. В конце прошлого века коэффициент возврата рыб заводского происхождения в р. Амур достигал 1–2 %, что соответствует данным возврата лососей в других регионах Дальнего Востока (Рогатных, 2001; Хованский и др., 2006). При этом максимальный известный из литературы коэффициент естественного возврата вдвое ниже (Рогатных, 2001).

Непосредственно на заводы Хабаровского края возврат кеты составлял до 0,5 % (Рослый, 2002).

В 1990-е гг. последовал резкий спад численности тихоокеанских лососей и как следствие выпуска искусственно воспроизведенной рыбы. Ряд авторов (Кляшторин, Сидоренков, 1996; Золотухин, 2006) объясняют снижение численности тихоокеанских лососей естественными процессами флуктуации численности рыб, а также тем, что состояние естественной депрессии тихоокеанских лососей совпало с периодом маловодности Амура и возросшими темпами глобального потепления.

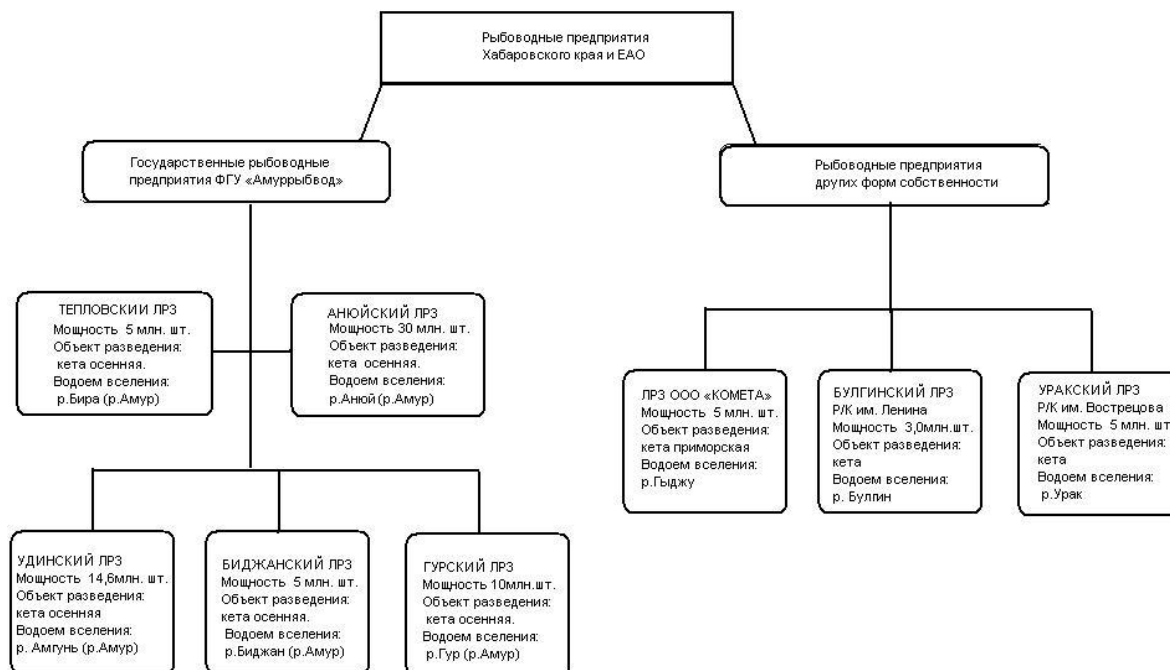
Кроме этого отсутствие возможностей трудовой занятости для населения после развала Советского Союза (Золотухин и др., 2000) стало причиной стремительного роста браконьерства на реках Хабаровского края, что также крайне негативно отразилось на численности тихоокеанских лососей и выпуске искусственно воспроизведенной рыбы.

Только с 2000 г. в сфере искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Хабаровском крае уделяется должное внимание. Одной из причин этого стали возросшие в последнее время систематические загрязнения р. Амур (Соколов, Соколова, 2007). На фоне снижения добычи рыб частиковых пород (несмотря на увеличение ОДУ) возникла потребность в увеличении лососевого стада. Одним из рациональных путей увеличения промыслового запаса лососей стало их искусственное воспроизводство. Именно в это время был достроен самый крупный рыболовный завод Хабаровского края — Анюйский ЛРЗ, производственной мощностью 30 млн экз. В настоящее время в Хабаровском крае функционирует 8 рыболовных предприятий занимающихся воспроизводством тихоокеанских лососей различных форм собственности, из них 5 ЛРЗ — государственные, находятся под управлением ФГУ «Амуррыбвод» (см. рисунок). Их общая производственная мощность составляет 64 млн экз. молоди осенней кеты в год.

На рыболовные заводы пришли квалифицированные специалисты, что положительно отразилось на эффективности проводимых рыболовных мероприятий. Персонал рыболовных предприятий повышает свой профессионализм на курсах повышения квалификации, участвует в семинарах, проходит зарубежную стажировку. Улучшилось взаимодействие структур в области охраны биоресурсов, что повлияло на величину подходов рыбы и эффективность рыболовных предприятий.

На рыболовных предприятиях стало использоваться импортное технологическое оборудование (на ряд заводов установлены инкубаторы Аткинса и NOPAD) по своим характеристикам превосходящее используемые ранее инкубаторы дальневосточного типа, а на нескольких заводах были установлены механические машины для переборки икры, которые в

значительной мере облегчили работу рыбоводов. Но автоматизация рабочего процесса находится на весьма невысоком уровне. С учетом проведенных исследований прорабатывается и дополняется нормативная база. Разрабатываются новые методы учета возврата производителей и определения эффективности лососевых рыбоводных предприятий с учетом постоянно-го антропогенного воздействия на среду. Все эти мероприятия способствуют увеличению результативности лососевых рыбоводных заводов.



Структура лососевых рыбоводных заводов Хабаровского края

В то же время было бы ошибочным считать, что все западные технологии применимы в условиях Хабаровского края. Так, переход некоторых рыбоводных предприятий на корма иностранного производства не дал ощутимого положительного эффекта. Корма иностранного производства не всегда соответствуют заявленным характеристикам. Кроме того, длительные сроки доставки импортных кормов и короткий срок хранения в значительной мере сокращает период их использования (Воропаев и др., 2003).

Не всегда проводимые рыбоводами мероприятия дают положительные результаты. Но даже с учетом совершенных ошибок, роль рыбоводных предприятий не следует недооценивать. Известно, что доля рыб заводского происхождения в реках в отдельные годы может достигать до 70–80 % от общего числа производителей (Запорожец, 2006; Радтке и др., 2006).

Таким образом, искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в периоды их стабильного состояния предоставляет дополнительный объем рыбы, а в периоды депрессии и случае природных и антропогенных катастроф способно компенсировать потери естественного стада и поддержать его численность. С этой точки зрения его вклад неоценим.

Последнее обстоятельство стало причиной повышения интереса у частных инвесторов к искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в Хабаровском крае. В настоящее время в Хабаровском крае уже функционирует 3 частных рыбоводных предприятия занимающихся искусственным воспроизводством тихоокеанских лососей с общей производственной мощностью 23 млн шт. покатной молоди в год. Одно из этих предприятий расположено на морском побережье, что может обеспечить более высокий возврат рыбы относительно других рыбоводных заводов. Совмещая искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей с их добычей, промысловики обеспечивают себе стабильный промысловый возврат, мало зависимый от внешних факторов, воздействующих на естественную популяцию. Возрастающий интерес частных инвесторов к данному направлению доказывает его перспективность.

ЛИТЕРАТУРА

Воропаев В.М., Хованский И.Е., Хованская Л.Л. и др. Влияние различных комбикормов на рост и морфологические показатели молоди кеты // Методические и прикладные аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке: Сб. тр. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2003. — С. 163–170.

Запорожец Г.В. Становление лососеводства на Дальнем Востоке // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока: Материалы науч.-практ. семинара в рамках 7-й науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». — Петропавловск-Камчатский: Книжное изд-во, 2006. — С. 11–15.

Золотухин С.Ф. Стратегические ошибки организации работы ЛРЗ в бассейнах крупных рек на примере бассейна р. Амур // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока: Материалы науч.-практ. семинара в рамках 7-й науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». — Петропавловск-Камчатский: Книжное изд-во, 2006. — С. 183–185.

Золотухин С.Ф., Семенченко А.Ю., Беляев В.А. Таймени и ленки Дальнего Востока России. — Хабаровск, 2000. — 128 с.

Кляшторин Л.Б., Сидоренков Н.С. Долгопериодные климатические изменения и флюктуации численности пелагических рыб Пацифики // Изв. ТИНРО. — 1996. — Т. 119. — С. 33–54.

Радтке Г., Картер К., Дэвис Ш. Оценка экономической выгоды деятельности лососевых рыбоводных заводов тихоокеанского северо-запада США // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока: Материалы науч.-практ. семинара в рамках 7-й науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». — Петропавловск-Камчатский: Книжное изд-во, 2006. — С. 28–31.

Рогатных А.Ю. Состояние, проблемы и перспективы разведения тихоокеанских лососей в Магаданской области // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря: Сб. науч. тр. — Магадан: МагаданНИРО, 2001. — С. 282–287.

Рослый Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2002. — 210 с.

Селютина В.Е. Воспроизводство лососевых в Хабаровском крае // Рыб. хоз-во. — 2004. — № 1. — С. 68–69.

Соколов А.В., Соколова Е.Н. К состоянию малакофауны и малаконаселения среднего и нижнего Амура // Природные ресурсы и экологические проблемы Дальнего Востока. — Хабаровск: ДВГУ, 2007. — С. 167–176.

Хованский И.Е., Хованская Л.Л., Селютина В.Е. Разведение кеты на реках материковой части Охотского моря: история, современное состояние, перспективы // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока: Материалы науч.-практ. семинара в рамках 7-й науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». — Петропавловск-Камчатский: Книжное изд-во, 2006. — С. 217–222.

ПОЛУЧЕНИЕ И ВЫРАЩИВАНИЕ МОЛОДИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ТРЕПАНГА В УСЛОВИЯХ НПЦМ «ЗАПОВЕДНОЕ» (ЯПОНСКОЕ МОРЕ, БУХТА КИЕВКА)

Н.Д. Мокрецова, И.Ю. Сухин, А.Н. Удалов, Ю.А. Картукова
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: suhin@tinro.ru

В связи с критически низкой численностью трепанга в прибрежных водах Приморья особую актуальность приобретают исследования, связанные с разработкой технологии заводского способа получения жизнестойкой молоди и выращивания ее до товарного размера на донных участках в природе.

Исследования в этом направлении проводятся в ТИНРО с 70-х гг. прошлого века. На их основании была разработана биотехнология получения и выращивания личинок и молоди трепанга, опубликованы соответствующие инструкции (Мокрецова и др., 1988).

В 2007 г. лабораторией марикультуры на базе НПЦМ «Заповедное» были продолжены работы по внедрению и совершенствованию биотехнологии культивирования трепанга в заводских условиях. Помимо работ, направленных на получение промышленной партии жизнестойкой молоди, проводились исследования, направленные на увеличение выживаемости и скорости роста личинок и молоди, подбор кормов, их оптимальных концентраций и режимов кормления.

Производители трепанга добывались небольшими партиями в бухтах Киевка (в районе о. Второго) и Мелководная. Непосредственно после отлова животные в емкостях с морской водой доставлялись в цех, где помещались в 500-литровые бассейны. Температура в бассейнах была близкой к температуре воды места обитания животных. Плотность посадки трепанга составляла 1 экз. на 10 л воды. Смена воды в сосудах и режим адаптации животных осуществлялись в соответствии с ранее разработанными нормативами (Мокрецова и др., 1988).

Для получения зрелых половых продуктов в 2007 г. было проведено 7 нерестов производителей, что позволило заполнить сосуды общей емкостью порядка 30 т. Общее количество оплодотворенной икры, полученной за время нерестовой кампании, составило порядка 55 млн клеток (табл. 1).

Таблица 1

Получение оплодотворенной икры трепанга в НПЦМ «Заповедное» в 2007 г.

Дата нереста	Количество оплодотворенной икры, млн	Количество сосудов с личинками, шт.	Общий объем сосудов с личинками, тыс. л
14 июля	~ 4	4	3,0
20 июля	~ 20	10	16,0
21 июля	~ 8	5	5,5
30 июля	~ 4	2	2,0
1 августа	~ 4	1	0,5
2 августа	~ 12	4	2,0
7 августа	~ 3	1	1,0
Итого	~ 55	27	30,0

Первый нерест трепанга произошел 14 июля при температуре 15 °С. Нерест производителей при столь низкой температуре ни разу не отмечался при проведении работ как в НПЦМ «Заповедное», так и ранее — при стимуляции нереста трепанга, обитающего в зал. Петра Великого, где обычная температура нереста этого вида в контролируемых условиях составляла 21–25 °С.

В контролируемых условиях разницы в сроках начала нереста животных, доставленных из бухт Киевка и Мелководная, за весь период работы обнаружено не было.

Корм личинкам давали один раз в сутки. Основным кормом служили микроводоросли *Dunaliella salina*, *Phaeodactylum tricornutum* и *Chaetoceros muelleri*.

Размеры личинок в 2007 г. были несколько меньше, чем в предыдущие годы. Средний размер аурикуляррий составлял от 505 до 670 мкм. Очевидно, это связано с недостатком качественного корма. Концентрация микроводорослей в емкостях с личинками составляла порядка 3–8 тыс. кл./мл, что значительно меньше оптимальной. Из-за недостатка микроводорослей личинок дополнительно кормили пищевыми дрожжами, которые не являются достаточно полноценным кормом для личинок.

Развитие основной массы эмбрионов и личинок протекало без аномалий, период планктонного развития составлял 13–16 сут. Развитие личинок, полученных в результате нереста при низкой температуре, и в первые 2–3 сут содержавшихся при 15–17 °С, также было синхронным, хотя и с отставанием в развитии на 3–4 дня.

После начала перехода на стадию долиолярии личинок переносили для оседания в 2000-литровые емкости, где в течение 3–6 сут они оседали на субстраты. В качестве их использовались стандартные гофрированные пластины в кассетах (твердые субстраты) и многонитчатая дель (мягкие субстраты).

Массовый подсчет и измерение молоди трепанга проводились в сентябре и октябре. Для измерения мальков трепанга помещали в кювету с водой, и через некоторое время, когда они восстанавливали естественную форму тела, фотографировали. По цифровым фотографиям с высокой точностью удалось измерить длину молоди. Кроме того, использование этого метода позволило уменьшить испытываемый молодью стресс.

Скорость роста молоди в разных емкостях значительно различалась (табл. 2). Хорошие результаты были получены при выращивании молоди при плотности посадки порядка 160 экз. на пластину. Свидетельством этого служат изменения размерной структуры в ходе выращивания. При плотности молоди порядка 300 экз. на пластину скорость роста была заметно меньше. Однако четкая связь между плотностью и скоростью роста прослеживается не во всех случаях, так как на рост влияет большое количество факторов.

Таблица 2

Размер молоди трепанга в разных емкостях в сентябре и октябре

Месяц	Длина, мм	Номер емкости								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сентябрь	Средняя	6,67	6,27	5,00	5,31	5,97	2,53	5,74	4,03	3,04
	Максимум	15,70	14,10	11,80	17,30	17,20	5,70	15,60	16,60	9,20
	Минимум	2,10	1,80	2,00	1,90	1,10	1,10	2,20	1,40	1,50
Октябрь	Средняя	7,90	7,29	6,22	7,40	8,23	7,73	6,94	7,92	5,39
	Максимум	33,10	20,54	25,68	24,26	37,05	28,29	26,40	19,11	26,62
	Минимум	2,10	1,54	1,39	1,98	1,26	2,09	1,64	2,61	1,54

При плотности животных порядка 160 экз. на пластину отмечена и более ранняя пигментация кожно-мускульного мешка. Так, в ванне № 5 уже к 18 сентября было пигментировано около 49 % молоди, а через месяц доля пигментированной молоди достигала практически 88 % (табл. 3).

Таблица 3

Доля пигментированной молоди трепанга в разных емкостях в сентябре и октябре, %

Месяц	Номер емкости								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сентябрь	42,86	39,41	15,33	23,77	48,89	3,77	34,06	17,65	6,67
Октябрь	75,69	83,76	79,10	88,08	87,81	85,44	78,14	81,37	65,99

Темпы пигментации молоди были гораздо выше, чем в прошлом году. Во второй декаде октября доля пигментированной молоди в 2-тонных ваннах достигала 88 %, в то время как в 2006 г. она не превышала 30 %.

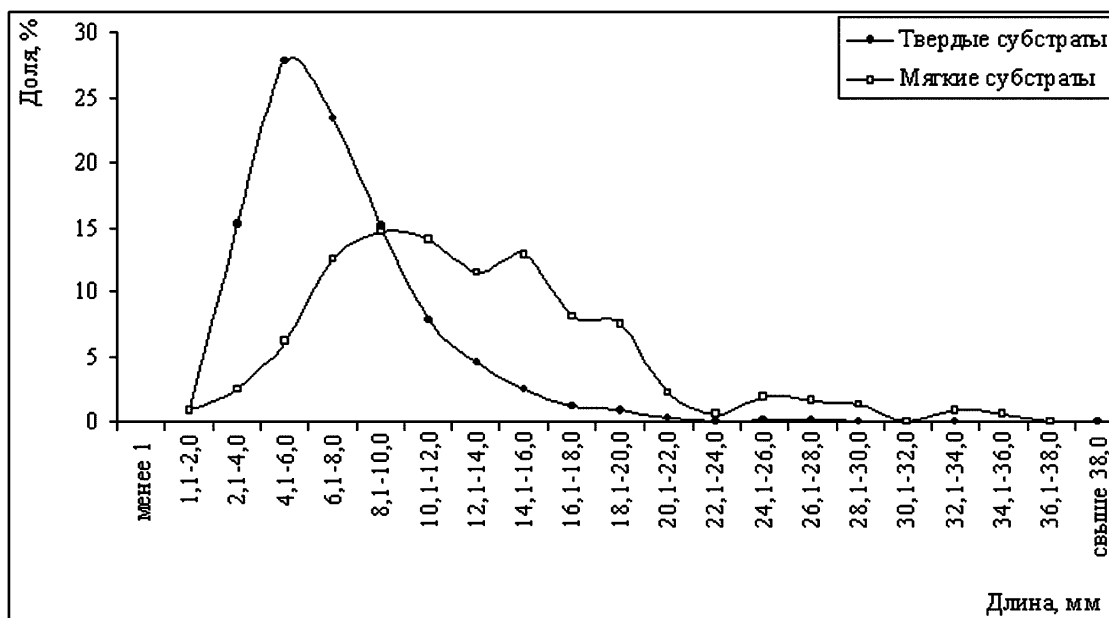
Кормление молоди, в отличие от предыдущих лет, осуществлялось закупленным в Китае стартовым кормом. Эксперименты позволили определить количество корма, потребляемого молодью разных размеров (табл. 4) при концентрации корма 0,2 мг/см² площади субстрата. Это количество корма было вполне достаточным и за короткий промежуток времени обеспечило значительный прирост молоди.

Таблица 4

Рационы молоди трепанга, мг

Рацион	Масса молоди, мг				
	15–25	30–50	55–70	75–125	140–195
Средний	2,19	2,34	2,27	2,41	7,52
Максимальный	3,67	3,30	2,93	3,48	9,17
Минимальный	1,10	1,28	1,65	1,65	4,89

Установлено, что на твердые субстраты оседает только порядка 15–20 % вносимого корма. На мягкие субстраты оседает до 50 % корма, причем эта величина возрастает с увеличением количества вносимого корма. Очевидно, именно с трофическими условиями связаны различия размерных структур молоди, растущей на твердом и мягком субстратах (см. рисунок).



Размерная структура молоди трепанга, выращиваемой на мягких и твердых субстратах, 19 октября 2007 г.

Имеющиеся данные позволили рассчитать, что для выращивания 1 млн экз. молоди до жизнестойкой стадии в заводских условиях необходимо израсходовать около 200 кг корма. Эта величина является не окончательной, так как при расчете были учтены значительные потери корма, которые в ходе дальнейшей отработки методики кормления могут быть минимизированы.

Помимо работ с кормами китайского производства, в 2007 г. были поставлены эксперименты с использованием кормов собственной разработки. При использовании некоторых вариантов корма скорость роста оказалась выше, чем при питании стартовым кормом китайского производства (табл. 5). Вместе с тем, полученные результаты не окончательны, исследования требуют продолжения.

На завершающем этапе выращивания молоди в контролируемых условиях проводилась подготовка ее к расселению в море. Была проведена адаптация молоди к температуре естественной среды. За 1–2 сут до расселения молодь была смыта с гофрированных пластин на дно

ванн. Для расселения в природу всю молодь размещали на мягких субстратах, которые затем в 50-литровых емкостях с морской водой доставлялись к месту расселения.

Таблица 5

Изменение массы молоди трепанга при питании кормами нашей разработки
(концентрация корма 0,2 мг/см²)

Тип корма	Средняя масса особи, мг		Прирост массы особи	
	10 сентября	16 октября	мг	%
Корм А	11	51	40	463,6
Корм Б	8	51	43	637,5
Стартовый корм (контроль)	12	46	34	383,3

Расселение молоди трепанга на заранее подобранных участках проводилось 30 октября — 1 ноября 2007 г. Во избежание потерь молоди водолаз опускал на дно закрытые емкости с мягкими субстратами, непосредственно на месте открывал их и прикреплял субстраты к придонному несущему тросу.

Средний размер молоди на момент расселения составил 13,2 мм, средняя масса — 158 мг. Из них 37,5 % особей имели размер от 1,5 до 3,0–4,0 см, доля пигментированных животных составила порядка 90,0 %.

Всего в НПЦМ «Заповедное» в 2007 г. было получено 1 млн 053 тыс. молоди трепанга. В бухтах Мелководная и Соколовская было расселено 973 тыс. экз. Кроме того, 80 тыс. экз. искусственно выращенной молоди было передано хозяйствам марикультуры.

ЛИТЕРАТУРА

Мокрецова Н.Д., Гаврилова Г.С., Авраменко С.Ф. Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания личинок трепанга до стадии оседания. — Владивосток: ТИПРО, 1988. — 47 с.

АНАЛИЗ ПЕРЕВОДА МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ С ЕСТЕСТВЕННЫХ НА ИСКУССТВЕННЫЕ КОРМА

С.О. Некрасова
ООО «Золотой Осетр», г. Астрахань, Россия
e-mail: golden_sturgeon@inbox.ru

При интенсивном развитии выращивания осетровых рыб постоянно требуется совершенствование биотехнологии выращивания. Предлагаются различные методы: бассейновый, прудовой, пастбищный. Комбинированный метод: подразумевает подращивание молоди вначале в прудах, с последующим выращиванием в бассейнах.

Цели для перевода прудовой молоди на искусственные корма могут быть разными:

- недостаток естественных кормов (Седки, Тихомиров, 1997; Некрасова, 2004);
- формирование ремонтно-маточного стада (Крылова и др., 1996; Пузанков и др., 2005; Некрасова, 2007; Пономарева и др., 2007; Сырбулов и др., 2007);
- изменение условий выращивания (форс-мажорные обстоятельства).

До настоящего времени проблема перевода молоди осетровых рыб с естественных на искусственные корма полностью не решена. До настоящего времени не создана единая методика по данному вопросу.

В вышеуказанных работах приведено описание различных методов перевода с одного вида кормов на другой. Различия начинаются с начала кормления. Так, В.Д. Крылова с сотрудниками осуществляли кормление русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* B.) с первого дня после пересадки из водоема в бассейн, а стерлядь (*Acipenser ruthenus*) — только с восьмидесяти суток. Коллектив Е.Н. Пономаревой кормление белуги (*Huso huso* L.) проводил с четвертых суток содержания. Группы И.В. Пузанкова и Д.Н. Сырбулова осетровых кормили с первого дня смены условий выращивания.

В наших исследованиях (Некрасова, 2007) внесение кормов начали на второй день. Это объясняется необходимостью адаптации рыбы после транспортировки из одних условий к другим. Особи должны привыкнуть к новой среде обитания. Поэтому, с нашей точки зрения, тратить корм в первые сутки выращивания в новых условиях не рационально.

Следующее различие заключается в рационе питания. Коллектив В.Д. Крыловой предлагает кормление сразу искусственным кормом. Группы Е.Н. Пономаревой, И.В. Пузанкова, Д.Н. Сырбулова, как и мы во втором варианте исследований, предпочли мягкое введение в рацион питания искусственного корма при наличии живых кормов (дафнии (*Daphnia magna*), артемии (*Artemia salina*), свежей речной рыбы).

Принципиальная разница в способе внесения корма. Так, группа В.Д. Крыловой вначале вносила корм по урезу воды вдоль стенок бассейнов в местах большей концентрации молоди, затем по «кормовым» дорожкам вдоль каждой стенки и в конце эксперимента — на одно кормовое место, куда собиралась молодь осетра и стерляди.

Сотрудники Е.Н. Пономаревой перед внесением в бассейны кормовую рыбу разрезали на кусочки, размер которых позволял адаптируемой рыбе легко их проглатывать. Через 4 дня для кормления молоди использовали чистый фарш из рыбы, еще через двое суток в фарш стали добавлять комбикорм, постепенно повышая его долю в суточном рационе, с одновременным снижением доли рыбного фарша. Кратность кормления составляла 3–4 раза в сутки. Остатки корма удаляли через 30 мин после каждого кормления. На 19-е сут доля комбикорма была доведена до 75 %. Суточный рацион составлял 3 % от массы рыбы. Постепенно перешли полностью на кормление рыбы сухим гранулированным комбикормом. Для исключения влияния стресса, при котором усиливается процесс свободнорадикального окисления у исследованных рыб, в корм дополнительно была введена аскорбиновая кислота из расчета 1 г на 1 кг корма методом орошения гранул за 15 мин до кормления. В рыбный фарш добавляли сухой порошок аскорбиновой кислоты, кусочки свежей рыбы, используемые для кормления, также посыпали порошком. Контролем служила молодь белуги, кормление которой осуществляли только рыбным фаршем.

И.В. Пузанков с коллегами впервые три дня кормили молодь крупкой стартового комбикорма ОСТ-6, артемией, дафнией, фаршем из кильки в равном соотношении. В утренние часы, во время пика пищевой активности, для кормления использовали комбикорм и артемию. Днем при повышении температуры воды в бассейны вносили дафнию. В вечернее время в рацион вводили фарш из рыбы. На четвертые сутки из рациона изъяли дафнию. Норму комбикорма постепенно повышали. На седьмые сутки убрали артемию.

Принцип кормления в работе коллектива Д.Н. Сырбулова был идентичен вышеописанному в исследованиях И.В. Пузанкова. Единственная разница — более позднее изъятия естественных кормов, фарша и дафнии, из рациона питания русского осетра и стерляди. На 10-е сут из питания убрали фарш, оставив только комбикорм и дафнию.

В наших исследованиях, проведенных на производственной базе НПЦ по осетроводству «БИОС» (Некрасова, 2007), во всех вариантах суточную норму кормления задавали, исходя из 25 % биомассы рыб в начале исследований, и к концу эксперимента ее постепенно сокращали до 10 %. Было проведено несколько различных вариантов кормления. В первом варианте использовали только пастообразный корм: олигохеты (*Oligochaeta*), дождевой червь (*Eisenia fetida S.*), сухой наполнитель, рыбный фарш в равных долях. В течение 15 сут выращивания ежедневно сокращали долю червей до полного их вывода из корма. Через 15 сут выращивания паста состояла из сухого наполнителя и рыбного фарша в соотношении 2 : 3. Во втором варианте выращивания применяли живые (дафния) и пастообразные корма. Дафнией кормили в течение первых 11 сут, постепенно снижая количество с 15,0 % со вторых суток исследований до 0,5 % в последний день внесения. Состав пасты в ходе эксперимента постепенно меняли.

В результате исследований С. Седки и А.М. Тихомирова (1997) анализ морфометрических показателей молоди русского осетра, питавшейся в течение 20 сут разными типами кормов, показал, что наиболее высокими коэффициентами упитанности обладала молодь, питавшаяся стартовым кормом СК-7 и оригинальными кормами ВОМС и ВСО, причем последний содержал специальные вкусовые аттрактанты. К сожалению, авторы не указывают никаких более подробных данных в этой работе.

В процессе проведения работ В.Д. Крыловой с сотрудниками (1996) молодь стерляди массой меньше 10 г погибла. Окончательно на питание искусственным кормом она не перешла. Выживаемость стерляди за 25 сут выращивания составила 65,6 %. Русский осетр заболел газопузырьковой болезнью. Молодь массой до 3 г не питалась. Выживаемость через 25 дней исследований всего 5,4 % (табл. 1).

Таблица 1
Рыбоводно-биологические показатели осетровых
за 25 сут выращивания

Показатель	Русский осетр	Стерлядь
Масса начальная, г	2,00	11,20
Масса конечная, г	8,20	7,70
Среднесуточная скорость роста, %	5,6	-1,6
Выживаемость, %	5,4	65,6

Получение отрицательных приростов у стерляди, по-видимому, объясняется поздним началом кормления. При столь длительном голодании начинаются необратимые физиологические процессы в организме рыб с низким коэффициентом упитанности.

Период полной адаптации молоди белуги в исследованиях Е.Н. Пономаревой с соавторами (2007) составил 30 сут. Выживаемость молоди составила 98 %, кормовые затраты 3,4 ед. (табл. 2).

При работе со стерлядью И.В. Пузанков с соавторами (2005) через 14 сут полностью перевел рыбу на питание комбикормом. Выживаемость составила 100 %. Время перевода осетровых с естественного на искусственные корма у Д.Н. Сырбулова с соавторами (2007) аналогичное — 14 дней. Выживаемость молоди русского осетра (начальная средняя масса 4 г) и стерляди (начальная средняя масса 3 г) при использовании предложенной схемы перевода составила соответственно 97 и 98 %.

Результаты нашего эксперимента показывают, что адаптация к искусственному корму у русского осетра в варианте 1 прошла за 15 сут, в варианте 2 — за 11 сут. Выживаемость в первом случае по сравнению со вторым была на 8 % выше (табл. 3, 4). Среднесуточные приросты были выше во втором варианте исследований. Это произошло за счет выживания более мелких особей. Таким образом, для русского осетра в пастообразный корм, при изменении условий выращивания, желательно добавлять червей. У

белуги и севрюги (*Acipenser stellatus P.*) время адаптации было практически одинаковым — соответственно 11 и 10 сут. Возможно, это объясняется приемлемым рационом кормления для данных видов. Исследования Е.Н. Пономаревой с соавторами (2007) подтверждают это. В этом варианте мы вносили в пасту рыбный фарш без добавления червя. Коллеги переводили молодь белуги на искусственные корма, применяя в начале резанную на кусочки рыбу частиковых пород, затем фарш из нее. Более высокая выживаемость, полученная при проведении работ Е.Н. Пономаревой с соавторами (2007), зависит не только от различного способа внесения корма, но и от более высокой массы рыб, использованных в эксперименте. По-видимому, большая масса при переводе на искусственные корма имеет значение и для русского осетра.

В наших исследованиях установлено, что максимальная выживаемость у молоди белуги — 70,4 %. Величина среднесуточного прироста средней массы наибольшая у севрюги — 10,3 %. Выживаемость у русского осетра на 8 % больше при кормлении только пастообразным кормом (рыбный фарш и комбикорм). При введении в рацион червя повышается темп среднесуточного прироста средней массы осетра, снижается время адаптации к новым условиям обитания.

Таким образом, для каждого вида осетровых рыб при резком изменении среды обитания и питания, существуют индивидуальные рационы кормления. В результате анализа вышеприведенных работ выясняется, что возможно, выживаемость молоди белуги и русского осетра при переводе на искусственные корма зависит от начальной массы особей. Чем она выше, тем лучше адаптация рыб к новым условиям.

Из анализа опубликованных данных, лучшими показателями выживаемости обладает принцип перевода осетровых рыб предложенный И.В. Пузанковым с соавторами (2005), Е.Н. Пономаревой с соавторами (2007) и Д.Н. Сырбуловым с соавторами (2007). К сожалению, не из всех работ ясно как изменялась средняя масса исследуемых особей, но

Таблица 2

Показатели эффективности использования схемы перевода прудовой молоди белуги на искусственные комбикорма

Показатель	Вариант опыта	
	1	2
Масса начальная, г	7,20 ± 0,15	7,00 ± 0,14
Масса конечная, г	48,50 ± 0,46*	32,40 ± 0,30
Среднесуточная скорость роста, %	6,49	5,19
Выживаемость, %	98,00	97,00

Примечание. 1 — фарш + комбикорм, 2 — фарш; * достоверно отличаются от контроля при $p < 0,001$.

Таблица 3

Рыбоводно-биологические показатели выращивания русского осетра и севрюги в варианте 1 (время выращивания 21 сут)

Показатель	Русский осетр	Севрюга
Масса начальная, г	3,03 ± 0,20	1,10 ± 0,07
Масса конечная, г	8,91 ± 0,39	7,72 ± 0,33
Среднесуточная скорость роста, %	5,60	10,30
Выживаемость, %	58,00	57,00

Таблица 4

Рыбоводно-биологические показатели выращивания русского осетра и белуги в варианте 2 (время выращивания 21 сут)

Показатель	Русский осетр	Белуга
Масса начальная, г	2,12 ± 0,11	2,91 ± 0,18
Масса конечная, г	10,00 ± 0,48	15,50 ± 0,66
Среднесуточная скорость роста, %	8,12	8,50
Выживаемость, %	50,00	70,40

получена высокая сохранность гидробионтов, что является очень важным критерием при переводе осетровых с естественной кормовой базы на кормление искусственными кормами.

Таким образом, при перемене среды обитания, осетровые могут быстро адаптироваться к новым условиям индустриального выращивания.

Исследование перевода молоди с естественных на искусственные корма позволит более глубокому пониманию особенностей доместикации производителей осетровых рыб. По теории П.К. Анохина (1968) любое кардинальное изменение среды обитания в жизни особей является критической ситуацией. Поэтому, перемещение из максимально приближенных к естественным условиям (пруды) среды в индустриальные становится критической точкой отсчета совершенно новой жизни для гидробионтов, к которой им необходимо быстро и эффективно приспособиться. Наши исследования (Некрасова, 2006, 2007) показали, что, возможно, увеличить выживаемость и темп роста молоди, учитывая критические точки развития в их жизни. Так, внесение кормов в момент смены поведения в раннем онтогенезе способствует более эффективному переходу на активное питание личинок севрюги и веслоноса. Должно существовать воздействие в критической точке развития, влияющее на повышение приспособляемости осетровых рыб к новым условиям среды. Возможно это наличие определенного грунта на каждом этапе раннего онтогенеза. Прогнозирование такого воздействия поможет повысить выживаемость молоди при переводе из прудов в бассейны и смене рациона питания. Как только будет раскрыт принцип перевода рыб с естественных кормов на искусственные, упростится доместикация производителей и, возможно, сократятся сроки их повторного созревания.

ЛИТЕРАТУРА

- Анохин П.К. Биология и нейрофизиология условного рефлекса. — М.: Медицина, 1968. — 547 с.
- Крылова В.Д., Балынова Т.П., Игумнова Е.В. Опыт перевода молоди осетровых рыб, выращенных в прудах ВОРЗ на гранулированные промышленные корма // Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России: Материалы совещания. — М.: ВНИРО, 1996. — С. 147–153.
- Некрасова С.О. Адаптация прудовой молоди осетровых рыб к искусственному корму // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке». — Астрахань: КаспНИРХ, 2007. — С. 249–250.
- Некрасова С.О. К вопросу о переводе молоди веслоноса, питающейся естественными кормами на искусственные корма // Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов: Материалы 2-й междунар. заочной науч. конф. — Элиста: КалмГУ, 2004. — С. 84–86.
- Некрасова С.О. Повышение эффективности выдерживания личинок севрюги и веслоноса на основе особенностей их поведения в раннем онтогенезе // Вопр. рыболовства. — 2007. — Т. 8, № 1(29). — С. 130–137.
- Некрасова С.О. Повышение эффективности выращивания молоди севрюги (*Acipenser stellatus* Pallas) и веслоноса (*Polyodon spathula* Walbaum) на основе особенностей их поведения в раннем онтогенезе: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Астрахань: КаспНИРХ, 2006. — 24 с.
- Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Чипинов В.Г. Опыт адаптации осетровых рыб из естественных водоемов к индустриальным условиям выращивания // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке». — Астрахань: КаспНИРХ, 2007. — С. 255–257.
- Пузанков И.В., Федорова Ю.В., Потапов Д.Э. Некоторые технологические приемы перевода прудовой стерляди на сухие корма // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов Мирового океана: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — М.: ВНИРО, 2005. — С. 142–143.
- Седки С., Тихомиров А.М. Оценка влияния биологически активных веществ и вкусовых аттрактантов, добавляемых в корма, на рост и поведение молоди осетровых искусственного производства // Первый конгресс ихтиологов России: Тез. докл. — М.: ВНИРО, 1997. — С. 204.
- Сырбулов Д.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. и др. Технологические приемы адаптации осетровых рыб к выращиванию с применением комбикормов // Междунар. симпоз. «Тепловодная аквакультура и биологическая продуктивность водоемов аридного климата»: материалы и доклады. — Астрахань: АГТУ, 2007. — С. 427–428.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ТОВАРНЫЕ КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННО ВЫРАЩИВАЕМОГО КЛАРИЕВОГО СОМА *CLARIAS GARIEPINUS*

А.И. Никифоров¹, А.В. Маилкова²

¹ ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, e-mail: hsnai@rambler.ru

² ВНИИР РАСХН, пос. им. Воровского, Россия, e-mail: hsnai@rambler.ru

В последнее десятилетие в промышленной аквакультуре России все большую популярность приобретает относительно новый объект культивирования — африканский клариевый сом. Рыбы сем. Clariidae являются перспективными объектами аквакультуры ввиду их высокой продуктивности и устойчивости к неблагоприятным условиям, в частности к повышенному содержанию в воде соединений азота. Наиболее часто в промышленной аквакультуре используют виды *C. gariepinus*, *C. batrachus*, *C. lazera*, *C. macrocephalus*. Интересной особенностью рыб этого семейства является наличие специального наджаберного органа для дыхания атмосферным воздухом, что позволяет им переносить предельно низкие концентрации кислорода в воде и выживать в условиях, практически не пригодных для большинства других рыб. Вышеперечисленные особенности позволяют считать клариевых сомов подходящим объектом для выращивания в установках замкнутого водоснабжения и садковых рыбоводных хозяйствах.

Объектом нашего исследования явился вид *Clarias gariepinus* (Burchell). В Россию *C. gariepinus* был завезен в 1993 г. из Нидерландов. Естественным ареалом этого вида являются пресноводные водоемы Африки и Малой Азии. Температурный оптимум для этой рыбы находится в пределах 25–27 °С. Рыбы созревают при достижении массы около 1 кг, нерест происходит при температуре от 23 до 30 °С. Сом практически всеяден, достаточно хорошо растет на комбикормах со значительным содержанием растительных компонентов, хотя, безусловно, интенсивность роста данного вида увеличивается при повышении в рационе уровня кормов животного происхождения. Клариевые сомы обладают хорошей сопротивляемостью к болезням, и при наличии достаточного количества корма имеют высокий темп роста (за шесть месяцев могут достигать товарной массы 1200 г).

Несмотря на то, что этот вид получил широкое распространение в промышленных рыбоводных хозяйствах мира, данные по его морфологическим особенностям как в отечественной, так и в зарубежной литературе редки и фрагментарны. В связи с этим представляется актуальным проведение исследований данной тематики.

Материалы и методы

Настоящее исследование проведено на кафедре Анатомии, гистологии и эмбриологии животных РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Объектами исследования послужили особи сома *Clarias gariepinus*, выращенные в условиях аквариального комплекса зоостанции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева.

Особенности телосложения изучались по методике И.Ф. Правдина (1966) (определены: масса тела, его абсолютная длина, наибольшая ширина, высота и обхват тела). Массовый состав тела изучался по методике М.И. Шатуновского (1972) (определены: масса порки, тушки без головы, печени, гонад). Также были определены (по общепринятым методикам) биохимические показатели мускулатуры: содержание влаги, сухого вещества, протеина, жира и минеральных веществ. Для изучения гистологического строения мускулатуры вырезали сегменты эпаксиальной части дорсальной боковой мышцы, которые фиксировали в 10 %-ном формалине и заливали в желатину по методике Г.А. Попковой (1974). Срезы для гистологического исследования получали на замораживающем микротоме «Техном-МЗП-1003». Изготовленные срезы окрашивали суданом В (черным) по методике А.И. Кононского (1976). Гистологические препараты исследовали на микроскопе МБИ-1. Определение диаметра мышечных волокон проводили проекционно-масштабным методом с помощью рисовального аппарата РА-1. Экспериментальный материал обработан биометрически (Плохинский, 1980).

Результаты и их обсуждение

Сом *Clarias gariepinus* обладает прогонистым, вальковатым телом, равномерно суживающимся от места наибольшей ширины (сразу за головой) по направлению к хвосту. Как видно из данных табл. 1, высота тела лишь ненамного превышает его ширину в самом широком месте туловища.

Таблица 1
Морфологическая характеристика телосложения
Clarias gariepinus

Показатель	М	m	Cv, %
Масса, г	660,70	119,11	31,22
Абсолютная длина, см	47,37	3,55	12,98
Ширина (max), мм	55,03	2,89	9,09
Высота (max), мм	58,83	3,00	8,84
Обхват (max), мм	185,33	5,21	4,87

плавником (количество лучей 51–63). Анальный плавник также хорошо развит (62–75 лучей). В табл. 2 представлены данные, полученные в ходе изучения особенностей морфологического состава тела сома *C. gariepinus*.

Таблица 2
Морфологический состав тела *Clarias gariepinus*

Показатель	М	m	Cv, %	% от массы тела
Масса: порки	594,97	121,35	35,33	90,05
тушки	434,57	88,83	35,41	65,77
печени	13,06	3,31	43,87	1,98
гонад	25,73	14,80	99,65	3,89

зрения его продукционных свойств. Привлекает внимание высокая вариабельность массы гонад, что объясняется выраженным половым диморфизмом.

Что касается макроскопического строения скелетно-мышечного аппарата сома *C. gariepinus*, то в целом обращает на себя внимание его плотность, упругость. Также, как положительное качество, следует отметить отсутствие в мускулатуре данного вида мелких межмышечных косточек. Биохимические исследования показали, что мускулатура сома *C. gariepinus* характеризовалась следующим составом (табл. 3).

Таблица 3
Состав мускулатуры сома
Clarias gariepinus

Показатель	Содержание, %
Влага	79,99
Сухое вещество	20,01
Сырой протеин	17,22
Сырой жир	1,04

Полученные данные свидетельствуют о высокой питательной ценности мускулатуры сома *C. gariepinus* и ее диетических качествах, так как высокое содержание белка сочетается с низким содержанием жира. При изучении гистологического строения мускулатуры сома *C. gariepinus* было установлено, что основная часть (более 95 %) осевой мускулатуры данного вида представлена глубокой боковой мышцей (*musculus lateralis profundus*).

Образована эта мышца типичными белыми (гликолитическими) мышечными волокнами, с низким содержанием липидов. Волокна в основном округлой формы, расположены довольно компактно, в связи с умеренным развитием соединительно-тканых прослоек. Диаметр мышечных волокон в среднем составляет 66,6 мкм, но размеры их сильно варьируют. На рисунке представлена диаграмма, позволяющая судить о характере количественного распределения волокон различных диаметров в боковой мускулатуре сома *C. gariepinus*.

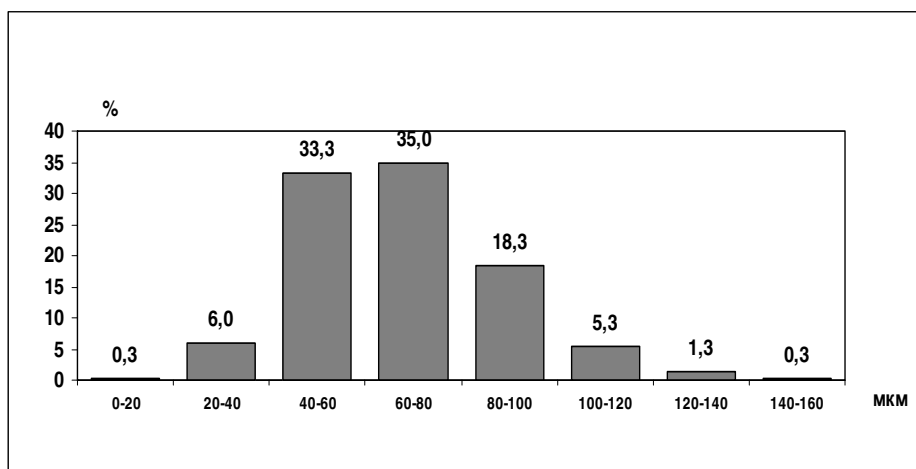
Из представленной диаграммы следует, что в глубокой боковой мышце сома *C. gariepinus* наиболее распространены мышечные волокна диаметром 60–80 мкм (их доля составля-

Окраска тела рыбы равномерная, серовато-зеленоватая, с характерным «мраморным» рисунком, брюхо заметно светлее, чем спина и бока. Голова довольно крупная, приплюснута в дорсо-вентральном направлении, рот большой, глаза маленькие. Вокруг рта имеется четыре пары усиков (две на верхней челюсти, две на нижней). В отличие от большинства сомовых, *C. gariepinus* обладает длинным, хорошо развитым спинным

Так, у исследованных особей масса порки в среднем составляла более 90,00 % от живой массы рыбы, при этом тушка составляет 65,77 % от массы тела рыбы. Высокий выход съедобной части тела рыбы является ценным качеством данного вида с точки

ет 35 % общего числа волокон). Следующая по распространенности — группа волокон с диаметром 40–60 мкм — составляет 33,3 %. Далее в порядке убывания представлены группы с диаметрами 80–100 мкм (18,3 %), 20–40 (6,0 %), 100–120 (5,3 %), 120–14 мкм (1,3 %). Наименьшее количество волокон (по 0,3 % соответственно) имеют диаметр менее 20 мкм и более 140 мкм.

Распределение мышечных волокон по диаметру



Выводы

Ввиду малоизученности сем. Clariidae результаты настоящего исследования представляют интерес для специалистов в области индустриального рыбоводства, а также ихтиологии и сравнительной анатомии.

Особенности морфологического состава тела, химического состава мускулатуры, а также гистологического строения мускулатуры африканского сома *Clarias gariepinus* позволяют отнести эту рыбу к категории диетической и деликатесной продукции

ЛИТЕРАТУРА

- Кононский А.И. Гистохимия. — Киев: Вища школа, 1976. — 278 с.
 Плохинский И.Я. Алгоритмы биометрии. — М.: МГУ, 1980. — 387 с.
 Попкова Г.А. Методические указания по гистологии и гистохимии мышечной ткани. — М.: ВАСХНИЛ, 1974. — 21 с.
 Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищепромиздат, 1966. — 367 с.
 Шатуновский М.И. Методы исследования рыб с применением морфофизиологических показателей // Методика морфофизиологических исследований рыб. — М., 1972. — С. 29–43.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ И ГИСТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКЕЛЕТНОЙ МУСКУЛАТУРЫ ПРОМЫШЛЕННО ВЫРАЩИВАЕМЫХ ГИБРИДОВ ОСЕТРОВЫХ РЫБ (СИБИРСКИЙ ОСЕТР x БЕЛУГА И СТЕРЛЯДЬ x БЕЛУГА)

А.И. Никифоров¹, А.В. Маилкова²

¹ ФГОУ ВПО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия, e-mail: hsnai@rambler.ru

² ВНИИР РАСХН, пос. им. Воровского, Россия, e-mail: hsnai@rambler.ru

Катастрофическое снижение запасов осетровых, вызванное нерациональным промыслом, нарушением естественных нерестовых путей, разрушением нерестилищ и загрязнением водоемов, поставило их на грань исчезновения. Одним из путей сохранения осетровых является их искусственное воспроизводство и выращивание. В решении этой задачи необходимо применение всех методов интенсификации осетроводства.

В частности, одним из таких методов является создание новых гибридных форм и промышленное выращивание их в рыбоводных индустриальных системах, по возможности исключая попадание гибридов в естественную среду обитания и тем самым сохраняя чистоту природного генфонда.

В то же время индустриальные условия выращивания далеки от естественных условий, в связи с чем представляется актуальным изучение особенностей морфогенеза различных гибридных форм в условиях промышленной аквакультуры.

Цель исследования: сравнительное изучение морфологических особенностей гибридов осетровых рыб, в частности, строения и возрастных изменений структуры мышечной ткани гибридов сибирский (ленский) осетр x белуга (*Acipenser baerii* Brandt x *Huso huso*) и стерлядь x белуга (*Acipenser ruthenus* L. x *Huso huso*).

Объект исследования: особи гибрида сибирский (ленский) осетр x белуга (*Acipenser baerii* Brandt x *Huso huso*) и гибрида стерлядь x белуга (*Acipenser ruthenus* L. x *Huso huso*), выращенные в рыбоводном хозяйстве при ГРЭС-3 им. Классона (г. Электрогорск Московской области).

Материалы и методы

Чтобы проследить динамику развития мышечной ткани изучаемых гибридов, были отображены особи на различных этапах развития (следующих возрастных групп): выклев (предличинка); переход на активное питание (личинка); молодь в возрасте 2 мес; сеголеток.

Для изучения гистологического строения мускулатуры гибридов вырезали сегменты боковой мышцы, образцы фиксировались в 10 %-ном нейтральном формалине. В дальнейшем для приготовления гистологических препаратов был применен метод вытеснения воды путем последовательного проведения через спирты возрастающей концентрации. Этот процесс осуществляли с помощью автомата для гистологической обработки тканей карусельного типа (модель STP-120). После вытеснения воды образцы тканей подвергали заливке в парафин, которая осуществлялась при помощи заливочной станции ЕС-350. В дальнейшем на салазочном микротоме «Microm HM 440E» получали гистологические срезы толщиной 5–7 мкм. Для приготовления окрашенных препаратов срезы предварительно депарафинировали и подвергали обратному обводнению. Окраска осуществлялась квасцовым гематоксилином по Эрлиху с докраской эозином (Ромейс, 1954). Стекла с окрашенными срезами заключали в пихтовый бальзам, накрывали покровными стеклами, после чего стекла высушивали в термостате при 37 °С. Фотографии гистологических препаратов сделаны с помощью компьютерной системы анализа изображений Optimas с автоматической видеокамерой Leica DC при увеличении окуляра 10х и объективов х5, 10, 20, 40.

Были исследованы продольные и поперечные срезы поперечно-полосатой мышечной ткани изучаемых гибридов. В работе представлены результаты измерений размерных показателей миофибрилл по мере роста гибридов от предличинки до сеголетка. Измерены и статистически обработаны показатели длины, диаметра мышечных волокон и толщины миомеров. На продольных срезах определялись: длина мышечных волокон, ширина миомера. На поперечных срезах определялся диаметр мышечных волокон.

Результаты и их обсуждение

В ходе настоящего исследования относительно гистологического строения мускулатуры гибридов было установлено, что основная часть осевой мускулатуры изученных гибридов

представлена глубокой боковой мышцей. Образована эта мышца типичными белыми волокнами.

В период выклева у предличинок миотомальная мускулатура состоит из уплощенных мышечных элементов, так называемых мышечных пластинок, которые образуются за счет слияния первичных миогенных клеток (миобластов). Гистологически мышечные пластинки представляют собой миотубы, т.е. цилиндрические симпластические образования, миофибриллы в которых располагаются периферически под клеточной мембраной в один слой, а ядра располагаются центрально. Ядра миобластов преимущественно овальные и лежат очень плотно (рис. 1).

В первые дни постэмбрионального развития осетровых начинается становление definitiva типа мускулатуры. Гистогенез формирующихся мышечных волокон идет по следующей схеме: слияние одноядерных миобластов с образованием миотуб и последующее образование из миотуб мышечных волокон. На этой стадии развития мышечные волокна «взрослого типа» хорошо различимы в латеральных отделах туловищных миомеров. Горизонтальная миосепта, разделяющая глубокую боковую мышцу на вентральную и дорсальную порции, становится четко заметной на стадии личинки (рис. 2).

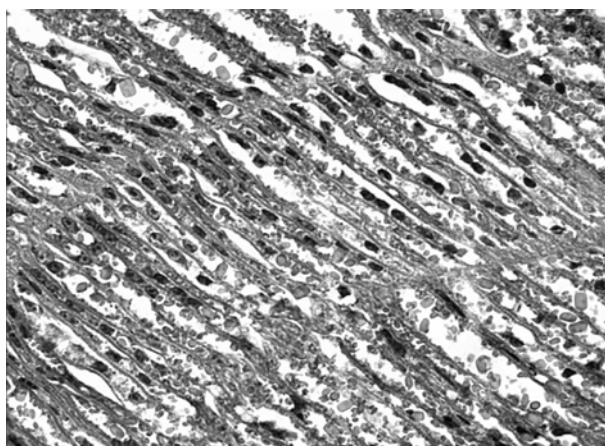


Рис. 1. Продольный срез предличинки (ув. 10x40)

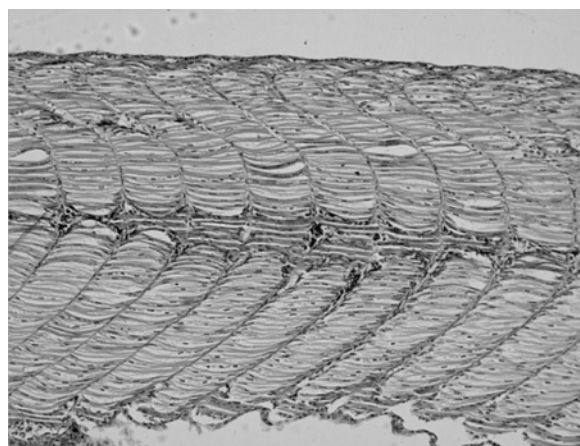


Рис. 2. Продольный срез личинки (ув. 10x10)

При дальнейшем развитии миомеры изгибаются как в кранио-каудальном, так и в дорзо-вентральном направлениях. Так, например, у сеголеток гибрида ленский осетр х белуга длина волокон превосходит толщину миомера в 1,4 раза (табл. 1, 2).

Таблица 1

Динамика увеличения длины мышечных волокон

Стадия	Гибрид	Lim (min–max)	M ± m, мкм	б	Cv, %
Выклев	Стерлядь х белуга	56–138	99,0 ± 0,9 ^A	17,70	18,0
	Ленский х белуга	45–152	100,0 ± 1,0 ^A	19,02	19,1
Переход на смешанное питание	Стерлядь х белуга	61–218	133,0 ± 1,1 ^A	22,44	16,9
	Ленский х белуга	101–238	161,0 ± 1,1 ^B	21,52	13,4
Молодь в возрасте 2 мес	Стерлядь х белуга	686–1772	1156,0 ± 12,2 ^A	210,60	18,2
	Ленский х белуга	746–1617	1195,0 ± 15,4 ^A	226,30	18,9
Сеголетки	Стерлядь х белуга	1225–2313	1758,0 ± 14,7 ^A	207,30	11,8
	Ленский х белуга	1257–3285	2340,0 ± 26,2 ^B	314,80	13,5

Примечание. Между группами, обозначенными разными буквенными индексами, разность достоверна ($B > 0,95$).

На гистологических препаратах между мышечными волокнами имеются пространства. Подобное явление широко описывается в литературе как патологическое расслоение мускулатуры (Евгеньева, 2000; Шагаева и др., 2000), в последние годы выявляемое у 100 % молодежи осетровых, получаемых на ОРЗ (Акимова и др., 2004; Никольская и др., 2004). В наших исследованиях расслоение также было обнаружено у всех исследуемых особей.

Из данных табл. 1 и 2 видно, что к достижению возраста сеголетки наименьшая длина мышечных волокон и меньшая толщина миомера наблюдаются у гибрида стерлядь х белуга.

У гибрида ленский осетр х белуга мы наблюдаем наибольшую длину мышечных волокон и наибольшую толщину миомера.

Таблица 2

Динамика роста толщины миомера

Стадия	Гибрид	Lim (min–max)	M ± m, мкм	б	Cv, %
Выклев	Стерлядь х белуга	40–134	81,0 ± 1,8 ^A	17,76	21,9
	Ленский х белуга	55–142	101,0 ± 2,0 ^B	17,76	17,6
Переход на смешанное питание	Стерлядь х белуга	49–135	86,0 ± 1,8 ^A	17,66	20,6
	Ленский х белуга	64–197	132,0 ± 3,3 ^B	29,46	22,4
Молодь в возрасте 2 мес	Стерлядь х белуга	451–1111	722,0 ± 11,6 ^A	100,50	13,9
	Ленский х белуга	455–992	743,0 ± 15,4 ^A	119,00	16,0
Сеголетки	Стерлядь х белуга	773–1702	1211,0 ± 24,2 ^A	242,00	20,0
	Ленский х белуга	865–2170	1665,0 ± 34,9 ^B	349,90	21,0

В ходе наших исследований было установлено, что первой начинает дифференцироваться поверхностная боковая мышца, и несколько позже — глубокая боковая мышца.

На стадии личинки поверхностная боковая мышца, образованная типичными красными волокнами, обособляется в латеральной части тонким слоем (рис. 3), в возрасте 2 мес боковая мышца уже окончательно сформирована (рис. 4).

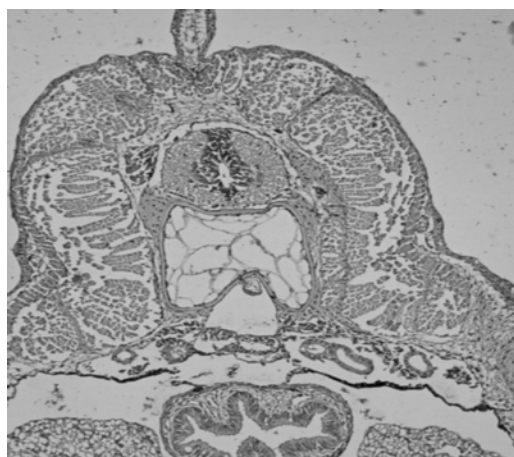


Рис. 3. Поперечный срез личинки (ув. 10x10)

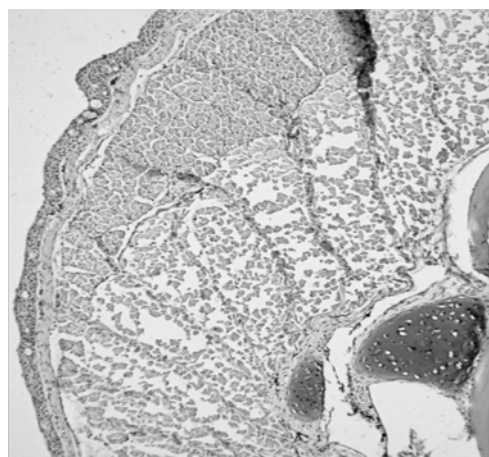


Рис. 4. Срез мускулатуры молоди 2 мес (ув. 10x10)

На стадии личинки красная мускулатура только начинает обособляться, и окончательная дифференциация мускулатуры на красные и белые волокна наблюдается у гибридов только к двум месяцам. Сравнительная характеристика волокон по диаметру у гибридов разных возрастных групп приведена в табл. 3.

Таблица 3

Диаметр мышечных волокон

Стадия	Тип волокон	Гибрид	Lim (min–max)	M ± m, мкм	б	Cv, %
Молодь в возрасте 2 мес	Белые	Стерлядь х белуга	6–46	24,40 ± 0,48 ^A	8,37	34,3
		Ленский х белуга	6–53	25,00 ± 0,97 ^B	11,97	47,7
	Красные	Стерлядь х белуга	12–40	22,40 ± 0,29 ^A	4,94	22,1
		Ленский х белуга	11–35	22,70 ± 0,41 ^A	5,03	22,4
Сеголетки	Белые	Стерлядь х белуга	12–87	35,90 ± 0,45 ^A	9,70	27,0
		Ленский х белуга	7–97	43,30 ± 0,86 ^B	18,21	42,1
	Красные	Стерлядь х белуга	12–42	23,30 ± 0,30 ^A	5,19	22,2
		Ленский х белуга	14–35	23,60 ± 0,50 ^A	4,59	19,5

Из данных табл. 3 видно, что диаметр красных мышечных волокон у молоди в возрасте 2 мес и у сеголеток достоверно не отличается, что обусловлено завершением дифференцировки красной мускулатуры, в то время как белая мускулатура в этот период еще находится в стадии формирования. Было установлено, что распределение диаметров белых волокон у

изученных гибридов имеет существенные различия. Так, в среднем больший диаметр волокон имеет гибрид сибирский (ленский) осетр х белуга ($B > 0,95$).

У личинок изученных гибридов осетровых рыб большая часть волокон — 60 % и более — имеет диаметр 6–10 мкм. У молоди в возрасте 2 мес большинство белых волокон имеет диаметр от 16 до 35 мкм. Большая часть красных волокон имеет в этот период диаметр от 11 до 30 мкм.

Распределение мышечных волокон белой и красной мускулатуры сеголеток по диаметру у разных гибридных форм отражено на рис. 5.

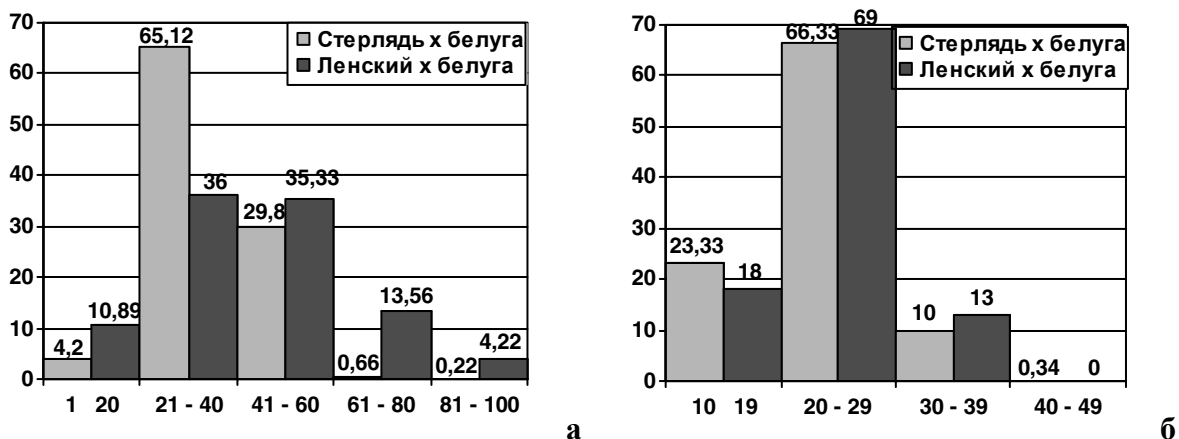


Рис. 5. Распределение по диаметру мышечных волокон у сеголеток гибридов: а — белые; б — красные

Из данных рис. 5 (а) видно, что у сеголеток исследованных гибридов наиболее распространена группа белых волокон, имеющих диаметр от 21 до 40 мкм. Следующая по распространению группа волокон имеет диаметр от 41 до 60 мкм, волокна с большим или меньшим диаметром представлены в этом возрасте менее широко. При этом представляет определенный интерес наблюдающаяся довольно широкая амплитуда возможных значений диаметра волокон.

Выводы

В результате настоящего исследования установлено, что между исследованными гибридами имеются достоверные отличия в характере формирования гистологической структуры мышечной ткани. Так, к возрасту сеголетка наименьшая длина мышечных волокон и наименьшая толщина миомера наблюдаются у гибрида стерлядь х белуга. У гибрида ленский осетр х белуга отмечена наибольшая длина мышечных волокон и наибольшая толщина миомера.

Нам представляется возможным интерпретировать полученные данные об особенностях дифференцировки осевой мускулатуры гибридов как свидетельство возможности прогнозировать последующий более быстрый рост гибрида сибирский осетр х белуга по сравнению с гибридом стерлядь х белуга. Это позволяет рассматривать данную гибридную форму как перспективный объект для промышленного выращивания в индустриальных рыбоводных хозяйствах.

ЛИТЕРАТУРА

- Акимова Н.В., Горюнова В.Б., Микодина Е.В. и др. Атлас нарушений в гаметогенезе и строении молоди осетровых. — М.: ВНИРО, 2004. — 120 с.
- Евгеньева Т.П. Патология мышечной ткани осетровых рыб. — М., 2000. — 102 с.
- Никольская М.П., Евгеньева Т.П., Шагаева В.Г. Состояние скелетной мускулатуры у личинок осетровых рыб Волжского бассейна при искусственном воспроизводстве // Докл. РАН. — 2004. — Т. 396, № 4. — С. 567–570.
- Ромейс Б. Микроскопическая техника. — М.: Иностран. лит-ра, 1954. — 719 с.
- Шагаева В.Г., Никольская М.П., Акимова Н.В., Шигин А.А. Морфологические аномалии в раннем онтогенезе осетровых рыб // Осетровые на рубеже XXI века: Тез. докл. Междунар. конф. — Астрахань: КаспНИРХ, 2000. — С. 203–205.

СТАБИЛЬНОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОБЛИКА И НАСЛЕДУЕМОСТЬ ПРИЗНАКОВ ПРИ ГИБРИДИЗАЦИИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

В.А. Паренский¹, В.И. Скирин², Н.С. Романов¹

¹ Институт биологии моря, г. Владивосток, Россия, e-mail: VAParensky@inbox.ru

² ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

В связи с тем что получено уже большое количество гибридов осетровых рыб, назрела необходимость комплексного анализа достигнутых результатов. Можно сравнить полученные гибриды по различным показателям и сделать вывод о преимуществах того или иного гибрида для выращивания на данном предприятии в имеющихся условиях (интерполяция данных). При этом, скорее всего, обнаружатся различия в результатах, полученных по данным гибридам на разных рыбоводных предприятиях. Причины таких расхождений достаточно очевидны. К ним можно отнести как разнокачественность производителей, так и различия в условиях рыбоводного процесса. Более логичным в данной ситуации представляется детальный «системный» анализ (экстраполяция данных) имеющихся собственных результатов с попыткой их использования для определения потенциальных свойств новых гибридов, которые могут быть получены на основе уже имеющегося племенного стада в относительно стабильных условиях технологического процесса, с целью обеспечения рентабельности предприятия. При этом мы можем проанализировать, соотносятся ли между собой различные характеристики полученных гибридов, а если соотносятся, то каким образом, т.е. выявить и описать характер зависимости интересующей нас характеристики от другой характеристики. Можно надеяться, что анализ имеющихся данных позволит выявить и устранить критические моменты рыбоводного процесса и, таким образом, оптимизировать работу рыбоводного предприятия. Целью данного исследования стала оценка стабильности морфологического облика гибридов и вкладов родительских форм в формирование конкретных свойств потомства (темп линейно-весагого роста и выживаемость). На основе полученных результатов выработка подходов к оптимизации системы скрещиваний с целью получения гибридов с заданными свойствами.

Материалы и методы

Морфологические исследования проводили по схеме и методике ВНИРО (Крылова, Соколов, 1981) на живой рыбе, выращиваемой на научно-экспериментальной базе ТИНРО-центра в пос. Лучегорск. После просчета боковых и брюшных жучек с обеих сторон тела рассчитывали их средние значения, дисперсию флюктуирующей асимметрии (ДФА), дисперсию общей фенотипической изменчивости (ДОФИ), а также среднюю массу и длину тела рыб. Проведено сравнение выборок между собой по этим параметрам. Многолетние исследования подразумевают оценку выживания молоди на разных этапах онтогенеза. Схемы скрещивания, оценки выживания и показатели изменчивости рыб приведены в таблице. При написании названий видов и гибридных форм использованы следующие сокращения: амурский осетр — А; сибирский осетр — С; русский осетр — Р; стерлядь — Ст; калуга — К. Таким образом, гибрид амурского осетра с сибирским записывается как А×С, гибрид стерляди с амурским осетром — как Ст×А и т.д. Первую позицию (слева) в формуле занимает особь женского пола, а позицию справа — особь мужского пола. Основным методом исследования явился регрессионный анализ, посредством которого оценивали степень сопряженности разных компонент изменчивости между собой и их потенциальную детерминированность родительскими вкладами рыб, используемых в гибридизации.

Результаты и их обсуждение

Проведя парные сравнения «простых» гибридов по разным групповым морфологическим характеристикам (по длине и массе тела, по среднему числу боковых и брюшных жучек, по ДФА по числу боковых и брюшных жучек, по ДОФИ по числу боковых и брюшных жучек), мы можем констатировать, что: 1) наследование признаков по женскому типу (с доминированием генетического вклада самок) наблюдалось в 15 случаях; 2) наследование промежуточного, меж-

ду родительскими, состояния признаков отмечено в 8 случаях; 3) наиболее часто встречаемым типом наследования явилось наследование по мужскому типу — в 19 случаях.

Зависимость доли ДФА от ДОФИ по латеральным и вентральным жучкам у гибридов осетровых рыб (рис. 1) описали зависимостью:

$$ДФА = \frac{100 - a}{1 + \exp(b + (ДОФИ / c)^d)} + a, \quad [1]$$

где a, b, c, d — коэффициенты.

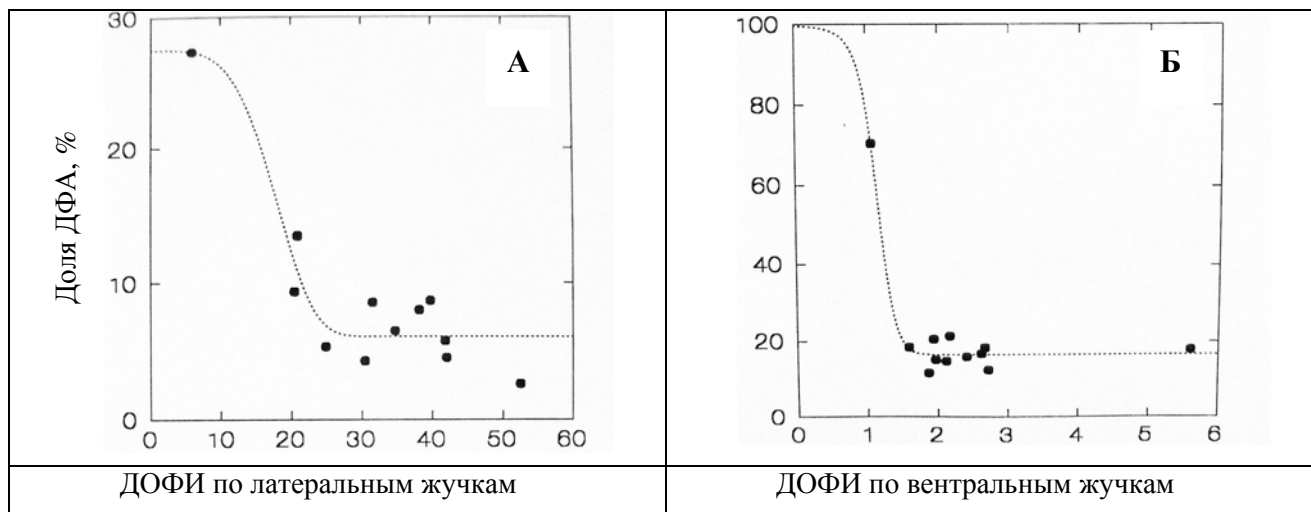


Рис. 1. Зависимость доли ДФА от дисперсии общей фенотипической изменчивости латеральным (А) и вентральным (Б) жучкам у гибридов осетровых рыб

Кроме этого ДФА и ДОФИ описали в виде экспоненциальной зависимости от величин генетических вкладов рыб, использованных при гибридизации:

$$ДФА, ДОФИ = a \times \exp(-(b \times A_f + c \times A_m + d \times C_f + e \times C_m + f \times CT_f + g \times CT_m + h \times P_f + i \times K_m)^2 - (j \times A_f + k \times C_f + l \times CT_f + m \times P_f)^2 - (o \times A_m + p \times C_m + q \times CT_m + r \times K_m)^2), \quad [2]$$

где $a-r$ — коэффициенты

С использованием такого же уравнения [2] были получены описания влияния генетических вкладов родителей на среднее количество латеральных (M_l) и вентральных (M_v) жучек, на среднюю длину (L) и массу (W) двухгодовалых осетров и их гибридов. В изначальном виде модели оказываются избыточными по количеству оцениваемых коэффициентов. Однако часть коэффициентов при генетических вкладах производителей разных видов и разного пола оказываются приблизительно равными друг другу или могут быть представлены в виде функций от других коэффициентов. Таким образом, мы редуцировали, в каждом конкретном случае, количество оцениваемых параметров по возможности до минимума. Полученные коэффициенты для этих моделей в высшей степени значимы, имеют относительные ошибки менее 2 %, детерминации моделей равны 1 (с точностью округления до третьего знака после запятой).

Обнаружено, что выживаемости в разных периодах раннего онтогенеза соотносятся между собой вполне определенным образом. Выживаемость генераций, от закладки икры на инкубацию до сеголеток, связана с выживаемостью от закладки до стадии личинки (рис. 2, А; модель 3).

$$D1 = V_{al} \times \exp(a - V_{al}/b - c/V_{al}). \quad [3]$$

Выживаемость генераций, от закладки икры до двухлетнего возраста, определена выживаемостью от закладки икры на инкубацию до сеголеток (рис. 2, Б; модели 4, 5).

$$D2 = D1 / (1 + a \times \exp(-D1/b)). \quad [4]$$

$$D2 = V_{al} \times \exp(a - V_{al}/b - c/V_{al}) / (1 + a \times \exp(-V_{al} \times \exp(d - V_{al}/b - c/V_{al}))). \quad [5]$$

Характеристика материала, показатели изменчивости и выживаемости осетровых рыб и их гибридов

Вид, гибрид	N	Асс. %	ЧА	Асс. I, %	Асс. v, %	ДФА I	ДФА v	ДФИ I	ДФИ v	M I	M v	L	W	V _{al}	D 1	D 2
1. А	50	94,0	0,67	88,0	48,0	6,08	0,80	38,1	1,94	36,4	8,0	51,7	511,8	10,10	1,79	1,30
2. С	100	89,0	0,68	72,0	65,0	4,49	0,98	34,7	2,67	44,8	10,2	47,1	330,9	7,60	2,42	1,14
3. Ст	10	100,0	0,80	90,0	70,0	3,21	2,00	5,9	5,60	58,6	12,3	—	—	68,90	42,50	—
4. СхА	51	88,2	0,61	70,6	51,0	2,76	0,77	52,5	2,41	40,3	9,4	46,9	293,0	1,80	0,68	0,57
5. АхС	32	93,7	0,72	78,1	65,6	6,87	0,68	39,7	2,72	41,4	10,1	49,0	372,9	13,00	8,53	4,84
6. СтхА	30	86,7	0,63	76,7	50,0	4,81	0,88	41,8	2,62	37,4	8,6	44,9	328,1	67,10	48,80	41,90
7. АхСт	29	86,2	0,71	82,8	58,6	3,82	0,93	20,5	2,17	41,6	10,1	47,2	342,8	35,40	24,20	15,60
8. [Сх(Ах х(АхК))]	40	77,5	0,61	75,0	50,0	2,65	0,44	24,9	1,87	41,6	8,9	58,6	660,5	28,20	9,11	4,18
9. (РхС)х х(РхС)	50	84,0	0,60	68,0	52,0	3,81	0,63	42,0	2,12	40,5	9,4	51,1	461,5	18,40	6,73	4,67
10. (РхС)хА	50	78,0	0,52	58,0	46,0	2,61	0,59	30,4	1,59	42,1	9,3	54,3	538,5	81,30	32,80	27,10
11. СтхК	10	100,0	0,85	90,0	80,0	5,61	1,51	20,9	1,07	44,4	9,9	28,3	81,25	50,50	5,40	—
12. [Стх(Ах х(АхК))]	30	83,3	0,58	76,7	40,0	5,37	0,60	31,5	1,97	42,2	9,2	47,4	365,5	40,90	31,10	23,50
13. КхСт	75	88,0	0,66	76,0	56,0	4,41	1,01	26,6	2,12	41,0	10,7	35,0	165,4	77,70	12,00	—

Примечание. N — количество, Асс. — доля асимметричных особей, ЧА — средняя частота асимметричного проявления на признак, Асс. I — доля асимметричных особей по числу боковых жучек, Асс. v — то же — по числу брюшных жучек, ДФА I — дисперсия флуктуирующей асимметрии по числу боковых жучек, ДФА v — то же — по числу брюшных жучек, ДФОИ I — дисперсия общей фенотипической изменчивости по числу боковых жучек, ДФОИ v — то же — по числу брюшных жучек, M I — среднее число боковых жучек, M v — то же — брюшных жучек, L — средняя длина тела, W — средняя масса тела, S O — выживание за инкубационный период, D 1 — выживание до сеголетки, D 2 — выживание до двухлетки.

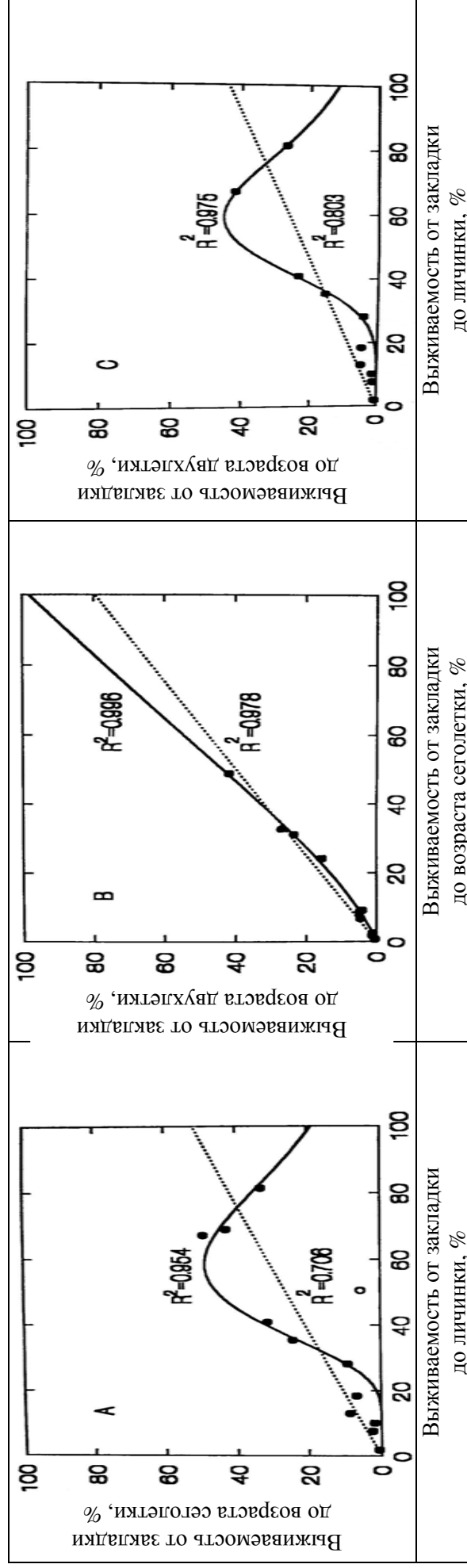


Рис. 2. Сопряженности выживаемости молоди на разных этапах развития: пунктирными линиями обозначены линейные интерполяции этих же данных, не закрашенная точка исключена из рассмотрения для нелинейной модели

Выживание за отдельные периоды (этапы) в связи с генетическими вкладами рыб, использованных в гибридизации, описали следующими зависимостями — за эмбрионально-личиночный период (модель 6):

$$V_{al} = 100 \cdot \exp(-a \cdot A_f + (b + c) \cdot (A_m + S_f - St_f) + d \cdot (A_m - S_m) - b \cdot (S_f + St_m + e \cdot K_m) - c \cdot R_f + f \cdot K_f + e \cdot K_m)^2 - (e \cdot ((b + 1) \cdot S_f - A_f) - a \cdot (St_f + e \cdot (R_f + K_f)))^2 - (c \cdot (A_m - K_m) - e \cdot (S_m + b \cdot K_m))^2); \quad [6]$$

выживание от личинок до сеголеток (модель 7):

$$V_{seg} = 100 \cdot \exp(-a \cdot (A_f + K_m) + b \cdot (A_m + K_f + K_m) - c \cdot (S_f - K_f) - d \cdot S_m - f \cdot (St_f + St_m) - g \cdot (St_f + R_f))^2 - (g^2 \cdot (A_f + St_f) + (b + 2d) \cdot (S_f + R_f + K_f))^2 - (b \cdot A_m + c \cdot S_m + a \cdot (St_m - A_m) + (b + c - 2d) \cdot K_m))^2 \quad [7]$$

и от сеголеток до двухлеток (модель 8):

$$V_{two} = 100 \cdot \exp(-a \cdot (A_f + S_f) - b \cdot (A_m - S_f - St_f - R_f) + c \cdot (S_f + St_m - b \cdot (S_m + K_m) / (a - c)) - d \cdot S_m - e \cdot K_m)^2 - (b \cdot A_f - d \cdot S_f - a \cdot St_f - c \cdot (St_f + R_f))^2 - (-c \cdot A_m + b \cdot S_m + d \cdot St_m - e \cdot K_m))^2 \quad [8]$$

При этом нетрудно заметить, что на первом этапе увеличение родительских вкладов повышает выживаемость, а на последующих этапах — уменьшает. Полученные коэффициенты для этих моделей в высшей степени значимы, имеют относительные ошибки менее 2 %, детерминации моделей равны 1 (с точностью округления до третьего знака после запятой).

Как известно, между длиной (L) и массой (M) у рыб наблюдается достаточно строгое соотношение: $M = a \cdot L^b$. У рассматриваемых гибридов эта зависимость выражена очень хорошо ($R^2 = 0,979$). Причем, по своим характеристикам она близка к классической ($b = 3,044$, $ASE\% < 2$). Логично предполагать, в свете предыдущих результатов, что такие характеристики как средняя длина и масса гибридов будут в значительной мере определяться сочетанием генетических вкладов родителей разных видов. Такие зависимости были выявлены (модели 9, 10):

$$L = a \cdot \exp(-(b \cdot A_f + A_m \cdot (d - b) / c + d \cdot C_f + C_m \cdot b / c + C_{ff} \cdot (b + g) - g \cdot C_{tm} + g \cdot P_f - K_m \cdot (d + g))^2 - (d \cdot A_f - b \cdot C_f + C_{ff} \cdot (d - b) / c + b \cdot P_f)^2 - (A_m \cdot (d - b) / c + g \cdot C_m - C_{tm} \cdot (d - b) / c + d \cdot K_m))^2) \quad [9]$$

Из характера взаимодействия родительских вкладов следует, что существенного увеличения длины потомков можно достигнуть только при получении сложных гибридов.

Масса подросших гибридных особей достаточно хорошо описывается через их длину (см. зависимость “длина—масса”) и генетический вклад их родителей ($R^2 = 0,999$).

$$M = (L/a) \cdot b \cdot \exp(-(c \cdot A_f + (c + d) \cdot A_m + c \cdot e^2 \cdot (C_f + C_{tm}) + C_m \cdot c / e + c \cdot e \cdot (C_{ff} + P_f) + f \cdot K_m)^2 - (f \cdot A_f + c \cdot e \cdot C_f + d \cdot C_{ff} + d \cdot P_f)^2 - (c \cdot e \cdot A_m + e \cdot f \cdot C_m + (c + d) \cdot C_{tm} + (c + d) \cdot K_m))^2) \quad [10]$$

Заключение

Увеличение долей родительских вкладов приводит как к уменьшению дисперсии флюктуирующей асимметрии, так и дисперсии общей фенотипической изменчивости. Общая фенотипическая изменчивость в большей степени уменьшается генетическим вкладом самцов, а дисперсия флюктуирующей асимметрии в большей степени уменьшается генетическим вкладом самок. Таким образом, наименее морфологически изменчивыми являются простые гибриды. Одновременно с этим увеличение доли родительского вклада приводит к увеличению дисперсии флюктуирующей асимметрии, т.е. увеличению доли асимметричных особей у простых гибридов, что может быть связано с различной выживаемостью на ранних этапах развития. Можно предполагать более высокую жизнестойкость простых гибридов.

Все предшествующие результаты характеризуют относительность стабильности морфологического облика при гибридизации, т.е. описывают размывание морфологических границ, существенной компонентой которого является генетическая составляющая.

Важным результатом данной работы следует считать тот факт, что такие селективно важные признаки, как длина и масса тела, в значительной степени детерминированы генетическими вкладами родителей, т.е. темп роста потомства наследуется. В естественных условиях при внутривидовых скрещиваниях темп роста, по-видимому, также наследуется, формируя некоторую генетическую матрицу, действие которой проявляется под воздействием факторов окружающей среды.

Использование самцов калуги в гибридизации с целью получения быстрорастущих особей в условиях данного предприятия неоправданно, так как гибриды с ней обладают наиболее медленным темпом роста. Кроме этого, гибриды с калугой характеризуются высоким уровнем смертности на ранних этапах онтогенеза.

Выживаемость от оплодотворения до стадии личинки и на следующих этапах может быть объяснена влиянием генетических вкладов родителей.

ЛИТЕРАТУРА

Крылова В.Д., Соколов Л.И. Морфологические исследования осетровых рыб и их гибридов: методические рекомендации. — М.: ВНИРО, 1981. — 49 с.

К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ДОННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА ДЛЯ ОТКРЫТЫХ АКВАТОРИЙ

А.Г. Подкорытов, С.И. Масленников

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: aqua@imb.dvo.ru

В Приморье донное выращивание приморского гребешка, как правило, сосредоточено в прибрежной мелководной зоне до глубины 15 м (Справочник ..., 2002). Нормативные документы по донному культивированию приморского гребешка представляют собой технологические инструкции для закрытых и полузакрытых бухт (Временная инструкция ..., 1984, 1987). В закрытых и полузакрытых бухтах очень велика опасность заиления дна, загрязнения, распреснения за счет материкового стока, а также летнего перегрева и зимнего переохлаждения водной массы.

По факту наиболее стабильные условия, подходящие для донного культивирования, согласно технологическим инструкциям (Временная инструкция ..., 1984, 1987), наблюдаются на более открытых акваториях, вне границ закрытых и полузакрытых бухт. Открытые акватории, подходящие для донного культивирования приморского гребешка, занимают несоизмеримо большие площади, чем акватории закрытых и полузакрытых бухт. Отмечено также, что гребешок в открытых районах растет лучше, что связано с более стабильным гидрохимическим и гидрологическим режимами водной массы: хороший водообмен обеспечивает стабильный кислородный режим, отсутствие колебаний солености, благоприятный температурный режим (Белогрудов, 1981, 1986). Нормативные показатели для донного культивирования приморского гребешка для открытых акваторий на настоящий момент не разработаны.

Целью проводимых нами работ является исследование особенностей распределения гребешка на донных плантациях, размещенных на открытой акватории, для выработки рекомендаций к применению открытых акваторий для донного выращивания. Нами были проведены исследования за период 2003–2005 гг. в зал. Петра Великого на полигоне, располагающемся на акватории пролива между островами Рикорда—Пахтусова (рис. 1). Данный район относится к акватории Амурского залива и является участком акватории, где расположены донные плантации приморского гребешка марикультурного хозяйства ООО “Жилсоцсервис”.

Рис. 1. Карта-схема исследуемого района

Исследовалось распределение и плотности поселения приморского гребешка. Объем собранного материала составил 296 проб, собранных на 74 станциях. Обследовались глубины от 1,5 до 20 м. Обследование велось легководолазным методом. На основе полученных данных по донным отложениям на исследуемом участке была составлена карта-схема грунтов (рис. 2).

Гребешок промыслового размера (более 100 мм) отмечен на глубинах от 4 до 17 м. Анализ распределения приморского гребешка на обследованном полигоне показал, что скопления приморского гребешка приурочены к донным осадкам с преобладанием песчано-гравийных, песчаных, песчано-илистых и илисто-песчаных фракций (табл. 1).

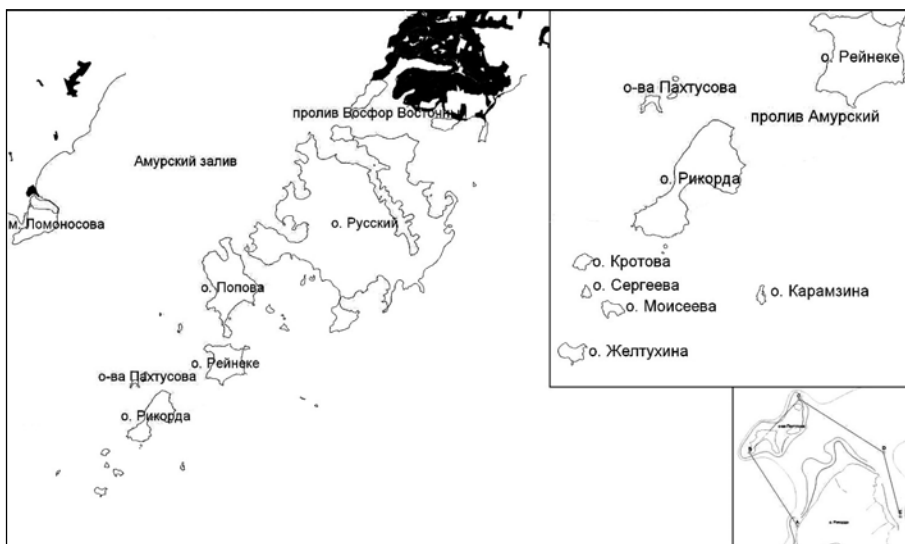




Рис. 2. Карта-схема грунтов исследуемого района

Таблица 1
Средняя плотность поселения гребешка на полигоне в зависимости от глубины и типа грунта по годам, экз./м²

Год	Диапазоны глубин, м														
	0–5					6–10					11–17				
	Преобладающая фракция														
	В	Г	Гр	П	ИП	В	Г	Гр	П	ИП	В	Г	Гр	П	ИП
2003	0	0,40	0	2,50	0	0	0	0	0,15	0	0	0	2,50	1,35	1,50
2004	0	0	0	0,01	0	0	0,30	0,58	0,70	0	0	0	0,40	1,57	1,84
2005	0	0,10	0,10	0,10	0	0	0,10	0,10	0,52	0	0	0	0,10	0,22	0,42

Примечание. В — валуны, Г — галька, Гр — гравий, П — песок, ИП — илистый песок.

Анализ вертикального распределения (рис. 3) показывает, что наиболее плотные скопления (0,5 экз./м² и более) были отмечены на глубинах от 8 до 14 м.

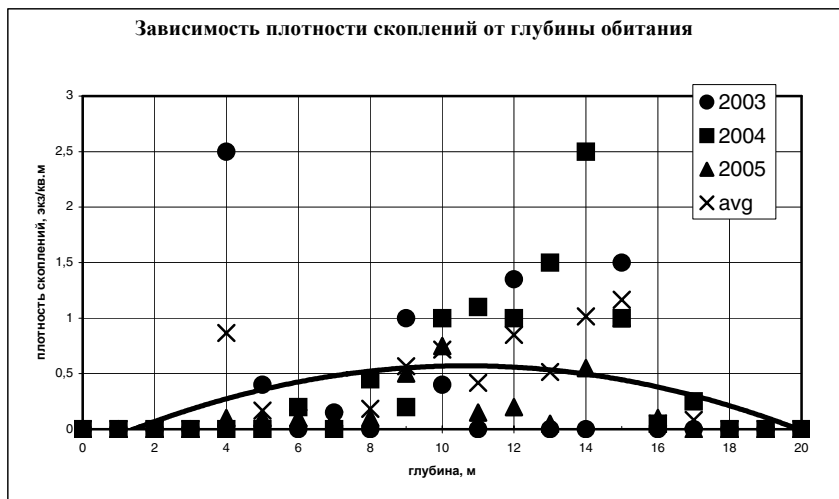


Рис. 3. Зависимость плотности поселения (экз./м²) гребешка от глубины обитания по годам и среднегодовое

Распределение плотностей поселения гребешка на исследуемой нами акватории имеет обычный для данного вида характер (Приморский

гребешок, 1986). Полученные нами величины плотности скоплений колеблются в пределах 0,01–2,50 экз./м². Эти данные хорошо согласуются с данными других исследователей. Плотность естественных скоплений приморского гребешка в разных частях его ареала варьирует от 0,01 до 50,00 экз./м². Наибольшая плотность поселения гребешка — 7 экз./м² — обнаружена Разиным в 1934 г. Средняя же плотность скоплений колеблется в пределах 0,06–10,00 экз./м² по литературным данным (Приморский гребешок, 1986) совпадает с наблюдаемыми нами (табл. 2).

Таблица 2

Средняя плотность поселения приморского гребешка на исследуемом полигоне по годам

Год	Плотность поселения, экз./м ²
2003	1,07 ± 0,32
2004	0,56 ± 0,29
2005	0,29 ± 0,11

На исследуемом полигоне максимальные по плотности скопления располагаются в пределах глубин 8–14 м (рис. 3). По результатам проведенных нами исследований выявлено, что наибольшая плотность приморского гребешка приурочена в основном к донным осадкам с преобладанием песчано-гравийных, песчаных, песчано-илистых и илисто-песчаных фракций. Чаше всего приморский гребешок встречается на илисто-песчаном и песчаном грунтах, даже если эти грунты располагаются островками среди камней. Кроме этого, он отмечен и на чисто галечном, гравийном и крупно-песчаном грунтах. Как следует из литературных данных (Приморский гребешок, 1986; Силина, 2002; Справочник ..., 2002), гребешок не отмечен на крупнокаменистом грунте, подвижном песке, жидком и глинистом илах.

Характер распределения приморского гребешка на исследуемом участке определяется как глубиной обитания, так и типом донного грунта.

Наибольшая плотность гребешка приморского *Mizuhopecten yessoensis* приурочена к песчаным, илисто-песчаным и песчано-гравийным грунтам на глубине 8–14 м. Наименьшая плотность отмечена на гравийных и галечных грунтах на глубине до 10 м.

В целях избежания неоправданных потерь посадочного материала и рационального использования акватории на исследуемом полигоне рекомендуется производить отсыпку молотки на глубине 8–14 м и на грунты с преобладанием мелкозернистых фракций до границы подвижных илов.

ЛИТЕРАТУРА

Белогрудов Е.А. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Ratinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посъета (Японское море): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1981. — 23 с.

Белогрудов Е.А. Культивирование // Приморский гребешок. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. — С. 201–208.

Временная инструкция по технологии донного выращивания приморского гребешка после годичного подращивания в садках / Ю.Э. Брегман, В.З. Калашников, В.Н. Григорьев и др. — Владивосток: ТИНРО, 1987. — 26 с.

Временная инструкция по технологии подвесного культивирования приморского гребешка в садках / В.З. Калашников, Ю.Э. Брегман, Е.А. Белогрудов и др. — Владивосток: ТИНРО, 1984. — 39 с.

Приморский гребешок. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. — 244 с.

Силина А.В. Сравнительное изучение состояния сообщества приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* и его эписимбионтов в бухтах Калевала и Сивучья залива Петра Великого // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. — Владивосток: Дальнаука, 2002. — Т. 3. — С. 124–136.

Справочник по культивированию беспозвоночных в южном Приморье / Сост. А.В. Кучерявенко, Г.С. Гаврилова, М.Г. Бирюлина. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2002. — 83 с.

МЕЖРОДОВОЙ ГИБРИД СТЕРЛЯДИ И КАЛУГИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ ТОВАРНОГО ОСЕТРОВОДСТВА

Е.И. Рачек, В.И. Скирин
ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: rachek@tinro.ru

Работы по гибридизации белуги и волжской стерляди, начатые Н.И. Николукиным (1972) в начале 50-х гг. прошлого века, привели к созданию плодовых межродовых гибридов сем. *Acipenseridae* под общим названием «бестеры». Товарное осетроводство в нашей стране началось с промышленного освоения бестера. В дальнейшем работы по селекции гибридных форм и повышению их продукционных характеристик позволили создать три породы — «Бурцевская», «Внировская» и «Аксайская», зарегистрированные как селекционные достижения (Богерук и др., 2001).

С 2005 г. на тепловодной рыболовной станции ТИНРО-центра в пос. Лучегоorsk Приморского края нами проводятся опыты по гибридизации волжской стерляди (род *Acipenser*) с ближайшим родственником белуги — калугой (род *Huso*), являющейся аборигенным видом бассейна р. Амур.

Предпосылками работы являлось наличие собственного продукционного стада волжской стерляди, интродуцированной личинками в 1992 г. из Волгореченского тепловодного хозяйства, и созревание в садках первых самцов калуги генерации 1996 г., выращенных из личинок от производителей природной популяции р. Амур (Рачек, Свирский, 2006).

Сводная работа по уточнению количества хромосом и филогенетическим связям представителей сем. *Acipenseridae* с использованием наших материалов, проведенная предварительно, позволила определить количество хромосом у стерляди как 118 ± 2 , у калуги — как 120. В дендрограмме топологии целого цитохрома-b калуга относится к тихоокеанской ветви, а стерлядь — к атлантической ветви (Ludwig et al., 2000).

Стерлядь *Acipenser ruthenus* (Linnaeus) является одной из наиболее ценных в пищевом отношении пресноводных рыб нашей страны. Обитает она в реках и водохранилищах европейской части России и Сибири, питается исключительно организмами бентоса. Растет стерлядь довольно медленно, достигая в природе массы не более 16 кг в возрасте 30 лет. Стерлядь отличается от других осетровых наиболее ранним наступлением половой зрелости. Так, в природных условиях самки созревают в возрасте 7–9 лет, в тепловодных хозяйствах в 3–5 лет. Стерлядь хорошо освоена как объект прудовой, пастбищной и индустриальной аквакультуры (Жигин, 2006).

Товарное выращивание чистой линии стерляди в садках рыболовной станции ТИНРО-центра является неэффективным в связи с несоответствием температурного режима в летний (до 30,0 °С) и зимний периоды (1,8–3,0 °С) потребностям стерляди. Благоприятные для роста стерляди температуры в диапазоне 18–24 °С, определенные учеными ВНИИПРХ, наблюдаются не более 50–55 дней в году (Киселев, 1999). В связи с этим значительную часть вегетационного периода рыба дает незначительные приросты, активно потребляя корм, а зимой не питается и теряет до 15 % массы. В результате товарные трехлетние особи вырастают до 450–600 г при затратах корма 3,7–4,5 кг/кг прироста и рыбопродуктивности 37–55 кг/м².

Калуга *Huso dauricus* (Georgi) — второй по размерам после белуги вид осетровых рыб нашей страны, вырастающий до 1000 кг. Является типичным хищником. Обитает в бассейне р. Амур, нагуливается в амурском лимане, нерестится в русле реки. Самки в природных условиях созревают очень поздно, в 17–19 лет (Свирский, Рачек, 2005). В условиях тепловодного хозяйства Приморского края первые самки созрели и дали полноценное потомство в 10 лет (Рачек, Свирский, 2006).

Калуга имеет самый высокий темп роста среди товарных осетровых рыб садкового хозяйства ТИНРО-центра, давая максимальные приросты в наиболее теплый период года. Кормовые затраты на ее выращивание не превышают 2,3–2,4 кг/кг, рыбопродуктивность достигает 75–85 кг/м² садка. Трехлетние особи вырастают до 3,0–4,5 кг, но не пользуются высоким спросом из-за невысокой жирности и крупной головы.

Генетическая отдаленность и географическая разобщенность стерляди и калуги предполагала высокий уровень гетерозиса полученного гибрида.

По аналогии с бестером, проводя межродовое скрещивание, мы надеялись на успешную гибридизацию, ожидали ускоренный темп роста гибрида, унаследованный от калуги, улучшенное качество мяса, унаследованное от стерляди (Бурцев, 1979).

Материалы и методы

Для гибридизации использовались три самки стерляди массой от 2,90 и 3,95 кг в возрасте 13-годовиков, неоднократно принимающие участие в нерестовых кампаниях. Отцовская линия была представлена впервые созревшим самцом калуги массой 43 кг в возрасте 9-годовика. Для стимуляции созревания производителей применялся гормоностимулирующий препарат сурфагон. Икру от самок получали прижизненно методом подрезки яйцеводов (Подушка, 1999). Из икры каждой самки отбирали по 200 г. По общепринятой методике половину икры осеменяли смесью спермы двух самцов стерляди массой от 1,44 до 1,86 кг, а вторую половину спермой самца калуги. Отмывку икры от клейкости осуществляли суспензией белой глины в течение 1 ч. Инкубацию всех порций икры проводили в отдельных ящиках аппарата «Осетр». При выклеве личинок просчитывали и пересаживали в стеклопластиковые лотки, где производилось их выдерживание до начала активного питания и дальнейшее подращивание при одинаковой начальной плотности посадки. Кормление производилось живыми кормами и стартовым кормом для осетровых рыб рецепта СТ-07. В процессе выращивания применялись сортировки рыбы. При достижении молодью навески 15–20 г ее переводили в садки из безузловой дели площадью 10 м². По мере роста рыбы плотность посадки уменьшали. Для кормления рыбы в садках использовали гранулированный корм собственного производства с содержанием протеина 42 % и диаметром гранул от 2,5 до 6,0 мм.

Контрольные взвешивания рыбы и перерасчет норм кормления в вегетационный период выполняли для личинок и молоди один раз в 4 дня, для сеголеток ежедекадно, а для двух- и трехлеток ежемесячно. Осенью каждого года производили бонитировку осетровых, измеряя массу, длины АВ, АС, АД и обхват у 30 экз. случайно выбранных особей из каждого садка. На основании полученных данных рассчитывали коэффициент упитанности (Ку), коэффициент массонакопления (КМ), индекс обхвата (Резников и др., 1979). В конце каждого сезона определяли кормовые затраты на прирост рыбы и рыбопродуктивность садков. Для проведения гибридологического анализа проводили морфометрические измерения 45 различных пластических и меристических признаков сеголеток и двухлеток стерляди и гибрида (Крылова, Соколов, 1981). Все полученные данные обрабатывали статистически на ПК.

Результаты и их обсуждение

Инкубация икры, выдерживание личинок и подращивание молоди

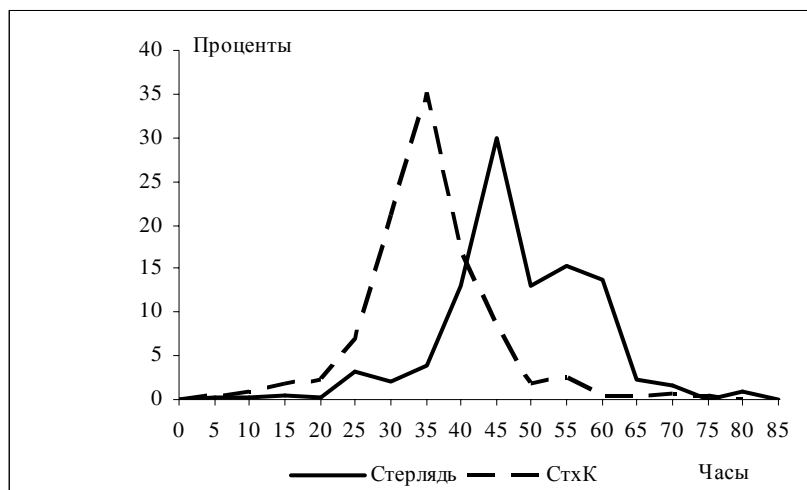
Икру гибрида и стерляди инкубировали в аппарате «Осетр» с 20 апреля 2005 г. при температуре 15,2–17,5 °С. Различия между чистой линией стерляди и ее гибридом с калугой отмечены уже на этом этапе. В процессе инкубации эмбрионы стерляди были более продвинутыми по стадиям развития, чем эмбрионы гибридной формы. Вылупление постэмбрионов стерляди началось на 4 сутки инкубации и продолжалось 67–85 ч. Первые постэмбрионы гибридов появились на 11–13 ч позже стерляди. Однако продолжительность вылупления гибридов была короче, чем у стерляди и составила от 56 до 72 ч. Массовое вылупление постэмбрионов гибридов началось на 10 ч раньше стерляди и было более дружным (рис. 1).

Инкубация икры длилась от 101 до 107 ч у стерляди и от 111 до 116 ч у гибридной формы.

Средний выход постэмбрионов стерляди от икры составил 68,9 %. Элиминация гибридов в процессе эмбрионального развития была значительно больше, их вылупилось 50,5 %.

В процессе выдерживания личинки стерляди опережали личинок гибридов по этапам развития. Все личинки стерляди перешли на активное питание на 5-е сут выдерживания в бассейнах, в то время как питающихся личинок гибридов в этот день было зарегистрировано

около 20 %. Полностью на активное питание гибриды перешли лишь на 7-е сут выдерживания в бассейнах.



Динамика и продолжительность вылупления постэмбрионов стерляди и гибрида стерляди с калугой

Начальная масса личинок стерляди и гибридов, перешедших на активное питание, была одинаковой (табл. 1).

Таблица 1

Результаты выращивания товарных трехлеток стерляди и гибрида стерляди с калугой генерации 2005 г. с момента перевода личинок на активное питание

Видовая принадлежность	Масса в начале опыта, г	Масса в конце опыта, г	КМ	Выживаемость, %	Затраты корма на прирост, кг/кг	Рыбопродуктивность садков, кг/м ²	Ку
Личинки и молодь							
Стерлядь	0,020	20,2	0,083	68,1	2,5	—	—
Гибрид Ст х Калуга	0,020	19,7	0,085	39,4	2,9	—	—
Сеголетки							
Стерлядь	20,2	108	0,077	90,8	3,3	8,9	0,64
Гибрид Ст х Калуга	19,7	131	0,090	83,6	2,0	7,8	0,62
Двухлетки							
Стерлядь	108	382	0,021	96,2	3,7	23,6	0,82
Гибрид Ст х Калуга	131	1071	0,042	74,1	3,0	45,6	0,79
Трехлетки							
Стерлядь	382	599	0,010	94,7	4,6	34,4	0,82
Гибрид Ст х Калуга	1071	2523	0,028	92,8	2,7	65,2	0,87

Через 4 сут после начала активного питания личинки стерляди превосходили личинок гибрида по массе почти в два раза, что связано с более поздним переходом личинок гибридов к потреблению корма. В дальнейшем разница постепенно сокращалась, и к моменту перевода рыбы в садки средняя масса стерляди и гибрида практически сравнялась.

На этапе бассейнового выращивания в течение первых 35 сут опыта наблюдалась значительная элиминация личинок гибрида, связанная, по нашему мнению, с возрастанием частоты митотических aberrаций при межродовом скрещивании, что отмечалось при гибридизации белуги со стерлядью (Бурцев, 1983).

Кормовые затраты на прирост личинок и молоди гибридной формы при подращивании в бассейнах оказались на 16 % выше стерляди.

Выращивание стерляди и гибридов в садках

При выращивании в садках потенции роста гибрида проявились в полной мере. По темпу роста сеголетки, двухлетки и товарные трехлетки гибридов намного превосходили стерлядь (табл. 1). Гибриды утилизировали корм гораздо эффективнее стерляди, кормовые затраты на их прирост в возрасте сеголеток, двух- и трехлеток были ниже стерляди соответственно на 40 %, 19 и 41 %. Начиная со второго года культивирования, рыбопродуктивность

садков с гибридами почти в два раза превышала таковую у стерляди. В трехлетнем возрасте гибриды превзошли стерлядь и по упитанности тела.

Выживаемость гибридов различного возраста в садках оказалась гораздо выше, чем при подращивании в бассейнах на ранних стадиях развития. Однако она всегда была ниже, чем у чистой линии стерляди, отличающейся повышенной выживаемостью в осетровых хозяйствах всех типов из-за раннего становления иммунной системы.

Вариабельность массы, длины и обхвата тела гибридов в возрасте сеголетки была значительно выше, чем у стерляди (табл. 2).

Однако к возрасту товарного трехлетка вариабельность всех этих показателей оказалась ниже, чем у стерляди, что связано с элиминацией мелкой рыбы и компенсаторным ростом некоторых гибридных особей.

В соответствии с нормативными документами, трехлетки бестера при выращивании в садках на теплых водах должны набрать массу 1,5 кг при затратах корма 3–4 кг/кг прироста и рыбопродуктивности садков 60–80 кг/м² (Крылова, 2003). Выращенные нами трехлетки гибридов стерляди с калугой имеют массу тела на 1 кг больше нормативных значений при меньших затратах корма и сходной рыбопродуктивности.

У гибрида преобладает окраска калуги. Рот калужьего типа. Кожистые складки жаберных крышек не приращены к межжаберной перегородке и образуют своеобразный карман над нею, что является одним из самых главных признаков калуги.

Гибридологический анализ показал, что по преобладающему большинству морфологических и меристических признаков гибрид унаследовал форму тела и головы стерляди, т.е. наблюдалась матроклиния. Мясо гибридов имеет значительно более высокую жирность, чем калужье и по вкусовым качествам ближе к стерляжьему.

Выводы

Проведенный эксперимент показал, что геномы стерляди и калуги совместимы и в результате скрещивания двух столь разных по образу жизни и размерам видов получается жизнестойкое потомство. Повышенная элиминация гибридов наблюдается в основном на эмбриональном и личиночных этапах развития. С возраста сеголетка выживаемость значительно возрастает. Гибриды унаследовали высокий темп роста калуги и достигают массы свыше 2,5 кг в трехлетнем возрасте, опережая по этому показателю бестера. Гибриды используют корм на прирост значительно лучше стерляди, рыбопродуктивность садков с трехлетками гибридов превышает 65 кг/м².

Гибриды стерляди с калугой унаследовали окраску тела и размеры рта калуги, форму тела и головы стерляди. По вкусовым качествам гибриды ближе к стерляди.

Промышленный межродовой гибрид «Стерлядь х Калуга» F1, обладающий комплексом хозяйственно-ценных признаков, может быть рекомендован для товарного культивирования в осетровых хозяйствах и дальнейшей селекции.

ЛИТЕРАТУРА

Богерук А.К., Евтихеева Н.Ю., Илясов Ю.И. Каталог пород, кроссов и одомашненных форм рыб России и СНГ. — М.: Наука, 2001. — 206 с.

Таблица 2

Результаты осенних бонитировок стерляди и гибридов различного возраста

Возраст рыбы	Показатели					
	Масса, г		Длина АС, см		Обхват, см	
	М ± m	CV, %	М ± m	CV, %	М ± m	CV, %
Стерлядь						
0+	108 ± 4	33,0	25,60 ± 0,30	12,1	10,70 ± 0,10	12,7
1+	382 ± 9	25,9	38,20 ± 0,29	8,2	15,90 ± 0,14	9,4
2+	599 ± 16	29,0	44,50 ± 0,33	8,2	17,30 ± 0,18	11,7
Гибрид Стерлядь х Калуга						
0+	131 ± 8	48,5	27,70 ± 0,50	15,4	11,20 ± 0,30	17,3
1+	1071 ± 36	25,8	53,70 ± 0,55	7,9	23,00 ± 0,30	10,0
2+	2523 ± 60	22,5	70,2 ± 0,51	6,9	29,2 ± 0,27	8,7

Бурцев И.А. Гибридизация и селекция осетровых рыб при полноцикловом разведении и одомашнивании // Биологические основы рыбоводства: проблемы генетики и селекции. — Л.: Наука, 1983. — С. 102–113.

Бурцев И.А. Опыт содержания в эксплуатации прудовых маточных стад бестера // Осетровое хозяйство внутренних водоемов СССР: Тез. и реф. 2-го Всесоюз. совещ. — Астрахань, 1979. — С. 30–31.

Жигин А.В. Выращивание осетровых в замкнутых системах: ОИ ВНИЭРХ. Сер. Прибрежное рыболовство и аквакультура. — М., 2006. — Вып. 2. — 52 с.

Киселев Ю.А. Биологические основы и технологические принципы разведения и выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым циклом водообеспечения: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1999. — 62 с.

Крылова В.Д. Биотехника товарного выращивания бестера и ленского осетра в трехлетнем цикле: Аналитическая и реферативная информация ВНИЭРХ. Сер. Воспроизводство и пастбищное выращивание гидробионтов. — М., 2003. — Вып. 2. — 42 с.

Крылова В.Д., Соколов Л.И. Морфологические исследования осетровых рыб и их гибридов: методические рекомендации. — М.: ВНИРО, 1981. — 49 с.

Николюкин Н.И. Отдаленная гибридизация рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 235 с.

Подушка С.Б. Получение икры у осетровых с сохранением жизни производителей // Науч.-техн. бюл. лаб. ихтиол. ИНЭНКО. — 1999. — Вып. 2. — 66 с.

Рачек Е.И., Свирский В.Г. Доместикация калуги расширяет ассортимент продукции товарного осетроводства // Рыб. хоз-во. — 2006. — № 5. — С. 7–9.

Резников В.Ф., Баранов С.А., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. Стандартная модель массонакопления рыбы // Тр. ВНИИПРХ. — 1979. — Вып. 2. — С. 182–190.

Свирский В.Г., Рачек Е.И. Биологические потенции роста и созревания амурского осетра *Acipenser schrenckii Brandt* и калуги *Huso dauricus (Georgi)* в управляемых системах // Чтения памяти В.Я. Леванидова. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — Вып. 3. — С. 535–551.

Ludwig A., Belfiore N.V., Pitra Ch. et al. Genome Duplication Events and Functional Reduction of Ploidy Levels in Sturgeon (*Acipenser*, *Huso* end *Scaphirhynchus*) // Genetics. — 2000. — Vol. 158. — P. 1203–1215.

ОПЫТ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА В ЮЖНО-КУРИЛЬСКОМ РАЙОНЕ В 2006–2007 ГГ.

В.Н. Регулев¹, Н.И. Григорьева²

¹ ООО ПКФ "Южно-Курильский рыбокомбинат", г. Южно-Курильск, Россия,
e-mail: regulev10@mail.ru

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,
e-mail: grigoryeva04@mail.ru

По данным А.И. Разина (1934) и О.А. Скарлато (1960, 1981), в Южно-Курильском районе приморский гребешок (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) обитает на глубинах до 80 м, образуя массовые поселения в горизонтах 6–25 м. У побережья о. Кунашир крупные скопления гребешка расположены от южной оконечности п-ова Весловского до мыса Мечникова (рис. 1). Биомасса популяции, по разным данным, оценивается от 16 (Евсеев, 2000) до 34 тыс. т (Чербаджи, Евсеев, 2001). Гребешок встречается преимущественно на песчано-галечных грунтах, его распределение имеет крайне неоднородный пятнистый характер. Плотность распределения составляет, по разным оценкам, от 0,01 до 6,0 экз./м² (Чербаджи, Евсеев, 2001; Брыков и др., 2002; О выполнении ..., 2002).

Пополнение популяции приморского гребешка в основном происходит за счет аллохтонных личинок, поступающих с юга от о. Хоккайдо через Кунаширский пролив (Евсеев, 2000). Часть личинок, по-видимому, привносится из южной части Южно-Курильского района. Их выживаемость во многом зависит от температурных условий и отличается значительным межгодовым варьированием (Брыков и др., 2002). Известно, что у приморского гребешка гонады после нереста вновь начинают заполняться осенью и к зиме почти достигают своего преднерестового состояния. У о. Кунашир гонады начинают увеличивать массу после 20 октября и к декабрю уже имеют хорошее наполнение и отчетливые цвета — оранжевый у самок, и бледно-молочный у самцов.

Средний гонадный индекс в декабре составляет у самцов — 15,4 %, у самок — 17,1 % (О выполнении ..., 2002). Гребешок начинается нереститься весной при температуре свыше 8–10 °С. У о. Кунашир в 2006 г. температура достигла этих значений в конце июня. Гонадный индекс к этому времени начал снижаться и составил в среднем 12,5–14,6 %.

Отбор планктонных проб начали 23 июня 2006 г. в бухтах Серноводной и Первухина. Однако личинок гребешка в конце июня обнаружено не было. Личинки гребешка ранних стадий развития размером 100 м (микрон) стали встречаться в планктонных пробах с 1 июля (рис. 2).

Размеров оседания (свыше 200 м) личинки достигли к середине июля. Максимальное количество личинок обнаружено в бухте Серноводной 11 июля — 792,0 экз./м³, у мыса Столчатого 7 июля — 1557,0 экз./м³. Кроме того, 21 июля были взяты планктонные пробы у юго-западной оконечности острова и в зал. Измены у п-ова Весловского. Плотность личинок составила 421,3 и 146,7 экз./м³ соответственно.

Коллекторы выставляли с 19 по 23 июля 2006 г. Четыре хребтины по 100 м каждая были установлены в Кунаширском проливе, в бухте южнее мыса Столчатого (в координатах 145°39'07" в.д. 44°00'07" с.ш.), две хребтины — в Южно-Курильском проливе в бухте Серноводной (145°39,875' в.д. 43°52,946' с.ш.) и одна хребтина в бухте Головнина (в координатах:



Рис. 1. Карта южной части о. Кунашир

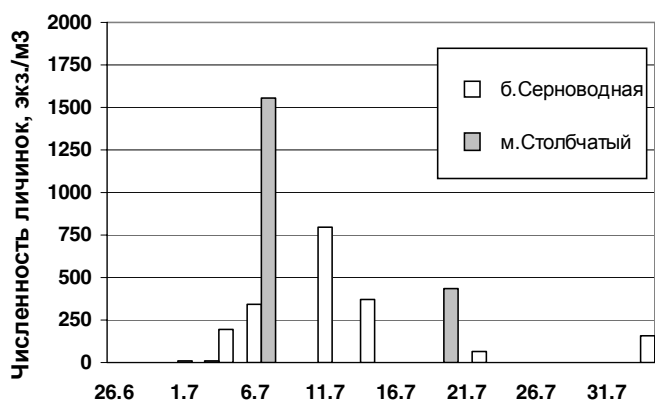


Рис. 2. Динамика численности личинок приморского гребешка в планктоне в бухте Серноводной и в бухте у мыса Столбчатого

бухте Головнина — 439 экз. Наибольшее количество осевшего спата гребешка отмечено в бухте Серноводной — 1070 экз./мешок, наименьшее у мыса Столбчатого — 948 экз./мешок. Общее количество осевшего спата гребешка (теоретический сбор) составило 6,9 млн экз.

С 12 октября 2006 г. начали обследование гребешковых коллекторов (рис. 3). В двух коллекторах из бухты у мыса Столбчатого общее оседание составило 1555 и 1244 экз.: из них живых — соответственно 1400 и 1244 экз. Мертвый гребешок обнаружен только в первом коллекторе — 155 экз. Выживаемость составила 90 и 100 %. Максимальный размер спата — 23 мм, минимальный — 3 мм, средний — 15 мм. Засоренность мидией — до 2,1 %.

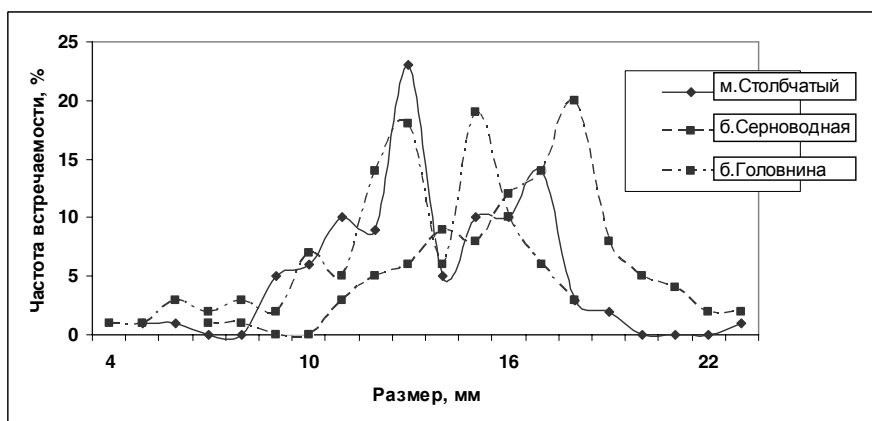


Рис. 3. Размерный состав спата гребешка из разных мест выставления коллекторов (октябрь 2006 г.)

экз., мертвых — 4 экз. Выживаемость — 99,6 %. Максимальный размер спата — 18 мм, минимальный — 4 мм, средний — 13 мм. Засоренность мидией — 1 %.

9 декабря дополнительно был обследован трос с коллекторами из бухты Головнина. Выбраны два коллектора. Среднее оседание составило 1170 экз. гребешков: из них живых — 525 экз., мертвых — 645 экз. Выживаемость — 44,9 %. Максимальный размер спата — 31 мм, минимальный — 5 мм, средний — 18 мм. Засоренность мидией — 2,7 %. Размер спата оказался низким, а смертность высокой из-за того, что гребешок в мешках был сильно сдавлен вследствие перепутывания коллекторов и сноса хребтины с места установки.

Таким образом, наибольшее количество гребешка осело в бухте Серноводной, что объясняется близостью к основному маточному стаду. Темп роста гребешка также оказался выше, чем в других районах постановки коллекторов, видимо, из-за более благоприятных температурных условий. Но здесь также отмечено и более высокое оседание мидии. При культивировании данный фактор носит негативный характер, так как в дальнейшем может привести к увеличению ее оседания и степени засоренности коллекторов, как это наблюдалось в Приморье (Григорьева и др., 2005).

145°52,532' в.д. 44°03,497' с.ш.). Коллекторы были размещены в горизонтах от 6 до 10 м, глубина в местах постановки составляла 12,0–13,5 м. Всего выставлено 700 гребешковых коллекторов.

Известно, что у островов Южно-Курильской гряды оседание личинок приморского гребешка происходит в конце июля — первой половине августа (Брыков и др., 2002). Для просчета осевшего спата гребешка были сделаны смывы гребешка с коллекторов из разных мест выставления. Просчеты проводили с 5 по 10 августа 2006 г. Средний размер спата составил: у мыса Столбчатого — 527 мк, в бухте Серноводной — 434 мк, в

бухте Головнина — 439 мк. Наибольшее количество осевшего спата гребешка отмечено в бухте Серноводной — 1070 экз./мешок, наименьшее у мыса Столбчатого — 948 экз./мешок. Общее количество осевшего спата гребешка (теоретический сбор) составило 6,9 млн экз.

В двух коллекторах из бухты Серноводной обнаружено 1523 и 2049 экз. гребешков, из них живых — 1497 и 1980 экз., мертвых — 26 и 69 экз. Выживаемость составила 98,3 и 96,6 %. Максимальный размер спата — 23 мм, минимальный — 5 мм, средний — 16 мм. Засоренность мидией — 14,1 и 12,4 %.

На коллекторе из бухты Головнина общее оседание составило 964 экз.: из них живых — 960

Отмечено значительное спутывание коллекторов и снос тросов с места их постановки из-за усиливающихся осенних штормов. Как показал опыт, необходимы более тяжелые якоря (массой 2 т и бетонные груза массой 25 кг для притапливания), чем были применены на практике, а также желательна разработка новых конструкций, специально приспособленных для использования в данном районе.

Обследование хребтин в 2007 г. показало, что у мыса Столбчатого и в бухте Головнина множество коллекторов было выброшено на берег и утрачено. И только в бухте Серноводной остались выставленные троса, причем половина коллекторных мешков находилась на грунте. Из осевшего количества к 20 июня осталась в живых третья часть гребешков — до 500 экз. на мешок (рис. 4). Максимальный размер составил 45 мм, минимальный — 10 мм, средний — 26 мм. Количество гребешка размером более 25 мм составило 62 %. Также была просчитана и промерена мидия, находившаяся в мешке. Обнаружено 182 экз. Максимальный размер составил 54 мм, минимальный — 17 мм, средний — 39 мм.

К концу августа 2007 г. коллекторы с гребешком из бухты Серноводной были подняты, гребешок отсортирован и отсажен на грунт. 15 тыс. гребешков было выпущено на дно на восточном побережье острова и 10 тыс. — на западном.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что хорошее оседание личинок гребешка возможно с обеих сторон о. Кунашир — численность личинок в планктоне достаточна для их успешного воспроизводства. Но высокие ветро-волновые нагрузки на акватории острова значительно снижают возможности выставления коллекторов, и тем более, почти исключают его дальнейшее подращивание в садках до товарных размеров. Основные проблемы культивирования гребешка связаны, прежде всего, с поиском оптимальных для данного района установок для сбора спата. Возможно, здесь следует применить опыт Японии при использовании подобных штормоустойчивых конструкций.

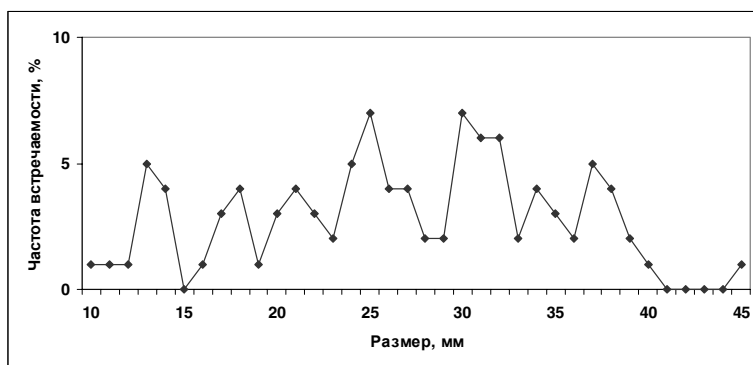


Рис. 4. Размерный состав гребешка-годовика из бухты Серноводной (июнь 2007 г.)

ЛИТЕРАТУРА

- Брыков В.А., Евсеев Г.А., Понуровский С.К., Таупек Н.Ю. Пространственное распределение, структура поселения и рост приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) в юго-западной части Южно-Курильского мелководья // Прибрежное рыболовство — XXI век: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. — Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2002. — С. 140–153.
- Григорьева Н.И., Регулев В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. Культивирование моллюсков в заливе Посьета (залив Петра Великого, Японское море) // Рыб. хоз-во. — 2005. — № 6. — С. 63–66.
- Евсеев Г.А. Двустворчатые моллюски южнокурильского мелководья и условия их существования // Бюл. дальневост. малак. о-ва. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — Вып. 4. — С. 30–51.
- О выполнении контрольного лова приморского гребешка у южной оконечности о. Кунашир в 2002 г.: Отчет о НИР (промежут.) / СахНИРО; рук. Щукина Г.Ф.; исполн.: Григорьева Н.И. — Южно-Сахалинск, 2002. — 20 с.
- Разин А.И. Морские промысловые моллюски Южного Приморья // Изв. ТИРХа. — 1934. — Т. 8. — С. 1–100.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски дальневосточных морей СССР. — М.; Л.: АН СССР, 1960. — 151 с.
- Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных вод северо-западной части Тихого океана. — Л.: Наука, 1981. — 480 с.
- Чербаджи И.И., Евсеев Г.А. Запасы и распределение приморского гребешка на юго-восточном побережье Кунашира // Рыб. хоз-во. — 2001. — № 4. — С. 20–22.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ЖИВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

О.В. Сахарова, А.А. Мисаковский, А.В. Перебейнос
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия

В настоящее время первостепенное значение приобретает вопрос о разработке технологии производства функциональных продуктов. Говоря о функциональных продуктах питания необходимо вспомнить высказывание академика Покровского: «...влияние питания является определяющим в обеспечении оптимального роста и развития человеческого организма, его трудоспособности, адаптации к воздействию различных агентов внешней среды, и в итоге фактор питания оказывает определяющее влияние на длительность жизни и активную деятельность человека». Или, образно говоря здоровое, безопасное, рациональное питание — один из важнейших факторов определяющих развитие и здоровье нации (Якуш, 2007; ГОСТ Р 52349-2005).

Производство функциональной продукции из различных видов гидробионтов обуславливает необходимость их сохранения в живом виде до переработки. Этот способ обработки базируется на принципе биолиза. При этом безопасность сырья и готовой продукции являются приоритетным. Например, изменение качества воды приводит к ухудшению качества гидробионтов, за счет их способности фильтровать и накапливать в своих тканях из биосферы не только экотоксиканты, но и повторять микробный мир среды обитания. Поэтому необходимо создать режимы, при которых выгоднее доставлять сырье живым на российский берег и здесь же его перерабатывать (Бураго, 2005; Перебейнос и др., 2005; Якуш, 2007).

Технология обработки и приготовления функциональных продуктов из живых гидробионтов предусматривает снижение контаминации с изначальной до минимума применением антибиотиков или консервантов, являющихся по характеру действия аналогами антибиотиков. Подобные консерванты в минимальных концентрациях являются условно безопасными и способными подавить не только рост и развитие патогенной и полупатогенной микрофлоры в сырье, но и у потребителей. Подобное влияние консерванта опасно, так как он может накапливаться в организме и дополнительно способствовать токсинообразованию при распаде микроорганизмов. Но любой организм способен сам освобождаться от патогенной микрофлоры, подавляя ее развитие. Организмы способны вырабатывать ряд органических компонентов под действием которых микроорганизмы, привнесенные из внешней среды будут подавлены, а токсины которые они вырабатывают выведены. К таким компонентам относится молочная кислота, которую наш и любой другой организм вырабатывает в процессе движения, роста, развития.

Молочная кислота как пищевая добавка используется в качестве регулятора кислотности в производстве продуктов переработки плодов и овощей, кондитерских изделий, пива, безалкогольных напитков, хлеба и мучных изделий. Применение молочной кислоты осуществляется в консервной, мясоперерабатывающей, рыбной, молокоперерабатывающей, масложировой и других отраслях пищевой промышленности. Молочная кислота находит применение в сельском хозяйстве для приготовления и консервирования кормов; в ветеринарии как препарат, обладающий антисептическим и противобродильным действием (Сахарова, Сахарова, 2006).

Важную роль при хранении живой рыбы имеет качество воды — среды, в которой содержится рыба с момента вылова до момента реализации, так как качество гидробионтов напрямую зависит от аквасреды в которой содержится рыба. Гидробионты способны накапливать в своих органах и тканях из внешней среды не только токсические вещества, но и патогенную и полу патогенную микрофлору.

Цель настоящего исследования — разработка технологии сохранения сырья в живом состоянии до обработки, а также обоснование технологических режимов получения из него функциональных продуктов.

Исследование влияния концентраций молочной кислоты на микрофлору воды проводили в лаборатории микробиологии в стерильном боксе. Воду для исследований брали из четырех разных источников: зал. Петра Великого, р. Раздольная, оз. Ханка и водопроводная. Работа была разбита на два основных этапа:

На 1-м этапе культивировали микрофлору воды из исследуемых источников. Методом дисков определяли влияние концентраций молочной кислоты на микрофлору аквасреды. Диагностику проводили в течение 72 ч, регистрируя изменения каждые 24 ч. Исследование изменения микрофлоры воды из разных источников в хранении под влиянием разных концентраций молочной кислоты проводили следующим образом. В воду вносили определенное количество молочной кислоты в соответствии с заданной концентрацией, не закупоривали и хранили в условиях аналогичных хранению воды в рыбоводных емкостях или торговых аквариумах, где содержится рыба. Для определения продолжительности действия молочной кислоты (временного промежутка с момента приливания молочной кислоты до ее полного распада в воде) измеряли рН, регистрируя ее изменения каждые 24 ч, до перехода рН к первоначальной величине, которое варьировалось от 7,0 до 8,4 (средние данные значений рН — 7,75).

На 2-м этапе оценивали качество воды по пятибалльной шкале и влияние молочной кислоты на микрофлору аквасреды.

Для проведения этого эксперимента брали семь рациональных концентраций молочной кислоты (от 0,00037 до 0,017 %) хорошо зарекомендовавших себя, в исследованиях по влиянию на микрофлору аквасреды (1-й этап). Метод взятия проб и их обработку вели параллельно определению контаминации аквасреды.

Экспериментально установлено, что контаминация воды во всех пробах составила от $4,2 \times 10^4$ до $6,3 \times 10^5$ и выходила из допустимых пределов, установленных требованиями СанПиН. В исследуемых образцах воды были обнаружены бактерии родов: *Pseudomonas* (*P. pelliculosa*, *P. geniculata*, *P. fluorescens*, *P. liguefacins*) *Chromobacter*, *Vibrio*, *Flavobacterium* (*Fl. deciduorum*, *Fl. solare*), *Micrococcus* (*M. candidus*), *Corynebacterium*, *Bacillus* (*B. cereus*) и *Achr. liguefaciens* или *Achr. aqamare aquamarines*, остальные к видам — *Achr. acidum*, *Achr. curydiouse*, *Achr. delmarvae* и *Achr. delicatulus*, *Cl. sporogenes*, *Cl. lentoputrescens*, *Cl. tertium*, *Cl. perfringens*, *Cl. bifermcmtans*, *Cl. tetanoides*, *V. parahaemolyticus*, *Sarcina lutea*, *Escherichia coli*.

По результатам исследований видно (рис. 1), что молочная кислота даже с малой концентрацией способна подавить рост микрофлоры 0,0001–0,0010 %, а при максимальных концентрациях 0,01–0,90 % подавлять рост микрофлоры в течение 24–48 ч. Это действие можно сравнить с влиянием антибиотика или его аналогов, но с менее выраженным побочным действием. Через 72 ч наблюдалось сокращение влияния молочной кислоты на микрофлору воды. Полученные результаты полностью повторили данные экспериментов о влиянии молочной кислоты на микрофлору воды через 24 ч, что свидетельствует об уменьшении подавляющего действия молочной кислоты на микрофлору. Можно предположить, что молочная кислота является весьма неустойчивым компонентом, способным постепенно растворяться под действием микрофлоры. На рис. 1 приведены усредненные данные по исследуемым образцам воды.

С течением времени меняется рН воды и, по нашим предположениям, содержание молочной кислоты, снижается (рис. 2). В подтверждение этого увеличивается контаминация исследуемой воды и ослабевает влияние сдерживающего фактора.

Исследование качества воды органолептическим методом показали, что уже через 24 ч после приливания молочной кислоты вода становится более прозрачной, освобождается от посторонних запахов, а взвеси присутствующие в нулевой точке начала эксперимента частично выпадают в осадок. Качество воды повышается на 1 балл до 4 по пятибалльной шкале оценки качества. Так же было зарегистрировано, что даже при применении максимальных концентраций молочной кислоты (от 0,01 до 0,10) вода не приобретает кисловатого запаха. Исследуемые концентрации молочной кислоты способны полностью растворяться в аквасреде не вызывая снижения ее качества, в виде побочных запахов, цвета и прозрачности.

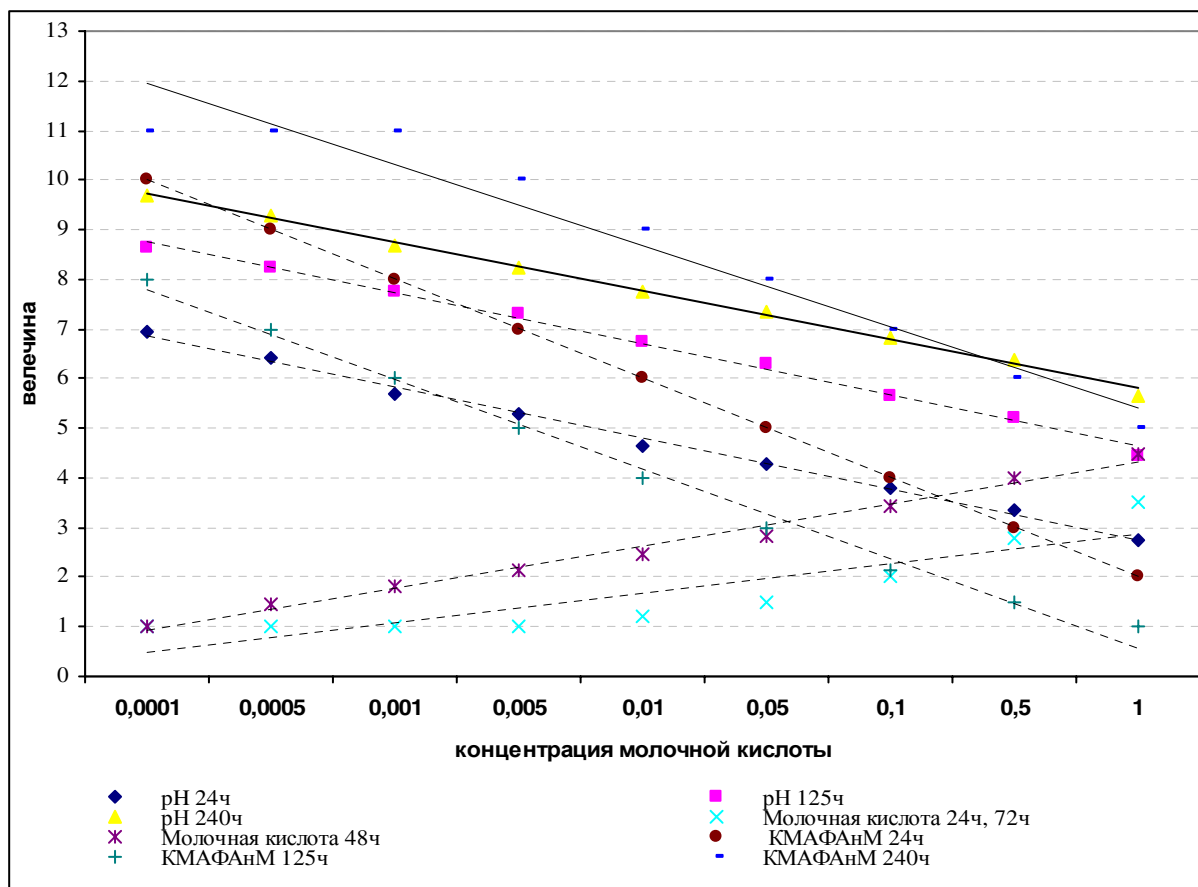


Рис. 1. Влияние разных концентраций молочной кислоты на рост водной микрофлоры; изменение pH воды в хранении; изменение КМАФАнМ воды в хранении

Влияние концентрации молочной кислоты на качество воды из аквариумов с карасем, белым амуром, карпом

%	Реакция микрофлоры водной среды на концентрацию % компонента								
	0,0001	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0009
24 ч	3	3	4	4	4	4	4	4	4
48 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72 ч	4	4	4	4	4	4	4	4	4
%	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
24 ч	4	4	4	4	4	4	4	4	4
48 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72 ч	4	4	4	4	5	5	5	5	5
%	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
24 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
48 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
%	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
24 ч	5	5	5	5	5	5	5	5	5
48 ч	5	5	5	5	5	4	4	4	4
72 ч	5	5	4	4	4	4	4	4	4

Контроль изменения качества аквасреды при содержании в ней рыб: карась, белый амур, карп — проводили дополнительно с определением контаминации. Изменения регистрировали каждые сутки, полученные результаты оценивали по пятибалльной шкале. Через 48 ч с момента приливания молочной кислоты вода очистилась от посторонних запахов и приобрела прозрачность без посторонних оттенков. Качество воды повысилось с 3 до 5 баллов.

После 72 ч хранения в виду испарения и распада молочной кислоты вода приобрела характеристики, идентичные 4 баллам шкалы по определению качества воды.

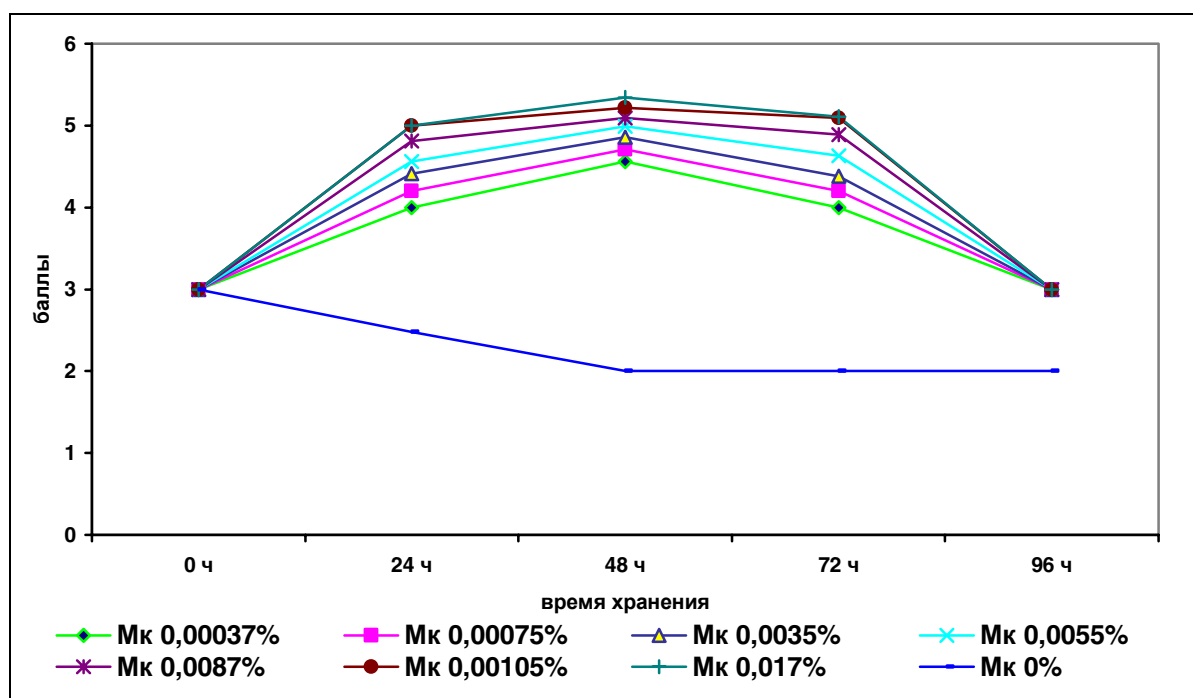


Рис. 2. Изменение качества аквасреды под влиянием рациональных концентраций молочной кислоты

Таким образом, исследования показали, что качество аквасреды при хранении живых гидробионтов можно повысить, применяя молочную кислоту в качестве дополнительного антибактериального средства (Сахарова, Сахарова, 2006), что в свою очередь связано с качеством гидробионтов, используемых как сырье при производстве функциональных продуктов.

В виду неустойчивости молочной кислоты, полученные данные требуют апробации. Дополнительно, на основании микробиологических данных по сырью, готовому продукту можно судить о влиянии молочной кислоты внесенной в аквасреду, на качество готового продукта.

ЛИТЕРАТУРА

Бураго В.А. Алгоритмы проектирования сбалансированных продуктов и рационов питания // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 140. — С. 329–338.

ГОСТ Р 52349-2005. Функциональные пищевые продукты — 7 с.

Перебейнос А.В., Мисаковский А.А., Сахарова О.В. и др. Методологические аспекты производства функциональных продуктов из живых гидробионтов // Сб. материалов Регион. студенческой науч.-техн. конф. “Научная работа — основа качества подготовки специалистов”. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2005. — С. 171–176.

Сахарова О.В, Сахарова Т.Г. Заявка на патент «Способ содержания живой рыбы при транспортировке и хранении»: А 01 К 63/00. — 2006.

Якуш Е.В. Технологии Тинро-Центра — шаг в будущее: <http://old.vladnews.ru>. — 2007.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ УПРАВЛЕНИЯ РОСТОМ МОРСКИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

В.А. Силкин

Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова,
г. Геленджик, Россия, e-mail: vsilkin@mail.ru

Существующие представления об управлении продукционными свойствами морских водорослей касаются двух основных способов их обеспечения элементами минерального питания — непрерывного и периодического. При непрерывном элементы питания подаются в систему культивирования с постоянной, заранее выбранной скоростью, при периодическом промежутки между подачей элементов питания могут быть значительными по времени. В крайнем своем выражении периодический способ представляет двухфазный метод культивирования с первоначальным содержанием водорослей в концентрированной питательной среде (для заполнения внутриклеточного пула элементами питания) с последующим культивированием на чистой морской воде, что позволяет избежать контаминации (Дзизюров, Силкин, 1987; Силкин, Хайлов, 1988). Для оптимального управления культурой при непрерывном способе выращивания необходимо рассчитать скорость подачи питательной среды и концентрацию в ней элементов питания, при периодическом — время заполнения внутриклеточного пула и его расхода при культивировании на морской воде.

В основу теоретических представлений о регуляции роста водорослей в культуре положены две основополагающие концепции. Первая связывает удельную скорость поглощения элемента питания V и его концентрацию C в среде уравнением Михаэлиса-Ментен:

$$V = V_{\max} C / (K_v + C),$$

где V_{\max} — максимальная скорость поглощения; K_v — константа полунасыщения.

Вторая основополагающая концепция, используемая в теории управления, основано на регуляции удельной скорости роста водорослей μ внутриклеточным содержанием элемента питания Q и выражено достаточно простой моделью Друпа (Droop, 1974):

$$\mu = \mu_{\max} (1 - q/Q),$$

где μ_{\max} — максимальная скорость роста; q — минимальное содержание элемента в клетке.

При постоянных условиях культивирования коэффициенты в уравнениях Михаэлиса-Ментен и Друпа не изменяются во времени. Это положение, ставшее уже парадигмой, в последнее время стало подвергаться сомнению в связи с обнаружением мультифазности (чаще всего двухфазности) процесса поглощения элемента питания. В этом случае кинетика поглощения при низких концентрациях элемента питания в среде определяется уравнением Михаэлиса-Ментен, при высоких — либо линейной моделью, либо также уравнением Михаэлиса-Ментен, но с более высокими значениями коэффициентов (Martinez, Rico, 2004). Таким образом, оказалось, что задача определения кинетических параметров носит более сложный характер, чем представлялось ранее.

Накопленные экспериментальные данные позволяют существенно дополнить теоретические представления о кинетике поглощения элементов питания.

При исследовании нестационарной кинетики поглощения фосфатов и нитратов красной морской водорослью *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. обнаружено, что зависимость удельной скорости поглощения носит более сложный характер, чем это следует из уравнения Михаэлиса-Ментен (Silkin, Chubchikova, 2007). Водоросль содержали при различных начальных концентрациях нитратов (от 0 до 71,43 мкмоль) и фосфатов (от 0 до 14,44 мкмоль) и еже часно в течение пяти часов регистрировали скорость поглощения этих элементов. В этих экспериментах показано, что зависимость удельной скорости поглощения следует уравнению Михаэлиса-Ментен, но коэффициенты изменяются во времени. При этом в течение двух первых часов экспозиции водоросли в среде с повышенными концентрациями нитратов кинетические параметры существенно не изменяются ($V_{\max} = 5,1$ мкмоль/(г час), $K_v = 19$ мкмоль), но после третьего часа удельная скорость поглощения значительно возрастает. От-

вет на вопрос, изменяются оба коэффициента уравнения или какой-то один, искали с помощью модели на основе системы дифференциальных уравнений, описывающих поглощение азота и превращения в различные формы внутри клетки. Для этого использовали обнаруженный нами эффект выделения нитритов в процессе поглощения нитратов, причем интенсивность этого процесса прямо пропорциональна начальной концентрации нитратов в среде. Максимальное количество выделенного нитрита от поглощенного нитрата составляет 13 % при начальной концентрации азота в среде 71,73 мкмоль. Математическая модель поглощения нитратов и превращения их в клетке основана на функционировании трех ферментных систем, а именно нитратредуктазы, которая ответственна за поглощение нитратов и превращение их в нитриты, нитритредуктазы, превращающей нитриты в аммиачную форму и глутаминсинтетазы, производящую аминокислоты. В качестве исходных данных использовали динамику поглощения нитратов и выделения нитритов. Для адекватности модели было необходимо, чтобы константа полунасыщения оставалась постоянной, а максимальная скорость поглощения увеличивалась во времени. Другими словами в процессе содержания водоросли при повышенных концентрациях нитратов уже через два часа происходит синтез новых единиц нитратредуктазы, при этом характеристики этого фермента не изменяются. Индукция синтеза нитритредуктазы отстает во времени, в результате чего нитриты выделяются в среду. Однако можно ожидать, что для других водорослей это положение не будет обязательным. В частности, у морских одноклеточных водорослей обнаружен эффект повышения значений константы полунасыщения после длительного содержания при высоких концентрациях азота (Collos et al., 2005).

Для культуры водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. зависимость удельной скорости поглощения фосфора от его концентрации существенно не изменяется во времени ($V_{\max} = 1,75$ мкмоль/(г час), $K_v = 5,1$ мкмоль). Однако здесь обнаружена особенность, заключающаяся в том, что эта зависимость не проходит через начало координат, а существует некоторая пороговая концентрация фосфатов, равная 0,24 мкмоль. Кроме того, при концентрации фосфатов более 3 мкмоль происходит переключение на другой механизм, скорее всего диффузионный. Эти данные указывают на то, что сам фермент, отвечающий за поглощение фосфора, не изменяет своих функциональных характеристик, и его содержание в клетках не является функцией времени. Однако это переключение нельзя признать абсолютным, поскольку есть примеры двухфазной кинетики поглощения фосфора макрофитами (Friedlander, Dawes, 1985). У кокколитофориды *Emiliania huxleyi* обнаружены две фосфатазы, одна из которых (индуцибельная) функционирует при низких концентрациях фосфатов, другая — при высоких (Riegman et al., 2000).

Все это указывает на то, что кинетика поглощения элементов минерального питания водорослью зависит от культивируемого вида и от предварительных условий содержания. Таким образом, задача оптимального управления культурой водоросли должна решаться для каждого вида нахождением кинетических параметров поглощения, число которых может быть значительно больше, чем представлялось ранее.

Относительно концепции внутриклеточной регуляции роста водорослей следует отметить, что пока не существует экспериментальных данных, опровергающих ее. Предлагались другие модели зависимости удельной скорости роста от внутриклеточного содержания элемента, основанные на уравнениях химической кинетики (Baird, Emsley, 1999), но ввиду своей громоздкости они не нашли применения в практике. В то же время модель Друпа удобно использовать для расчета параметров культивирования, в частности, времени расхода внутриклеточного пула элементов питания при культивировании водорослей на чистой морской воде после переноса их из концентрированной питательной среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 06-05-64844.

ЛИТЕРАТУРА

Дзизюров В.Д., Силкин В.А. Общие вопросы управления ростом водорослей // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей на Дальнем Востоке. — М.: Агропромиздат, 1987. — С. 16–25.

Силкин В.А., Хайлов К.М. Биоэкологические механизмы управления в аквакультуре. — Л.: Наука, 1988. — 230 с.

Baird M., Emsley S. Towards a mechanistic model of plankton population dynamics // J. Plankton Res. — 1999. — Vol. 21. — P. 85–126.

Collos Y., Vaquer A., Souchu P. Acclimation of nitrate uptake by phytoplakton to high substrate levels // J. Phycol. — 2005. — Vol. 41. — P. 466–478.

Droop M.R. The nutrient status of algal cells in continuous culture // J. Mar. Biol. Ass. U.K. — 1974. — Vol. 54. — P. 825–855.

Friedlander M., Dawes C.J. In situ uptake kinetics of ammonium and phosphate and chemical composition of the red seaweed *Gracilaria tikvahiae* // J. Phycol. — 1985. — Vol. 21. — P. 448–453.

Martinez B., Rico J.M. Inorganic nitrogen and phosphorus uptake kinetics in *Palmaria palmate* (Rhodophyta) // J. Phycol. — 2004. — Vol. 40. — P. 642–650.

Riegman R., Stolte W., Noordeloos A.A.M., Slezak D. Nutrient uptake, and alkaline phosphate (EC 3 : 1 : 3 : 1) activity of *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae) during growth under N and P limitation in continuous cultures // J. Phycol. — 2000. — Vol. 36. — P. 87–96.

Silkin V.A., Chubchikova I.N. Kinetics of uptake of phosphates and nitrates by marine multicellular algae *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. // Biol. Bull. — 2007. — Vol. 34(2). — P. 156–162.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО КУЛЬТИВИРОВАНИЮ ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА (*ERIOSCHEIR JAPONICUS*)

А.С. Соколов

ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: maranid@mail.ru

Растущий в последние годы спрос на мохнаторукого краба на мировом рынке делает необходимым изучение его биологии и разработку технологии выращивания. В Китае уже долгие годы успешно разводят китайского мохнаторукого краба. Биология обитающего на юге российского Дальнего Востока близкого вида — японского мохнаторукого краба — до сих пор остается слабо изученной. Существует лишь несколько отечественных публикаций, посвященных биологии данного вида в Приморье (Барабанщиков, 1997, 1999, 2002; Корниенко, Корн, 2005; Семенькова, 2005; Семенькова и др., 2006а, б; Семенькова, Шаповалов, 2006; Корниенко и др., 2007).

В 2007 г. с июня по сентябрь в НПЦМ «Заповедное» проводились эксперименты по содержанию и стимуляции нереста производителей, выращиванию личинок и подбору кормов для личинок и молоди японского мохнаторукого краба. Также определялась конечная реализованная и суммарная реализованная плодовитость данного вида (Низяев и др., 2006).

Отлов половозрелых самок и самцов проводился в устье р. Раздольной в июне и июле, отлов молоди — в р. Артемовка в августе. Отлов гидробионтов проводился крабовыми ловушками. Количество отловленных самок и самцов составляло соответственно 21 и 2 экз. За исследуемый период получены личинки от 7 самок японского мохнаторукого краба, в общей сложности было проведено 13 выклевов личинок. 24 эксперимента было поставлено по подбору кормов для личинок японского мохнаторукого краба и 5 экспериментов по подбору кормов для молоди краба. Полученные личинки доведены до стадии зоза 3. Плодовитость самок японского мохнаторукого краба была определена у 12 особей.

Взрослые особи японского мохнаторукого краба содержались в ванне объемом 2000 л, в условиях ускоряющих развитие яиц и стимулирующих нерест (Kobayashi, Matsuura, 1995; Kobayashi, 1999; Иванов, 2005). Температура составляла 21 °С, соленость поддерживалась в пределах 29–30 ‰. Подмена воды составляла от 0,5 до 1,0 объема в сутки, проводилась постоянная аэрация (100–150 л/ч).

У каждой самки наблюдалось от одного до пяти нерестов. Показатели конечной реализованной плодовитости и суммарной реализованной плодовитости у разных самок японского мохнаторукого краба варьировали в широких пределах. За один вымет и за весь нерестовый период у самок наблюдалось колебание величины максимального и минимального количества эмбрионов на последних стадиях эмбриогенеза почти в 10 раз. Средняя конечная реализованная и суммарная реализованная плодовитости составляли соответственно около 400 тыс. и более 1 млн (табл. 1).

Таблица 1

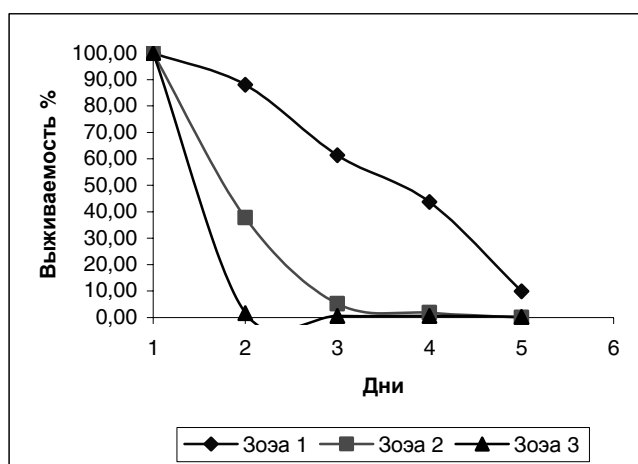
Данные по реализованной и суммарной реализованной плодовитости японского мохнаторукого краба

Количество выметов			Реализованная плодовитость			Суммарная реализованная плодовитость		
Минимум	Среднее	Максимум	Минимум	Среднее	Максимум	Минимум	Среднее	Максимум
1	3	5	89571	383160	870000	268713	1149480	2610000

Личинки японского мохнаторукого краба являются достаточно мелкими организмами $0,55 \pm 0,03$ мм, что делает невозможным использование в качестве корма науплий артемии на первых стадиях развития. Более подходящими живыми кормами являются коловратки *Brachionis plicatus* (Kim, Hwang, 1990; Корниенко, Корн, 2005). Получение науплий коловраток в объемах, необходимых для массового выращивания личинок, не представлялась возможным, поэтому, в связи с отсутствием данной культуры живых кормов, в экспериментах были использованы эхиноплутеусы 1 *S. intermedius*.

Кормление личинок проводилось дважды в день, утром и вечером. После кормления проток морской воды отключался на 2,5 ч. Подсчет погибших, полинявших и выживших личинок, параллельно с заменой воды, проводился дважды в день перед кормлением. В экспериментах по питанию использовались следующие корма и их смеси: науплии *Artemia salina*, *Chaetoceras*, *Dunaliella*, *Phaeodactylum*, дрожжи, трепанговый корм, Эхиноплютеус *I S. intermedius*, Tetra Pro Colour.

Наиболее результативной кормовой смесью для личинок японского мохнаторукого краба оказалась *Dunaliella* + *Эхиноплютеус I S. intermedius* (см. рисунок). При использовании данного корма наблюдалась наибольшая продолжительность жизни личинок японского мохнаторукого краба, а также самое большое количество линек. Максимальный срок жизни личинок составил 13 сут, за этот период они достигли стадии развития зоеа 3. На данной стадии развития личинок кормили молодью *Copepoda*, из расчета 20 копепод на 1 зоеа, раз в 12 ч. Выживаемость до и после линьки на стадии зоеа 2 составила 43,7 и 9,9 % от первоначального числа личинок. Выживаемость до и после линьки на стадии зоеа 3 составила 1,80 и 0,03 % от числа личинок перешедших на стадию зоеа 2. Оставшиеся личинки погибли при переходе на стадию зоеа 4.



Выживаемость личинок японского мохнаторукого краба при кормлении смесью *Dunaliella* + *Эхиноплютеус I S. intermedius*

Выживаемость личинок японского мохнаторукого краба при кормлении смесью *Dunaliella* + *Эхиноплютеус I S. intermedius* (Дулькейт, 1937; Барабанщиков, 1999). Из литературных источников известно, что молодь японского мохнаторукого краба преимущественно питается растительностью, по мере роста используя в своем рационе животную пищу (Дулькейт, 1937; Барабанщиков, 1999). Эксперимент по подкормке годовалой молодежи японского мохнаторукого краба проводился с августа по сентябрь. В качестве корма использовались рдест (*Potamogeton* sp.), роголистник (*Ceratophyllum* sp.), элодея канадская (*Elodea canadensis*) и терпуг. Наиболее потребляемыми являлись рдест и роголистник (0,61 и 0,69 % суточного потребления от массы тела). В меньшей степени молодь питалась элодеей (суточное потребление — 0,41 %). Наименьшее употребление наблюдалось при кормлении смесью (в равных пропорциях) роголистника, элодеи и рдеста — 0,03 %. Животным кормом (терпуг) молодью японского мохнаторукого краба не питалась (табл. 2).

Из-за отсутствия подходящих живых кормов на стадиях зоеа 2 и зоеа 3 выживаемость личинок при переходе на стадию зоеа 4 была крайне низкой (0,0018 %).

Из литературных источников известно, что молодь японского мохнаторукого краба преимущественно питается растительностью, по мере роста используя в своем рационе животную пищу (Дулькейт, 1937; Барабанщиков, 1999).

Эксперимент по подкормке годовалой молодежи японского мохнаторукого краба проводился с августа по сентябрь. В качестве корма использовались рдест (*Potamogeton* sp.), роголистник (*Ceratophyllum* sp.), элодея канадская (*Elodea canadensis*) и терпуг. Наиболее потребляемыми являлись рдест и роголистник (0,61 и 0,69 % суточного потребления от массы тела). В меньшей степени молодь питалась элодеей (суточное потребление — 0,41 %). Наименьшее употребление наблюдалось при кормлении смесью (в равных пропорциях) роголистника, элодеи и рдеста — 0,03 %. Животным кормом (терпуг) молодью японского мохнаторукого краба не питалась (табл. 2).

Таблица 2

Разные виды кормов при подкормке годовалой молодежи японского мохнаторукого краба

Показатель	Элодея канадская	Рдест	Роголистник	Рдест + Роголистник + Элодея канадская	Терпуг
Средний начальный вес	16,9				
Средний конечный вес	17,9	18,3	18,7	17,3	16,9
Прирост массы	1,0	1,4	1,8	0,4	0
Суточное потребление, % массы тела	0,41	0,61	0,69	0,03	0

Исходя из выше изложенного, можно сделать следующие выводы.

У самок японского мохнаторукого краба за исследуемый период наблюдалось от одного до пяти выметов личинок. Средняя конечная реализованная и суммарная реализованная плодовитости составили соответственно 383160 и 114948 эмбрионов.

Наиболее приемлемым из исследуемых кормов для личинок на стадии зоэа 2 является смесь *Dunaliella* + *Эхиноплютеус I S. intermedius*. Максимальная выживаемость при переходе со стадии зоэа 1 на стадию зоэа 2 составила 18,9 %.

Наиболее предпочитаемыми кормами для молоди являются роголистник (*Ceratophyllum* sp.) — 0,69 % и рдест (*Potamogeton* sp.) — 0,61 %.

ЛИТЕРАТУРА

Барабанщиков Е.И. Зоопланктон и типизация внутренних эстуариев рек южного Приморья // Биомониторинг и рациональное использование гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых. — Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. — С. 87–88.

Барабанщиков Е.И. Некоторые черты биологии японского мохнаторукого краба (*Eriocheir japonicus* de Haan) // Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов: Тез. докл. конф. молодых ученых. — Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. — С. 14–16.

Барабанщиков Е.И. Японский мохнаторукий краб (*Eriocheir japonicus* de Haan) эстуарно-прибрежных систем Приморского края // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 131. — С. 228–248.

Дулькейт Г.Д. К экологии пресноводного краба (*Eriocheir japonicus* De Haan) в р. Суйфуне // Тр. Биол. науч.-исслед. ин-та при Томском государственном университете. Т. 4, прил.: Бюл. № 1 зоологической секции Томского о-ва испытателей природы. — Томск, 1937. — С. 306–309.

Иванов П.Ю. Отчет о стажировке н.с. лаб. марикультуры ТИНРО-Центра Иванова П.Ю. в НИИ рыбного хозяйства провинции Ляонин, г. Далянь, КНР (22 июня — 6 июля 2005 г.). — Владивосток: ТИНРО-центр, 2005.

Корниенко Е.С., Корн О.М. Культивирование в лабораторных условиях и особенности морфологии личинок японского мохнаторукого *Eriocheir japonicus* (De Haan) // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 35–51.

Корниенко Е.С., Корн О.М., Кашенко С.Д. Сравнительная морфология личинок прибрежных крабов семейства VARUNIDAE (CRUSTACEA: DECAPODA) // Биол. моря. — 2007. — Т. 33, № 2. — С. 83–101.

Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. — Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006.

Семенькова Е.Г. Некоторые вопросы биологии японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus*, связанные с его размножением // Изв. ТИНРО. — 2005. — Т. 143. — С. 52–62.

Семенькова Е.Г., Колпаков Н.В., Барабанщиков Е.И. Питание и суточная ритмика активности японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* в водах Приморья // Изв. ТИНРО. — 2006а. — Т. 146. — С. 56–66.

Семенькова Е.Г., Колпаков Н.В., Шаповалов М.Е. Распределение и численность японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* в эстуарии р. Раздольной // Изв. ТИНРО. — 2006б. — Т. 146. — С. 175–182.

Семенькова Е.Г., Шаповалов М.Е. Некоторые биологические характеристики японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* в реках южного Приморья в осенний период // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 144. — С. 73–81.

Kim C.H., Hwang S.G. The complete larval development of *Eriocheir japonicus* De Haan (Crustacea, Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory // Korean Journ. of Zool. — 1990. — Vol. 33. — P. 411–427.

Kobayashi S. Reproductive ecology of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan): a review // Japanese Journal of Benthology. — 1999. — Vol. 54. — P. 24–35. (На яп. яз. с англ. аннот.)

Kobayashi S., Matsuura S. Egg development and variation of egg size in the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) // Benthos Research. — 1995. — Vol. 48. — P. 29–39. (На яп. яз. с англ. аннот.)

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ МОЛОДИ ОСЕТРОВЫХ ПОРОД РЫБ И ИХ КОРМОВОЙ БАЗЫ

А.С. Сугралиева¹, Б.М. Насибулина²

¹ ФГУ «Житнинский осетровый рыбоводный завод», Астраханская область, Россия,
e-mail: gors-30@mail.ru

² Астраханский государственный университет, г. Астрахань, Россия,
e-mail: BellaNasib@yandex.ru

В условиях сокращения рыбных запасов возрастает роль искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов. Именно увеличение водных биологических ресурсов и рост объемов выпускаемой из них продукции является одной из основных задач, стоящих перед рыбным хозяйством.

В районе дельты Волги находится 6 осетровых рыбоводных заводов, занимающихся выращиванием молоди осетровых, один из которых — Житнинский ОРЗ. Цех прудового подращивания включает в себя 62 выростных пруда общей площадью 129 га. Выростные пруды представляет собой водоемы площадью от 2,0 до 4,8 га, специально приспособленные для целей осетроводства. Глубина этих прудов варьирует от 1,2 до 2,8 м. Глубина пруда является первым фактором, влияющим на протекание в нем многих биологических процессов. С изменением глубины пруда изменяются многие другие факторы: освещенность, температура, перемешиваемость воды, а в связи с этим характер и интенсивность биологических процессов (зарастаемость, цветение, развитие кормовой базы) (Мильштейн, 1982). В мелких прудах с глубиной 1,2 м хорошо прогревались вода и дно, а вследствие этого быстро и интенсивно развивалась кормовая база, биомасса зоопланктона превышала норму и была равна 10–15 г/м³. Но есть и недостаток — в том, что дно таких прудов быстро покрывается высшей водной растительностью, что мешает молоди в поиске пищевых организмов. Происходят значительные колебания температуры в мелких прудах в течение суток. Это происходит в жаркий период лета июле—августе при выращивании молоди севрюги, которая плохо переносит значительное колебание температуры. Термический и гидрохимический режим оказывает значительное влияние на выживаемость молоди осетровых, гидробионтов и продуктивность.

Контроль качества воды по гидрохимическим показателям в рыбоводных прудах становится, следовательно одним из важнейшим условий производства. Задача состоит в своевременном выявлении отрицательных изменений водной среды и оперативном их устранении (Козлов, Абрамович, 1971). В связи с чем на осетровых рыбоводных заводах дельты Волги систематически проводится отбор проб воды в момент закачки прудов и при сбросе прудов для проведения химического анализа воды на содержание биогенных элементов и загрязняющих веществ. По характеру термического режима осетровые выростные пруды относятся к тепловодным водоемам (Привезенцев, 1973). В прудах температурный режим в период выращивания молоди рыб с мая по начало августа колеблется в пределах от 16,9 по 27,8 °С, самая высокая температура воды наблюдалась в конце июля. В это время температура воздуха достигала 40 °С. Наименьшая температура воды наблюдалась в первой декаде мая (16,9 °С). Суточные колебания температуры были в пределах 2,0–3,3 °С, средняя температура во всех прудах обычно бывает одинаковой и отличается примерно на 0,3–0,5 °С, в зависимости от морфометрических показателей прудов, регулярности водоподачи. Можно заключить, что температурный режим прудов дельты Волги в целом благоприятен для выращивания молоди осетровых рыб. Анализ водородного показателя водной толщии прудов (рН 7,70–7,95) позволил констатировать достаточно стабильную обстановку в течение вегетативного сезона, имеющей слабощелочной характер, лишь в период бурного цветения водорослей в отдельных прудах рН возрастает и этот фактор отрицательно влияет на молодь.

Одной из важнейших гидрохимических характеристик является содержание в воде кислорода, концентрации растворенного в воде кислорода были от 6,5 до 11,0 мг/л. Эти разли-

чия сохранились в течение всего летнего периода, при этом концентрации изменялись от 6,50 до 9,92 мг/л. Осенью, с понижением температуры, вновь отмечалось повсеместное увеличение и выравнивание концентраций кислорода по всем прудам. Кислородный режим в осетровых прудах может быть охарактеризован, в общем, вполне благоприятный для выращивания осетровых рыб. Отклонение от нормы, были сравнительно редки. Концентрация минеральных форм азота и фосфора в воде прудов колеблется в значительных пределах, что зависит от интенсификационных мероприятий — внесения органических и минеральных удобрений. В исследуемых прудах в среднем концентрации аммонийного азота, нитритов, нитратов, фосфатов колебались в пределах соответственно 0,05–0,40 мг/дм³, 0,015–0,20, 0,05–0,50, 0,01–0,05 мг/дм³. В результате многолетних наблюдений мы пришли к заключению, что осетровым выростным прудам Житнинского ОРЗ свойственен высокий уровень насыщения воды биогенными элементами в вегетационный период. В целом, состояние изучаемых прудов, по гидрохимическим показателям, благоприятное для развития как кормовой базы и так самой молодежи осетровых пород рыб. Гидрохимический анализ исследуемых водоемов, в частности прудов, является важнейшим звеном в интенсивной технологии выращивания рыбы, совершенствование и усиление ее деятельности позволит сократить, а в большинстве случаев и полностью прекратить гибель рыбы от заморов и токсикозов.

ЛИТЕРАТУРА

- Козлов В.И., Абрамович Л.С. Справочник рыбовода. — М.: Россельхозиздат, 1971.
Мильштейн В.В. Осетроводство. 2-е изд. — М., 1982.
Привезенцев Ю.А. Гидрохимия пресных водоемов. — М.: Пищ. пром-сть, 1973.

ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ И ВЫРАЩИВАНИЯ СЕРОГО МОРСКОГО ЕЖА В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

И.Ю. Сухин

ТИНРО-центр, г. Владивосток, Россия, e-mail: suhin@tinro.ru

Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* Agassiz является ценным промысловым видом. Однако активный промысел оказывает негативное влияние на его естественные скопления, во многих районах нарушая их структуру. Эффективной мерой по поддержанию численности и структуры скоплений морских ежей может стать расселение молоди, искусственно получаемой в заводских условиях.

В настоящее время культивирование морских ежей наиболее развито в Японии, где только в 2000 г. было выпущено в море свыше 84 млн экз. молоди морских ежей всех видов (Sakai et al., 2003).

Эксперименты по культивированию морских ежей в нашей стране проводились в 70–80-е гг. прошлого века (Евдокимов, 1979; Найденко, Дзюба, 1982; Найденко, 1983).

Опыты по массовому культивированию серого ежа проводились в 2003–2006 гг. в научно-производственном центре марикультуры «Заповедное», расположенном на побережье бухты Киевка (Японское море). В ходе их разрабатывались бионормативы и отработывалась биотехника культивирования этого объекта в заводских условиях. Использовались материалы и оборудование, применяемые на предприятиях по культивированию беспозвоночных. Вода, применявшаяся при стимуляции нереста производителей и для содержания эмбрионов личинок, проходила очистку с помощью фильтра 40 мкм. Осевшая молодь выращивалась в воде, прошедшей только грубую очистку с помощью песчано-гравийного фильтра. Личинки выращивались в прозрачных пластиковых емкостях объемом 500 и 1000 л, осевшая молодь — в емкостях объемом 2000 л. Аэрация воды осуществлялась непосредственно в этих емкостях. Температура воды на всех этапах составляла 17–20 °С. Смена воды в емкостях осуществлялась в капельном режиме. Скорость протока в ходе выращивания личинок составляла 0,5–1,0 объема воды в сутки, в выростных ваннах — 1,0–2,0 объема в сутки.

Работы по получению личинок и молоди серого морского ежа включали несколько основных этапов: определение сроков нереста и отлов производителей; получение половых продуктов и оплодотворение; инкубирование эмбрионов и выращивание планктонных личинок; получение и выращивание осевшей молоди. Срок проведения нереста определялся путем мониторинга состояния гонад серого ежа в бухте Киевка. Периодически проводимый для этого биоанализ показал, что яйцеклетки диаметром около 100 мкм появляются в гонадах в конце июля. Массовый нерест серого ежа в этом районе отмечается в первой—второй декаде августа. Производителей добывали водолажным способом в районе НПЦМ вблизи зарослей водорослей, так как личинки от самок морских ежей из богатых пищей биотопов быстрее развиваются и имеют более высокую выживаемость (George, 1996). Перевозка животных осуществлялась в емкостях с морской водой, так как осушение и перегрев могут спровоцировать нерест. Для получения зрелых половых продуктов морских ежей использовалось два метода: 1) стимуляция нереста инъекцией 0,5М раствора KCl (Евдокимов, 1993; Sakai et al., 2003); 2) из вскрытых животных (Сайто, 1991). При химической стимуляции нереста через перистомальную мембрану в полость тела вводили 1–2 мл раствора KCl, через несколько секунд после инъекции начинался вымет половых клеток. При использовании второго метода гонады морских ежей помещали в 800-миллилитровые стаканы с фильтрованной морской водой, где и происходило выделение половых клеток. Через 5–10 мин крупные фрагменты гонады удаляли, процеживая взвесь клеток через сито 500 мкм. Для обеспечения генетической разнородности и большей выживаемости личинок, использовались половые продукты от нескольких производителей (3–5 самок и 2–3 самца). Рабочая плодовитость самок серого ежа из бухты Киевка составляла от 0,2 до 12,6 млн, в среднем — около 5,0 млн. Оплодотворение проводили, добавляя в емкость с яйцеклетками 5–10 мл взвеси спермы. Оплодотворенные яйцеклетки отмывали от излишка спермы и переносили в емкости для культивирования.

Выращивание эмбрионов и личинок позволило проследить процесс их развития и отработать методические приемы и режим культивирования серого ежа в промышленных условиях. В ходе раннего онтогенеза морские ежи последовательно проходят стадии бластулы, гастролы, малого плутеуса («призмы»), плутеуса I стадии («4 рук»), плутеуса II стадии («6 рук»), плутеуса III стадии («8 рук»), после чего происходит метаморфоз, и личинка превращается в осевшую молодь (классификация личинок приводится по: Kawamura, 1970; Крючкова, 1976).

В течение первых суток проходило эмбриональное развитие. Примерно через 1 ч после оплодотворения происходило первое деление. Стадия гастролы достигалась через 20–24 ч с момента оплодотворения. Размер гастролы составлял 180–200 мкм.

Через 48 ч период эмбрионального развития заканчивался, появлялись личинки на стадии малого плутеуса («призмы»). Размер их составлял 150x300 мкм.

Плотность посадки эмбрионов на начальном этапе выращивания была довольно высокой и достигала от 2–3 до 20 экз./мл. К моменту окончания эмбрионального развития плотность посадки уменьшали до 1,0–1,5 экз./мл путем перелива в свободные емкости, так как при более высокой плотности снижалась выживаемость личинок.

Через 3 сут с момента нереста личинки достигали стадии плутеуса I («4 руки»). В ходе развития личинки росли, размер плутеусов I увеличивался с 200x450 до 400x600 мкм. В возрасте 8–9 сут у личинок закладывалась третья пара «рук» и они переходили на стадию плутеус II. Размер личинок этой стадии составлял от 350x600 до 500x700 мкм.

Через 2–3 сут после перехода на стадию плутеус II (на 11–12-е сут с момента нереста) личинки переходили на стадию плутеус III. На этой стадии размер личинок составлял 450x650–500x750 мкм. На 15–16-е сут с момента оплодотворения личинки изменяли свою форму и концентрировались преимущественно в нижних слоях воды. Метаморфоз начинался на 18–19-е сут, и заканчивался на 20–21-е сут с момента оплодотворения появлением осевшей молоди.

Средние сроки развития и средний размер эмбрионов и личинок серого ежа приведены в табл. 1.

В условиях массового культивирования продолжительность периода планктонного развития, продолжительность отдельных стадий и размер личинок серого ежа оказались близкими к приводимым в литературе (Сайто, 1991).

Величины выживаемости в процессе развития приведены в табл. 2. Наиболее критической является стадия оседания и метаморфоза.

Полученные данные позволяют на основании ежесуточного контроля численности, размеров и формы личинок своевременно фиксировать отклонения в развитии и выбраковывать аномально развивающиеся партии.

Питаться личинки серого ежа начинают в возрасте 2 сут. Кормом для личинок служили планктонные микроводоросли *Dunaliella salina*, *Chaetoceros gracilis* и *Phaeodactylum*

Таблица 1
Сроки развития и размер личинок разных стадий

Стадия	Время (суток с момента оплодотворения)	Размер, мкм
Гастрола	1	180–200
Малый плутеус	2	150x300
Плутеус I	4	200x450–400x600
Плутеус II	8	350x600–500x700
Плутеус III	13	450x650–500x750

Таблица 2
Выживаемость личинок серого ежа на разных стадиях

Стадия	Выживаемость, %	
	2003	2006
Малый плутеус — плутеус I	95,14	86,19
Плутеус I — плутеус II	76,47	25,97
Плутеус II — плутеус III	57,83	54,26
Малый плутеус — плутеус III	37,06	12,14
Плутеус III — молодь	4,78	1,18
Малый плутеус — молодь	1,80	0,14

tricornutum. Концентрацию микроводорослей в емкостях с личинками поддерживали на уровне 10–30 тыс. кл./мл. Заполнение желудков личинок кормом контролировалось, в тех случаях, когда желудки были полностью заполнены, количество вносимого корма уменьшали.

Необходимым условием получения осевшей молоди является своевременное внесение в емкости с личинками субстратов для оседания, так как отсутствие их приводит к задержке метаморфоза и гибели личинок.

В наших работах в качестве субстратов для оседания применялись прозрачные гофрированные пластины, на которых была предварительно выращена бактериально-водорослевая пленка, обладающая индуцирующим метаморфоз действием (Pearse, Scheibling, 1991). Пластины в кассетах помещали в емкости на 15–16-е сут с момента оплодотворения, когда личинки достигали стадии позднего плутеуса III и концентрировались в нижних слоях воды. Концентрация прикрепленных диатомовых водорослей, являющихся подходящим кормом для молоди размером менее 3–4 мм (Сайто, 1991), составляла не менее 100 тыс. кл./см² субстрата. Кроме того, в первую неделю после оседания в емкости в качестве дополнительного корма вносили планктонные микроводоросли.

Через 10–14 дней после оседания молодь на субстратах переносили в выростные ванны. На момент переноса ежи имели диаметр панциря 0,5–0,7 мм.

В 2006 г. в связи с консервацией завода на зимний период молодь через 2,3 мес с момента оседания была расселена в море. Диаметр ее панциря к этому времени составлял в среднем 1,12 мм. Зимой 2003/04 г. выращивание молоди осуществлялось в условиях цеха. В возрасте 3 мес (в декабре) ее средний диаметр достиг 1,78 мм.

Ежи диаметром 2 мм и более начинают питаться макроводорослями. Для обеспечения этим кормом их через 3 мес после оседания переносили с пластин в открытые сверху садки «корзины» из сита с ячейей 1 мм. Садки устанавливались в выростных емкостях так, чтобы верхний край находился выше уровня воды, а дно их не касалось дна емкости. В садке размером 60x100x40 см содержалось до 5 тыс. молоди серого ежа.

В садках ежей кормили живыми ульвой и ламинарией, а также порошком из ламинарии, который перед внесением в садки замачивали в морской воде. Корм вносился в избытке. Мелкие фрагменты корма и фекалии падали на дно емкости, откуда собирались сифоном.

Скорость роста ежей, питавшихся ламинарией, была значительно больше, чем питавшихся ульвой (табл. 3). Кормление порошком из ламинарии дало худшие результаты, чем применение живой ламинарии, но лучшие, чем ульвы.

Таблица 3

Рост молоди серых ежей при питании разными видами корма

Показатель	Порошок из ламинарии	Живая ламинария	Живая ульва
Диаметр панциря на 11 января, мм	1,75	1,71	1,62
Диаметр панциря на 31 января, мм	2,32	3,41	1,72
Прирост, мм	0,57	1,67	0,10
Суточный прирост, %	1,62	4,97	0,30

Скорость роста разных особей серого ежа существенно различалась. Для того чтобы более крупные ежи не оказывали негативного влияния на мелких, периодически (1 раз в месяц) производилась сортировка молоди по размеру. В 2 садках были размещены животные с диаметром панциря 10–20 мм, в 2 садках — с диаметром панциря 5–10 мм, а в остальных 4 садках содержались ежи размером менее 5 мм.

Оптимальная температура для роста молоди составляет 17–18 °С. В ходе 20-суточного эксперимента выявлено, что понижение ее негативно сказывается на росте молоди (табл. 4). Однако из-за значительных энергозатрат удалось поддерживать температуру воды в зимний период на уровне 6–10 °С.

В возрасте 7 мес молодь достигла размера 4–6 мм. Выживаемость за период подращивания была достаточно высокой, и за 7 мес с момента оседания составила 62 %. Эксперименты показали, что при подращивании в контролируемых условиях до августа (возраст 11 мес)

Величины прироста и рационы молоди серого ежа
при разных температурах

Показатель	Температура		
	4–6 °С	12 °С	18 °С
Прирост массы молоди за 1 сут, %	1,29	1,57	2,38
Рацион, мг	–	0,50	2,50
Рацион, %	–	4,88	15,89

средний диаметр панциря молоди достигает 15 мм. За рубежом исследователи считают животных такого размера наиболее пригодными для расселения (Сайто, 1991).

Проведенные экспериментальные работы, в ходе которых было получено несколько генераций личинок и молоди серого ежа, позволили подобрать оптимальные параметры и методические приемы культивирования. Отработаны основные этапы биотехнологии культивирования серого ежа в заводских условиях. Полученные данные могут использоваться для искусственного культивирования этого объекта в промышленных масштабах.

ЛИТЕРАТУРА

- Евдокимов В.В. Морские ежи из половых клеток, полученных методом температурной стимуляции // Цитологические исследования морских организмов. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. — С. 55–56.
- Евдокимов В.В., Викторская Г.И., Бирюкова И.В. Биотехнология получения молоди морского ежа *Strongylocentrotus nudus* в контролируемых условиях. — Владивосток: ТИНРО, 1993. — 16 с.
- Крючкова Г.А. Морфология личиночного скелета морских ежей залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1976. — № 4. — С. 45–54.
- Найденко Т.Х. Лабораторная культура морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Биол. моря. — 1983. — № 4. — С. 51–55.
- Найденко Т.Х., Дзюба С.М. Рост и созревание морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биол. моря. — 1982. — № 4. — С. 20–24.
- Сайто К. Искусственное разведение посадочной молоди морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* / Хоккайдский центр рыборазведения. — 1991. Nichiro. corp. — Пер. с яп., НТИ 6-2.
- George S.B. Echinoderm egg and larval quality as a function of adult nutritional state // Colloq. interact, fact. biotiq. et abiotiq. cycle vie invertebres mar., Villefranche-sur-Mer: Oceanol. acta. — 1996. — Vol. 19, № 3–4. — P. 97–308.
- Kawamura K. On the development of planktonic larvae of Japanese sea urchins, *Strongylocentrotus intermedius* and *S. nudus* // Sci. Rep. Hokk. Fish. Exp. Stat. — 1970. — Vol. 12 — P. 25–32.
- Pearse Ch.M., Scheibling R.E. Effect of macroalgal, microbial films, and conspecifics on the induction of metamorphosis of the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller) // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. — 1991. — Vol. 147, № 2. — P. 147–162.
- Sakai Y., Tajima K-I., Agatsuma Y. Mass production of seed of Japanese edible sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* and *Strongylocentrotus nudus* // Sea Urchins: Fisheries and Ecology Proceedings of the International Conference on Sea-Urchin fisheries and Aquaculture. — 2003. — P. 287–298.

ОБРАСТАНИЕ УСТАНОВОК МАРИКУЛЬТУРЫ В БУХТЕ МИНОНОСОК, ЗАЛИВ ПОСЬЕТА, ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Е.М. Третениченко¹, С.И. Масленников²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток, Россия, e-mail: emtret@rambler.ru

² Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия, e-mail: aqua@imb.dvo.ru

Несмотря на длительную историю хозяйства в бухте Миноносок (Григорьева и др., 2005), зал. Посьета, изучение обрастания установок марикультуры до настоящего момента подробно не проводилось. Вопросы, связанные с сообществом обрастания, обсуждаются в работах В.А. Брыкова с соавторами (1980), Д.Д. Габаева (1986, 1989) и Д.И. Вышкварцева с соавторами (1989). Однако в них совершенно не приводятся количественные и подробные качественные характеристики сообщества обрастания установок марикультуры.

Материалом для работы послужили пробы обрастания, собранные в июне—августе 2004 г. с промышленной установки рамного типа в бухтах Миноносок и Клыкова, зал. Посьета, на плантациях ООО «Рыбодобывающая компания Посьетская». Изучалось обрастание садков, хребтин установки и обрастание коллектора-субстрата для выращивания двустворчатых моллюсков. Садки и хребтина экспонировались в море в течение 24 мес, коллектор-субстрат — 65 мес. Приморский гребешок в садках культивировался в бухте Миноносок, а другие двустворчатые моллюски — на коллекторах-субстратах в бухте Клыкова. Глубина (по летнему уровню) в месте расположения установки составляла 12–13 м.

Обрастание садков. Обрастание садков представлено десятью основными группами гидробионтов: водоросли, гидроидные полипы, актинии, многощетинковые черви, усонogie и равноногие раки, двустворчатые моллюски, иглокожие, мшанки и оболочники (рис. 1). По качественному составу наиболее богата группа двустворчатых моллюсков (рис. 2): *Arca boucardi*, *Crassostrea gigas*, *Hiatella arctica*, *Mizuhopecten yessoensis*, *Mya* sp., *Modiolus modiolus*, *Musculista senhousia*, *Mytilus trossulus*, *Pododesmus macrochisma*, *Swiftopecten swifti*. С глубиной количество видов почти не изменяется: 24–25 видов, кроме случая на 6 м: 19 видов гидробионтов за счет исчезновения гидроидных полипов и некоторых видов двустворчатых моллюсков: *A. boucardi*, *C. gigas*, *P. macrochisma*, *S. swifti*. Такие организмы, как *H. arctica*, *M. modiolus*, *M. trossulus* и *Styela clava*, являются обычными для этого субстрата. Перечисленные организмы присутствуют в обрастании почти на всех глубинах.

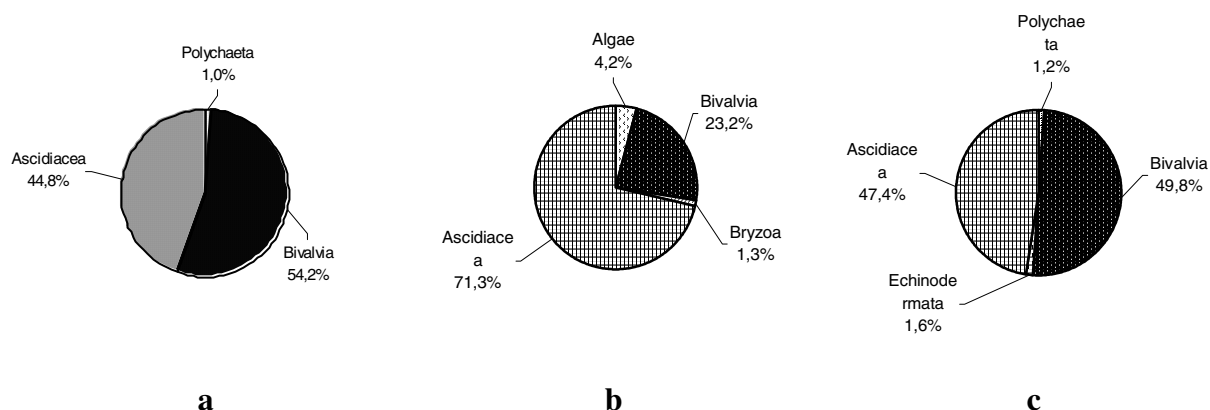


Рис. 1. Структура обрастания садка по биомассе на разных горизонтах: а — 4 м; б — 6 м; в — 8 м

По плотности поселения в сообществе обрастания садков на всех горизонтах преобладают двустворчатые моллюски (77,8 %), на втором месте асцидии (13,8 %) (рис. 1). Среди двустворчатых моллюсков преобладают *H. arctica* (46,8 и 60,2 %), *M. trossulus* (10,7 и 13,8 %) и *M. modiolus* (9,8 и 12,6 %) (рис. 2, а), а из асцидий: *S. clava* (11,9 и 85,6 %). По биомассе на всех горизонтах доминируют асцидия *S. clava* (41,4 и 78,9 %) и мидия *M. trossulus* (15,0 и

34,8 %) (рис. 2, b), кроме 6 м. На этом горизонте по биомассе преобладает только *S. clava*. Субдоминантами на глубинах 4 и 8 м являются моллюски *H. arctica* и *M. modiolus* (рис. 2, b), в то время как на глубине 6 м их вытесняют колониальные асцидии.

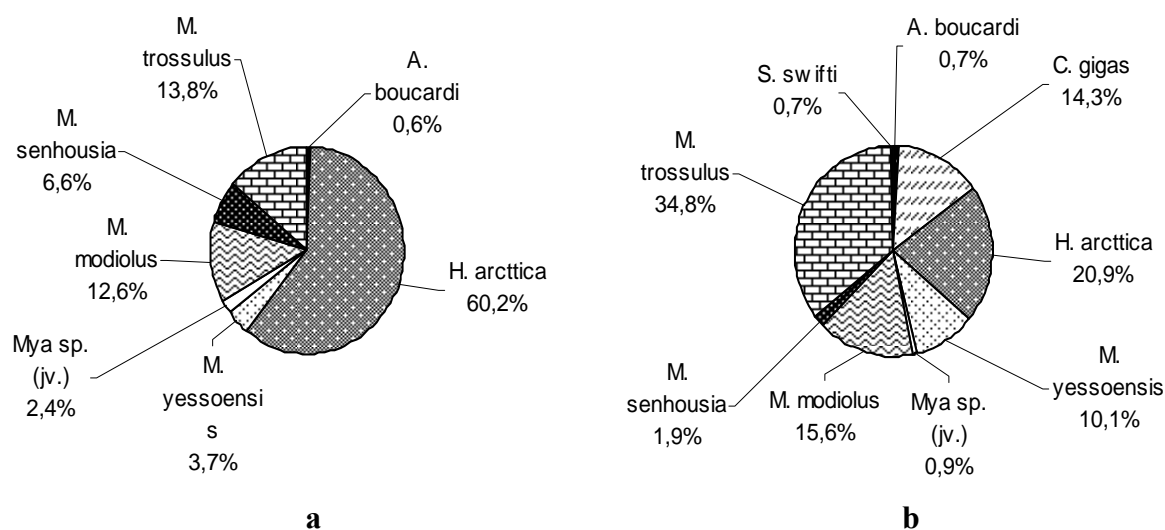


Рис. 2. Соотношение двустворчатых моллюсков в обрастании садков по плотности поселения (а) и биомассе (б)

Распределение обрастания по глубине показало следующее (рис. 3). У *S. clava* наблюдается тенденция увеличения биомассы с глубиной: от 685,0 г/м² на верхнем горизонте (глубина 4 м) до 821,4 г/м² на нижнем горизонте (глубина 8 м). У *M. yessoensis* и иглокожих наблюдается такая же тенденция: биомасса увеличивается от 7,6 до 37,2 г/м². У остальных обрастателей отсутствует четкая тенденция к изменению биомассы и плотности поселения с глубиной. Соотношение веса обрастателей садков к культивируемому гребешку составляет 0,8 : 1,0 (рис. 4).

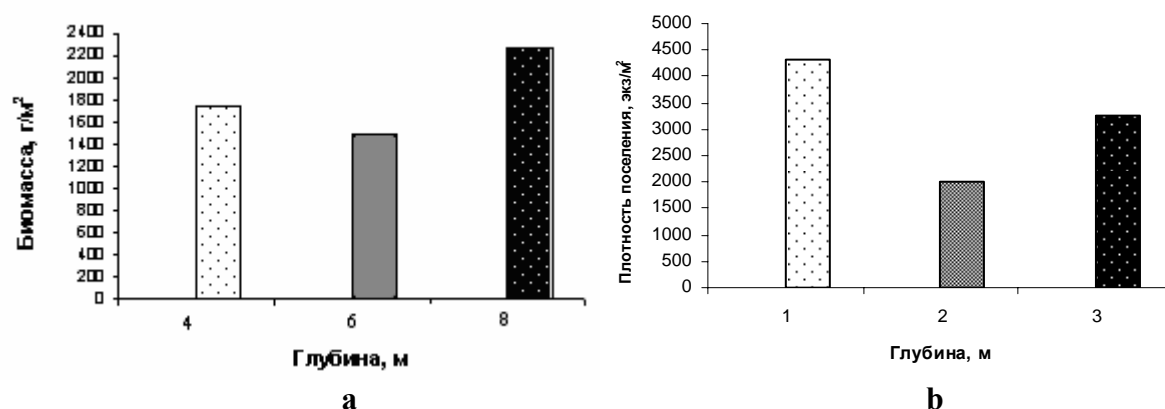


Рис. 3. Изменение суммарной биомассы (а) и плотности поселения (б) обрастателей садка от глубины

Обрастание хребтины. Обрастание хребтины представлено девятью основными группами гидробионтов: водоросли, актинии, усонogie и равноногие раки, двустворчатые моллюски, иглокожие, мшанки и оболочники (рис. 5, а). По качественному составу наиболее богата группа двустворчатых моллюсков: *A. boucardi*, *H. arctica*, *M. yessoensis*, *Mya sp.*, *M. modiolus* и *M. trossulus*. Такие организмы, как *Costaria costata*, *H. arctica*, *M. modiolus*, *M. yessoensis*, *M. trossulus* и *S. clava* являются обычными для этого субстрата.

По плотности поселения в сообществе обрастания хребтины преобладают двустворчатые моллюски — 71,5 %, на втором месте асцидии — 9,7 %. Среди двустворчатых моллюсков преобладают: *M. trossulus* (22,1 и 30,8 %), *M. yessoensis* (20,4 и 28,5 %), *M. modiolus* (14,2 и 19,9 %) и *H. arctica* (12,5 и 17,5 %) (рис. 5, а), а из асцидий: *S. clava* (8,7 и 90,5 %). Биомасса обрастания хребтины составляет 1953,3 г/пог. м.

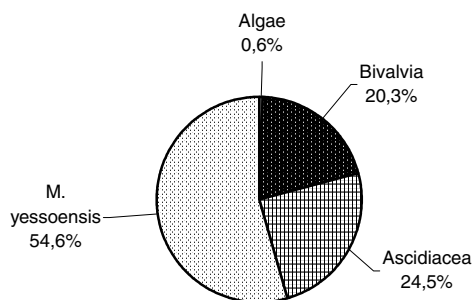


Рис. 4. Распределение массы культивируемого гребешка и обрастателей садков

в обрастании хребтины отсутствуют *Obelia longissima*, многощетинковые черви, *C. gigas*, *M. senhousia*, *P. macrochisma* и *S. swifti*, звезды и морские ежи, *Holocynthia aurantium*. В отличие от обрастания садков, на хребтине отмечена офиура *Ophiopholis* fam. gen. sp. По плотности поселения в обрастании хребтины доминируют те же организмы, что и в обрастании садков — двустворчатые моллюски. Доминируют в обрастании садков *H. arctica*, а в обрастании хребтины *M. trossulus* и *M. yessoensis*. По биомассе двустворчатые моллюски также преобладают в обрастании хребтины и садков (рис. 6). Доминирует мидия *M. trossulus*, субдоминантом является модиолус *M. modiolus*, и, в обрастании садков, *H. arctica*. Значительную долю биомассы в обрастании хребтины занимают мшанки и водоросли *C. costata*.

В сообществе обрастания доминируют двустворчатые моллюски 61,0 % (рис. 6, а), которые имеют высокую биомассу 1171,5 г./пог. м. Субдоминантами являются мшанки 15,4 % и водоросли 12,1 % (рис. 6, а), биомасса которых составляет 293,4 и 231,7 г./пог. м соответственно. Доля биомассы остальных обрастателей — 11,5 %. Минимальную долю дают иглокожие 1,3 % и актинии 1,9 % (рис. 6, а).

По сравнению с садками обрастание хребтины беднее по качественным и меньше по количественным показателям. В обрастании хребтины доминируют те же организмы, что и в обрастании садков — двустворчатые моллюски. Доминируют в обрастании садков *H. arctica*, а в обрастании хребтины *M. trossulus* и *M. yessoensis*. По биомассе двустворчатые моллюски также преобладают в обрастании хребтины и садков (рис. 6). Доминирует мидия *M. trossulus*, субдоминантом является модиолус *M. modiolus*, и, в обрастании садков, *H. arctica*. Значительную долю биомассы в обрастании хребтины занимают мшанки и водоросли *C. costata*.

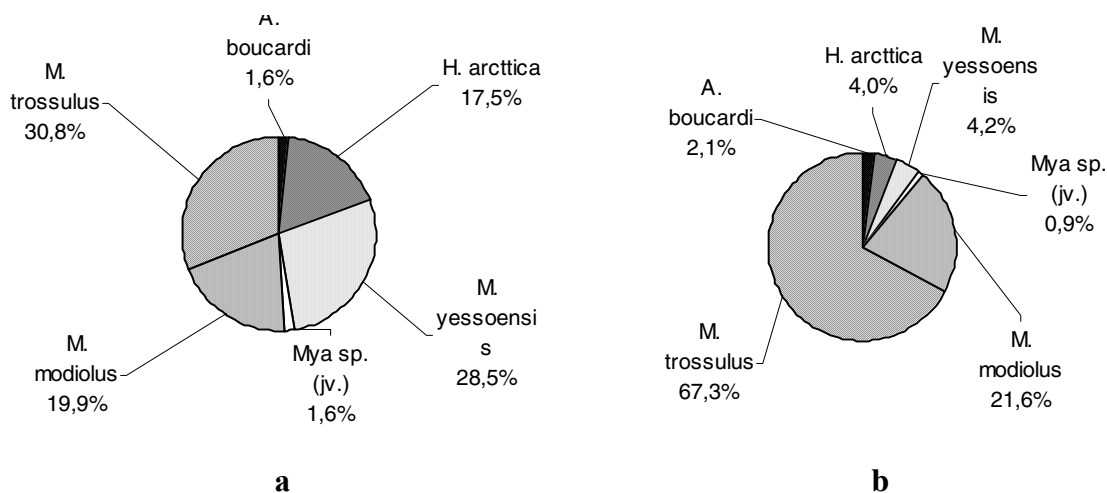


Рис. 5. Усредненная плотность поселения (а) и биомасса (б) двустворчатых моллюсков в обрастании хребтины установки

Обрастание коллектора-субстрата. Обрастание коллектора-субстрата представлено восемью основными группами гидробионтов: гидроидные полипы, актинии, многощетинковые черви, уконогие раки, двустворчатые моллюски, иглокожие, мшанки и оболочники (рис. 7). По качественному составу наиболее богата группа двустворчатых моллюсков: *A. boucardi*, *Chlamys farreri*, *Crenomytilus grayanus*, *H. arctica*, *Mya* sp., *M. modiolus*, *M. senhousia*, *M. trossulus*, *S. swifti*. Такие организмы, как *A. boucardi*, *C. farreri*, *C. grayanus*, *M. modiolus*, *M. trossulus* и *S. clava* являются обычными для этого субстрата. Перечисленные организмы присутствуют в обрастании почти на всех глубинах.

По плотности поселения в сообществе обрастания коллектора-субстрата на всех горизонтах преобладают двустворчатые моллюски (94,2 %) (рис. 8).

Среди моллюсков по плотности поселения преобладают *M. trossulus* (24,5 и 26,0 %), *A. boucardi* (21,3 и 22,6 %), *M. modiolus* (20,7 и 22,0 %) и *C. farreri* (17,5 и 18,5 %) (рис. 8, а). По биомассе доминируют *C. farreri* (24,7 и 29,6 %), *M. trossulus* (20,4 и 24,5 %), *M. modiolus* (18,0 и 21,6 %) и *A. boucardi* (13,5 и 16,2 %) (рис. 8, б).

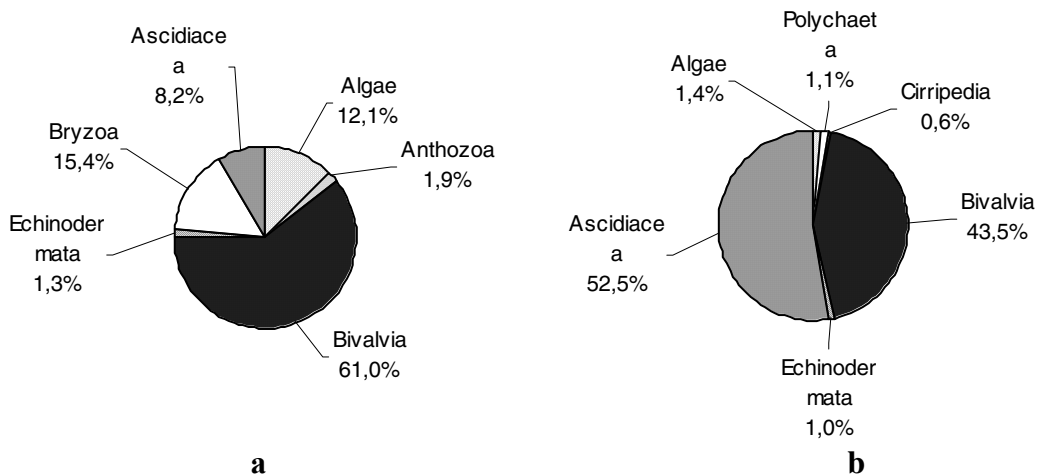


Рис. 6. Состав обрастания хребтины (а) и садков (б)

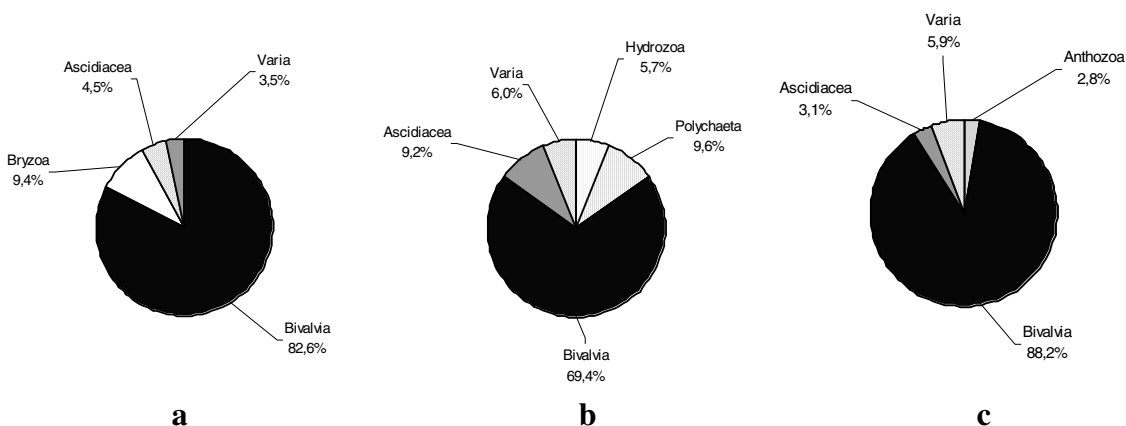


Рис. 7. Структура обрастания коллектора-субстрата по биомассе на разных горизонтах: а — 4 м; б — 6 м; с — 8 м

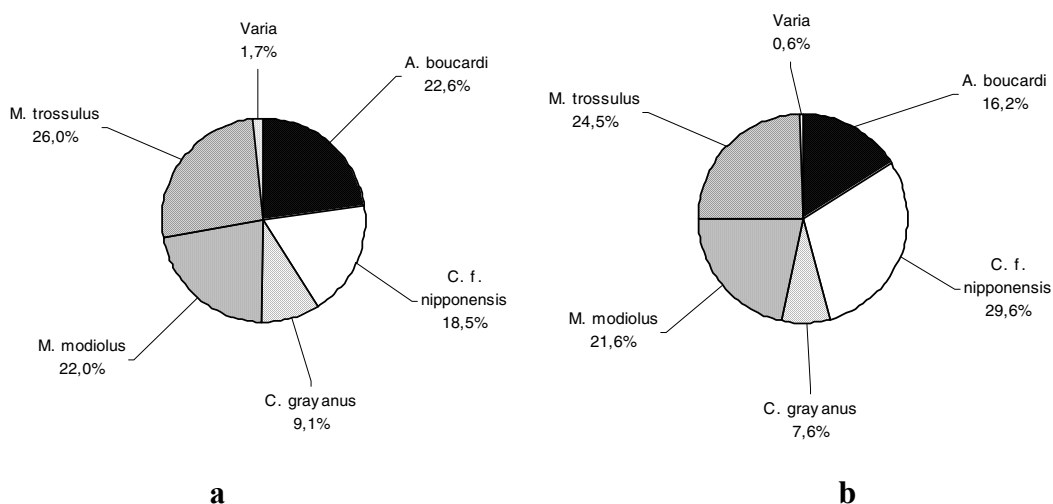


Рис. 8. Соотношение двустворчатых моллюсков в обрастании коллектора-субстрата по плотности поселения (а) и биомассе (б)

Распределение обрастания по глубине показало следующее (см. рис. 7 и 9). У *M. modiolus* и *A. boucardi* наблюдается тенденция уменьшения биомассы с глубиной: от 5275,0 и 2975,0 г/пог. м на верхнем горизонте (глубина 4 м) до 429,6 и 206,3 г/пог. м на нижнем горизонте (глубина 8 м) соответственно. Также уменьшение биомассы с глубиной наблюдается у многощетинковых червей, мшанок, иглокожих и асцидий от 2891,9 до 258,4 г/пог. м. У *C.*

grayanus и *H. arctica* уменьшается биомасса от 1550,0 и 56,6 г/пог. м до 715,0 и 23,1 г/пог. м, соответственно и их распространение прекращается на глубине 6 м. Плотность поселения уменьшается с глубиной у асцидий, иглокожих и *A. boucardi*, *M. modiolus*, *H. arctica* из двустворчатых моллюсков. У остальных обрастателей отсутствует четкая тенденция к изменению биомассы и плотности поселения с глубиной (рис. 9).

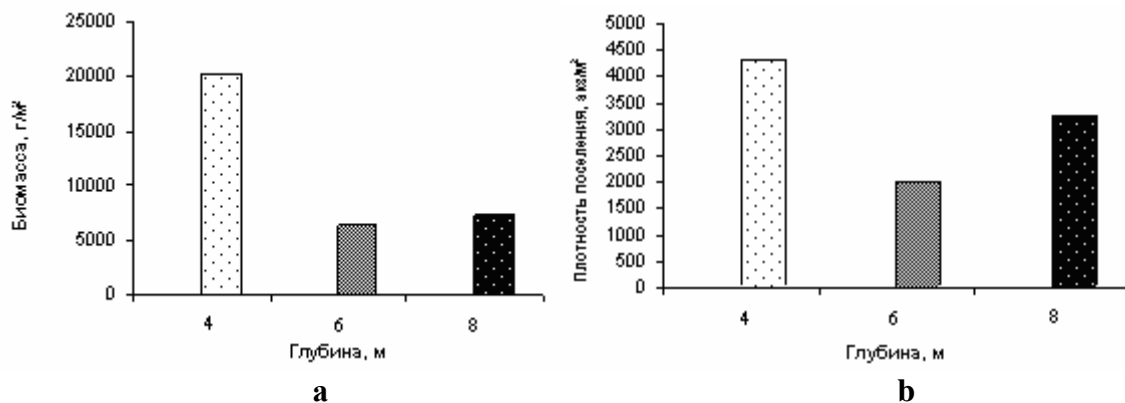


Рис. 9. Изменение суммарной биомассы (а) и плотности поселения (б) обрастателей коллекторов-субстратов от глубины

ЛИТЕРАТУРА

Брыков В.А., Левин В.С., Овсянникова И.И., Селин Н.И. Вертикальное распределение массовых видов организмов в обрастании якорной цепи буя в бухте Витязь // Биол. моря. — 1980. — № 6. — С. 27–34.

Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б., Явнов С.В. Оценка заселения гидробионтами рифа «Сотос» в двух бухтах залива Посъета (Японское море) // Тез. докл. Всесоюз. конф. по науч.-техн. пробл. марикультуры в стране. — Владивосток: ТИНРО, 1989. — С. 75–76.

Габаев Д.Д. Использование искусственных рифов для воспроизводства приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay) и мидии Грея *Crenomytilus grayanus* (Dunker) // Марикультура на Дальнем Востоке. — 1986. — С. 72–77.

Габаев Д.Д. О сукцессии перифитона на искусственных субстратах в водах Приморья // Тез. докл. Всесоюз. конф. по науч.-техн. пробл. марикультуры в стране. — Владивосток: ТИНРО, 1989. — С. 76–77.

Григорьева Н.И., Регулев В.Н., Золотова Л.А., Регулева Т.А. Культивирование моллюсков в западной части залива Посъет (залив Петра Великого, Японское море) // Рыб. хоз-во. — 2005. — № 6. — С. 63–66.

УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК БИОФИЛЬТРОВ В СИСТЕМАХ ЗАМКНУТОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ХОЛОДНОВОДНЫХ РАКООБРАЗНЫХ

Д.В. Тырин, Н.П. Ковачева

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, Россия

Спецификой замкнутых по водоснабжению систем является использование одного и того же объема воды с незначительной подменой воды в период использования. Для нормальной жизнедеятельности гидробионтов необходимо, чтобы вода содержала наименьшие концентрации токсичных азотсодержащих веществ. В природных водоемах безопасный уровень токсичных азотсодержащих веществ (из метаболитов и выделений гидробионтов, детрита и метеоосадков) достигается сбалансированным круговоротом азота в воде. В установках с замкнутым водообеспечением (УЗВ) для уменьшения концентраций токсических веществ устанавливаются блок очистки, поэтому блок регенерации оборотной воды играет главенствующую роль в УЗВ. В него обязательно включают устройства механической и биологической очистки, по необходимости добавляя УФ-стерилизаторы, озонаторы, флотаторы и накопительные емкости (в промышленных комплексах).

Наилучшие гидрохимические показатели оборотной воды показывают УЗВ с использованием для биологической очистки биофильтров с объемной загрузкой из различных материалов. Загрузка служит субстратом для развития колоний аэробных бактерий-гетеротрофов родов *Nitrobacter* и *Nitrosomonas*. Бактерии рода *Nitrosomonas* перерабатывают азот органических загрязнений («общий аммоний»), образующийся в системе в результате накопления продуктов метаболизма и остатков корма, в острую токсичные для гидробионтов нитриты, а бактерии рода *Nitrobacter* перерабатывают нитриты далее — в значительно менее токсичные нитраты. Последние удаляются из оборотной воды с помощью периодической частичной подмены ее или в процессе денитрификации, для проведения которого используются биофильтры-денитрификаторы. Все описанные выше биохимические процессы являются частью метаболизма бактерий, поэтому наиболее полно и быстро протекают при оптимальной для микроорганизмов среде, т.е. при температуре воды 24–27 °С (Рубан, 1961). При такой температуре воды период запуска биофильтра составляет 14–21 сут (Жигин, 1985, Дейкин, 2001). При температуре воды 5,0–7,5 °С реакции процесса нитрификации проходит только на 20–60 % скорости от нитрификации при 18–20 °С (Speece, 1973; Shi et al., 2005). При низких температурах замедляются процессы запуска биофильтра и его вывода на рабочую мощность («созревания»), а также значительно снижается устойчивость системы к изменению нагрузки на нее по биомассе.

В период запуска новой замкнутой системы качество оборотной воды нестабильно, так как в ней накапливаются токсичные азотсодержащие вещества. При обработке морской воды процессы формирования биоценоза биофильтра протекают очень медленно. Ниже кратко рассматриваются известные методы запуска биофильтров для всех типов УЗВ.

Метод создания резервной производительности добавлением азотсодержащих веществ. Во время запуска биофильтра необходимо задать на него повышенную нагрузку внесением органических (порция корма, кусок мяса, рыбы, кальмара, мясной бульон) продуктов или химических (соли аммония) веществ, чтобы адаптировать его к большому количеству гидробионтов (Марковцев и др., 1987). Это предотвратит возможные всплески выделения аммония и нитритов при вселении гидробионтов. После периода такого запуска необходимо полностью слить воду и залить рыбоводную емкость свежей водой во избежание накопления применявшихся токсичных препаратов. Однако этого можно и не делать, если систему заселяют не сразу и циркуляция воды в ней достаточно сильная.

Методы постепенного увеличения нагрузки. Для ввода в рабочую эксплуатацию биофильтра лучше использовать гидробионтов, неприхотливых к содержанию аммония в воде. Эти объекты обеспечивают необходимое количество органики для начала минерализации и

последующей нитрификации. Основную массу гидробионтов или гидробионтов, чувствительных к концентрации аммония, подсаживают только после стабилизации процессов нитрификации, порционно. Таким образом, если система рассчитана на поддержание концентрации аммония, например, в пределах 0,2 мг/л, то новых особей необходимо подсаживать не ранее, чем бактерии-нитрификаторы доведут концентрацию аммония, выделяемого ранее посаженными гидробионтами, до 0,2 мг/л или ниже. Регулировать нагрузку на биофильтр можно также с помощью разделения потока воды. В этом случае меньшая часть воды идет на очистку, а большая — циркулирует вне биофильтра. Со временем поток, идущий на биофильтр увеличивают (Яковлев, Воронов, 1975). Такие способы очень длительны.

Метод внесения сформировавшихся культур бактерий. Для ускорения наступления биологического равновесия в новую систему при наполнении можно добавить до 25 % воды из действующей системы или водоема. В этой воде все необходимые бактериальные популяции уже сформировались и им необходимо только адаптироваться к новым условиям. В новый биофильтр можно внести детрит или наполнитель из работающего биофильтра «сбалансированной» аквасистемы (Верещагин, 1990).

Это самый быстрый метод запуска биофильтра в тепловодных системах. Однако «готовые» популяции микроорганизмов, реализуемые производителями аквариумной продукции, достаточно дорогостоящи, плохо переносят хранение и не всегда подходят по количественному и видовому составу.

Результаты применения такого метода в холодноводных системах представлены в работах лаборатории воспроизводства ракообразных ВНИРО (Ковачева, 2002, 2005; Калинин и др., 2005). При внесении сформировавшихся культур нитрифицирующих бактерий в воду с температурой 8–12 °С очистная система выходит на полную мощность на 75–80-е сут. Накопление биомассы *Nitrosomonas* происходит за 20–40 сут: содержание аммония снижается с 0,60–0,70 до 0,03–0,05 мг/л, а содержание нитратов повышается с 0 до 5,57–8,54 мг/л. Бактерии *Nitrobacter* в проведенных лабораторией опытах, стабилизировали свою деятельность за 60–65 сут: концентрация нитритов снизилась до 0,20 мг/л, концентрация аммония в дальнейшем стабильно не превышала 0,05–0,07 мг/л, а концентрация нитратов достигла 14,0–15,0 мг/л.

Также известен комбинированный метод запуска с добавлением 3–10 % «старой» воды от объема запускаемого биофильтра и солей аммония (Gross et al., 2006).

Метод плавного понижения температуры воды. Процесс «созревания» биофильтра, рассчитанного на работу в холодноводной УЗВ, можно ускорить, если выводить его на максимальную мощность при 20–25 °С, а затем снижать температуру на 1–2 °С в сутки до требуемой (Спott, 1983). Таким образом, происходит адаптация нитрифицирующих бактерий биофильтра к низким температурам воды.

Целью данной работы было возможно большее сокращение периода вывода системы биологической очистки на рабочую мощность в холодноводных УЗВ. Этот период нельзя исключить ни установкой каких бы то ни было агрегатов, ни внесением каких-либо веществ, так как биологическая очистка полностью зависит от цикла жизнедеятельности бактерий. Только механическая очистка, осуществляемая простейшими устройствами, вроде губок, синтепона, микросит, является недостаточной для роста и развития гидробионтов. К тому же, укороченный период «созревания» позволяет быстрее начать процесс культивирования.

Для эксперимента был выбран аквариум итальянской фирмы «Тесо» (см. таблицу, рис. 1). Аквариум выполнен из стеклопакетов, склеенных в стык. В нем находится встроенный программируемый холодильник, очистной отсек и система освещения. Очистной отсек представляет собой пластиковый короб, находящийся внутри аквариума и прилегающий к его задней стенке и стенке холодильного отсека. Он разделен на 3 секции: для погружного циркуляционного насоса, подающего воду в следующую по току воды секцию — для комбинированного фильтра; для сбора отфильтрованной воды и подачи ее в основной объем аквариума через отверстия. Объем очистного отсека составляет 22,3 % общего объема. Субстрат комбинированного фильтра состоит из биологического наполнителя («биошары» китайского производства), губок для тщательной механической очистки и синтепона — для грубой. Механическая часть фильтра располагается сверху (перед биологической по направлению тока воды). Система ос-

вещения, встроенная в крышку аквариума, представляет собой люминесцентную и ультрафиолетовую лампы, расположенные параллельно.

Задачей работы являлось создание резервной мощности холодноводного биофильтра в аквариуме для передержки морских ракообразных при «подкормке» биоценоза нитрификаторов химическими азотсодержащими веществами.

В данном опыте использовалась искусственная морская вода соленостью 32–34 ‰, насыщенная кислородом на 90–100 %, с окислительно-восстановительным потенциалом 350 мВ и рН 8,1. Аквариум залили водопроводной водой и оставили на 2 сут для отстаивания (при включенной циркуляции). На 3-и сут в воду внесли быстрорастворимую искусственную морскую соль «Corallife» («Energy Savers Unlimited», США) из расчета 3 кг на 100 л воды (по инструкции производителя). На следующие сутки было внесено 13 мл 10 %-го раствора аммиака (нашатырный спирт). Этот реактив был выбран потому, что является лучшим химическим индикатором готовности биофильтра к повышенным нагрузкам, так как более насыщен азотом, чем, например, соли аммония. За период эксперимента раствор аммиака вносился в том же количестве еще 4 раза (на 23, 28, 35, 40-е сут) с одновременным понижением температуры (рис. 2).

Ежедневно проводился контроль за концентрациями аммония, нитритов и нитратов, с помощью капельных колориметрических тестов фирмы «Tetra» (США). Следует оговорить тот факт, что шкалы колориметрических тестов недостаточно точно отградуированы, но для экспресс-анализа в промышленных условиях (на базах передержки, в аквариумистике) они пригодны. В связи с этим на графике нитрификационных процессов (рис. 3) пики концентраций азотсодержащих веществ ярко выражены. В ходе опыта 3 раза производилась подмена воды в количестве 20 % общего объема.

Из рис. 3 видно, что бактерии *Nitrosomonas* появились в биофильтре на 19 день и стабилизировали свою деятельность (начали стабильно перерабатывать поступающий аммоний) к 29 дню опыта. Бактерии *Nitrobacter* появились на 24 день и стабильно окисляли нитриты с

Характеристики установки

Показатель	Величина
Габариты аквариума (длина x ширина x высота), см	140x44x43
Общий объем аквариума, л	265
Объем очистного отсека (комбинированный фильтр), л	59
Мощность циркуляционного насоса, л/ч	1200
Требуемое напряжение сети, В	220
Потребление электроэнергии, кВт/ч:	0,38
в том числе	
насос	0,04
система освещения (2 лампы мощностью по 25 Вт)	0,04
холодильная установка	0,3
Диапазон рекомендуемых температур воды, °С	8–12



Рис. 1. Внешний вид установки

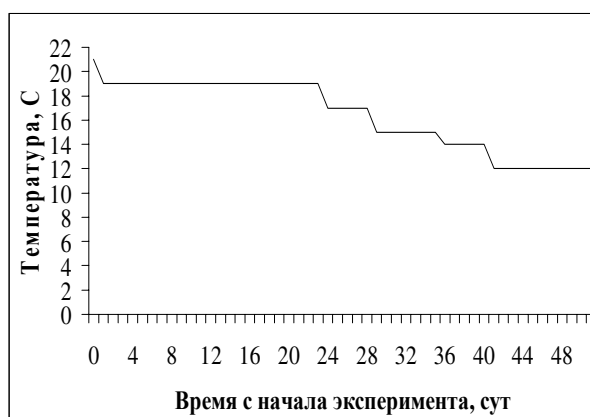


Рис. 2. Динамика температуры воды в аквариуме

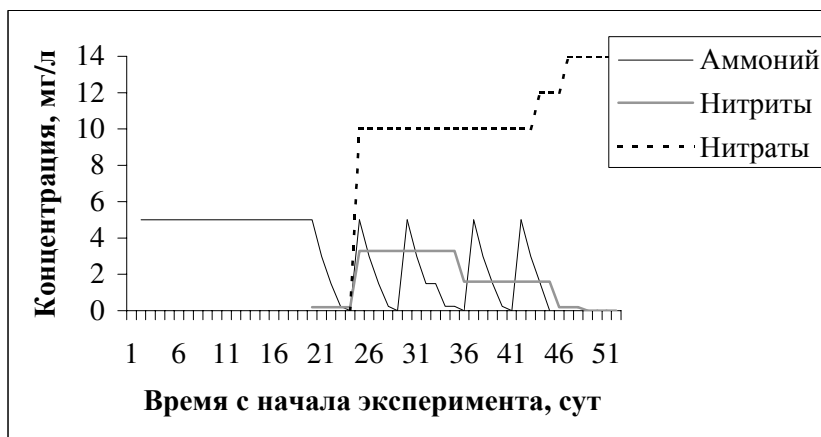


Рис. 3. Нитрификационные процессы в экспериментальной установке

43 дня. После утилизации *Nitrosomonas* каждой порции аммиака, в аквариуме понижали температуру на 2 °С для адаптации бактерий *Nitrobacter*.

Таким образом, главным результатом эксперимента явилось сокращение продолжительности пускового периода с 75–80 сут до достижения биологического равновесия в системе до 48–50 сут.

ЛИТЕРАТУРА

- Верещагин Г.В. Об ускорении созревания биофильтров в морском аквариуме с системой оборотного водоснабжения // Актуальные проблемы рыбохозяйственной науки в творчестве молодых ученых. — М.: ВНИРО, 1990.
- Дейкин Н. Морской аквариум. Практическое пособие по содержанию рыб и беспозвоночных. Пер. с англ. яз. — М.: Международные отношения, 2001. — 216 с.
- Жигин А.В. Пусковой период аэротенка-отстойника в рыбоводной установке // Индустриальное рыбоводство в замкнутых системах. — М.: ВНИИПРХ, 1985. — Вып. 46. — С. 60–63.
- Калинин А.В., Паршин-Чудин А.В., Ковачева Н.П., Лебедев Р.О. Установка с замкнутым циклом водоиспользования для культивирования камчатского краба // Материалы 2-й междунар. конф. «Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки». — М.: ВНИРО, 2005. — С. 148–151.
- Ковачева Н.П. Биотехнология искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в системе с замкнутым циклом водоснабжения // Материалы Междунар. конф. — Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2002. — Т. 3. — С. 300–308.
- Ковачева Н.П. Камчатский краб как новый объект марикультуры: ОИ ВНИЭРХ. Прибрежное рыболовство и аквакультура. — М., 2005. — Вып. 1. — 32 с.
- Марковцев В.Г., Брегман Ю.Э., Пржеменецкая В.Ф. и др. Культивирование тихоокеанских беспозвоночных и водорослей. — М.: Агропромиздат, 1987. — С. 152.
- Рубан Е.Л. Физиология и биохимия нитрифицирующих микроорганизмов. — М.: АН СССР, Ин-т микробиол., 1961. — 175 с.
- Спотт С. Содержание рыбы в замкнутых системах. Пер. с англ. яз. — М.: Лег. пром-сть, 1983. — 192 с.
- Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры. — М.: Стройиздат, 1975. — 136 с.
- Gross A., Nemirovsky A., Zilberg D., Nejidat A. Soil nitrifying enrichments for enhancement of bio-filtration systems in intensive recirculating saline water aquaculture // World Aquaculture. — 2006. — Vol. 37, № 2. — P. 12–15.
- Shi Y., Hu X., Wang J. Characteristics of sewage treatment by moving-bed biofilm reactor // Research on environmental science (Huanjing Kexue Yanjiu). — 2005. — Vol. 18, № 5. — P. 49–51, 55.
- Speece R.E. Trout metabolism characteristics and the rational design of nitrification facilities for water reuse in hatcheries // Transactions of the American Fisheries Society. — 1973. — Vol. 102, № 2. — P. 323–334.

ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО ОСЕТРОВЫХ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ И ЕВРЕЙСКОЙ АВТОНОМНОЙ ОБЛАСТИ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

И.Е. Хованский^{1,2}, О.Н. Антипова¹

¹ ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства», г. Хабаровск, Россия, e-mail: mail@arv.khv.ru

² Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, г. Хабаровск, Россия, e-mail: tinro@tinro.khv.ru

В Хабаровском крае и Еврейской автономной области в бассейне Амура распространены два промысловых вида осетровых — калуга *Huso dauricus* (Georgi) и амурский осетр *Acipenser schrenckii* Brandt, на япономорском побережье (р. Тумнин) — редкий, занесенный в Красную книгу Российской Федерации сахалинский, или зеленый, осетр *Acipenser medirostris* Ayres.

В конце XIX века вылов осетровых в Амуре превышал 1 тыс. т (Крюков, 1894), но уже в первые десятилетия XX века сократился до величины около 300 т. В дальнейшем, несмотря на довольно продолжительные периоды запретов, численность и уловы осетровых продолжали снижаться. В последние годы по осетровым проводится только научно-исследовательский лов Хабаровского филиала ТИНРО-центра в количестве, обеспечивающем сбор репрезентативного биостатистического материала, а также лов для целей искусственного воспроизводства. Общий объем ежегодного официального изъятия составлял за последние пять лет от 12 до 36 т, с преимущественным выловом по весу калуги, как более крупноразмерного вида. Объем официального вылова калуги (в последние 5 лет ежегодно вылавливалось до 30 т) существенно меньше незаконного браконьерского промысла, объем которого, по экспертным оценкам специалистов ХфТИНРО-центра, составляет не менее 376 т. Объем официального вылова другого вида осетровых — амурского осетра — в последние годы не превышал 12 т, что также значительно ниже экспертно оцененных объемов браконьерского изъятия — 555 т (Прогноз ..., 2006).

Изучением биологии и промысла амурских осетровых первыми начали заниматься В.К. Солдатов (1909–1913 гг.) и А.Н. Пробатов (1929–1930 гг.). Содержание этих работ, дополненное статистикой вылова за последние годы и некоторыми сведениями по биологии, изложено Г.В. Никольским в сводке по рыбам Амура (1956).

В 1963 г. кафедра гидробиологии и ихтиологии ДВГУ заключила договор с Нижне-Амурским Госрыбтрестом на проведение работ по теме «Биологические основы воспроизводства осетровых рыб Амура», работы проводились в течение 3 лет. В итоге этих работ в Амур было выпущено 25 тыс. шт. разновозрастной молоди осетра и калуги, чем была доказана возможность искусственного разведения осетровых рыб в условиях р. Амур (Свирский, 1966). Всего в 1960-е гг., по данным В.Г. Свирского (1968), в Амур было выпущено до 3 млн шт. молоди осетровых.

С начала 90-х гг. прошлого века работы по исследованию амурских осетровых и продолжению отработки биотехники их масштабного искусственного разведения были значительно расширены, что вынуждено определялось как низким уровнем естественного воспроизводства, так и резко возросшим промысловым прессом китайской стороны.

В 1992 г. р/к «Пограничный» и ХфТИНРО организовали рыбоводный пункт в районе с. Владимировки (Еврейская автономная область). Экспериментальные работы по воспроизводству позволили выпустить в первый год 15 тыс. шт. личинок амурского осетра в возрасте 4 сут. В 1995 г. сотрудниками ТИНРО (г. Владивосток) по договору с р/к «Пограничный» были продолжены работы по воспроизводству амурского осетра и калуги на временном рыбоводном пункте в районе с. Владимировки, по окончании рыбоводного сезона в р. Амур было выпущено 95 тыс. шт. молоди амурского осетра и калуги в возрасте 20 сут. С этого же пункта личинки амурского осетра были доставлены в цех Амурской ТЭЦ (г. Амурск) для дальнейшего подращивания в условиях контролируемых температур воды. В результате было выпущено 40 тыс. шт. подращенной молоди амурского осетра. Проведенные работы позволили разработать рыбоводно-биологическое обоснование по использованию рыбоводного цеха Амурской ТЭЦ для воспроизводства осетровых.

В период с 1995 по 1997 г. с рыбоводного пункта в с. Владимировке и цеха Амурской ТЭЦ было выпущено примерно 700 тыс. шт. разновозрастной молоди осетровых.

В 1998 г. к работам по искусственному воспроизводству осетровых подключился р/к «Новоамурский», мощность рыбоводного цеха которого позволяла выпускать до 100 тыс. шт. молоди. В первый год деятельности, при участии сотрудников ХфТИНРО-центра, было выпущено 1,5 тыс. шт. молоди калуги.

В связи с включением строительства осетрового рыбоводного завода в Смидовичском районе Еврейской автономной области в федеральную адресную инвестиционную программу и началом работ по проектированию и строительству завода в с. Владимировке ХфТИНРО-центра были разработаны и Департаментом по рыболовству утверждены «Временные биотехнические нормативы по разведению осетровых рыб для проектируемого осетрового завода в п. Владимировка Еврейской автономной области». Данные нормативы были составлены по аналогии с бионормативами близких видов семейства осетровых, в частности по воспроизводству ленского осетра, и требовали существенной корректировки для амурских осетровых.

Строительство Владимирского осетрового завода началось в 1999 г. на основании Постановления Правительства РФ от 8.06.1996 № 663 «О государственной поддержке социально-экономического развития Еврейской автономной области на 1996–2000 годы» и приказа Госкомрыболовства России от 26.06.1996 № 135.

В 2000 г. в перечень договорных и проектных работ, финансируемых через бассейновые управления, был включен договор с ХоТИНРО-центра по разработке временных бионормативов по искусственному воспроизводству амурского осетра и калуги. Исходный материал был собран по таким вопросам, как разработка размерно-возрастного стандарта выпускаемой молоди амурского осетра и калуги; использование искусственных стартовых комбикормов с момента перехода на активное питание; уточнение температурных границ при выдерживании и инъецировании производителей, инкубации икры; уточнение норм загрузки икры в инкубационный аппарат «Осетр», расходов воды при инкубации икры; уточнение расходов воды и плотностей посадки личинок амурских осетровых рыб на различных этапах выращивания бассейновым методом.

Работы проводились на базе рыбоводных цехов Амурской ТЭЦ-1 и р/к «Новоамурский». В ходе работ за два года в р. Амур было выпущено около 1 млн шт. разновозрастной молоди амурского осетра и калуги. Ученые ХоТИНРО-центра разработали способы массового мечения молоди и получения зрелой икры осетровых с сохранением жизни самок (Иванов, 2003; Иванов, Литовченко, 2004; Пат. 2206987).

В 2001 г. разработанные ХоТИНРО-центром «Временные биотехнические нормативы по искусственному воспроизводству амурских осетровых рыб бассейновым методом для проектирования и строительства осетровых рыбоводных заводов в Хабаровском крае и Еврейской автономной области» были утверждены первым заместителем председателя Госкомрыболовства России А.П. Моисеевым. Они до сих пор являются нормативной базой для разведения осетровых на территории Хабаровского края и ЕАО.

Увеличение масштабов искусственного воспроизводства осетровых рыб на Амуре сдерживалось в первую очередь недостаточным количеством производственных площадей (рыбоводных бассейнов), необходимых на заключительных этапах выращивания молоди, в связи с чем в июле—августе 2002 г. сотрудниками ХоТИНРО-центра были проведены эксперименты по подращиванию молоди амурского осетра в условиях Анюйского лососевого завода (Иванов и др., 2004). По завершении работ в Амур было выпущено 8,5 тыс. шт. молоди амурского осетра средней массой 3250 мг. Отход за период выращивания составил 21,9 % общего количества молоди. Анализ работы и расчеты показали, что на Анюйском лососевом рыбоводном заводе без дополнительных капитальных затрат ежегодно можно получать не менее 0,5 млн шт. молоди амурских осетровых.

Весной 2003 г. по причине необеспечения биологическими ресурсами рыбоводных предприятий, занимающихся воспроизводством осетровых, сбор и закладка икры были сорваны, в связи с чем установленные планы по выпуску молоди не были выполнены. С рыбоводного цеха Амурской ТЭЦ в тот год выпустили 1998 шт. годовиков амурского осетра и 168,9 тыс. шт. молоди амурского осетра, полученной от производителей маточного стада. Рыбколхозом «Новоамурским» выпущено 81,79 тыс. шт. молоди амурского осетра, несколько штук было оставлено в цехе на подращивание. Икра была получена прижизненным способом от самки, изъятой сотрудниками транспортной милиции у браконьеров.

В 2004 г. молодь амурского осетра возрастом 1+ в количестве 62 шт. была передана р/к «Новоамурским» ФГУ «Амуррыбвод» на Анюйский рыбоводный завод. На сегодняшний день ремонтные особи амурского осетра в бассейнах завода достигли средней навески 2,4 кг.

С 2005 г. Амурской ТЭЦ ОАО «Хабаровскэнерго» и р/к «Новоамурский» квоты вылова осетровых для целей искусственного воспроизводства не выделялись. В 2005 г. специалистами Амурской ТЭЦ была получена икра от производителей, завезенных в 2004 г. По окончании периода подращивания в р. Амур выпустили 114,1 тыс. шт. молоди амурского осетра, в том числе 0,1 тыс. шт. годовиков.

Проведенные научные работы на Аннойском рыбоводном заводе послужили основой для начала масштабных экспериментальных работ по воспроизводству амурских осетровых рыб. Все работы были выполнены на существующих производственных площадях, предусмотренных для разведения осенней кеты. В весенне-летний период, в связи с особенностями лососевого технологического цикла, бассейны свободны, что позволяет использовать их для подращивания молоди осетровых. В 2006 г. ФГУ «Амуррыбвод» была выделена квота на отлов производителей, установлен план на выпуск молоди — по 250 тыс. шт. молоди амурского осетра и калуги. Заготовку производителей планировалось произвести весной, но в связи с задержкой выдачи разрешения на вылов, сроки работ по отлову были перенесены на осень, а сроки получения половых продуктов — на весну следующего года, после зимовки производителей на заводе.

Отлов производителей осуществлялся на Нижнем Амуре силами экспедиции с привлечением судна «Синец», плашкоута и 2 катеров «Амур». Выловленных производителей размещали в садки, установленные непосредственно в реке вдоль борта плашкоута. Рыбу перед посадкой в садки тщательно осматривали. В связи с малым количеством отловленных производителей, отсортировывали только сильно травмированную рыбу. По окончании лова рыба была пересажена в бассейны, установленные на плашкоуте, с непрерывной подачей заборной воды. Транспортировка с Нижнего Амура до с. Троицкого заняла 7 сут, за время пути наблюдались колебания температуры воды 1–2 °С. Всего было доставлено и посажено на выдерживание 24 производителя амурского осетра (16 самцов, 8 самок) и 6 производителей калуги (3 самки, 3 самца), а также 5 годовиков калуги. За время транспортировки отхода не наблюдалось. Всех производителей осетра и годовиков калуги, содержащихся в бетонных бассейнах, предназначенных для выдерживания личинок лососевых, удалось приучить к искусственному корму. Начало поедания корма отмечено в марте. Рыбам давали крупный гранулированный искусственный корм, предназначенный для осетровых рыб, фирмы ALLER AQUA и кусочки рыбы (осенняя кета). Вследствие этого дистрофии рыб, которая зачастую наблюдается при посадке диких производителей осетровых в искусственные условия, не наблюдалось. На теле рыб имелись раны, полученные во время лова и транспортировки, которые обрабатывали раствором перекиси водорода. Зимовку пережили 50 % производителей — 13 особей осетра (2 самки, 11 самцов) и 2 особи калуги (самка и самец).

Работы по взятию половых продуктов проводились весной 2007 г. Половые продукты были получены от двух самцов и одной самки осетра. После оплодотворения икра была загружена в аппарат «Осетр», но спустя 8 ч остановилась в развитии, возможно на качество половых продуктов повлияли длительная транспортировка, экологическая обстановка в р. Амур, условия содержания в заводских условиях. Проверка на зрелость самки калуги показала, что икра внутри тела самки начала резорбироваться. Самец и самка калуги были возвращены в естественный водоем. Для содержания производителей амурского осетра в цехе завода были установлены бассейны объемом 9 м³, производители оставлены для создания маточного стада.

В 2007 г. ФГУ «Амуррыбвод» была также разработана программа «Искусственного воспроизводства и выпуска в р. Амур молоди амурского осетра и калуги на 2007 год», в которой предусматривалось проведение работ по взятию половых продуктов, оплодотворению и первичной инкубации икры на временном рыбоводном пункте в районе лова производителей. Икра после первичной инкубации, на 18-й стадии развития в пакетах с кислородом изотермических ящиках со льдом транспортировалась водным транспортом до г. Комсомольск-на-Амуре, а далее автомашиной на Аннойский рыбоводный завод. Дальнейшая инкубация проходила в аппарате «Осетр», установленном в инкубационном цехе. Всего перевезено 20,8 кг оплодотворенной икры, это количество позволило выпустить в р. Амур 228,980 тыс. шт. подрощенной молоди калуги и 27,296 тыс. шт. молоди амурского осетра. Сотрудниками отработана технология взятия половых продуктов прижизненным способом, приобретен опыт в уходе за личинками, кормлении молоди и т.д.

К сожалению, полностью задание по выпуску молоди осетровых в 2007 г. (500 тыс. шт. молоди амурского осетра и калуги) не удалось выполнить из-за упущенного времени, вызванного необоснованной, досадной задержкой оформления разрешения на отлов производителей Управлением Россельхознадзора по Хабаровскому краю и ЕАО.

Обобщенные сведения по количеству выпуска в р. Амур искусственно полученных личинок и молоди амурского осетра и калуги представлены в таблице.

Сведения о выпуске в р. Амур искусственно полученных личинок и молоди амурского осетра и калуги (1992–2007 гг.)

Предприятие	Год выпуска	Вид осетровых	Количество молоди, тыс. шт.	Возрастная стадия
Пункт в с. Владимировке	1992	Амурский осетр	15,0	Личинка
	1995	Амурский осетр и калуга	95,0	Молодь разновозрастная
Рыбоводный цех Амурской ТЭЦ-1	1995	Амурский осетр	40,0	Молодь разновозрастная
	1996	Амурский осетр	42,0	Молодь разновозрастная
		Калуга	20,1	
	1997	Амурский осетр	223,6	Молодь разновозрастная
	1999	Амурский осетр	209,5	45-суточная
		Калуга	393,0	
	2000	Амурский осетр	235,1	45-суточная
			0,516	Годовики
	2001	Амурский осетр	3,402	45-суточная
			236,8	
	2001	Амурский осетр	2,236	Годовики
			0,054	2-х летки
			0,290	Калуга
	2002	Амурский осетр	391,0	45-суточная
	2003	Амурский осетр	1,998	Годовики
			166,9	45-суточная
	2004	Амурский осетр	415,0	45-суточная
	2005	Амурский осетр	114,0	Молодь разновозрастная
			0,1	Годовики
2006	Амурский осетр	15,0	Молодь разновозрастная	
	Калуга	25,0	45-суточная	
2007	Амурский осетр	0,06	Годовики	
		22,0	45-суточная	
		17,5	Калуга	
		0,053	Годовики	
Рыбколхоз «Ново-амурский»	1998	Калуга	1,5	45–46-суточная
	1999	Амурский осетр	45,0	45–48-суточная
		Амурский осетр	75,0	Личинка (перевезено на Амурскую ТЭЦ)
	2000	Амурский осетр	127,3	45-суточная
	2001	Амурский осетр	91,7	45-суточная
	2002	Амурский осетр	260,5	45-суточная
	2003	Амурский осетр	81,79	45–50-суточная
2004	Амурский осетр	0,062	Годовики (передано на Анюйский ЛРЗ)	
Анюйский рыболов-ный завод	2007	Амурский осетр	27,3	45-суточная
		Калуга	229,0	

В реках Хабаровского края (преимущественно в р. Тумнин) встречается единичными экземплярами еще один вид осетровых — сахалинский (зеленый) осетр. Лимитирующими факторами его распространения является очень низкая эффективность размножения, а также незаконный вылов этого вида в период нерестовой миграции. Проведение рыболовных работ по искусственному воспроизводству краснокнижного вида с целью зарыбления мест естественного обитания должно способствовать сохранению сахалинского (зеленого) осетра.

Первые попытки искусственного разведения сахалинского осетра в Хабаровском крае были предприняты в 1987 г. В тот год было получено 200 тыс. шт. икры, основная часть которой была доставлена на Малкинский лососевый рыболовный завод Камчатрыбвода, небольшая часть икры перевезена в Центральную лабораторию по воспроизводству рыбных запасов (г. Ленинград) и Центральное производственно-акклиматизационное управление (ЦПАУ, г. Москва) (Артюхин, Андронов, 1990).

Специалистами Приморской производственно-акклиматизационной станции Примор-рыбвода совместно с сотрудниками Центральной лаборатории Главрыбвода в 1991 г. были

продолжены работы по получению половых продуктов от производителей сахалинского осетра. В результате совместной работы было получено и перевезено на Охотский лососевый рыболовный завод Сахалинрыбвода 38 тыс. шт. оплодотворенной икры.

В дальнейшем выполнялись работы по транспортировке на завод производителей, где в контролируемых условиях от них получали половые продукты. Таким образом, на заводе было сформировано ремонтно-маточное стадо сахалинского (зеленого) осетра. Тем не менее, проблема получения потомства от производителей, содержащихся на заводе, пока не решена.

Для решения вопросов, связанных с разработкой технологий искусственного воспроизводства новых видов, необходимо иметь в том числе и стационарную научно-исследовательскую базу. В 2006 г. специалистами ФГУП «ВНИРО» — д.б.н. Е.В. Микодиной, ФГУ «ЦУРЭН» — В.Е. Хрисанфовым, к.б.н. Э.В. Бубунец, Е.Б. Лебедевой, совместно со специалистами ФГУ «Амуррыбвод» А.В. Шведовым и П.А. Чешкиным было разработано рыболовно-биологическое обоснование (РБО) производственно-экспериментальной базы «Лососина» по воспроизводству сахалинского (зеленого) осетра *Acipenser medirostris* в г. Советская Гавань. На основании чего ФГУ «Амуррыбвод» проводит восстановительный ремонт и реконструкцию производственно-экспериментальной базы. При установке определенного оборудования на базе могут не только осуществляться работы с сахалинским осетром, но и при необходимости, с другими видами рыб и беспозвоночными животными.

В 2007 г. сотрудниками ФГУ «Амуррыбвод» была разработана программа «Искусственного воспроизводства сахалинского (зеленого) осетра — *Acipenser medirostris* (Ayres, 1854) в Хабаровском крае и зарыбления естественных мест его обитания (район р. Тумнин) в период с 2007 по 2011 г.», которой предусмотрены выпуск молоди в р. Тумнин и создание ремонтно-маточного стада. В мае 2007 г., после получения соответствующего разрешения от Росприроднадзора, в р. Тумнин специалистами совместной экспедиции ФГУ «Амуррыбвод», ФГУ «ЦУРЭН» и ПримПАС (руководитель экспедиции В.Е. Хрисанфов) были отловлены самка и самец зеленого осетра. Отловить еще одного самца не удалось, несмотря на предпринятые попытки. Для созревания производителей в качестве стимулятора использовали сурфагон. Половые продукты были получены прижизненно, производители возвращены в естественную среду обитания. Инкубация икры протекала в аппарате «Осетр», смонтированном в полевых условиях на берегу р. Тумнин при температуре воды 11,8 °С. Всего оплодотворилось 92,0 % икринок. Инкубация продолжалась 7 сут, массовый выклев личинок наблюдался при температуре воды 13 °С. Выход личинок от заложенной икры составил 1,2 %, выклюнулось 1731 личинка. При развитии икры наблюдалось расслабление оболочки и поражение ее гифами сапролегнии.

Дальнейшее развитие личинок проходило на Анюйском рыболовном заводе, куда они были доставлены автотранспортом в пакетах с водой и кислородом, помещенных в изотермический контейнер. В качестве хладагента использовался лед. Подращивание в условиях завода проводили в бассейне ИЦА-2 с подачей речной воды. Личинок и молодь кормили яйцами артемии, трубочником и искусственным кормом фирмы ALLER AQUA. Отмечено, что молодь сахалинского осетра отличается поведением от молоди амурского осетра. Рыбы не активны, предпочитают затененные места. На дно бассейна была уложена галька, имитируя каменистое дно, — молодь скапливалась под камнями.

15 августа 2007 г., по достижении молодью сахалинского осетра средней навески 7 г, молодь в количестве 226 шт. была перевезена и выпущена в р. Тумнин, в том числе было выпущено рыб массой от 0,63 до 1,0 г — 8 шт., 1,0–2,0 г — 15 шт., от 2,0 до 16,4 г — 203 шт. Доставку молоди к месту выпуска осуществляли в пакетах с водой и кислородом. Температура воды в реке при выпуске составляла 17 °С. 200 шт. рыб были оставлены на Анюйском рыболовном заводе для формирования ремонтно-маточного стада.

Следует подробно остановиться на проблемах и перспективах осетрового хозяйства в Хабаровском крае и ЕАО. Временные биотехнические нормативы по искусственному воспроизводству амурских осетровых рыб бассейновым методом ориентированы на схему, которая предусматривает ежегодную заготовку производителей из промысловых уловов, гормональную стимуляцию созревания половых продуктов и краткосрочное подращивание молоди в прудах перед выпуском в естественные водоемы. Схема разового использования производителей эффективна при наличии в уловах достаточного количества половозрелых и качественных особей, но непрекращающийся браконьерский пресс, загрязнение водоемов, из-

менение гидрологического режима ведут к сокращению численности естественных популяций осетровых, негативно сказываются на количестве и качестве производителей. Сложившаяся обстановка не позволяет вести заготовку производителей в непосредственной близости от рыбоводных заводов. В связи с этим ФГУ «Амуррыбвод» строит универсальную рыболовную баржу, которая будет оборудована специальными бассейнами, что позволит осуществлять добычу и транспортировку производителей из проходных стад, транспортировать их с места лова до заводов, перевозить молодь к местам основных нерестилищ осетровых. Для возможности проведения инкубации икры на борту предусмотрено размещение аппарата «Осетр».

Для повышения эффективности искусственного воспроизводства необходимо разработать биотехнические нормативы, предусматривающие создание маточных стад от диких производителей, их содержание в бассейнах и формирование ремонтно-маточных стад в условиях осетровых заводов Хабаровского края и ЕАО. Рационально было бы получать половые продукты от производителей неоднократно, методом надрезания яйцевода, разработанного С.Б. Подушкой (1996, 1999; А.с. 1412035) и отработанным на амурских осетровых С.А. Ивановым (2003).

На Анюйском лососевом рыболовном заводе ФГУ «Амуррыбвод» проводятся экспериментальные работы по содержанию в бассейнах производителей и молоди осетровых. Содержатся 13 взрослых производителей амурского осетра, 61 особь ремонта амурского осетра возрастом 3+, 4 калуги возрастом 2+ и молодь в количестве 600 шт., что позволяет собирать первичный материал для разработки бионормативов.

ФГУ «Амуррыбвод» продолжает активно участвовать в программе искусственного воспроизводства осетровых: оканчивается строительство Владимирского ОРЗ и II-й очереди Анюйского РЗ (осетровой части), подготовлено РБО на реконструкцию производственно-экспериментальной базы «Лососина» для воспроизводства сахалинского (зеленого) осетра. Протоколом заседания Правительства РФ от 13 декабря 2007 г. № 48 поручено проработать вопросы дальнейшего строительства рыболовных заводов по разведению осетровых видов рыб в Хабаровском крае. В проекте программы «Повышение эффективности использования и развитие ресурсного потенциала рыбохозяйственного комплекса на 2009–2013 гг.», кроме завершения строительства существующих рыболовных объектов — Владимирского ОРЗ и II-й очереди (осетровая часть) Анюйского РЗ, и реконструкции ПЭБ «Лососина», предусмотрено строительство двух новых заводов по воспроизводству осетровых в низовьях Амура.

Участие в воспроизводстве амурских осетровых Амурской ТЭЦ позволит дополнительно выпускать 0,5 млн шт. молоди. Так, уже в 2008 г. работы по воспроизводству осетровых планируется осуществлять двумя предприятиями — Анюйским рыболовным заводом ФГУ «Амуррыбвод» и Амурской ТЭЦ. Общий объем планируемого выпуска молоди амурского осетра и калуги — 1 млн шт.

Тем не менее, общий рекомендуемый объем ежегодного выпуска молоди осетровых в р. Амур должен составлять порядка 15 млн шт., что позволило бы со временем получать до 1 тыс. т осетровой продукции (Крыхтин, 1991). Этого можно добиться за счет строительства заводов по выпуску осетровых в р. Амур на территории Хабаровского края и увеличения объемов выпуска молоди китайской стороной.

В Хабаровском крае и ЕАО нет ни одного хозяйства по товарному выращиванию осетровых, возможно, с появлением таковых снизится браконьерский пресс на эти виды рыб. Следует использовать опыт приморских рыболовов и ученых ТИПРО-центра по выращиванию осетровых на базе полносистемного индустриального хозяйства ЗАО «ЛуТЭК» в пос. Лучегорск Приморского края (Свирский, Рачек, 2000; Рачек, Свирский, 2001, 2006). Необходимо сделать все возможное для возрождения роли осетровых промыслов в Хабаровском крае и ЕАО, решить вопросы сохранения и искусственного воспроизводства ценных видов рыб.

ЛИТЕРАТУРА

А.с. № 1412035. Способ получения икры от самок осетровых рыб / С.Б. Подушка (СССР). — 1986.

Артюхин Е.Н., Андронов А.Е. Морфобиологический очерк зеленого осетра — *Acipenser medirostris* (Chondrostei, Acipenseridae) из р. Тумнин (Датта) и некоторые аспекты экологии и зоогеографии осетровых // Зоол. журн. — 1990. — Т. 69, вып. 12. — С. 81–91.

Иванов С.А. Получение зрелой икры амурского осетра *Acipenser schrenckii* Brandt и калуги *Huso dauricus* (Georgi) с сохранением жизни самок // Методические и прикладные аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2003. — С. 190–203.

Иванов С.А., Кошелев В.Н., Галаган В.А. Подращивание молоди амурского осетра на Аннойском лососевом рыболовном заводе // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докл. 3-й междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань, 2004. — С. 121–122.

Иванов С.А., Литовченко Ж.С. О мечении молоди амурских осетровых рыб // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докл. 3-й междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань, 2004. — С. 122–123.

Крыхтин М.Л. Исследования калуги *Huso dauricus* (Georgi) и амурского осетра *Acipenser schrenckii* Brandt среднеамурских популяций: Отчет о НИР / АоТИНРО. № 1110. — Хабаровск, 1991.

Крюков Н.А. Некоторые данные о положении рыболовства в Приамурском крае // Записки Приамурского отдела Императорского русского географического общества. — СПб., 1894. — Т. 1, вып. 1.

Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. — М.: АН СССР, 1956. — 551 с.

Прогноз общих допустимых уловов осетровых рыб в бассейне и лимане Амура на 2008 год (Российские территориальные воды). — Хабаровск: Хабаровский филиал ТИНРО-центра, 2006. — 45 с.

Пат. 2206987. Способ массового мечения осетровых рыб / С.А. Иванов, Ж.С. Литовченко, Т.Н. Миронова. Заявлено 16.10.2001; Опубл. 27.06.2003. — Бюл. № 18.

Подушка С.Б. Получение икры у осетровых с сохранением жизни производителей // Науч.-техн. бюл. лаб. ихтиол. ИНЭНКО. — 1999. — № 2. — С. 4–9.

Подушка С.Б. Прижизненное получение икры у осетровых рыб // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Урала и Западной Сибири: Тез. докл. Всерос. конф. — Тюмень, 1996. — С. 115–116.

Рачек Е.И., Свирский В.Г. Доместикация калуги расширяет ассортимент продукции товарного осетроводства // Рыб. хоз-во. — 2006. — № 5. — С. 86–88.

Рачек Е.И., Свирский В.Г. Опыт выращивания амурских осетровых в бассейнах и садках // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докл. 2-й междунар. науч.-практ. конф. — Астрахань: Нова, 2001. — С. 116–119.

Свирский В.Г. Амурский осетр и калуга: Дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1968. — 379 с.

Свирский В.Г. Отчет по хоздоговорной теме с Нижне-Амурским Госрыбтрестом «Биологические основы воспроизводства осетровых бассейна Амура». — Владивосток: ДВГУ, 1966.

Свирский В.Г., Рачек Е.И. Исследования в области тепловодного индустриального рыболовства // ТИНРО — 75 лет (от ТОНС до ТИНРО-центра). — Владивосток: ТИНРО-центр, 2000. — С. 258–273.

ЧИСЛЕННОСТЬ И МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСЕННЕЙ КЕТЫ В БАЗОВЫХ РЕКАХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДОВ — ГУР И АНЮЙ (БАССЕЙН Р. АМУР)

И.Е. Хованский^{1,2}, А.С. Крушанова¹

¹ ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства», г. Хабаровск, Россия,
e-mail: mail@arv.khv.ru

² Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, г. Хабаровск, Россия, e-mail: tinro@tinro.khv.ru

Амурская осенняя кета — основной объект промысла в бассейне р. Амур, поэтому изучение ее динамики численности и качественных показателей стад имеет большое теоретическое и практическое значение. Реки Анюй (823-й км от устья Амура) и Гур (796-й км) относятся к основным районам воспроизводства осенней кеты в бассейне р. Амур. С 1950-х гг. до настоящего времени в результате климатических и антропогенных факторов значение этих рек в воспроизводстве осенней кеты возросло до 30 % (Леванидов, 1969; Рослый, 2002). На данных реках расположены Анюйский и Гурский лососевые рыболовные заводы (ЛРЗ), производственной мощностью соответственно 30 и 10 млн шт. икры.

Анюйский ЛРЗ начал свою работу с 2000 г. Отлов производителей изначально осуществлялся на притоках р. Анюй — реках Нило и Аджу. В 2004 г. к заводу подошли производители заводского происхождения, они составили около 10 % отловленных производителей для рыболовных целей. В 2004 г. на инкубацию было заложено 10,686 млн шт. икры. В 2007 г. собрано 40,132 млн шт. оплодотворенной икры, которая была получена от производителей заводского происхождения, и их доля составила уже 99 % общего количества отловленных производителей для рыболовных целей (табл. 1).

Таблица 1

Количество отловленных производителей осенней кеты для рыболовных целей и заложеной оплодотворенной икры (бассейн р. Анюй, Анюйский ЛРЗ)

Год	Отловлено производителей для рыболовных целей, шт.			Собрано оплодотворенной икры, млн шт.		
	Всего	в том числе		всего	в том числе	
		ЛРЗ	вне ЛРЗ		заложено на базовый завод	передано на другие заводы
2002	1514	–	1514	3,750	3,750	–
2003	3535	–	3535	8,099	8,099	–
2004	3590	344	3246	10,116	10,116	–
2005	2404	958	1446	6,155	6,155	–
2006	9135	6735	2400	37,270	32,601	4,669
2007	22477	22189	288	40,132	40,132	–

Гурский ЛРЗ выпустил первых покатников в 1968 г. Работы по отлову производителей осуществлялись как в садках завода, так и на дополнительном пункте сбора — р. Хосо (приток р. Гур). Доля производителей заводского происхождения для рыболовных целей на Гурском ЛРЗ в разные годы колебалась от 55 до 100 %. В последние годы производители, подошедшие в садки Гурского ЛРЗ, обеспечивали оплодотворенной икрой другие ЛРЗ, находящиеся в бассейне р. Амур (табл. 2).

В настоящее время в результате отрицательного воздействия ряда климатических и антропогенных факторов нерестовая площадь амурских проходных лососей сократилась примерно в половину (Рослый, 2002). Заводское разведение лососей служит важным средством сохранения запасов лососевых, которое обеспечивает гарантированное наличие площадей, необходимых для инкубации икры и выдерживания предличинок при сокращении естественных нерестовых площадей из-за различных колебаний водности.

Количество отловленных производителей осенней кеты для рыбоводных целей и заложеной оплодотворенной икры (бассейн р. Гур, Гурский ЛРЗ)

Год	Отловлено производителей для рыбоводных целей, шт.			Собрано оплодотворенной икры, млн шт.		
	Всего	в том числе		всего	в том числе	
		ЛРЗ	вне ЛРЗ		заложено на базовый завод	передано на другие заводы
2002	1074	374	700	2,653	2,653	–
2003	4378	2279	2099	10,686	10,686	–
2004	4195	4195	–	9,386	9,386	–
2005	4119	1997	2122	9,196	9,144	0,755
2006	12958	11580	1378	27,783	12,937	14,846
2007	29325	29325	–	44,170	13,473	30,697

Начиная с середины 1990-х гг. запасы осенней кеты в целом по бассейну р. Амур находятся на низком уровне (рис. 1), но в реках Анюй и Гур отслеживается значительно более выраженная позитивная динамика (рис. 2, 3).

Рис. 1. Динамика уловов осенней кеты в р. Амур (1965–2007)

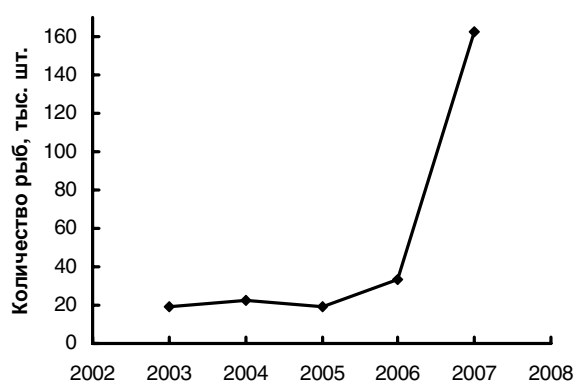
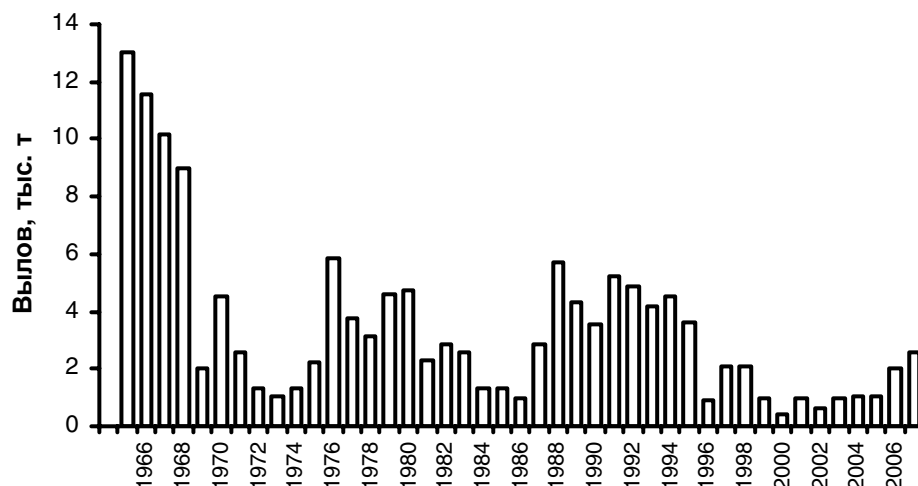


Рис. 2. Динамика численности кеты в р. Анюй (2003–2007 гг.)

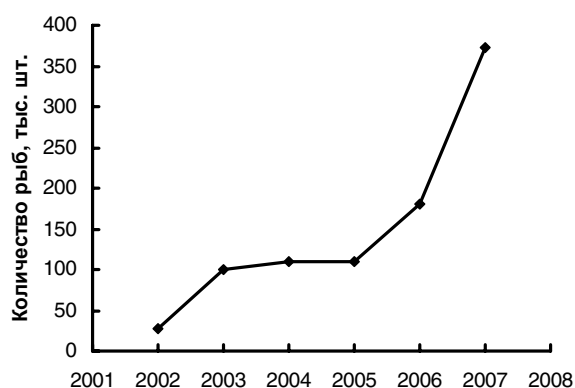


Рис. 3. Динамика численности кеты в р. Гур (2002–2007 гг.)

Эффективность заводского воспроизводства лососей непрерывно связана не только с численностью заводских стад, но и с их биологической структурой (Рослый, 1980). Средние морфобиологические показатели производителей осенней кеты, отловленных на рыбоводных заводах и естественных бассейнах рек Анюй и Гур приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

Средние морфобиологические показатели производителей осенней кеты, отловленных у Анюйского ЛРЗ и притоках р. Анюй

Год	Место вылова	Биологические показатели			Количество исследованных рыб, шт.
		Длина, см	Масса, г	Возраст, лет	
2001	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	69,7	3536	2,7	307
2002	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	70,1	3844	3,5	154
2003	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	67,8	3387	3,0	660
2004	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	69,8	3588	3,1	108
	Анюйский ЛРЗ	64,1	2993	2,9	344
2005	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	68,3	3284	3,3	277
	Анюйский ЛРЗ	68,0	3418	3,1	439
2006	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	63,7	2496	2,9	225
	Анюйский ЛРЗ	64,7	3104	3,0	598
2007	Притоки р. Анюй (Нило, Аджу)	66,7	2923	3,2	80
	Анюйский ЛРЗ	64,9	3042	2,8	532

Таблица 4

Средние морфобиологические показатели производителей осенней кеты, отловленных у Гурского ЛРЗ и притоках р. Гур

Год	Место вылова	Биологические показатели		
		Длина, см	Масса, г	Возраст, лет
2002	Гурский ЛРЗ	65,6	3483	Нет данных
	Р. Гур (устьевая часть)	66,3	3752	Нет данных
2003	Гурский ЛРЗ	68,5	3692	3,0
	Р. Гур (устьевая часть)	68,0	3838	Нет данных
2004	Гурский ЛРЗ	67,0	3844	3,0
	Р. Гур (устьевая часть)	68,8	4120	Нет данных
2005	Гурский ЛРЗ	71,5	4095	3,0
	Р. Гур (устьевая часть)	67,3	3718	4,12
2006	Гурский ЛРЗ	67,3	3735	3,10
	Р. Гур (устьевая часть)	66,1	3762	4,02
2007	Гурский ЛРЗ	68,9	3870	Нет данных
	Р. Гур (устьевая часть)	62,9	3036	3,81

В результате анализа качественных характеристик производителей осенней кеты заводского и естественного происхождения отмечено, что производители, пойманные в садках Гурского и Анюйского ЛРЗ, в основном превышают по массе одновозрастных производителей природных стад и в среднем отличаются более ранним сроком созревания (рис. 4, 5). Возрастная структура заводских стад осенней кеты сходна между собой и в то же время существенно отличается от стад природного происхождения. В заводских стадах осенней кеты Амура по сравнению с природными популяциями преобладают рыбы младшего возраста, что, по мнению Ю.С. Рослого (2002), объясняется акселерацией роста заводской молодежи.

Покатная молодежь при заводском разведении в среднем крупнее мальков от естественного нереста, что отмечалось ранее (Леванидов, 1969; Рослый, 2002). Среднемноголетняя масса покатной молодежи естественного воспроизводства в р. Анюй составляет 283,2 мг, при среднемноголетней длине 35,3 мм. Анюйский ЛРЗ выпускает покатников весом 819,4 мг, при длине

50,6 мм. Размеры покатников естественного воспроизводства р. Гур в период исследований составили 267,5 мг при длине 32,9 мм. Гурский ЛРЗ выпускает покатников весом 582,8 мг, при длине 38,9 мм. Средние морфобиологические показатели молоди осенней кеты ЛРЗ и молоди естественного воспроизводства указаны в табл. 5 и 6.

Рис. 4. Зависимость средней массы производителей кеты р. Анной от среднего возраста (2004–2007 гг.): \blacklozenge — рыбоводный завод; \blacksquare — естественные нерестилища

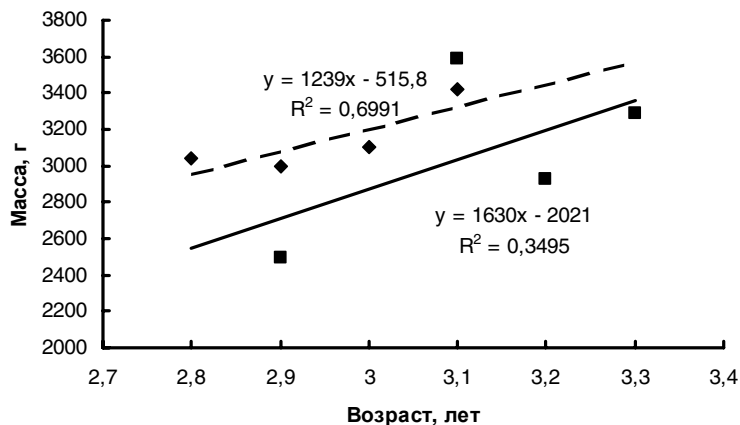


Рис. 5. Зависимость средней массы производителей кеты р. Гур от среднего возраста (2003–2007 гг.): \blacklozenge — рыбоводный завод; \blacksquare — естественные нерестилища

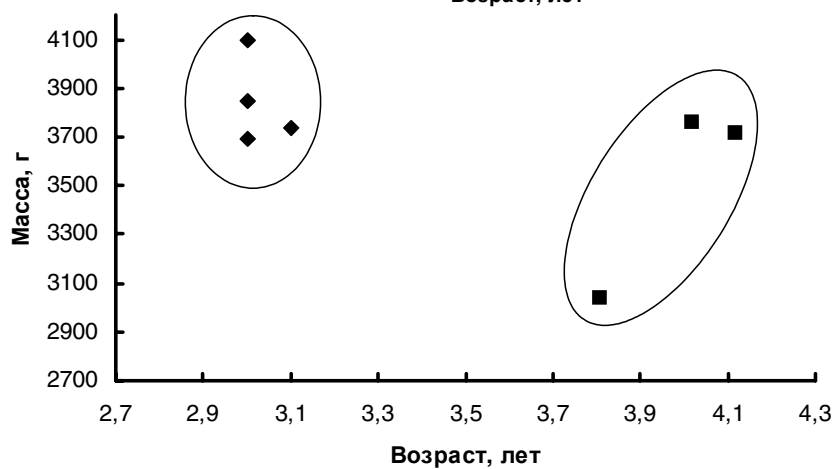


Таблица 5
Средние морфобиологические показатели молоди осенней кеты Аннойского ЛРЗ и молоди естественного воспроизводства в бассейне р. Анной

Год	Происхождение молоди	Биологические показатели	
		Длина, мм	Масса, мг
1991	Естественное воспроизводство	36,8	281
1992	Естественное воспроизводство	37,8	274
1993	Естественное воспроизводство	34,8	245
1994	Естественное воспроизводство	34,2	284
1995	Естественное воспроизводство	36,8	306
1996	Естественное воспроизводство	36,7	312
1997	Естественное воспроизводство	36,4	296
1998	Естественное воспроизводство	34,0	293
1999	Естественное воспроизводство	34,6	273
2000	Естественное воспроизводство	34,9	309
	Искусственное воспроизводство	44,7	600
2001	Естественное воспроизводство	34,0	293
	Искусственное воспроизводство	48,2	900
2002	Естественное воспроизводство	34,5	295
	Искусственное воспроизводство	47,5	634
2003	Естественное воспроизводство	32,8	290
	Искусственное воспроизводство	64,6	1005
2004	Естественное воспроизводство	34,3	295
	Искусственное воспроизводство	49,2	856

Год	Происхождение молоди	Биологические показатели	
		Длина, мм	Масса, мг
2005	Естественное воспроизводство	Нет данных	Нет данных
	Искусственное воспроизводство	52,4	1143
2006	Естественное воспроизводство	35,4	203
	Искусственное воспроизводство	51,4	910
2007	Естественное воспроизводство	36,5	Нет данных
	Искусственное воспроизводство	47,0	507

Таблица 6

Средние морфобиологические показатели молоди осенней кеты Гурского ЛРЗ
и молоди естественного воспроизводства в бассейне р. Гур

Год	Происхождение молоди	Биологические показатели	
		Длина, мм	Масса, мг
2002	Естественное воспроизводство	33,3	277
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	42,0	561
	Искусственное воспроизводство	36,0	432
2003	Естественное воспроизводство	33,0	311
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	41,5	811
	Искусственное воспроизводство	38,0	546
2004	Естественное воспроизводство	33,3	309
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	40,7	581
	Искусственное воспроизводство	38,0	561
2005	Естественное воспроизводство	31,4	223
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	38,1	455
	Искусственное воспроизводство	38,0	590
2006	Естественное воспроизводство	33,9	262
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	42,1	580
	Искусственное воспроизводство	40,0	606
2007	Естественное воспроизводство	32,5	223
	Заводская молодь, пойманная на учетных заграждениях	40,2	526
	Искусственное воспроизводство	39,0	594

Приведенные материалы отражают этап исследований специалистов ФГУ «Амуррыбвод» в области изучения естественного и искусственного воспроизводства лососей, что позволяет наметить пути улучшения сохранения и использования рыбных запасов.

Авторы выражают глубокую благодарность за оказание помощи в сборе первичных материалов работникам Анюйского и Гурского рыбозаводных заводов, Амурского, Комсомольского и Троицкого филиалов ФГУ «Амуррыбвод».

ЛИТЕРАТУРА

Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура: Изв. ТИНРО. — 1969. — Т. 67. — 243 с.

Рослый Ю.С. Биологическая структура популяций амурских лососей и эффективность воспроизводства // Материалы Первого междунар. совещ. по биологии тихоокеанских лососей. — М., 1980. — С. 82–86.

Рослый Ю.С. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 2002. — 210 с.

ЛОСОСЕВЫЕ РЫБОВОДНЫЕ ЗАВОДЫ В ЗОНЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГУ «АМУРРЫБВОД»: ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА

И.Е. Хованский^{1,2}, И.Г. Наумова¹, В.Е. Селютина¹, В.Я. Белянский¹

¹ ФГУ «Амурское бассейновое управление по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и организации рыболовства», г. Хабаровск, Россия,
e-mail: mail@arv.khv.ru

² Хабаровский филиал Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, г. Хабаровск, Россия, e-mail: tinro@tinro.khv.ru

Первые российские рыбные промыслы на Амуре появились с 50-х гг. XIX века. К сожалению, рост величины уловов осуществлялся не за счет правильного использования естественных запасов, а за счет хищнического вылова наиболее ценных лососевых видов. Уже в начальные годы становления промысла для передовых русских ихтиологов-ученых стало ясно, что хищнический лов лососей неизбежно повлечет за собой оскудение их запасов. К этому выводу, в частности, пришел работавший на Амуре в 1907–1913 гг. известный ихтиолог В.К. Солдатов. Им одним из первых было выдвинуто предложение искусственного разведения лососевых. Именно В.К. Солдатов впервые на Дальнем Востоке провел опыты по искусственному оплодотворению икры лососевых и выведению мальков. В дальнейшем эти опыты продолжил его помощник И.И. Кузнецов на р. Большой Чхиль в низовьях Амура, где был оборудован небольшой рыболоводный завод. Несмотря на их несовершенство, первые опыты доказали полную возможность искусственного разведения кеты и горбуши.

В 20-е гг. XX века на Амурском бассейне развернулась большая работа по восстановлению запасов лососей. Строительство первых лососевых рыболоводных заводов (ЛРЗ) можно считать первым начальным этапом становления искусственного воспроизводства на Амуре. В 1928 г. был выстроен Тепловский ЛРЗ, а в 1933 г. — Биджанский ЛРЗ (сейчас — Облученский район Еврейской автономной области). До 1961 г. заводы находились в ведении рыбной промышленности (Хабаровскрыбпром), затем были переданы управлению «Амуррыбвод».

На этих заводах, а в большей степени на Тепловском ЛРЗ, отрабатывалась биотехнология разведения кеты. Тепловский рыболоводный завод — это целая страница в истории как Хабаровского края, так и в истории отечественного лососеводства. Рыбоводство развивалось методом проб и ошибок. Опыты, проведенные на Тепловском заводе, показали, что икра, взятая у самок сразу же после убоя, и спустя 2–3 ч после него, не уступает по своим рыболовным качествам икре естественного нереста. Было доказано, что икра осенней кеты набухает 40–60 мин, это было в 7–8 раз меньше, чем считали раньше рыбоводы (считалось, что процесс набухания икры лососевых рыб должен продолжаться не менее 5–6 ч). Это позволило во много раз повысить производительность работы по оплодотворению. Усовершенствовались методики и способы ухода за инкубируемой икрой и молодь, использования дезинфицирующих средств для обработки икры и молоди. Так, например, рационализаторы Тепловского ЛРЗ начали применять на практике эффективный метод промывки икры с помощью лейки (душевание). Начали применять танин в качестве профилактического средства от расщепления оболочки икры (Леванидов, 1953). Опыт работы Тепловского и Биджанского рыболоводных заводов лег в основу первой инструкции по разведению тихоокеанских лососей (Смирнов, 1963).

В первые годы работы этих двух заводов численность заводских стад составляла по 1,2–3,0 тыс. шт. производителей, но уже в начале 1970-х гг. численность достигла 35,0–40,0 тыс. шт., а объемы выпуска — до 70,0–100,0 млн шт. молоди осенней кеты в год. Стада кеты в базовых реках Бира и Биджан в основном поддерживались только за счет заводского разведения. Мощности заводов были: Тепловский ЛРЗ — 38,8 млн шт. молоди в год, Биджанский ЛРЗ — 17,1 млн шт. молоди. В августе 1997 г. ввиду полного износа производственных мощностей Тепловского и Биджанского рыболоводных заводов большая часть их была списана.

на: на Тепловском заводе выбыло мощностей на 33,8 млн шт., на Биджанском заводе — на 12,1 млн шт. Остывшие мощности старые, изношенные, требуют капитального ремонта.

С 1989 г. подходы производителей к этим заводам резко сократились. Это было вызвано как усилением браконьерского пресса, так и, возможно, изменением природно-климатических условий — относительным потеплением воды в р. Амур в период ската мальков, что могло приводить к их повышенной гибели (Золотухин, 2006). В 2007 г. при хорошем заходе осенней кеты в р. Амур на Тепловском ЛРЗ было отловлено 547 шт. производителей, а на Биджанском — 1749 шт., что недостаточно для заполнения инкубаторов. Дополнительное количество икры было перевезено с Гурского ЛРЗ.

В 60-е гг. прошлого века искусственное воспроизводство приобрело более широкий масштаб. На Амуре строятся еще два лососевых рыбоводных завода — Удинский и Гурский. Это можно увязать со вторым расширенным этапом становления отрасли.

Удинский ЛРЗ действует с 1963 г. на р. Амгунь (район им. Полины Осипенко), в 270 км от устья Амура. Мощность завода — 14,6 млн шт. молоди осенней кеты в год. Сбор икры в первые годы проводился на дополнительных пунктах на расстоянии 260–400 км от завода. Наиболее успешные перевозки оплодотворенной икры были с притока р. Амгунь — кл. Камакан.

С 1971 г. начался возврат производителей в садки завода. Непосредственно на заводе собиралось до 18 млн шт. икры. Возврат производителей к заводу составлял не менее 0,7 %.

Гурский ЛРЗ построен в 1967 г. на р. Гур, в 700 км от лимана р. Амур. Производственная мощность составляла 5 млн шт. молоди в год. В первые годы производители кеты не поднимались по р. Гур до завода и сбор икры проводился на дополнительных пунктах — в 7–450 км от завода. С 1971 г. кета стала заходить непосредственно в садки завода (до 5 тыс. шт. производителей). На заводе была проведена реконструкция с расширением мощности до 10 млн шт. молоди в год. Возврат производителей к заводу составлял в отдельные годы 0,4–1,0 %.

В 90-е годы прошлого столетия страна находилась в состоянии экономического кризиса, наблюдался спад во всех производственных сферах. Отразилось это и на работе рыбоводных заводов. Если до этого времени производственные мощности заводов использовались на 100–130 %, то, начиная с 1992–1993 гг. заводам не удавалось проводить закладку икры на свои полные мощности, это наглядно видно на диаграммах (так, в 1995 г. Удинский ЛРЗ не заложил на инкубацию икру). При потенциальной производственной мощности по выпуску 64,6 млн экз., со второй половины 1990-х гг. выпуск молоди осенней кеты до 2007 г. максимально составлял не более 44 % от возможного. Причиной недоиспользования производственных мощностей являлся главным образом хронический дефицит производителей на заводах, хотя определенную роль сыграли и организационные факторы. В силу интенсивного промыслового лова, усиления браконьерского изъятия, отсутствия должной охраны в период хода тихоокеанских лососей коэффициенты возврата рыбы к заводам снизились. Подходы производителей к заводам зависят от степени вылова рыбы на всем миграционном пути, от регулирования промысла и видов орудий лова. Необходимо отметить также, что снижению воспроизводства амурской популяции осенней кеты, в какой то мере способствовал и такой фактор, как неблагоприятные гидрологические условия в бассейне Амура.

С 2000 г. наметилась позитивная тенденция в динамике объемов выпуска амурскими ЛРЗ. В 2006–2007 гг. к заводам подошло такое количество производителей, которое позволило заложить икру на все имеющиеся производственные мощности, всего было собрано и заложено в инкубаторы около 65 млн шт. икринок в 2006 г. и 90 млн шт. — в 2007 г. Отчасти улучшение обстановки на заводах оказалось связанным с выведением на производственную мощность Анюйского ЛРЗ (30 млн шт. молоди осенней кеты). Именно со вступлением в строй Анюйского ЛРЗ можно увязать начало третьего индустриального этапа развития лососеводства на Амуре.

Первая экспериментальная закладка икры заводом была сделана в 1999 г., заложили 400 тыс. шт. икры осенней кеты. Сбор икры был на притоках р. Анюй — Аджу, Нило. Выпуск составил 350 тыс. шт. молоди. В период с 2000 по 2006 г. заводу не удавалось выходить на производственную мощность. Сбор икры осуществлялся на притоках Аджу, Нило, Нимелен (р. Анюй).

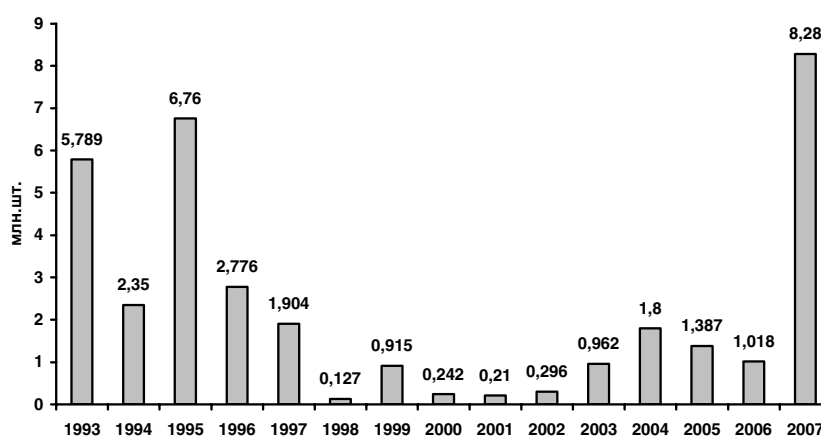
Единичные возвраты рыбы к заводу стали наблюдаться уже с 2003 г., но последние два года возврат производителей к заводу массовый, заходы — до 30 тыс. шт. Так, в 2006 г. от зашедшей в садки завода рыбы было собрано 16,310 млн шт. икры, а в 2007 г. — 30,516 млн шт. икры.

В 2007 г. среди отловленных производителей, подошедших к заводу, было учтено 78 меченых экземпляров от выпуска 2005 г. (метка — ампутация спинного плавника). Всего в 2005 г. было помечено 222,2 тыс. шт. из общего объема выпуска 8712,4 тыс. шт. молоди. Учитывая ранний возраст вернувшихся рыб, возрастную структуру популяции, а также то, что рыба проходит достаточно большой путь от устья реки до завода и вылавливается на всем миграционном пути, промысловый возврат может быть рассчитан величиной не менее 2 %, что сопоставимо с лучшими отечественными и зарубежными результатами лососеводства. Даже при 1 %-ном уровне возвратов рыболовные заводы ФГУ «Амуррыбвод» при выпуске в Амур 80–90 млн шт. мальков будут обеспечивать порядка 3 тыс. т товарной лососевой продукции. На сегодняшний день Анюйский ЛРЗ самый современный завод на Амуре, оснащенный рыболовным оборудованием японского производства. Применяется новая технология инкубации икры — без раскладывания икры на рамки. Икра загружается в аппараты Аткинса и аппараты типа «бюкс» насыпью. Применяется подкормка молоди до массы 0,8–1,0 полноценными гранулированными кормами.

Третий индустриальный этап развития лососеводства требует технического перевооружения и реконструкции остальных заводов по типу Анюйского ЛРЗ, с тщательной проработкой вопросов выбора источников водоснабжения и рыболовно-биологической обоснованностью привязки заводов. Строительство дополнительных заводов в Хабаровском крае, в том числе, не только на Амуре, но и в других районах, развитие предприятий негосударственной формы собственности, переведут отрасль в четвертый этап — этап крупномасштабного лососеводства. Для данного уровня развития лососеводства особенно важными будут принципы рациональной организации и управления, научной обоснованности рыболовных мероприятий, повышения наукоемкости и капитальных затрат, без чего невозможно увеличение заводских возвратов.

Уже сейчас существующая схема размещения производственных мощностей ЛРЗ (см. таблицу) требует всего вышеперечисленного, а проведение анализа показателей закладки оплодотворенной икры и выпуска молоди (рис. 1–9) в сочетании с промыслово-биологическими характеристиками популяций лососей позволяют давать рекомендации по оптимальной и рациональной дислокации ЛРЗ.

Рис. 1. Выпуск молоди осенней кеты Тепловским ЛРЗ (1993–2007 гг.)



Особенностью амурских рыболовных заводов является их удаленность от лимана Амура. Это обстоятельство влечет за собой до-

полнительную промысловую нагрузку на популяцию осенней кеты, рыба вылавливается на всем миграционном пути. При планировании работ по воспроизводству лососей на Амуре следует учитывать данный фактор и состояние сырьевой базы. Приоритетным должно считаться строительство лососевых рыболовных заводов в низовьях Амура, на побережье Татарского пролива (Советско-Гаванский и Ванинский районы), на побережье Охотского моря (Охотский район).

**Производственные мощности лососевых рыбоводных предприятий
в зоне деятельности ФГУ «Амуррыбвод»**

№ п/п	Инкубационный цех		Личиночный цех	Цех по выращиванию молоди	Мощность рыбоводного предприятия по выпуску молоди, млн шт.
	Тип инкубационного аппарата	Количество инкубационных аппаратов, шт.	Количество бассейнов для выдерживания личинок, шт.	Количество прудов для подращивания молоди, шт.	
РЫБОВОДНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ ФГУ «АМУРРЫБВОД»					
1	Ануйский ЛРЗ				
	Аткинса ящичного типа	48 секций	44 (общ. S = 1848 м ²)	3* (общ. S = 3000 м ²)	30,0
	Бокс	72			
2	Биджанский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	8	8 (общ. S = 178,7 м ² ; резерв. S = 276,5 м ²)	1* (пруд, S = 420 м ²)	5,0
3	Гурский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	10	20 (общ. S = 660 м ²)	1* (S = 400 м ²)	10,0
4	Тепловский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	11	11 (общ. S = 352 м ²)	1* (S = 3000 м ²)	5,0
5	Удинский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	8	11 (общ. S = 708 м ²)	1* (S = 1300 м ²)	14,6
РЫБОВОДНЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ РЫБОЛОВЕЦКИХ КОЛХОЗОВ					
6	Булгинский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	31	12 (общ. S = 288 м ²)	12 (общ. S = 288 м ²)	3,0
7	Уракский ЛРЗ				
	Аткинса дальневосточного типа	15	29 (общ. S = 754 м ²)	29 (общ. S = 754 м ²)	5,0
8	РЫБОВОДНЫЙ ЗАВОД ООО «КОМЕТА»				
	NORAD	50	50	44 делевых садка (общ. S = 792 м ²) + 1 пруд (S = 760 м ²)**	15,0
	Бокс	9	9		
	Аткинса ящичного типа	40 секций	40 секций		

* Подращивание молоди осуществляется в инкубационно-личиночных аппаратах дальневосточного типа, выростных прудах и озерах.

** Подращивание ведется в делевых садках и выростном пруду.

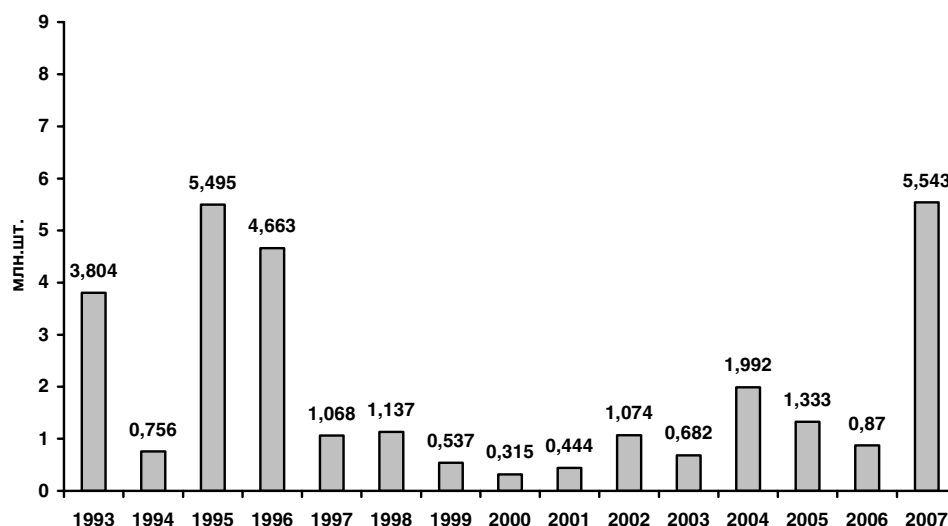


Рис. 2. Выпуск молоди осенней кеты Биджанским ЛРЗ (1993–2007 гг.)

Тихоокеанские проходные лососи являются наиболее предпочтительным объектом культивирования и имеют экономическое, стратегическое и социальное значение для всего Дальнего Востока. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей является одним из путей рационального регулирования их запасов и увеличения ресурсной базы рыболовства.

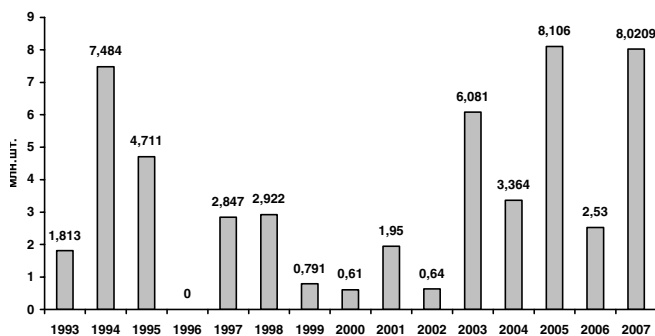


Рис. 3. Выпуск молоди осенней кеты Удинским ЛРЗ (1993–2007 гг.)

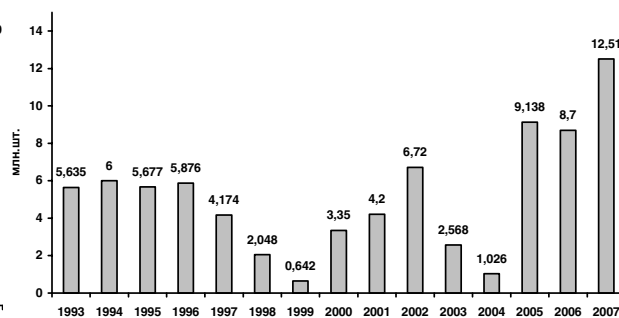


Рис. 4. Выпуск молоди осенней кеты Гурским ЛРЗ (1993–2007 гг.)

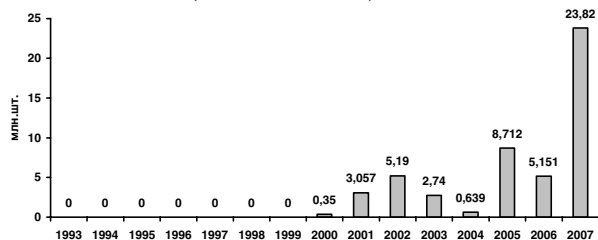


Рис. 5. Выпуск молоди осенней кеты Анюйским ЛРЗ (2000–2007 гг.)

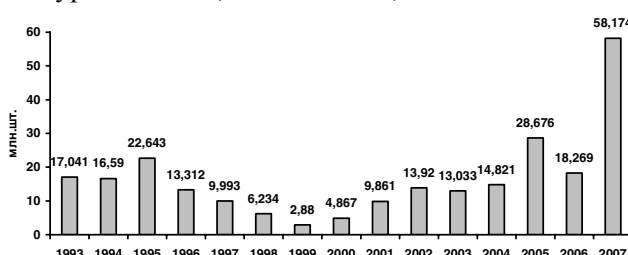


Рис. 6. Суммарный выпуск молоди осенней кеты рыбноводными заводами ФГУ «Амур-рыбовод» (1993–2007 гг.)

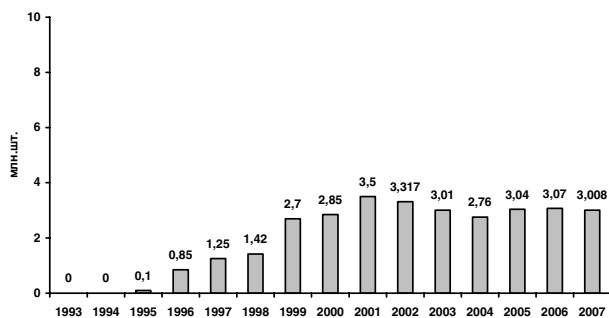


Рис. 7. Выпуск молоди кеты Булгинским ЛРЗ (1995–2007 гг.)

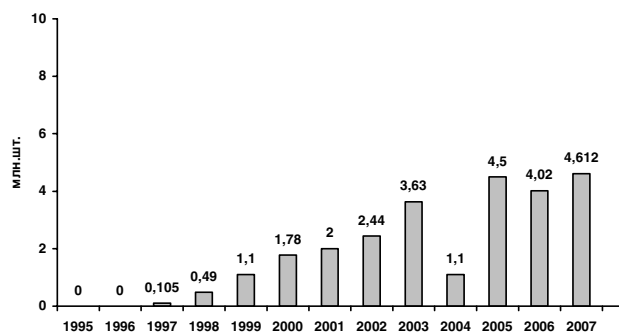


Рис. 8. Выпуск молоди кеты Уракским ЛРЗ (1997–2007 гг.)

ЛИТЕРАТУРА

Золотухин С.Ф. Стратегические ошибки организации работы ЛРЗ в бассейнах крупных рек на примере бассейна р. Амур // Современные проблемы лососевых рыбноводных заводов Дальнего Востока: Материалы Междунар. науч. семинара. — Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2006. — С. 124–126.

Леванидов В. Тепловские рыбноводы. — Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1953. — 39 с.

Смирнов А.И. Инструкция по искусственному разведению тихоокеанских лососей. — М.: Рыб. хоз-во, 1963. — 61 с.

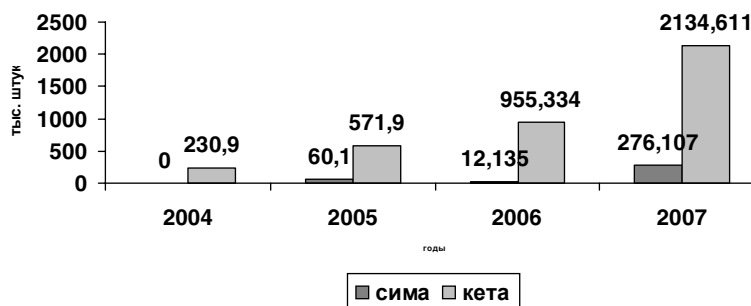


Рис. 9. Выпуск молоди кеты и сима ООО «Комета» (2004–2007 гг.)

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИКОРМОВ НА ЛОСОСЕВЫХ РЫБОВОДНЫХ ЗАВОДАХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ: ОПЫТ ПРОШЛЫХ ЛЕТ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

О.Н. Шаповалова
КамчатГТУ, г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Для Камчатского края с его суровыми климатическими условиями, неразвитой инфраструктурой и дефицитом энергоносителей основа стратегии пастбищного лососевого рыбоводства — заводское получение молоди на рыбоводных заводах малой мощности.

В нашей стране лососей разводят на 41-м лососевом рыбоводном заводе (ЛРЗ), из них 5 приходится на долю Камчатки — Паратунский ЭПЛРЗ, Малкинский ЛРЗ, ЛРЗ «Озерки», ЛРЗ «Кеткино», Вилючинский ЛРЗ. Основные объекты искусственного воспроизводства — кета и нерка (см. таблицу).

Видовой состав выпуска и вклада регионов в выпуск молоди тихоокеанских лососей, млн экз.

Вид	Сахалин	Приморье	Магадан	Камчатка	Хабаровск	Всего	%
2003 г.							
Горбуша	235,644		1,5675			237,2115	38,52
Кета	269,796	19,578	21,8730	31,408	19,588	362,2430	58,83
Сима	0,280	1,647	0	0	0	1,9270	0,31
Кижуч	0,733	0	2,6625	0,237	0	3,6325	0,59
Нерка	0	0	0,8074	9,221	0	10,0284	1,63
Чавыча				0,741		0,7410	0,12
Всего	506,453	21,225	26,9104	41,607	19,588	615,7834	100
2004 г.							
Горбуша	272,958		21,900			294,858	43,33
Кета	265,255	18,938	16,997	32,070	27,914	361,174	53,08
Сима	1,860	3,669	0	0	0	5,529	0,81
Кижуч	5,017	0	3,855	0,573	0	9,445	1,39
Нерка	0	0	0,604	7,696	0	8,300	1,22
Чавыча				1,169		1,169	0,17
Всего	545,090	22,607	43,356	41,508	27,914	680,475	100
2005 г.							
Горбуша	277,497		0,6856			278,1826	41,08
Кета	290,390	17,746	19,1740	22,730	28,677	378,7170	55,93
Сима	1,194	1,894	0	0	0	3,0880	0,46
Кижуч	0,239	0	4,7151	1,643	0	6,5971	0,97
Нерка	0	0	0,1475	9,527	0	9,6745	1,43
Чавыча				0,836		0,8360	0,12
Всего	569,320	19,640	24,7222	34,736	28,677	677,0952	100
2003	82,2	3,45	4,370	6,67	3,18	100	
2004	80,1	3,32	6,371	6,10	4,10	100	
2005	84,1	2,90	3,651	5,13	4,24	100	

Развитие рыбоводства и постепенное повышение его эффективности наряду с решением технических проблем настоятельно требует самого пристального внимания к процессу кормления и использования полноценных и экономически выгодных кормов для всех возрастных групп разводимых лососей.

Питание является наиболее важным фактором внешней среды, влияющим на обмен веществ, формирование организма рыб, их рост и воспроизводительные функции.

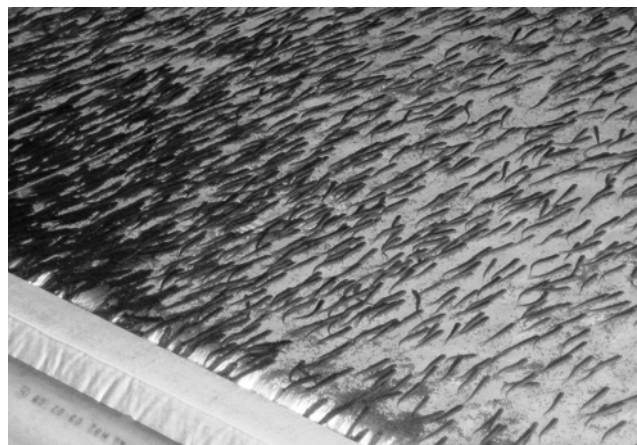
При пастбищном методе выращивания тихоокеанских лососей весь прирост биопroduкции происходит за счет вносимых искусственных кормов. В этих условиях повышаются требования к качеству кормов, их сбалансированности по основным питательным, биологически активным и энергетическим веществам. От того, насколько они удовлетворяют потребности рыб в различных питательных веществах, зависит их выживаемость на ранних этапах онтогенеза и дальнейшая жизнестойкость.

На камчатских ЛРЗ выращивают и выпускают молодь лососевых начиная с 80-х гг. XX века (рис. 1). Первоначально использовали гранулированные корма влажного прессования,

изготовленные непосредственно в местных условиях и основными компонентами которых являлись рыбная мука и рыбный фарш. Затем, в начале 1990-х гг. в результате экспериментов, проведенных на Малкинском ЛРЗ, было доказано явное преимущество сухого гранулированного корма марки ЛС-НТ (разработка и производство НПЦ «Акваторм», ВНИИПРХ) перед кормосмесью влажного прессования (Запорожец, Запорожец, 2006). Составляющими корма ЛС-НТ являлись рыбная мука, водорослевая и крилевая мука, обрат сухой, дрожжи кормовые, рыбий жир и витамины. Положительными результатами применения корма было увеличение выживаемости, скорости роста, улучшение плавательных и осморегуляторных способностей молоди, а также снижение кормовых затрат. К недостаткам следует отнести его крошимость, малую водостойкость и плавучесть, в результате чего возникали лишние потери и загрязнение рыбоводных бассейнов.

Рис. 1. Выпуск молоди кижуча на ЛРЗ «Озерки»

Нужно отметить, что состояние отечественной промышленности после распада СССР не позволило в течение минувшего десятилетия производить высококачественные, специализированные рыбные комбикорма. В сложившейся ситуации многие рыбоводные предприятия страны, в том числе и заводы Камчатки, предпочли закупать комбикорма за рубежом.



В середине 1990-х гг. при выращивании молоди лососей применяли японские сухие форелевые корма марки «Ориентал», состоящие из рыбной и пшеничной муки, обезжиренного сухого молока, рисового отсева, соевого масла и витаминно-минеральных добавок. Такие физико-механические свойства этих кормов, как крошимость и водостойкость, были лучше (водостойкость — выше, крошимость — ниже) по сравнению с ранее применяемым кормом марки ЛС-НТ, что значительно снижало загрязнение бассейнов остатками корма. Цена японских кормов в этот период с учетом транспортных расходов составляла от 1 до 3 дол. за 1 кг. Качество выращиваемой молоди лососей было в целом хорошее: ко времени покатной миграции сеголетки кеты, нерки и чавычи физиологически были готовы к жизни в морской воде (Запорожец, Запорожец, 2006).

С 1999 г. на Камчатский полуостров стали поставляться комбикорма производства американкой фирмы Био-Орегон, Инк. марки «Biodiet». Это были полувлажные корма, их максимальная влажность не превышала 22 %. В состав комбикормов входила рыбная мука, концентрированная выжимка рыбного белка, высушенные перья домашних птиц, крилевая мука, продукты переработки зерна, витаминно-минеральные добавки и консерванты. Заводы закупали комбикорма по цене 4 дол. за 1 кг. Использование таких кормов с помощью автоматических кормораздатчиков было затруднено, так как влажные гранулы спрессовывались в них. Однако были и преимущества по сравнению с другими ранее применяющимися комбикормами: плавучесть — была лучше, а молодь быстро переходила на активное питание и хорошо росла. Существенным недостатком корма являлся небольшой срок хранения, он не должен был превышать 90 сут. В 2000 г. привезенные корма не соответствовали стандартам по таким характеристикам, как перекисное и кислотное числа с превышением ПДК, и были осеменены сапрофитной микрофлорой. Исследования, проведенные в лаборатории вирусологии и ихтиопатологии КамчатНИРО, установили патологические изменения тканей внутренних органов сеголеток нерки и чавычи, выращенных на Малкинском ЛРЗ. У этой молоди, получавшей американские корма в течение двух рыбоводных сезонов, были зарегистрированы также нарушения развития осморегуляторной функции (Запорожец, Запорожец, 2006). Учитывая все недостатки, местные ЛРЗ вынуждены были отказаться от применения данного корма.

Начиная с 2001 г., камчатские лососевые рыболовные заводы работают с применением экструдированных комбикормов компании Aller Aqua, Дания (рис. 2). В состав стартовых комбикормов «Aller Futura» и «Aller 493» входят: рыбная и крилевая мука, рыбий жир, продукты масложирового производства и кукурузы, пшеница, витамины и минеральные добавки. Цена их составляет в среднем 2 дол. за 1 кг. Первые партии данных кормов доставлялись на полуостров в перфорированных пластиковых мешках, в связи с чем их обсемененность микрофлорой была очень высока. В настоящее время налажены поставки кормов в пластиковой герметически укупоренной таре.



Рис. 2. Комбикорма компании Aller Aqua

Однако размеры крупок стартовых кормов не всегда подходили для личинок, переходящих на внешнее питание. Это приводило к дополнительным затратам и сказывалось на кормовых коэффициентах.

В 2001 г. в результате исследований по определению осморегуляторной способности молоди, проводимых на Паратунском ЛРЗ и Малкинском ЛРЗ, было выявлено, что часть кеты, нерки и чавычи ко времени естественного ската не была готова к жизни в море. Такие рыболовные характеристики, как кормовые коэффициенты и смертность молоди, у рыб, выращенных на американских и датских кормах, оказались несколько лучше, чем на японских, хотя эти различия и не достигали достоверного уровня значимости (Запорожец, Запорожец, 2006).

Проанализировав практически 20-летний опыт рыболовства в камчатском регионе, можно выделить следующие проблемы, связанные с применением искусственных комбикормов:

— не всегда гарантированное качество комбикормов;

— задержки в поставке партий кормов на полуостров, связанные с удаленностью Камчатского края;

— несоответствие размеров стартовых гранул возрасту молоди и ее массе;

— большие транспортные расходы, которые делают их весьма дорогостоящими.

Также следует отметить, что до настоящего времени не проводились испытания применяющихся комбикормов на сбалансированность по аминокислотному составу, а также испытания кормосмесей на разных видах лососей с целью конкретизации рецептур с учетом гидрхимических и температурных условий камчатского региона.

Повышение эффективности работы лососевых заводов за счет использования более дешевых и экономически выгодных кормов, применение которых не снижало бы физиологических качеств выращиваемой молоди, является важнейшей проблемой искусственного лососеводства. В связи с этим, за последние годы проведен широкий комплекс исследований по изучению возможностей замены в рецептурах комбикормов дорогостоящих и дефицитных компонентов на более дешевые и доступные, а также по применению нетрадиционных видов сырья — пшеничных зародышей, каратиноидов, хитозана и т.д.

Так, еще в 1970-1980-х гг. проводились исследования по замещению в рецептурах такого основного источника животного протеина, как рыбная мука. В результате было доказано, что замена животного протеина протеином растительного происхождения повышает эффективность использования кормов, жизнестойкость, темп роста лососевых и улучшает их физиологическое состояние (Аронович, 1970; Гамыгин, Канидьев, 1975; Канидьев, Сляров,

1978; Маликова и др., 1988). Велись работы по поиску альтернативы применения рыбьего жира, как одной из составляющих комбикормов. Выявлено, что в рецептурах кормов для лососевых 40 % стандартного количества рыбьего жира может быть успешно заменено растительными жирами без какого-либо снижения физиологических характеристик молоди (Владовская, 2003).

Так же огромное внимание уделяется поиску новых методов, повышающих физико-механические свойства кормов (Гамыгин и др., 2000; Передняя, 2002), способов применения и разработке новых антиоксидантов для комбикормов и витаминно-минеральных комплексов.

Подводя итоги нужно признать объективную необходимость временного присутствия на отечественном рынке отдельных видов импортных комбикормов, но стратегически неверно строить на этом перспективную политику. Российский рынок комбикормов должен принадлежать отечественному производителю. В настоящее время на Дальнем Востоке, в частности в Камчатском крае, имеются все предпосылки для создания современного кормопроизводства. Во-первых, наличие сырьевой базы создает условия для производства основных компонентов комбикормов. Во-вторых, имеются возможности для масштабного выращивания тихоокеанских лососей во внутренних водоемах Камчатки и прибрежных районах Тихого океана. Создание такого кормопроизводственного комплекса, возможно, позволит решить поставленные задачи и избежать перечисленных проблем. Подбор оптимальных рецептур комбикормов для каждого разводимого вида с учетом гидрохимических и температурных особенностей камчатских вод позволит получать более жизнестойкую молодь, от которой можно будет ожидать большой возврат производителей.

ЛИТЕРАТУРА

Аронович Т.М. Влияние добавления в кормовой рацион растительных компонентов на рост молоди лосося // Тр. ВНИРО. — 1970. — Т. 69, вып. 2. — С. 181–190.

Владовская С.А. «Прорыв» компании «Нутреко» в использовании растительных жиров в корме для атлантического лосося // Рыбное хозяйство. Корма и кормление в аквакультуре: Аналитическая и реферативная информация. — 2003. — Вып. 1. — С. 1–4.

Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. О возможности замены протеина животного происхождения растительным в кормах для мальков-сеголеток радужной форели // Биотехника индустриального рыбоводства. — М.: ВНИИПРХ, 1975. — Вып. 14. — С. 129–140.

Гамыгин Е.А., Шилин И.В., Сазонова Т.И. и др. Эффективное использование хитозана в комбикормах для рыб // Рыб. хоз-во. — 2000. — № 5. — С. 42–43.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. Гранулированные корма для молоди лососей на Камчатке: опыт применения, проблемы и перспективы использования и применения // Рыбоводство и рыбное хозяйство. — 2006. — № 11. — С. 47–48.

Канидьев А.Н., Скляр В.Я. Гранулированный корм для форели, основанный на компонентах растительного и микробного синтеза // Рыб. хоз-во. — 1978. — № 3. — С. 28–31.

Маликова Е.М., Иозепсон У.П., Глаголева Т.П. и др. Использование заменителей белка и биологически активных веществ в стартовых и продукционных кормах для лососевых рыб // Корма и методы кормления объектов марикультуры. — М.: ВНИРО, 1988. — С. 92–103.

Передняя А.А. Использование хитозана в кормах для рыб // Рыбное хозяйство. Корма и кормление в аквакультуре: Аналитическая и реферативная информация. — 2002. — Вып. 4. — С. 1–7.

ПОЛУЧЕНИЕ МОЛОДИ ТРЕПАНГА *APOSTICHOPUS JAPONICUS* В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ В БУХТЕ СЕВЕРНОЙ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО)

О.В. Шатковская, Е.А. Захарова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: shatkovskaya@inbox.ru

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (Selenka) — один из ценнейших промысловых видов Дальнего Востока. К настоящему времени в результате интенсивного браконьерского вылова численность трепанга настолько снизилась, что за счет естественного воспроизводства ее увеличение до промысловых значений в ближайшие годы не произойдет (Левин, 2000). Сходная картина наблюдается во всех бухтах зал. Петра Великого (Лебедев, 2006).

Необходимость культивирования трепанга на Дальнем Востоке связана не только с проблемой восстановления его численности, но и с возможностью получения товарной продукции.

Исследования в области разведения трепанга начались несколько десятилетий тому назад. В Японии начали заниматься воспроизводством в 30-е гг. XX века, в Китае опыты по разведению дальневосточного трепанга проводятся с начала 50-х гг. XX века. В России к началу 90-х гг. XX века сотрудники ТИНРО разработали общую схему заводского культивирования и несколько этапов технологического процесса (Мокрецова и др., 1988). В 2000-х гг. с учетом зарубежного опыта и современных достижений технология выращивания трепанга до стадии жизнестойкой молоди была доработана и усовершенствована (Чжан Я Цин и др., 2004; Пат. 2198509).

Для апробирования и совершенствования технологии заводского способа культивирования трепанга был спроектирован и построен Научно-экспериментальный центр марикультуры (НЭЦМК) ФГОУ ВПО «Дальрыбвтуз» в бухте Северная (зал. Петра Великого). В соответствии с биологическим обоснованием, разработанным специалистами ТИНРО-центра, акватория бухты Северная отвечает требованиям, предъявляемым к участкам марикультуры и пригодна для воспроизводства трепанга. В 1999 г. на базе НЭЦМК создана лаборатория культивирования беспозвоночных. На ее основе в 2006 г. был открыт мини-завод по культивированию гидробионтов, укомплектованный соответствующими приборами и оборудованием.

Работы по получению молоди трепанга на базе Научно-экспериментального центра марикультуры ведутся с 2000 г. и по настоящее время.

Целью работ являлось усовершенствование методики получения молоди дальневосточного трепанга в искусственных условиях, и адаптация ее к условиям бухты Северная.

Используемая технология по искусственному выращиванию трепанга включает в себя следующие этапы.

1. Отлов производителей в море.
2. Адаптация к условиям содержания производителей.
3. Стимуляция созревания половых продуктов и нереста производителей.
4. Инкубация икры.
5. Выращивание личинок до стадии осевшей молоди.
6. Выращивание молоди до жизнестойкой стадии.
7. Адаптация жизнестойкой молоди к условиям ее расселения.
8. Расселение молоди трепанга на донные плантации.

Сбор производителей производился в летний период 2007 г. при температуре воды 15–17 °С с глубины 8–10 м до начала массового нереста водолазным способом. Для адаптации производителей помещали в емкости при той же температуре и солености, что и в естественных условиях. Применяли несколько методов стимуляции нереста трепанга: температурная стимуляция и метод «сушки». Полученные эмбрионы на стадии бластулы помещали в личи-

ночные бассейны. Выращивание личинок проводилось при плотности посадки 0,5–1,0 экз./мл при температуре воды 21–22 °С. Смена воды осуществлялась ежедневно на 1/3–1/2 объема воды. Через 2 сут после оплодотворения личинок начинали кормить планктонными микроводорослями *Dunaliella salina*, *Chaethoceros muelleri*, а в качестве дополнительного корма применяли «красные дрожжи» *Rhodotorala* sp. (Чжан Я Цин и др., 2004). Кормление осуществляли 3 раза в сутки, рацион изменялся в зависимости от скорости развития и интенсивности питания личинок. С появлением личинок на стадии долиолярии в емкости устанавливали субстраты для оседания. В качестве субстрата использовали гофрированные ПВХ-пластины с прикрепленными диатомовыми водорослями.

В течение нескольких дней после оседания личинок продолжали кормить планктонными водорослями. А затем сформировавшаяся молодь переходила на питание детритом. По мере роста молоди в рацион вводили искусственный корм на основе измельченных макроводорослей с белковой добавкой.

Высадка молоди на акваторию бухты производилась двумя способами:

- 1) в подвесные садки для промежуточного подращивания;
- 2) на донные участки с зарослями анфельции.

В период с 26 июня по 12 августа 2007 г. в искусственных условиях произошло 12 нерестов. Результативными оказались только нересты, проведенные с применением температурной стимуляции и метода «сушки». Нересты, произошедшие естественным путем из-за скачков температуры воды, были неэффективны — все личинки погибли на стадии ранней аурикулярии.

Весь цикл развития трепанга от оплодотворения до стадии пентактулы длился от 10 до 22 сут. Время наступления стадий развития трепанга и размеры личинок представлены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Время наступления стадий развития личинок разных нерестов

Стадия развития	Время после оплодотворения, сут				
	Нерест 26.06	Нерест 13.07	Нерест 15.07	Нерест 24.07	Нерест 12.08
Диплеврула	2	2	2	2	2
Аурикулярия ранняя	4	3	3	3	4
Аурикулярия средняя	9	4	5	5	8
Аурикулярия поздняя	12	11	12	6	12
Долиолярия	20	15	14	9	15
Пентактула	22	17	15	10	16

Скорость развития личинок от нерестов 13 июля, 15 июля и 12 августа была близкой и находилось в пределах нормы (Левин, 2000). Выживаемость личинок от диплеврулы до молоди от нерестов 26 июня и 12 августа была довольно низкой — 4,5 и 4,4 % соответственно, в то время как у личинок, полученных в июле, этот показатель составил от 7,7 до 16,2 % (табл. 3).

Личинки, полученные до начала массового нереста трепанга в природе (26 июня), отличались медленным переходом от стадии к стадии и большим отходом (табл. 3). По-видимому, это связано с низкой температурой, при которой происходило раннее личиночное развитие (18–19 °С) и, возможно, недостаточной зрелостью производителей. Высокая скорость развития и выживаемость личинок, полученных 24 июля, вероятно, связана с приуроченностью к естественному нересту в природе и, как следствие, с более качественными половыми продуктами отнерестившихся особей.

Таблица 2

Размеры личинок на разных стадия развития

Стадия развития	Размер, мкм
Бластула	140–150
Гастроула	150–170x200–250
Диплеврула	150–300x350–500
Аурикулярия ранняя	250–350x450–700
Аурикулярия поздняя	400–500x600–850
Долиолярия	200–250x350–450
Пентактула	150–500x500–800

Таблица 3

Выживаемость и время развития личинок

Нерест	Выживаемость от диплеврулы до молodi, %	Время развития до стадии пентакулы, сут
26 июня	4,5	22
13 июля	8,3	17
15 июля	7,7	15
24 июля	16,2	10
12 августа	4,4	16

Анализ данных о скорости развития, размерах и выживаемости личинок свидетельствует о возможности их получения и выращивания в условиях мини-завода с конца июня до середины августа, хотя наилучшие показатели были отмечены во второй половине июля — время массового нереста в бухте Северная.

В ходе работы выяснили что, для повышения эффективности культивирования необходимо добывать производителей и стимулировать их нерест в период, приближенный к размножению трепанга в естественной среде. Это позволит получить достаточно зрелые половые продукты и сократить затраты на содержание производителей в искусственных условиях.

В результате общая выживаемость личинок от стадии диплеврулы до осевшей молоди в условиях мини-завода составила около 6 %. Полученная в искусственных условиях молодь трепанга на момент высадки в море (возраст 1,5–3,0 мес) имела размеры от 1 до 11 мм и среднюю массу 0,002 г, доля пигментированных особей — около 5 %.

ЛИТЕРАТУРА

- Лебедев А.М. Ресурсы дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* в Приморском крае. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — 140 с.
- Левин В.С. Дальневосточный трепанг: биология, промысел, воспроизводство. — СПб.: Голанд, 2000. — 200 с.
- Мокрецова Н.Д., Гаврилова Г.С., Авраменко С.Ф. Временная инструкция по биотехнологии заводского способа получения и выращивания личинок трепанга до стадии оседания. — Владивосток: ТИНРО, 1988. — 47 с.
- Пат. 2198509 Способ выращивания личинок трепанга до жизнестойкой стадии / О.Б. Гостюхина, Е.П. Бровкина, В.А. Осьмачко, О.В. Шатковская.
- Чжан Я Цин, Вэй Дэн и др. Трепанг и морской еж: биология, исследование и разведение. — Далянь, 2004. — 205 с.

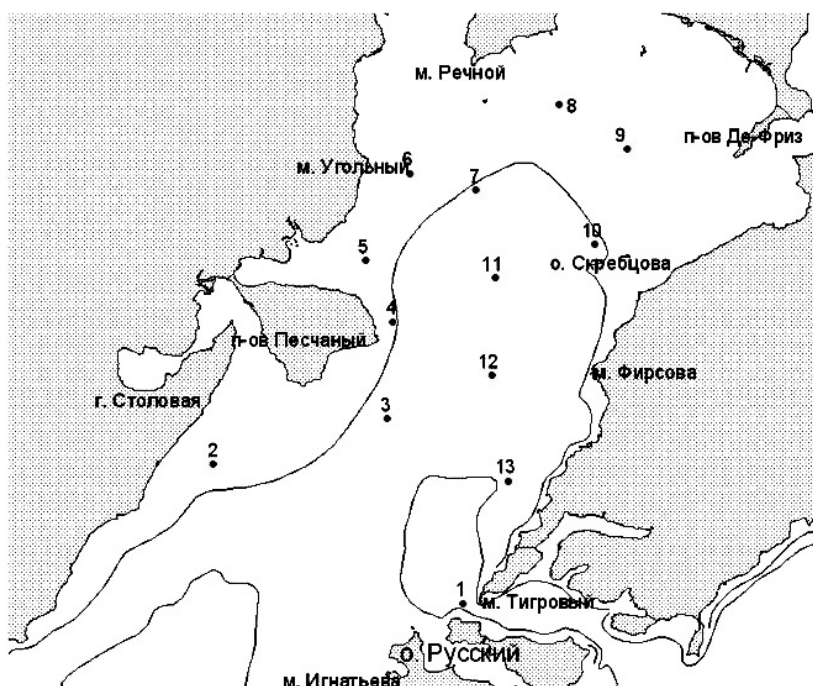
ПЛОТНОСТЬ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИЧИНОК ЯПОНСКОГО МОХНАТОРУКОГО КРАБА *ERIOCHEIR JAPONICUS* В ПЛАНКТОНЕ АМУРСКОГО ЗАЛИВА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ)

Н.В. Щербакова
ТИНРО-Центр, г. Владивосток, Россия

В последние годы одним из перспективных промысловых беспозвоночных становится японский мохнаторукий краб *Eriocheir japonicus* (de Naan). В странах Юго-Восточной Азии этот вид является объектом марикультуры и промысла, биология его интенсивно изучается. Изучение планктонного периода жизни мохнаторукого краба необходимо для оценки уровня воспроизводства его популяции в Дальневосточном регионе России и для разработки методов культивирования этого объекта.

На акватории Амурского залива проводили еженедельные планктонные съемки на 13 станциях с июня по август 2006 г., и с мая по сентябрь 2007 г. (рис. 1). Вертикальный отбор проб осуществляли модифицированной сетью Апштейна с диаметром входного отверстия — 25 см, у которой размер ячеек капронового сита составил 100 мкм. Пробы отбирали от дна до поверхности, с одновременным измерением температуры и солености в поверхностном слое воды. Всего за период исследований было отобрано и обработано 276 планктонных проб. Пробы фиксировали 4 %-ным формалином и просматривали под биноклем и микроскопом. Для видовой идентификации личинок крабов и определения их возрастных стадий использовали работы разных авторов (Aikawa, 1929; Morita, 1974; Lai et al., 1986; Kim, Hwang, 1995; Корниенко, Корн, 2005; Корниенко и др., 2007). Пересчет общего количества личинок в пробе на 1 м³ морской воды проводили согласно формуле: $N = n/\pi R^2 \times H$, где H — глубина лова, м; π — 3,14; R — радиус входного отверстия сети, м; N — количество личинок в 1 м³; n — количество личинок в пробе.

Рис. 1. Схема планктонных станций в Амурском заливе в 2006–2007 гг.



В Амурском заливе в 2006 г. зоэа мохнаторукого краба присутствовали в планктоне с конца июня и до конца июля, а в 2007 г. — с середины июня до середины августа (см. таблицу). За время работ обнаружены все стадии развития — от зоэа I до зоэа V.

В 2006 г. личинки мохнаторукого краба обнаружены на 7 станциях, над глубинами от 5 до 14 м, в основном на акватории, прилегающей к западному побережью Амурского залива, вблизи рек Барабашевка, Амба, Раздольная и п-ова Песчаный (рис. 2). Наибольшие плотности личинок разных стадий от 7,5 до 10,5 экз./м³ отмечены на трех станциях, расположенных севернее п-ова Песчаный, вблизи впадающей в залив р. Амба.

Стадии развития личинок мохнаторукого краба в планктоне Амурского залива летом 2006–2007 гг.

Год исследований	Стадия развития	Период наблюдения в планктоне	Диапазон плотностей, экз./м ³ (средняя)	Диапазон температур в слое воды 0–0,5 м, °С
2006	I	28.06–05.07	1,3–5,0 (3,8)	16,4–20,8
	II	28.06–05.07	3,0–10,6 (7,3)	16,4–20,8
	III	28.06–12.07	1,0–8,5 (4,0)	16,4–22,9
	IV	28.06–19.07	1,0–8,8 (3,1)	17,5–22,3
	V	12–25.07	2,2–4,4 (3,4)	21,6–22,3
2007	I	14.06–25.07	0,8–16,0 (4,4)	14,2–21,3
	II	28.06–08.08	1,0–20,0 (5,5)	17,5–22,8
	III	25.07–15.08	1,7–13,0 (4,1)	20,0–23,2
	IV	15.08	2,0	22,0–23,2
	V	15.08	1,0	22,0

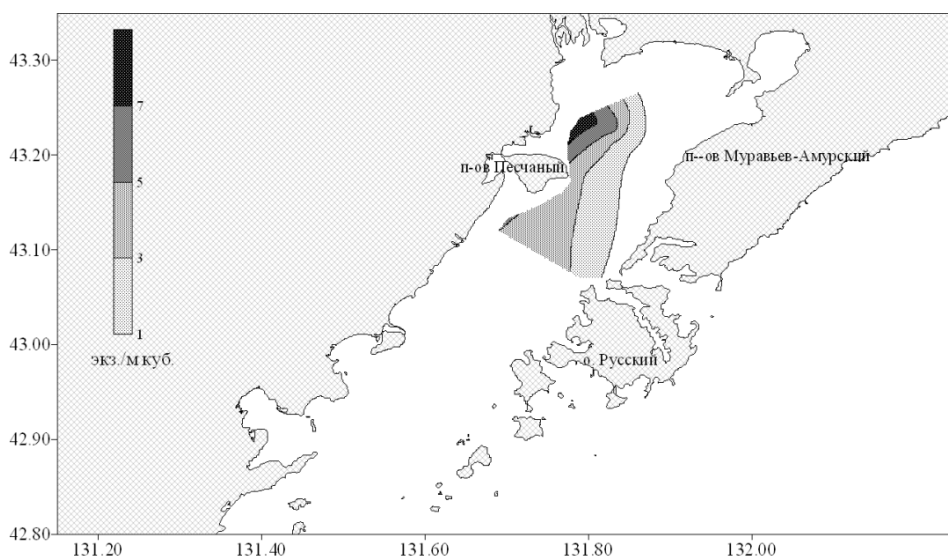


Рис. 2. Распределение личинок мохнаторукого краба в Амурском заливе летом 2006 г.

В 2007 г. личинок мохнаторукого краба наблюдали на всех 13 станциях, над глубинами до 26 м (рис. 3). Плотность личинок в два раза превысила максимальную концентрацию зоола предыдущего года и варьировала в диапазоне от 0,8 до 20,0 экз./м³. Наибольшие плотности личинок (15–20 экз./м³) отмечены в северо-западной (кутовой) части залива, т.е. в более распресненной его области, вблизи эстуария р. Раздольная.

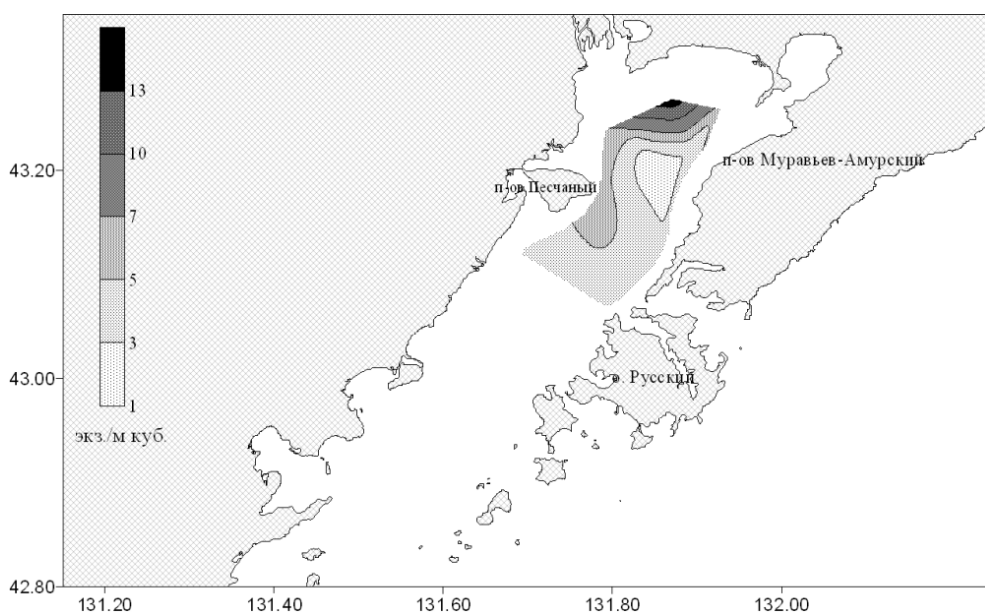


Рис. 3. Распределение личинок мохнаторукого краба в Амурском заливе летом 2007 г.

Температура воды в период развития личинок мохнаторукого краба в 2006–2007 гг. изменялась в пределах 14–23 °С, соленость поверхностного слоя воды — от 24 до 32 ‰. Причем наименьшие значения солености отмечены в основном в северной части Амурского залива.

Таким образом, по результатам планктонных съемок в 2007 г. личинок мохнаторукого краба наблюдали на всей акватории Амурского залива, тогда как в 2006 г. они были сосредоточены в основном в его западной части. При этом плотность личинок в 2007 г. вдвое превысила их концентрацию предыдущего года. Планктонное развитие краба в 2006 г. длилось 28–30 дней, тогда как в 2007 г. оно протекало около двух месяцев. По-видимому, в 2007 г., выпуск личинок был более растянутым, так как стадия зоза I встречалась больше месяца. Основным районом скопления личинок мохнаторукого краба является акватория Амурского залива севернее п-ова Песчаный. По-видимому, стабильная концентрация личинок мохнаторукого краба в районе п-ова Песчаный обусловлена формированием здесь в летнее время циклонического круговорота.

ЛИТЕРАТУРА

Корниенко Е.С., Корн О.М. Культивирование в лабораторных условиях и особенности морфологии личинок японского мохнаторукого краба *Eriocheir japonicus* (De Haan) // Изв. ТИНРО. — 2005. Т. 143. — С. 35–51.

Корниенко Е.С., Корн О.М., Кашенко С.Д. Сравнительная морфология личинок прибрежных крабов семейства VARUNIDAE (CRUSTACEA: DECAPODA) // Биол. моря. — 2007. — Т. 33, № 2. — С. 83–101.

Aikawa H. On larval forms of some Brachiura // Records of Oceanographic Works in Japan. — 1929. — Vol. 9, № 1. — P. 87–162.

Kim C.H., Hwang S.G. The complete larval development of the mitten crab *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853 (Decapoda, Brachyura, Grapsidae) reared in the laboratory and a key to the known zoeae of the Varuninae // Crustaceana. — 1995. — Vol. 68, № 7. — P. 793–812.

Lai H.T., Shy J.Y., Yu H.P. Morphological observations on the larval *Eriocheir japonica* De Haan (Crustacea, Decapoda, Grapsidae) reared in the laboratory // J. Fish. Soc. Taiwan. — 1986. — Vol. 13, № 2. — P. 12–21.

Morita T. Morphological observation on the development of larva of *Eriocheir japonica* De Haan // Zool. Mag. — 1974. — Vol. 83. — P. 24–81.

СЕКЦИЯ «Биохимические и биотехнологические аспекты переработки гидробионтов»

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ МОРСКИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Н.М. Аминина, И.А. Кадникова, А.А. Вострокнутов
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: aminina@tinro.ru

Антиоксиданты играют важную роль в регуляции свободнорадикальных превращений в организме, существенно влияя на его состояние, поэтому исследование антиокислительных свойств природных соединений в последнее время получили широкое распространение. Перспективными источниками антиоксидантов считаются растительные объекты, в том числе и водоросли. Согласно литературным данным, экстракты из различных видов водорослей обладают антиоксидантной активностью (АОА), сопоставимой с таковой у витамина Е, бутилгидрокситолуола, бутилгидроксианизола. АОА обнаружена у представителей различных классов водорослей (Yuan, Yvonne, 2006). Несмотря на большое количество публикаций по этому вопросу, до сих пор не ясно, какие вещества водорослей обладают высокой антиоксидантной активностью. АОА отмечена у липидных экстрактов и объясняется присутствием в них токоферолподобных соединений (Ruperez et al., 2002). АОА обладает фракция водного экстракта, в которой присутствует фукоза (Ruberto et al., 2001). Возможно, высокая антиоксидантная активность экстрактов водорослей является следствием суммарного эффекта комплекса природных соединений.

Целью работы было исследование АОА экстрактов различных видов водорослей, произрастающих на Дальнем Востоке, а также определение АОА отдельных фракций, выделенных из экстрактов двух видов водорослей.

Исследовались 11 образцов морских водорослей: 2 вида зеленых — *Codium fragile* (бухта Троицы) и *Ulva fenestrata* (Авачинский залив, бухта Бечевинская), 5 видов бурых — *Alaria angusta*, *Laminaria gurjanovae*, *Undaria pinnatifida* (Авачинский залив, бухта Бечевинская), *Laminaria cichorioides* (бухта Троицы), *Sargassum* sp. (прол. Старка) и 4 вида красных водорослей — *Ptilota* sp., *Chondrus* sp. (прол. Старка), *Tichocarpus crinitus* (Амурский залив), *Porphyra* sp. (Авачинский залив, бухта Бечевинская).

Замороженные образцы водорослей были лиофилизированы, измельчены и хранились в герметичных полиэтиленовых пакетах в темном месте.

Для экстракции использовали 75, 50 %-ные растворы этанола в дистиллированной воде и дистиллированную воду. Для определения антиоксидантной активности экстрактов использовали колориметрический метод на основе цветной реакции с дифенилпикрилгидразином (ДФПГ) (Blois, 1958; Park et al., 2004). В качестве контроля — растворы кофейной и L-аскорбиновой кислот с концентрацией 0,1 мг/мл.

На рис. 1 приведена диаграмма антиоксидантной активности экстрактов зеленых водорослей. Положительная АОА зарегистрирована у экстрактов (10 мг/мл) из *Ulva fenestrata* и *Codium* sp., наибольшие значения установлены для 75 %-ных EtOH экстрактов (соответственно 7,02 и 4,69 %).

На рис. 2 приведена диаграмма АОА экстрактов бурых водорослей, среди которых наибольшей активностью обладают экстракты из *Alaria angusta*. Также высокой АОА обладают экстракты из *L. cichorioides* и *Sargassum* sp.

На рис. 3 показано распределение АОА среди экстрактов из красных водорослей. Наибольшую активность проявляют экстракты из *Tichocarpus* sp. (53,66 %) и *Porphyra* sp. (47,17 %). Наблюдается достаточно высокая АОА экстрактов из красной водоросли *Ptilota* sp.

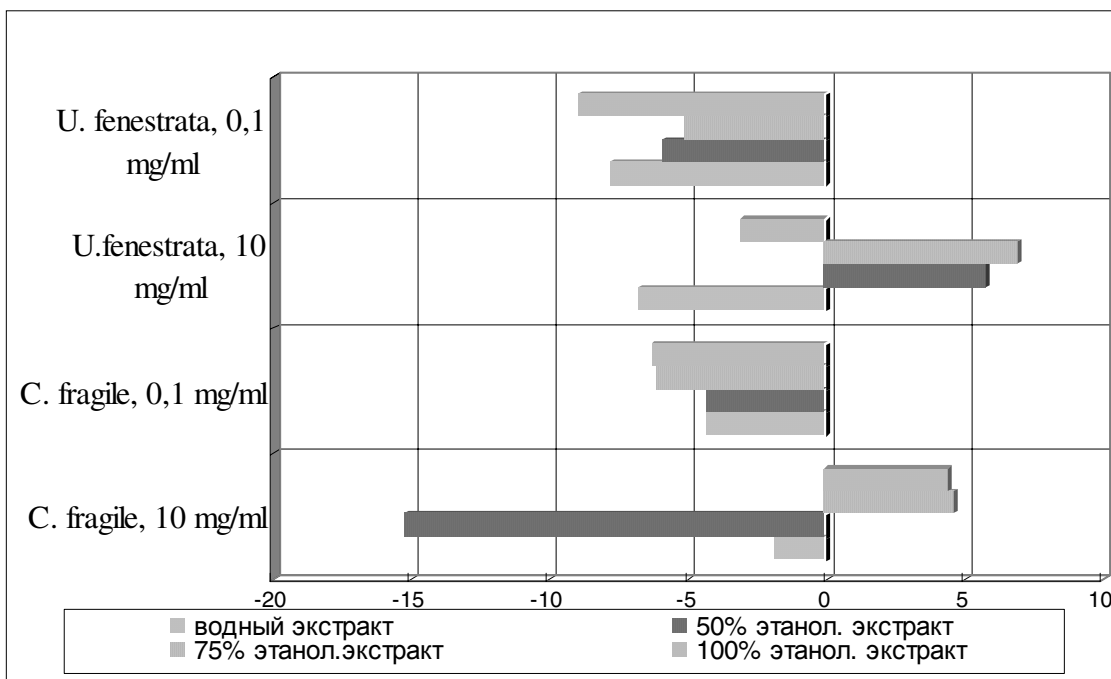


Рис. 1. Антиоксидантная активность (EDA %) экстрактов зеленых водорослей

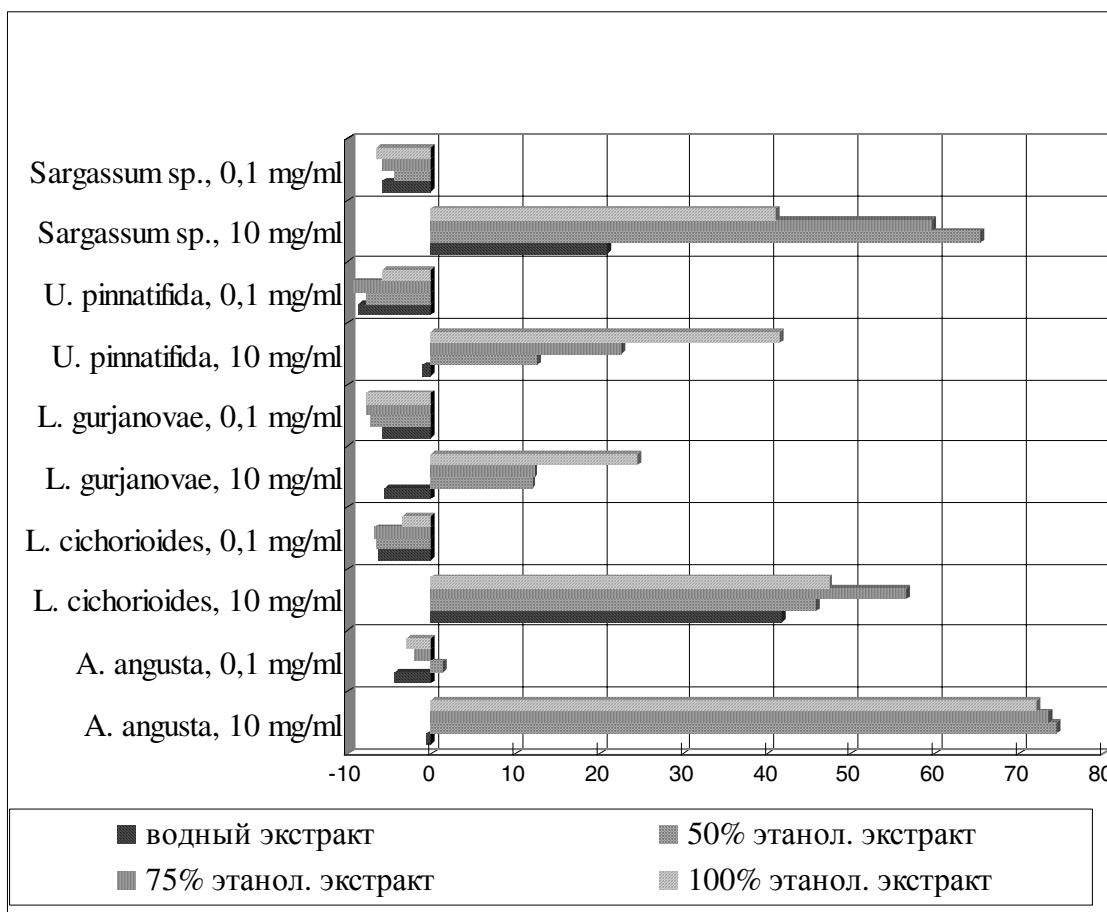


Рис. 2. Антиоксидантная активность (EDA %) экстрактов бурых водорослей

Результаты исследований показывают, что АОА зависит от количества экстракта, вида и концентрации растворителя. Наибольшей АОА обладают экстракты, полученные с использованием 75 и 50 %-ных растворов EtOH. Скорее всего, степень экстракции веществ с высокой АОА определяется полярностью используемого растворителя.

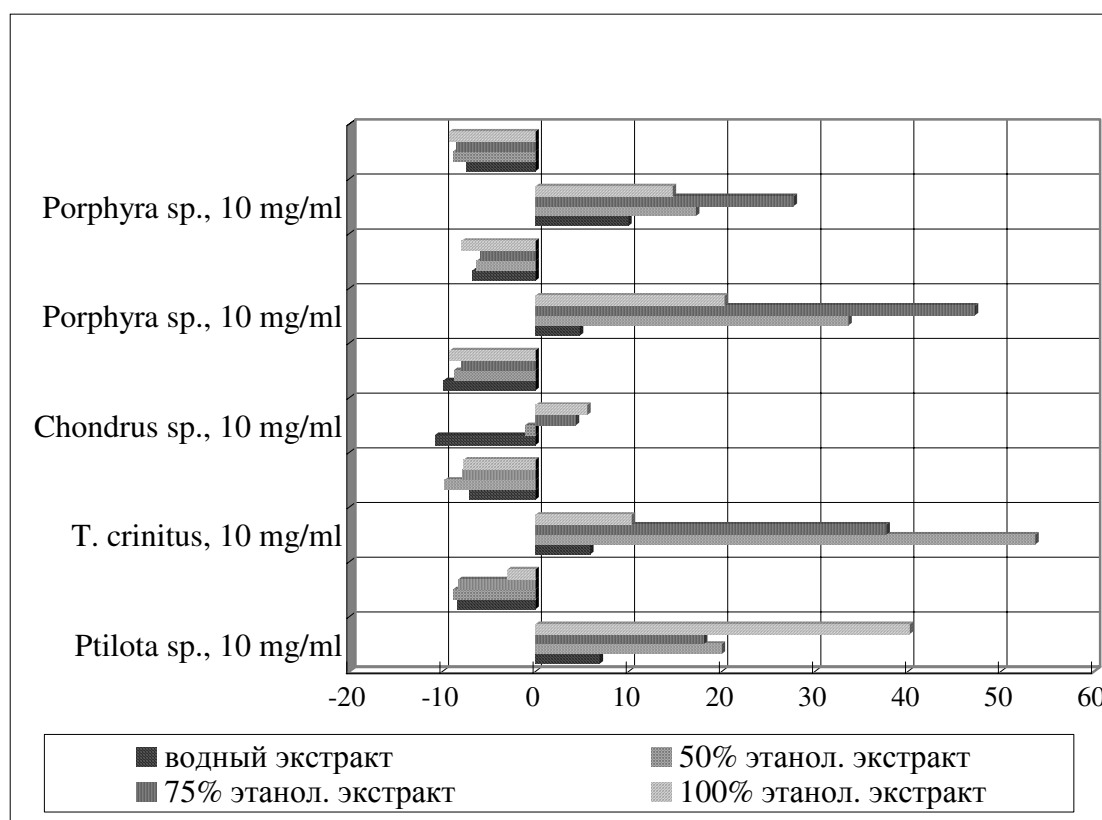


Рис. 3. Антиоксидантная активность (EDA %) экстрактов красных водорослей

Алария и ламинария, спиртовые экстракты которых показали самую высокую активность, были использованы для определения антиоксидантной активности отдельных фракций экстрактов. Схема фракционирования экстрактов представлена на рис. 4.

Результаты исследований показывают зависимость антиоксидантной активности фракций экстрактов водорослей от полярности используемых растворителей. Наибольшую антиоксидантную активность показывают бутанольные и метанольные фракции со средней полярностью (см. таблицу).

Антиоксидантная активность (EDA, %) отдельных фракций экстрактов водорослей

Вид водоросли	Фракция	Концентрации, мг/мл			
		2,0	1,0	0,5	0,10
Alaria angusta	BuOH	70,72	60,06	16,65	7,02
	85 % MeOH	50,89	36,95	10,20	4,68
	H ₂ O	15,53	11,60	5,60	5,10
	Hex	24,32	15,81	18,99	13,21
Laminaria japonica	BuOH	55,75	34,33	3,36	4,02
	85 % MeOH	33,30	17,12	3,55	3,65
	H ₂ O	26,18	13,56	10,02	7,31
	Hex	10,48	7,11	3,55	3,09
Контроль	Vt. C	96,07	95,98	95,79	14,41
Контроль	Caffeic acid	92,24	93,73	94,67	38,26

При этом максимальная активность отмечена для фракций, выделенных из *Alaria angusta*. Эти данные совпадают с результатами исследований, представленными на рис. 2, где максимальную активность показали экстракты *Alaria angusta*, полученные с помощью экстрагентов средней полярности (растворы этилового спирта).

Проведен скрининг различных видов бурых, красных и зеленых водорослей по антиоксидантной активности. Высокую антиоксидантную активность показали экстракты из бурых водорослей видов *Alaria angusta*, *Sargassum* sp. и *L. cichorioides*, красных водорослей видов

Tichocarpus sp., *Ptilota* sp. и *Porphyra* sp. Фракционирование экстрактов из *Alaria angusta* и *Laminaria japonica* с помощью различных растворителей показало, что степень антиоксидантной активности растворов определяется их полярностью. Высокая антиоксидантная активность обнаружена у фракций, полученных с использованием растворителей средней полярности — бутанола и 85 %-ного раствора метанола.

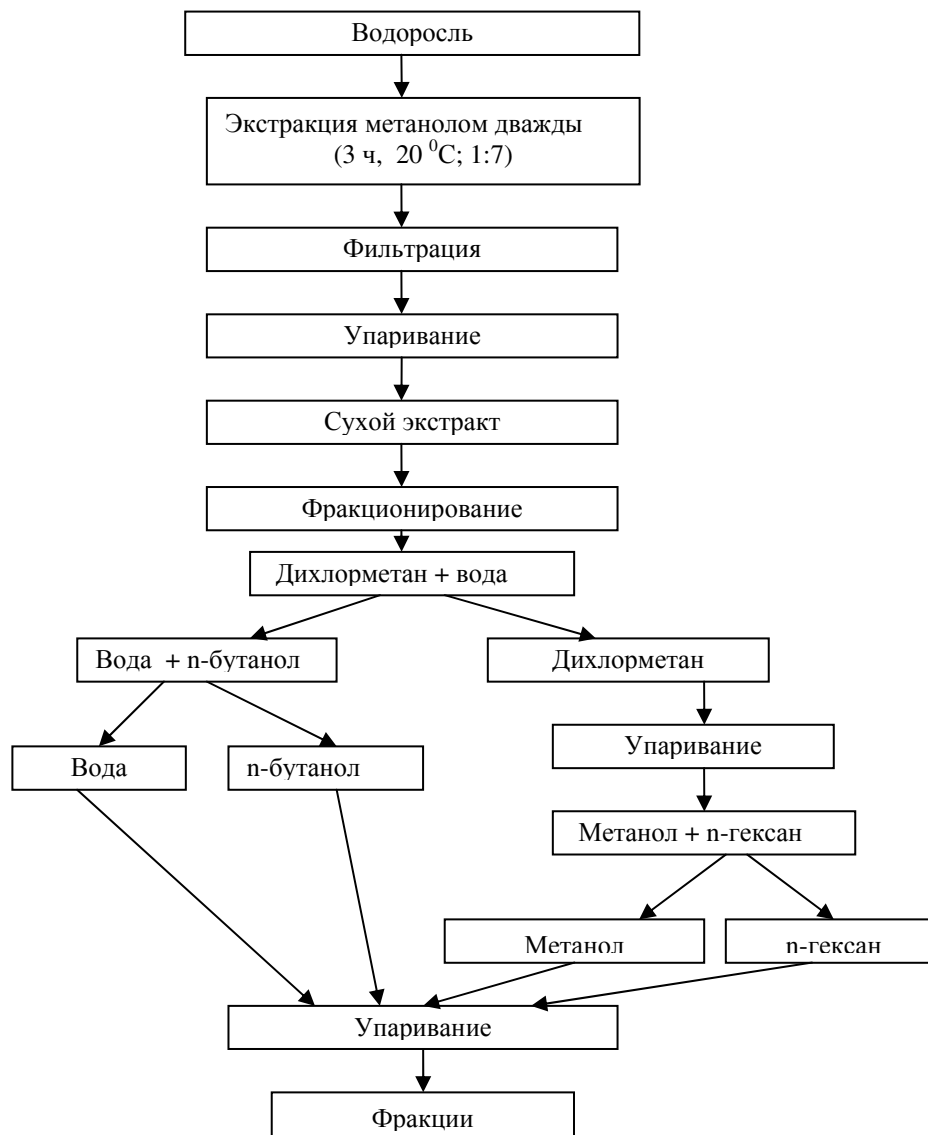


Рис. 4. Схема получения экстрактов и их фракционирование

ЛИТЕРАТУРА

- Blois M.S. Antioxidants determination by use of a stable free radical // *Nature*. — 1958. — Vol. 4617. — P. 1199–1200.
- Park Y.K., Choi D.H., Lee H.J. et al. Structure-antioxidant activity relationship of isoflavonoids // *J. Korean Wood Sci. Technol.* — 2004. — Vol. 32. — P. 66–70.
- Ruberto G., Baratta M., Biondi D., Amico V. Antioxidant activity of extracts of the marine algal genus *Cystoseira* in a micellar model system // *J. Appl. Phycol.* — 2001. — Vol. 13, № 5. — P. 403–407.
- Ruperez P., Ahrazem O., Leal J.A. Potential antioxidant capacity of sulfated polysaccharides from the edible marine brown seaweed *Fucus vesiculosus* // *J. Agric Food Chem.* — 2002. — Vol. 50. — № 4. — P. 840–845.
- Yuan, Yvonne. Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds // *Food Chem. Toxicol* / Ed. N. Walsh. — 2006. — Vol. 44. — P. 1144–1150.

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЕЧЕНИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ ЛОСОСЕЙ

Н.Б. Аюшин, А.И. Чепкасова, М.И. Юрьева
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: kovalevnn@tinro.ru

Одним из массовых объектов морского промысла на Дальнем Востоке являются лососи. Отходы их промышленной переработки давно привлекают внимание исследователей как возможный источник биологически активных веществ (БАВ). Ранее была проведена работа по изучению и выделению цитохрома С из сердец лососей и комплекса протеолитических ферментов из пилорических придатков. Применению в пищевой промышленности печени лососей, составляющей значительную часть массы отходов, в том виде как используется печень трески и минтая, препятствует трудность отделения желчного пузыря, придающего ей горький привкус. Из-за низкого содержания ПНЖК это сырье неперспективно для получения рыбных жиров. Поэтому целью нашей работы был поиск в этом объекте биологически активных веществ водорастворимого ряда.

В мировой практике имеется множество примеров обнаружения и выделения из печени рыб различных биологически активных веществ. Так, в печени японской камбалы *Paralichthys olivaceus* был обнаружен богатый цистеином пептид, проявляющий высокую антимикробную активность — гепсидин (Hirono et al., 2005). Из печени песчаной акулы выделены необычные липопро-теиды (Cordoba et al., 1999). Из печени рыб выделены ферменты различных классов: ДНКазы, аланин-аминотрансферазы, цитохромы, редуктазы, трансферазы, аргиназы, алкогольдегидрогеназы (Singh, Singh, 1990; Fong, 1991; Alkassim, Tsai, 1993; Nagai et al., 1996; Tsui et al., 1996; Leitao et al., 2000; Srivastava et al., 2004; Venkatachalam et al., 2004; Krawczenko et al., 2005).

В печени атлантического лосося *Salmo salar* найдены и локализованы клетки, вырабатывающие эстроген и ксеноэстроген (Arukwe et al., 1999), из этого же объекта был выделен белок, обладающий антимикробным действием (Richards, 2001). Из печени радужной форели *Oncorhynchus mykiss* выделили цАМФ/АТФ-зависимую триацилглицероллипазу (Harmon et al., 1991). Ранее из этого же источника выделили и очистили ацетил-КоА-карбоксилазу (McKim et al., 1989). Кроме того, в печени *O. mykiss* были изучены уровни некоторых гормонов роста и выяснено, что наибольшего значения они достигают в период нереста, т.е. в период наиболее активной добычи лососей (Gomez et al., 1999).

Таким образом, печень различных видов позвоночных животных, в том числе и хищных рыб, может служить источником большого количества низкомолекулярных веществ и ферментов, которые можно применять для изготовления БАД к пище комплексного действия.

В экспериментах использовали печень нерестовых кеты и горбуши, заготовленную на Сахалине и Камчатке в 2005 и 2006 гг. Антиоксидантную активность определяли по методу Глевинда (Владимиров, Арчаков, 1972) с использованием α -дифенил- α -пикрилгидразина.

Измельченную ткань заливали пятикратным объемом дистиллированной воды и оставляли на 12–15 ч при 10–12 °С и перемешивании. Суспензию разделяли на сепараторе, надосадочную жидкость подщелачивали гидроокисью натрия до рН 8–9 и добавляли 0,3 %-ный раствор хитозана в 3 %-ную уксусную кислоту в расчете 1/20 от объема обрабатываемой смеси. После перемешивания в течение часа и формирования осадка суспензию снова разделяли на сепараторе и высушивали жидкость на распылительной сушке циклонного типа. Выход порошка составил около 3 % от массы исходной ткани.

Проведенные анализы показали, что препарат, полученный из печени камчатской кеты, содержит 15 % белка, а его антиокислительная активность в 26 раз выше активности карнозина, выбранного в качестве эталона сравнения. Активность порошка, полученного высушиванием простого водного экстракта без обработки хитозаном, составляет всего 90 % от активности карнозина. Аминокислотный анализ препарата показал высокое содержание в нем фосфосерина и незаменимых аминокислот лизина, аргинина, лейцина, изолейцина, валина, а также таурина, аланина, пролина и глутаминовой кислоты. Всего свободных аминокислот в препарате — 0,1 % от массы сухого порошка, из них треть составляют незаменимые. На долю важной для человека аминокислоты таурина приходится 5 % от количества свободных аминокислот.

С помощью электрофореза в ПААГ было показано, что обработка хитозаном позволяет удалить большинство присутствующих в экстракте белков. Остаются две фракции с м.м. 30–60 кДа. Поскольку полнота отделения липидов в процессе обработки имеет большое значение для качества сушки, проводили мониторинг содержания общих липидов на всех стадиях очистки (табл. 1).

Таблица 1

Содержание общих липидов на разных стадиях обработки печени камчатской кеты в процессе получения водорастворимого комплекса

Образец	% липидов
Осадок печени после экстракции, без обработки хитозаном	2,5
Раствор после 1-го сепарирования (отделение фарша)	0,027
Раствор после 1-го сепарирования (отделение фарша), дополнительно отцентрифугированный	0,004
Осадок после центрифугирования	1,84
Осадок с тарелок сепаратора при отделении фарша печени после экстракции	3,67
Осадок с тарелок сепаратора после обработки экстракта хитозаном и образования хитозан-липидного комплекса	1,86
Конечный продукт, высушенный	0,036

Из представленных данных видно как в процессе обработки в материале уменьшается количество общих липидов. При отборе на анализ жидкостей процентное содержание липидов относится к их общему объему. Осадок, образовавшийся в результате обработки экстракта хитозаном, представляет собой пастообразную массу. Известно, что хитозан проявляет родство к липидам и липопротеидным комплексам, поэтому в образце было проведено определение жирных кислот. Подобному анализу подвергли также осадок, снятый с тарелок сепаратора во время предварительного опыта, когда раствор хитозана добавляли прямо к исходной суспензии фарша, далее отделяя его на сепараторе вместе с образовавшимся осадком. Как видно из представленных данных (табл. 2), в образцах преобладают пальмитиновая, олеиновая, эйкозапентаеновая и докозапентаеновая кислоты.

Таблица 2

Состав жирных кислот хитозан-липидного комплекса, полученного после обработки водного экстракта фарша печени камчатской кеты, % от суммы жирных кислот (приведены жирные кислоты, концентрация которых выше 1 %)

Жирная кислота	Варианты	
	с отделением осадка	без отделения осадка
Миристиновая (14:0)	1,7	2,1
Пальмитиновая (16:0)	28,3	27,8
Пальмитоолеиновая (16:1n-7)	2,5	3,3
Стеариновая (18:0)	1,5	2,2
Олеиновая (18:1n-9)	19,2	18,5
Вакценовая (18:1n-7)		
20:1n-11	2,0	
20:1n-9		1,6
Арахидоновая (20:4n-6)	1,4	1,5
Эйкозапентаеновая (20:5n-3)	5,8	5,7
22:5n-6	1,5	1,6
Докозапентаеновая (22:6n-3)	9,8	9,1

Таким образом показано, что модифицированная методика, с помощью которой возможно проводить переработку больших количеств печени лососей, вполне пригодна для применения в промышленных условиях и позволяет получить препарат, обладающий высокой антиокислительной активностью, который в дальнейшем может быть применен для производства БАД комплексного действия.

ЛИТЕРАТУРА

- Владимиров Ю.А., Арчаков А.И. Перекисное окисление липидов в биологических мембранах. — М.: Наука, 1972. — 252 с.
- Alkassim L.S., Tsai C.S. Purification and kinetic characterization of pickerel liver alcohol-dehydrogenase with dual coenzyme specificity // *Biochemistry And Cell Biology-Biochimie Et Biologie Cellulaire*. — 1993. — Vol. 71, iss. 9–10. — P. 421–426.
- Arukwe A., Nilsen B.M., Berg K., Goksoyr A. Immunohistochemical analysis of the vitellogenin response in the liver of Atlantic salmon exposed to environmental oestrogens // *Biomarkers*. — 1999. — Vol. 4, № 5. — P. 373–380.
- Cordoba O.L., Sanchez E.I., Santome J.A. The main fatty acid-binding protein in the liver of the shark (*Halaetunus bivius*) belongs to the liver basic type — Isolation, amino acid sequence determination and characterization // *Eur. Journ. Biochem.* — 1999. — Vol. 265, № 2. — P. 832–838.
- Fong W.P. Isolation and characterization of grass carp (*ctenopharyngodon-idellus*) liver alcohol-dehydrogenase // *Comp. Biochem. and Physiol. B-Biochem. & Mol. Biol.* — 1991. — Vol. 98, iss. 6. — P. 411–420.
- Gomez J.M., Mourot B., Fostier A., LeGac F. Growth hormone receptors in ovary and liver during gametogenesis in female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Journ. of Reproduction and Fertility*. — 1999. — Vol. 115, № 2. — P. 275–285.
- Harmon J.S., Michelsen K.G., Sheridan M.A. Purification and characterization of hepatic triacylglycerol lipase isolated from rainbow-trout, *Oncorhynchus-mykiss* // *So Fish Physiology and Biochemistry*. — 1991. — Vol. 9, iss. 4. — P. 361–368.
- Hirono I., Jee-Youn Hwang, Ono Y. et al. Two different types of hepcidins from the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* // *FEBS Journ.* — 2005. — Vol. 272, iss. 20. — P. 5257–5264.
- Krawczenko A., Ciszak L., Malicka-Blaszkiwicz M. Carp liver DNase — isolation, further characterization and interaction with endogenous actin // *Comp. Biochem. Physiol. B-Biochem. & Mol. Biol.* — 2005. — Vol. 140, № 1. — P. 141–151.
- Leitao M.A.S., Affonso E.G., da Silva M.F.E. et al. The liver monooxygenase system of Brazilian freshwater fish // *Comp. Biochem. Physiol. C-Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.* — 2000. — Vol. 126, iss. 1. — P. 29–38.
- McKim J.M., Schaup H.W., Marien K., Selivonchick D.P. Isolation and identification of acetyl-coa carboxylase from rainbow-trout (*Salmo-gairdneri*) liver // *Lipids*. — 1989. — Vol. 24, iss. 3. — P. 187–192.
- Nagai T., Hamada M., Kai N. et al. Purification and characterization of alcohol dehydrogenase from liver of skipjack *Katsuwonus pelamis* // *Fish. Science*. — 1996. — Vol. 62, iss. 2. — P. 272–277.
- Singh R.A., Singh S.N. Purification and properties of liver arginase from teleostean fish *Clarias-batrachus* (L) // *Archives Internationales De Physiologie De Biochimie Et De Biophysique*. — 1990. — Vol. 98, iss. 6. — P. 411–420.
- Srivastava A.S., Oohara I., Suzuki T. et al. Purification and properties of cytosolic alanine aminotransferase from the liver of two freshwater fish, *Clarias batrachus* and *Labeo rohita* // *Comp. Biochem. Physiol. B-Biochem. Mol. Biol.* — 2004. — Vol. 137, iss. 2. — P. 197–207.
- Tsui H.T., Mock W.Y., Lau K.K., Fong W.P. Proteolytic activation of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) liver alcohol dehydrogenase // *Biochim. et Biophys. Acta-Prot. Struct. and Mol. Enzymol.* — 1996. — Vol. 1296, iss. 1. — P. 41–46.
- Venkatachalam K.V., Llanos D.E., Karami K.J., Malinovskii V.A. Isolation, partial purification, and characterization of a novel petromyzonol sulfotransferase from *Petromyzon marinus* (lamprey) larval liver // *J. Lipid Res.* — 2004. — Vol. 45, iss. 3. — P. 486–495.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ГОЛОВ ЛОСОСЕВЫХ И КАЛЬМАРА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ

А.Н. Баштовой

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Морские объекты характеризуются высоким содержанием биологически активных соединений, витаминов минеральных веществ. Особую ценность имеют ферментативные гидролизаты из отходов переработки гидробионтов, позволяющие сохранить в нативном состоянии биологически активные вещества (БАВ) различных классов (Лебская, 2000). Соединительная, хрящевая и костно-хрящевая ткани гидробионтов характеризуются высоким содержанием гексозаминов (глюкоз- и галактозаминов).

Одним из биологически активных соединений являются гексозамины. Установлено, что они проявляют лечебно-профилактические свойства, обладают противовоспалительным действием. Значительное количество этих сахаров обнаружено в хрящевой ткани лососевых рыб и кальмара (Суховерхова, 2006).

Получение кормовой добавки, содержащей эти сахара, из отходов промышленной переработки гидробионтов позволит не только расширить перечень профилактических продуктов, но и повысить рентабельность производства продукции, кроме того — замкнуть технологический цикл и сделать производство безотходным.

Использование различных по своему составу кормовых добавок позволяет создать корма, обогащенные полисахаридами, минеральными веществами, белками или липидами, обладающих функциональными свойствами. Сочетание добавок, различных по химическому составу и набору активных веществ, способствует более глубокому воздействию на организм животных. В сфере производства биологически активных добавок (БАД) остро стоит проблема использования отходов, в которых остается неиспользуемыми определенное количество биологически активных веществ. Исходя из вышесказанного, нами были поставлены следующие задачи:

— определить питательную ценность отходов при получении БАД, наличие остаточного количества в них биологически активных веществ;

— подобрать рациональные условия обработки для получения сухих кормовых добавок.

Нами предложена технология получения биологически активного комплекса (БАК) из голов лососевых рыб и голов кальмаров, который обладает не только питательной ценностью, но и биологической активностью, в то время как существующие кормовые добавки в основном служат источником энергии.

Исследования проводились в лабораториях комплексной переработки гидробионтов и БАД и фармпрепаратов Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра.

Отходы от переработки кижуча (*Oncorhynchus kisutch*) — головы рыб по качеству соответствовали ГОСТу 21607-97 «Наборы рыбные для ухи мороженые», головы тихоокеанского кальмара (*Todarodes pacificus*) по качеству соответствовали ГОСТу Р 51495-99 «Кальмар мороженный», ТУ 9253-091-33620410-06 «Кальмар сырец».

Определение массовой доли воды проводили по ГОСТу 7636-85; содержание общего азота устанавливали по методу Кьельдаля на приборе «Kjeltec auto» 10 SO Analyser (Япония); определение минеральных веществ проводили по ГОСТу 7636-85; количество гексозаминов устанавливали спектрофотометрически (ФС № 42-1286-99); массовую долю жира определяли экстракционно-весовым методом по ГОСТу 7636-85. В отдельных случаях количество липидов уточняли стандартным методом в аппарате Сокслета экстракцией эфиром (Лазаревский, 1955). Перекисное число липидов определяли по ГОСТу 7636-85.

В технологической схеме производства БАД к пище «Артротин» есть две стадии отделения нерастворимых компонентов. На первой из них отделяют липид-хитозановый комплекс в виде эмульсии, на второй — костный осадок. При переработке голов лососей количество липид-хитозанового комплекса составляет 19–21 % объема системы, количество ко-

стного осадка — 10–13 % от массы сырья. При переработке голов кальмара — 10 % объема системы и 3,5–4,1 % к массе сырья, соответственно.

Результаты исследования химического состава нескольких партий сырья и отходов производства БАД представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1
Химический состав сырья и отходов, полученных из голов лососевых рыб, %

Образец	Вода	Белок	Липиды	Минеральные вещества	Гексозамины Gal Clc	
Сырье	<u>59,16–72,55</u>	<u>17,86–17,99</u>	<u>2,64–5,76</u>	<u>4,70–5,20</u>	0,23	0,20
	65,85	17,93	4,20	4,95		
Эмульсия	<u>87,22–90,57</u>	<u>3,17–3,28</u>	<u>2,51–3,26</u>	<u>0,28–0,43</u>	0,15	0,13
	88,90	3,23	2,88	0,36		
Костный остаток	<u>50,49–56,00</u>	<u>14,42–15,82</u>	<u>7,92–8,56</u>	<u>22,86–25,50</u>	0,134	0,11
	53,25	15,12	8,24	24,18		

Примечание. Над чертой — от—до, под чертой — среднее.

Таблица 2
Химический состав сырья и отходов, полученных из голов кальмара, %

Образец	Вода	Белок	Липиды	Минеральные вещества	Гексозамины Gal Clc	
Сырье	80,06	14,64	0,57	1,69	0,24	0,21
Осадок после осаждения	90,10	0,53	0,46	0,85	0,13	0,11
Осадок после сепарации	86,30	1,79	1,89	1,55	0,14	0,12

Полученные отходы содержат небольшое количество белка, умеренное количество липидов, костный остаток содержит большое количество минеральных веществ. Суммарное количество аминокислот в отходах можно считать относительно высоким.

Содержание белка и липидов в отходах от переработки голов кальмара невелико, количество минеральных веществ также не является значительным, но наблюдается относительно высокое содержание аминокислот.

В табл. 3 представлены данные по остаточному содержанию веществ в отходах; результаты получены путем определения отдельных классов соединений и пересчета этих данных на фактические массовые количества отходов.

Таблица 3
Остаточное содержание веществ в отходах, % к сухому исходному сырию

Образец	Белок	Липиды	Минеральные вещества	Гексозамины		
				Галактозамины	Глюкозамины	
Лосось	Эмульсия	5,78	29,83	3,15	20,2	19,4
	Костный остаток	24,6	18,1	57,7	15,92	14,6
Кальмар	Осадок после осаждения	0,7	15,55	9,65	10,5	10,2
	Осадок после сепарации	0,56	15,1	4,2	2,7	2,63

Оценив совокупность данных по содержанию питательных веществ и биологически активных компонентов (аминокислота) и фактических объемно-массовых характеристик полученных отходов, мы сделали следующее заключение: при переработке голов лососевых рыб по технологии производства Артротина в отходы уходит около 30 % белка и более 45 % липидов. С костным остатком в отходы уходит около 60 % минеральных веществ и до 20 %

аминосахаров. При переработке голов кальмара с отходами теряется небольшое количество белков и до 30 % липидов, с осадком после осаждения в отходы уходит около 10 % минеральных веществ и 10 % аминокислот.

Учитывая замкнутость процесса переработки и физические свойства отходов после высушивания, считаем, что отходы, полученные из кальмара, могут служить наполнителем и структурообразователем в БАК.

Разрабатываемая нами технология предусматривает смешивание компонентов для биологически активного комплекса, с их последующим высушиванием и измельчением.

В эксперименте для приготовления БАК были взяты смесь эмульсии, костного остатка, осадка после осаждения и сепарации в процентном соотношении соответствующему их выходу по технологической линии.

При обосновании условий сушки нами были испытаны два варианта: при 70 °С в сушилке с инфракрасным излучением («Икар» ЭСБИК-1,25/220) со скоростью воздуха 0,7 м/с и при 105 °С в сушилке без конвекции. Динамика изменения массы и влажности от времени представлены на рис. 1 и 2. При идентичных условиях проведения эксперимента, образец при 105 °С достигает постоянной массы через 14 ч, а в сушилке с инфракрасным излучением при 70 °С за 6 ч. Полученные данные свидетельствуют о более активном процессе высушивания в сушилке с инфракрасным излучением.

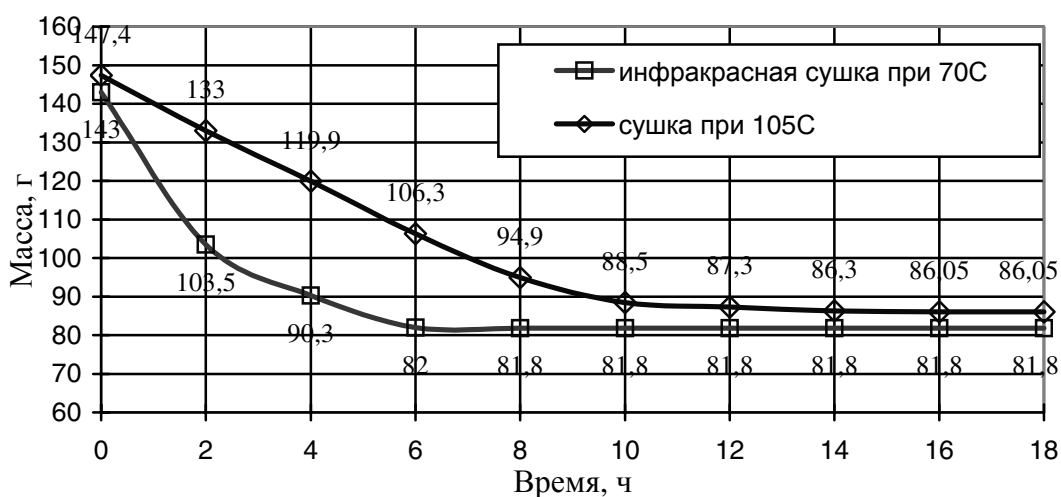


Рис. 1. Зависимость массы продукта от времени сушки

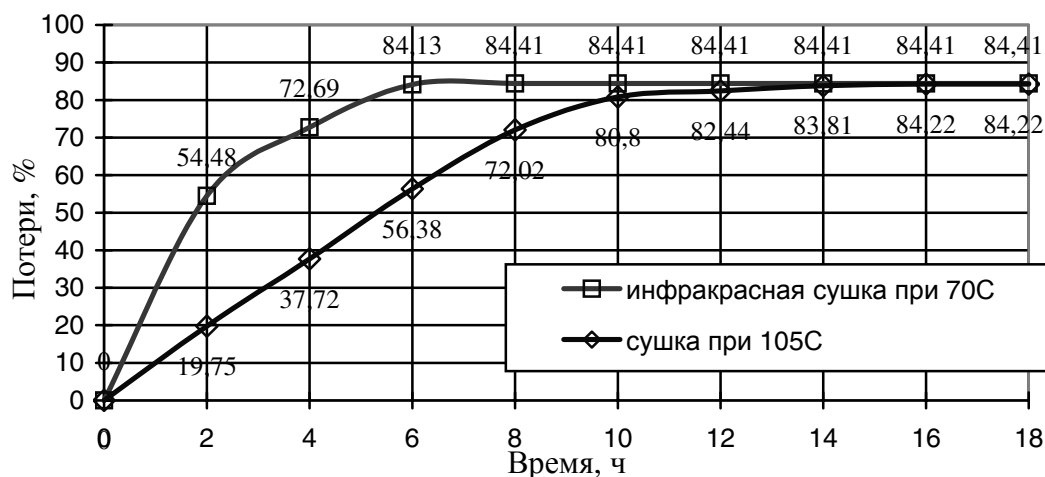


Рис. 2. Динамика потерь влаги при высушивании продукта

Химический состав полученных образцов, свидетельствует не только об энергетической ценности, но и о возможности представить полученный биологически активный комплекс в качестве источника белков, минеральных веществ и аминокислот, содержание которых находится в пределах 1,5 %. Опираясь на данные (Лазаревский, 1955; Кизеветтер, 1973) согласно которым высокая температура негативно влияет на белки, липиды и сахара, ухудшая качественный состав продукта, а также, учитывая скорость сушки, мы выбрали способ с инфракрасным излучением. Полученные образцы легко поддаются формованию и измельчению разной степени.

Проведенные исследования показали перспективность дальнейшего исследования отходов получаемых из голов лососевых и кальмара для получения кормовых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 7636-85. Определение массовой доли жира экстракционно-весовым методом.
ГОСТ 7636-85. Определение перекисного числа.
ГОСТ 21607-97. Наборы рыбные для ухи, мороженые. Технические условия.
ГОСТ Р 51495-99. Кальмар мороженный.
Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 424 с.
Лазаревский А.А. Техничко-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. — М.: Промпищиздат, 1955. — 520 с.
Лебская Т.К. Научные и практические аспекты применения биологически активных веществ из морских животных // Материалы отчетной сессии ПИНРО по итогам НИР в 1998–1999 гг. — Мурманск: ПИНРО, 2000. — С. 49–59.
Суховерхова Г.Ю. Биохимическая характеристика хрящевой ткани гидробионтов и технология БАД к пище: Автореф. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. — 24 с.
ТУ 9253-091-33620410-06. Кальмар сырец.

КОНСЕРВЫ «АНАДАРА В МОРКОВНО-АБРИКОСОВОМ СОУСЕ»

А.С. Гришин¹, Т.А. Давлетшина², Л.В. Шульгина²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: canssa@mail.ru

² ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»,
г. Владивосток, Россия, e-mail: shulgina@mail.ru

Нерыбные объекты промысла и продукты их переработки, являясь уникальным источником особо ценных и различных по своей химической природе БАВ и обладая своеобразными органолептическими свойствами, относятся к наиболее популярному, современному и здоровому питанию среди активной части населения страны.

С учетом этого были проведены исследования по разработке консервов из моллюсков на примере анадары в кисло-сладком соусе, изготовленных с добавлением фруктов и овощей. Обогащение этими компонентами будет способствовать повышению пищевой ценности стерилизованной продукции из гидробионтов.

Для изготовления консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» использовали мясо (ногу, мускул, мантию) анадары — сырца или мясо анадары мороженое, которое нарезают полосками шириной не более 1 см. При отработке рецептуры соуса использовали следующие компоненты: морковь, курагу, томат-пасту, сахар, растительное масло, муку, соль. Технология соуса заключалась в следующем: морковь отваривали до готовности, сушеную курагу замачивали в горячей воде на 20–30 мин, после чего подготовленные компоненты гомогенизировали до пюреобразного состояния и обжаривали на растительном масле с томатной пастой, мукой, сахаром, солью в течение 5 мин.

Опробовано несколько рецептур морковно-абрикосового соуса, оптимальная выбрана согласно органолептической оценке (внешний вид, вкус, цвет, запах, консистенция) после стерилизации с моллюсками, при соотношении моллюск : соус 1 : 1. Варианты готовых консервов представляли на рабочие дегустации, где оценивали органолептические показатели качества рецептур, в дальнейшем оптимальный состав этого соуса был использован при изготовлении консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе».

Для определения рационального соотношения компонентов были заготовлены консервы с различным соотношением мяса моллюска и соуса (50 : 50, 60 : 40, 70 : 30). По соотношению твердой и жидкой части содержимого готовых консервов, а также вкусоароматическим показателям наиболее рациональными оказались образцы консервов при соотношении мясо моллюска : соус 60 : 40.

Оптимальная рецептура консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» на 1000 учетных банок включает (кг): мясо моллюска — 214,1, морковь вареная — 64,2, курага подготовленная — 28,5, томат-паста — 21,4, сахар — 11,3, растительное масло — 7,0, мука — 7,0, соль — 3,5.

Обоснование режима стерилизации полученного ассортимента консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» проводили с учетом значения величины F_n , необходимого для обеспечения промышленной стерильности и приемлемых органолептических свойств готового продукта. Для научного обоснования режима стерилизации консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» были проведены микробиологические и теплофизические исследования, в результате которых установлены основные параметры собственно стерилизации.

Термоустойчивые споры тест-штамма *S. sporogenes* — 25 были получены в лаборатории микробиологии Гипрорыбфлота (г. Санкт-Петербург) и отмыты в нейтральном фосфатном буферном растворе, значения показателей составляло $D_{121,1}^{0C} = 0,58$ мин, $Z = 10^0C$.

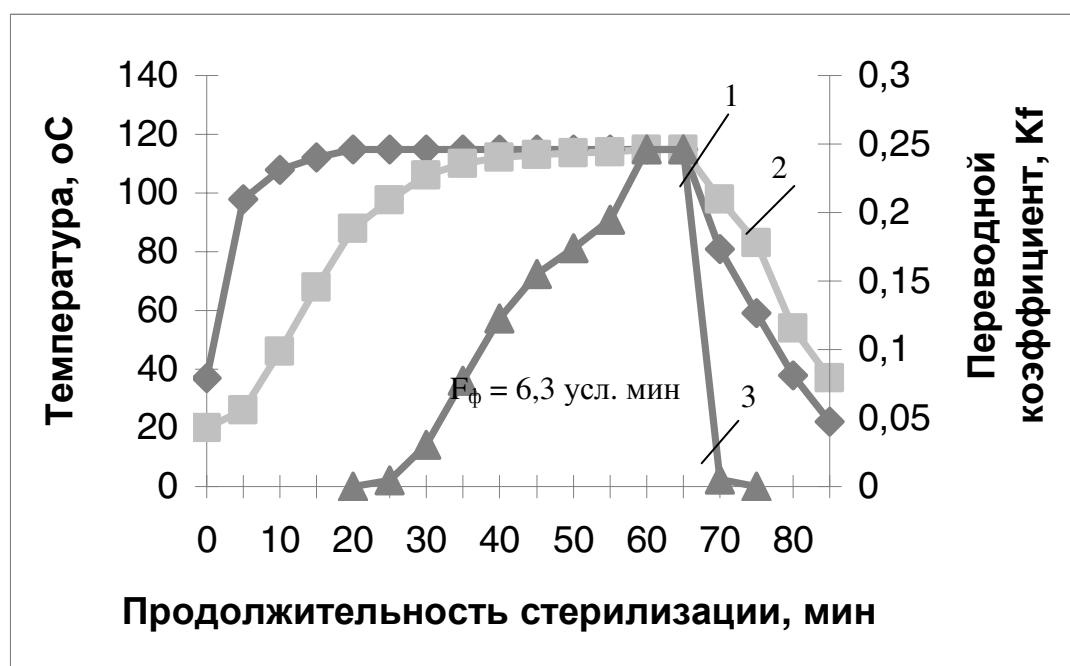
Необходимые для разработки режима стерилизации показатели термоустойчивости спорных бактерий, значение нормативного стерилизующего эффекта и обсемененность спорами анаэробов нового вида консервов были использованы из «Инструкции ...» (1996), так как по физико-химическим показателям соответствовали консервам из гидробионтов группы 10 «рыбные в томатно-масляной заливке» (табл. 1).

Основные показатели для разработки режима стерилизации

Наименование консервов	$D_{121,1}^{\circ\text{C}}$, мин	Z , $^{\circ}\text{C}$	№ банки	Масса нетто, г	F_n , усл. мин	Кол-во спор до стерилизации в 1 г
Анадара в морковно-абрикосовом соусе	0,63	10	22	135	5,3	1

Следующим этапом явилось изучение прогреваемости консервов при стерилизации их в автоклаве типа АВ. Стерилизация осуществлялась паром, охлаждение водой с противодействием при температуре 115°C .

Данные об изменении температуры продукта и греющей среды в процессе стерилизации консервов приведены на рисунке.



Прогреваемость и стерилизующий эффект (F_{ϕ}) консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе», стерилизованных при температуре 115°C : 1 — температура в автоклаве; 2 — температура в банке; 3 — переводной коэффициент

Стерилизующий эффект ($F_{\phi} > F_n$) в консервах был достигнут при температуре 115°C в течение 45 мин. Таким образом, предварительная формула режима стерилизации имеет следующий вид: $\frac{5 - 15 - 45 - 20}{115^{\circ}\text{C}}$ 0,18 МПа, при этом величина F_{ϕ} составляла 6,3 усл. мин.

Проверка режима стерилизации методом искусственного заражения консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» подтвердила его надежность.

Готовые консервы представляли собой деликатесный продукт с выраженными вкусовыми свойствами отвечающий по показателям безопасности требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01. Основные органолептические и физико-химические показатели качества разработанных консервов представлены в табл. 2.

Технология консервов «Анадара в морковно-абрикосовом соусе» рекомендована для внедрения в производство рыбконсервных заводов. Кроме этого консервы были представлены на дегустационном совещании в Центре подготовки космонавтов им. Ю. А. Гагарина, где получили высокую оценку и были рекомендованы как продукты для бортового меню участников космических полетов и экспедиций посещения.

Основные органолептические и физико-химические показатели качества консервов
«Анадара в морковно-абрикосовом соусе»

Наименование показателя (характеристика)	Содержание характеристики
Вкус	Приятный, свойственный консервам данного вида, без постороннего привкуса
Запах	Приятный, свойственный консервам данного вида, без постороннего запаха
Консистенция: — моллюсков — соуса	Мягкая, сочная Однородный
Состояние: — моллюсков — соуса	Нарезанные полосками различной формы Однородный
Цвет соуса	Оранжевый, с оттенками свойственными внесенным компонентам
Характеристика разделки	Филе и мантия с мускулом-замыкателем отделены от створок раковины, зачищены от остатков внут- ренностей
Порядок укладки	Насыпью, с разравниванием поверхности
Наличие посторонних примесей	Отсутствуют
Общая кислотность консервов (в пересчете на яблочную кислоту), %	0,3–0,7
Массовая доля поваренной соли, %	0,8–1,0
Массовая доля составных частей, % — моллюсков — соуса	40–50 60–50

ЛИТЕРАТУРА

Инструкция по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и рыбопродуктов. — СПб.: Гипрорыбфлот, 1996 — 42 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНДОГЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ ГОНАД ГИДРОБИОНТОВ

В.В. Давидович, Ю.М. Позднякова
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Для моллюсков характерен большой спектр необходимых организму человека биологически активных компонентов: микроэлементов, витаминов, хорошо усвояемых жиров, белков и свободных аминокислот (Кизеветтер, 1973; Лебедев, 1974). В репродуктивной ткани моллюсков содержится значительное количество ДНК (Мухин, Новиков, 2002; Позднякова, 2003). Препараты, содержащие ДНК и ее низкомолекулярные производные, обладают высокой биологической активностью: противовирусным, онкопротекторным, иммуномодулирующим действием. Известны работы по выделению олигонуклеотидов из молок лососевых рыб с помощью ферментативного гидролиза (Позднякова и др., 2001; Позднякова, 2003). Степень гидролиза нуклеиновых кислот в гонадах зависит от активности эндогенных ферментов — протеаз и нуклеаз, активность и субстратная специфичность которых определяют скорость протекания ферментативного гидролиза с участием экзогенных препаратов (Позднякова и др., 2001).

Целью настоящей работы явилось изучение активности тканевых гидролаз в гонадах двусторчатых, головоногих моллюсков и иглокожих.

В работе исследовали гонады приморского гребешка (молоки и икра), морского ежа, кальмара Бартрама, командорского кальмара, молоки горбуши.

Удельную активность кислых и щелочных дезоксирибонуклеаз определяли по количеству кислоторастворимых олигонуклеотидов, образующихся в процессе ферментативного гидролиза нативной ДНК (Гафуров, 1999). Удельную активность щелочных и кислых протеаз определяли по методу Е.Д. Каверзневой (1971). Количественное содержание ДНК в сырье — по методу Дише (Северин, Соловьева, 1989). Накопление растворимых белковых компонентов в процессе автолиза определяли по приросту оптической плотности при 280 нм (Алексеев, 1968).

Гонады кальмаров, которые составляют от 17,6 до 21,2 % всей массы животного (Справочник ..., 1999), а также гонады приморского гребешка (4,4–5,6 % массы) применения в пищевой промышленности не нашли. Кондиционные гонады морского ежа (8,6–14,9 % массы) являются ценным лечебно-профилактическим продуктом, но некондиционная икра используется только для выделения липидов. Поэтому нами предложено использовать данный вид сырья для получения комплексных биологически активных ДНК-содержащих препаратов.

Содержание ДНК составило: в молоках приморского гребешка — 3,50 %, в икре — 1,25 %; в сперматофорах командорского кальмара — 0,625 %, в сперматофорах кальмара Бартрама — 3,0 %, в икре морского ежа — 3,0 % в молоках горбуши — 5,0 % (рис. 1).

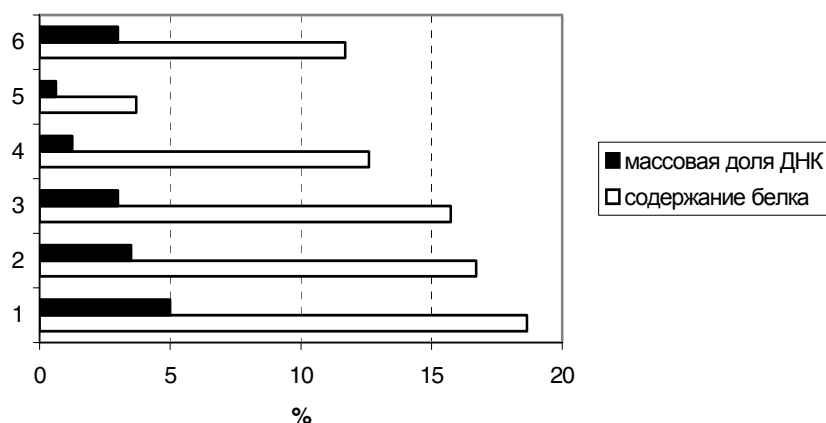


Рис. 1. Содержание белка и ДНК в гонадах гидробионтов: 1 — молоки горбуши, 2 — гонады гребешка, 3 — сперматофоры командорского кальмара, 4 — сперматофоры кальмара Бартрама, 6 — гонады морского ежа

При разработке технологий комплексных БАД к пище, содержащих ДНК важным показателем является содержание белка в сырье. Процентное содержание белка составило: в молоках приморского гребешка 15,75, в икре — 3,70, в сперматофорах командорского кальмара 12,60, в сперматофорах кальмара Бартрама 16,70, в икре морского ежа 11,70 (рис. 1).

Оценка уровня активности эндогенных ферментов важна для определения степени деградации ДНК на начальных технологических стадиях ферментативного гидролиза — гомогенизации и экстракции. Поэтому при получении из новых видов сырья препаратов, содержащих нуклеиновые кислоты и их производные, одной из задач является определение активности и специфичности тканевых гидролаз.

Во всех исследуемых сырьевых источниках отмечена более высокая активность кислых дезоксирибонуклеаз, которые могут играть определенную роль в деградации ДНК на первых стадиях ферментативного гидролиза, когда рН гомогенизированной ткани находится в слабо кислой или нейтральной области (см. таблицу).

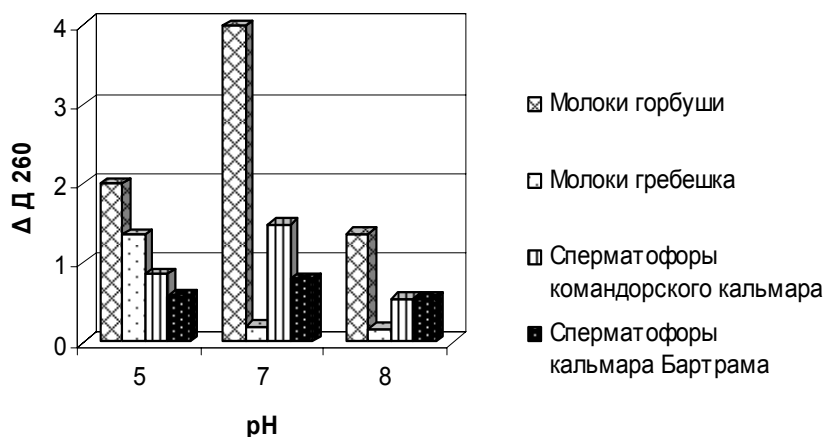
Активность протеолитических и нуклеотических ферментов в гонадах приморского гребешка и молоках горбуши, Е/г

Объект	Активность дезоксирибонуклеаз		Активность протеаз	
	Щелочные	Кислые	Щелочные	Кислые
Молоки гребешка	44,5	378,3	0,208	0,139
Икра гребешка	74,2	866,8	0,155	0,625
Икра морского ежа	157,6	679,4	0,120	0,58
Сперматофоры командорского кальмара	178,3	488,3	0,800	0,280
Сперматофоры кальмара Бартрама	532,5	777,0	1,327	0,307
Молоки горбуши	328,3	1104,5	0,913	0,139

Самая высокая активность Са, Mg-зависимых щелочных дезоксирибонуклеаз обнаружена в сперматофорах кальмара Бартрама, в молоках горбуши и в сперматофорах командорского кальмара. В гонадах гребешка активность щелочных дезоксирибонуклеаз на порядок ниже, чем кислых, такая разница в активности, по-видимому, связана с физиологическими особенностями объекта исследования. В молоках исследуемых гидробионтов активность щелочных протеаз выше, чем кислых, а в икре гребешка преобладают кислые протеазы.

рН-оптимум дезоксирибонуклеаз, содержащихся в гонадах, находится либо в кислой зоне рН 4,5–5,0 (ДНКазы II) (Гафуров, 1999), либо слабо щелочной рН 7,5–7,8 (Hashida et al., 1982). Исходя из этого, исследовали накопление растворимых низкомолекулярных нуклеиновых кислот при различных рН в автолизатах гонад гидробионтов (рис. 2). Максимальный прирост олигонуклеотидов наблюдался в автолизатах со слабощелочной и кислой (молоки гребешка) средой. Таким образом, в гонадах гребешка преобладают кислые ДНКазы, а щелочные и нейтральные слабо проявляют свою активность.

Рис. 2. Накопление олигонуклеотидов в автолизатах гонад гидробионтов при различных рН



Известно (Мухин, Новиков, 2002), что в гонадах гидробионтов встречаются преимущественно сериновые протеиназы с рН оптимумом в щелочной зоне, а также могут встречаться кислые и нейтральные.

Максимальное накопление растворимых белковых компонентов наблюдалось в автолизатах гонад при pH 7. По-видимому, в гонадах исследуемых объектов преобладающими являются нейтральные протеазы и щелочные и кислые менее активны. Исключение составляют сперматофоры командорского кальмара, для которых, как при pH 7, так и при pH 5 и pH 8, эти показатели отличаются незначительно (рис. 3). Результаты исследования накопления растворимых белковых компонентов и олигонуклеотидов согласуются с данными по активности эндогенных ферментов.

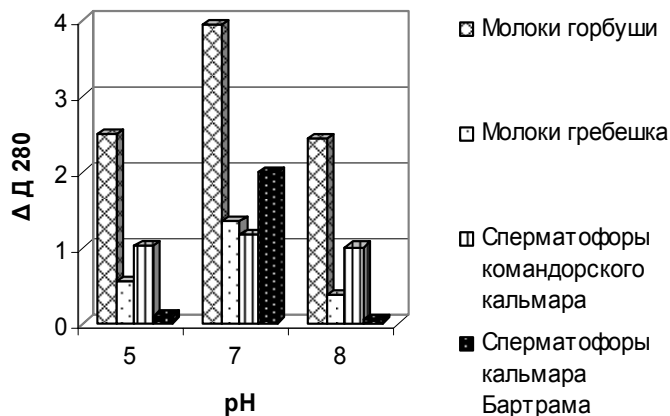


Рис. 3. Накопление растворимых белковых компонентов в автолизатах гонад гидробионтов при различных pH

Автолиз проводили при гидромодуле сырье : вода 1 : 20 и 1 : 30 и температуре 37 и 47 °С, в течение 4 ч (после этого времени увеличение ΔД не наблюдалось). Оптимальными условиями для автолиза

оказалась температура 37 °С (рис. 4), так как при высокой температуре (47 °С) процесс автолиза протекал менее активно, чем при температуре 37 °С.

Значительных отличий в накоплении растворимых белковых компонентов в зависимости от гидромодуля в автолизатах сперматофоров кальмаров не выявлено. Для гонад гребешка лучше использовать гидромодуль 1 : 20, для молок горбуши 1 : 30.

Таким образом, все виды исследуемых сырьевых источников можно считать перспективными для получения БАД, обогащенных ДНК. Для получения БАД могут служить молоки приморского гребешка, гонады морского ежа и сперматофоры кальмара Бартрама, в связи с более высоким содержанием ДНК.

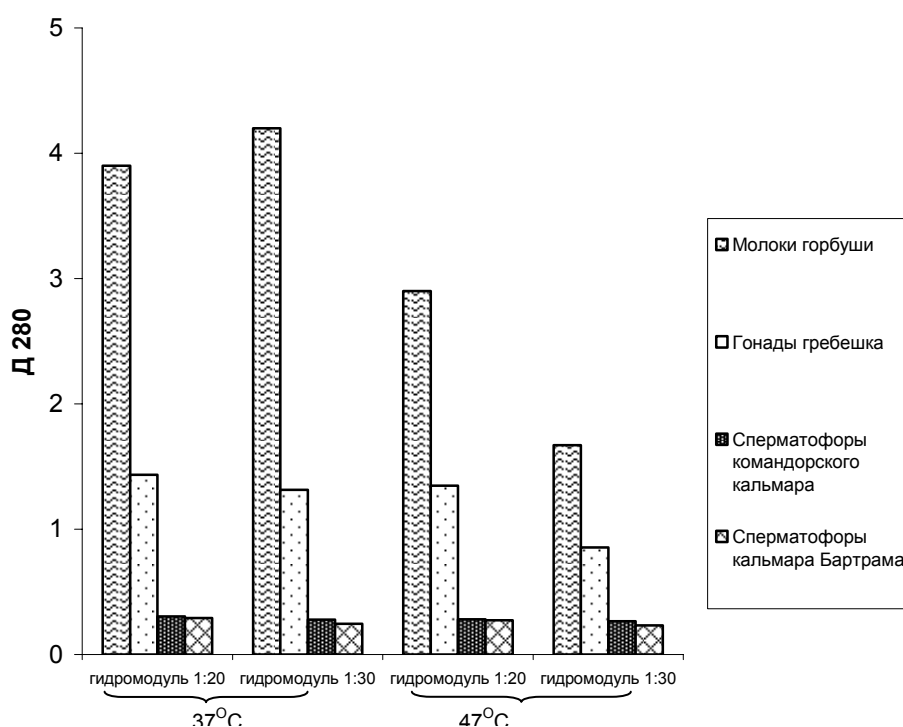


Рис. 4. Накопление растворимых белковых компонентов под действием эндогенных ферментов при различном гидромодуле и температуре (время автолиза 4 ч)

Наличие активных протеолитических и нуклеазных ферментов эндогенного происхождения в гонадах моллюсков обеспечивает возможность более глубокого расщепления белков и нуклеиновых кислот при последующем введении экзогенных ферментных препаратов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Л.П. Определение активности протеиназ по расщеплению белковых субстратов // *Современные методы в биохимии*. — М.: Медицина, 1968. — Т. 2. — 112 с.
- Гафуров Ю.М. Дезоксирибонуклеазы. — Владивосток: Дальнаука, 1999. — 230 с.
- Каверзнева Е.Д. Стандартный метод определения протеолитической активности для комплексных препаратов протеаз // *Прикладная биохимия и микробиология*. — 1971. — Т. 7, № 2. — С. 225–228.
- Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 416 с.
- Лебедев А.В. Азотистые экстрактивные вещества мышечной ткани беспозвоночных // *Журн. эволюц. биохим. и физиол.* — 1974. — Т. 10. — С. 232–242.
- Мухин В.А., Новиков В.Ю. Белковые гидролизаты из отходов переработки морепродуктов // *Птицеводство*. — 2002. — № 1. — С. 21–23.
- Позднякова Ю.М. Технология биологически активных добавок к пище на основе ферментативного гидролиза гонад гребешка: Дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. — 126 с.
- Позднякова Ю.М., Пивненко Т.Н., Эпштейн Л.М., Касьяненко Ю.И. Исследование активности эндогенных и экзогенных ферментов при получении препаратов из молок различных видов рыб и моллюсков. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2001. — Т. 129. — С. 197–202.
- Северин С.Е., Соловьева Г.А. Практикум по биохимии. — М.: МГУ, 1989. — 163 с.
- Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / под ред. В.П. Быкова. — М.: ВНИРО, 1999. — 262 с.
- Hashida T., Tanaka Y., Matsunami N. et al. Purification and properties of bull seminal plasma Ca, Mg — dependent endonuclease // *The Journal of Biological Chemistry*. — 1982. — Vol. 257, № 21. — P. 13114–13119.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕДОИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫСЛА КАК СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОВОЩЕРЫБНЫХ КОНСЕРВОВ

Т.А. Давлетшина, Ю.В. Паулов, Г.И. Загородная, Е.А. Солодова, Н.В. Долбнина
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: solodova@tinro.ru

В связи с изменением структуры сырьевой базы дальневосточного бассейна и возрастающим интересом рыбодобывающих предприятий появилась необходимость полномасштабного введения в промысел и переработку малоценных и недоиспользуемых видов морских объектов, в частности бычков, ликодов и мойвы, которые не являются объектами специального промысла. Возможная величина их вылова (ОДУ) в 2007 г. определена по дальневосточному бассейну (тыс. т): бычков — 67,49, мойвы — 38,49, ликодов — 47,60 (данные 1997 г.). В 2007 г на промысле черного палтуса в северной и восточной частях Охотского моря прогноз на вылов ликода Солдатова составил 800 т (Прогноз ..., 2007).

Целью настоящей работы было исследование размерно-массового состава, изучение показателей безопасности, пищевой ценности ликодов Солдатова и редкозубого, бычка-керчака, мойвы дальневосточной и разработка рекомендаций по использованию в пищевых технологиях.

Объекты исследований: бычок керчак (*M. polyacanthocephalus*), ликод Солдатова (*Lycodes soldatovi*), ликод редкозубый (*Lycodes raridens*) и мойва дальневосточная (*Mallotus villosus*).

Размерно-массовый состав изучаемых объектов определяли согласно методическим рекомендациям В.П. Быкова и В.А. Смирнова (1981). Определение содержания белка, липидов, воды в тканях рыб проводили общепринятыми методами (Журавская и др., 1985), содержание общего и небелкового азота определяли на приборе Kjeltec Auto Analyser 1030 (Tecator, Швеция). Определение содержания гликогена проводили антроновым методом (Крылова, Ляскова, 1965). Биологическую ценность (ОБЦ) в тканях рыб определяли с использованием реснитчатой инфузории *Tetrahymena pyriformis* относительно казеина (Шульгин и др., 2006). Макро- и микроэлементный состав определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Nippon Jarell Ash AA-855 (Япония) (Ковековдова, Лучшева, 1987). Содержание свинца и мышьяка определяли на приборе Hitachi 170-70 (Япония), используя в качестве атомизатора графитовую кювету. Ртуть определяли беспламенным атомно-абсорбционным методом на микроанализаторе ртути Hiramuna Hg-1 (Япония).

Исследования размерно-массового состава показали, что с увеличением размеров объектов увеличивается и их масса, выход тушки и филе.

Таблица 1

Размерно-массовый состав исследуемых объектов

Наименование объекта	Масса, г	Длина, см	Выход тушки, %	Выход филе, %	Масса головы, %
Ликод Солдатова	550–2400	44–72	42–53	23–25	30–41
Ликод редкозубый	310–440	37–46	62–68	42–45	18–25
Бычок-керчак	1200–4100	35–53	30–32	19–22	31–40
Мойва д/в	10–25	12–15	45–63	40–59	1–2

По показателям безопасности (табл. 2, 3) исследуемые объекты соответствуют требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

Таблица 2

Содержание токсичных элементов в тканях рыб, мг/кг

Объект	Pb	Cd	Hg	As
Ликод Солдатова	< 1	Н.о	0,004	0,3
Ликод редкозубый	< 1	Н.о	0,006	0,8
Бычок-керчак	0,02	< 0,02	0,03	2,8
Мойва д/в	1,4	0,07	0,003	0,71
ПДК	2,0	0,5	0,5	5,0

Таблица 3

Микробиологические показатели рыб

Исследуемый объект	КМАФАнМ, КОЕ/г	<i>Vibrio parah.</i> в 1 г	БГКП в 0,001 г	Стафил-лококк в 0,01 г	Сальмонеллы, в 25 г	<i>L. monocytogenes</i>
Ликод Солдатова	$4,2 * 10^3$	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о
Ликод редкозубый	$6,0 * 10^3$	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о
Бычок-керчак	$1,8 * 10^3$	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о
Мойва д/в	$1,0 * 10^3$	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о	Н.о
ПДК	$1,0 * 10^5$	Не доп.	Не доп.	Не доп.	Не доп.	Не доп.

Исследования элементного состава показали, что мышечная ткань всех исследованных рыб (табл. 4) содержит в достаточно большом количестве жизненно необходимые макро- (калий, натрий, кальций, магний) и микроэлементы (железо, цинк, марганец), содержание которых, согласно формуле сбалансированного питания (Нечаев, 2003) превышает 5 % от суточной потребности организма человека. Поэтому мясо мойвы, бычка и ликодов, может являться их источником: мойва — по всем макро- и микроэлементам; бычок-керчак — по калию, магнию и цинку; ликод редкозубый — по всем, кроме натрия и ликод Солдатова — по всем элементам, кроме калия и натрия.

Таблица 4

Макро- и микроэлементный состав исследуемых рыб

Макро- и микро-элементы	Мойва		Бычок-керчак		Ликод редкозубый		Ликод Солдатова	
	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Калий	1872,0	74,9	287,6	11,5	211,2	8,4	72,6	2,9
Натрий	560,0	14,0	59,9	1,5	26,5	0,7	41,4	1,0
Кальций	356,4	44,5	19,9	2,5	110,4	13,8	59,4	7,4
Магний	51,3	17,1	14,9	5,0	20,2	6,7	19,0	6,3
Железо	7,7	51,3	0,24	1,6	1,0	6,7	1,1	7,3
Цинк	4,7	47,0	1,72	17,2	1,2	12,0	0,54	5,4
Медь	0,28	14,0	0,012	0,6	0,03	10,0	0,035	8,6

Примечание. А — содержание элемента в 100 г продукта, мг; Б — доля (%) элемента в 100 г продукта от суточной потребности человека. Суточная потребность в макро- и микроэлементах, мг (Нечаев, 2003): калий — 2500–5000; натрий — 4000–6000; кальций — 800–1000; магний — 300–500; железо — 15; цинк — 10–15; медь — 2.

Известно, что пищевая ценность продукта характеризуется содержанием: белков, углеводов, жиров, макро- и микроэлементов (Нечаев, 2003) и определяется долей и вкладом этих компонентов в питательную ценность (Шульгин и др., 2006).

Исследование химического состава показало (табл. 5), что мышечная ткань исследуемых рыб характеризовалась высоким содержанием белка и низким — липидов, кроме ликода редкозубого, что позволяет отнести их к диетической категории сырья.

Таблица 5

Химический состав и ОБЦ мышечной ткани рыб

Исследуемый объект	Массовая доля, г/100 г				ОБЦ, %
	Вода	Белковые вещества	Липиды	Минеральные вещества	
Мойва д/в	80,2	16,4	2,1	1,3	66,8
Бычок-керчак	79,4	18,4	0,8	1,4	94,8
Ликод Солдатова	84,5	12,0	2,4	1,1	90,3
Ликод редкозубый	77,1	17,8	3,8	1,3	94,4

Результаты исследований аминокислотного состава, приведенные в табл. 6, показывают, что мышечная ткань мойвы и ликодов характеризуется набором всех незаменимых и заменимых аминокислот, что подтверждает полноценность белков этих видов рыб. Лимитирующими аминокислотами у всех объектов являются серосодержащие (метионин + цистин).

Таблица 6

Аминокислотный состав белков мышечной ткани ликодов и мойвы

Аминокислота	Эталон ФАО/ ВОЗ г/100 г белка	Ликоды				Мойва	
		Солдатова		Редкозубый		г/100 г белка	АК скор, %
		г/100 г белка	АК скор, %	г/100 г белка	АК скор, %		
Валин	5,0	4,90	97,4	5,2	103,40	5,1	102
Лейцин	7,0	7,30	104,6	8,0	108,60	8,5	121
Изолейцин	4,0	4,20	103,8	4,4	108,75	4,4	110
Треонин	4,0	4,50	112,5	4,5	112,50	4,8	120
Лизин	5,5	8,60	157,2	8,9	161,00	8,6	156
Метионин + цистин	3,5	2,20	62,0	3,2	92,00	1,7	49
Фенилаланин + тирозин	6,0	6,10	101,2	6,3	104,55	7,0	117
Сумма НАК	35,0	37,80		40,5		40,1	
Аспарагиновая кислота		9,40		9,8		10,0	
Серин		4,50		4,8		4,3	
Глутаминовая кислота		15,30		17,3		16,1	
Глицин		6,40		7,4		4,5	
Аланин		5,80		6,8		6,1	
Гистидин		2,20		3,2		2,0	
Аргинин		6,20		8,2		5,8	
Пролин		7,00		6,0		6,7	

В последние десятилетия принято считать, что аминокислотный скор является ориентировочным показателем, поэтому дополнительно ускоренным биологическим методом мы определили ОБЦ мяса рыб.

Установлено, что при морозильном хранении (табл. 7) на протяжении 6 мес мясо ликодов и бычка характеризуется высокой усвояемостью (высоким показателем ОБЦ), что обусловлено отсутствием влияния антипитательных факторов в мышечной ткани объекта.

Таблица 7

Изменение показателя ОБЦ (%) мышечной ткани рыб при морозильном хранении

Объект	Срок морозильного хранения, мес				
	2	4	6	8	9
Ликод Солдатова	90,4	89,1	87,8	83,2	78,5
Ликод редкозубый	94,4	93,8	92,5	91,1	88,5
Бычок-керчак	92,4	91,2	89,1	82,2	78,0

Заметное уменьшение показателя ОБЦ произошло к 9 мес хранения — на 19 % по отношению к первоначальному.

По результатам проведенных исследований установлено, что мясо ликодов и мойвы характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, поэтому может служить дополнительным источником белка в питании человека.

Учитывая вышесказанное, мясо исследуемых рыб можно рекомендовать в качестве столовой рыбы, при изготовлении кулинарной продукции в сочетании с овощными компо-

нентами, в качестве сырья при изготовлении продукции диетического питания, а также в технологии стерилизованной продукции длительного срока хранения.

С учетом тенденции к увеличению растительных компонентов в готовой продукции были проведены исследования по разработке технологии овощерыбных консервов по типу «солянки» из рассматриваемых нами видов рыб, содержание которых в готовом продукте не превышало 25 %.

В качестве растительных компонентов были предложены картофель, капуста, фасоль, морковь, лук и растительное масло, введение которых в рецептуру обуславливает высокую пищевую и энергетическую ценность продуктов.

В результате проведенных исследований разработана технология консервов «Солянка овощерыбная сборная», предусматривающая три рецептуры, в состав которых входят различные растительные компоненты и рыба (Долбнина и др., 2007).

Полученный продукт характеризовался приятным запахом и вкусом, свойственным данному рыбному и растительному сырью, мягкой и сочной консистенцией. Расход рыбного сырья в рецептуре консервов не превышает 25 %, при этом имеется возможность использовать нестандартные кусочки различных видов рыб, в том числе ликонов, мойвы и бычков, а также рыбу с небольшими повреждениями, что является экономически целесообразным.

Сравнительная оценка показала, что консервы характеризовались высокой пищевой и энергетической ценностью (табл. 8).

Таблица 8

Показатели пищевой и энергетической ценности консервов

Наименование консервов	Содержание, г/100 г продукта					Энергетическая ценность, ккал/100 г
	Белок	Вода	Липиды	Углеводы	Минеральные вещества	
Солянка из квашеной капусты, овощей и рыбы	9,7±0,6	68,2±6,2	9,9±0,7	10,1±0,9	2,1±0,2	168,3±14,1
Солянка из картофеля, овощей и рыбы	9,1±0,5	66,4±5,8	8,9±0,6	13,3±1,2	2,3±0,2	169,7±15,3
Солянка из квашеной капусты, картофеля, овощей и рыбы	9,3±0,6	67,6±6,9	9,6±0,9	11,2±1,2	2,0±0,16	169,4±15,1

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что недоиспользуемые промысловые виды рыб, в частности бычки, ликоны, мойва, могут быть рекомендованы в технологии многокомпонентной продукции, в состав рецептуры которой входит не более 25 % рыбы.

ЛИТЕРАТУРА

- Быков В.П., Смирнова В.А. Методические рекомендации «Технохимические исследования рыбы и беспозвоночных». — М.: ВНИРО, 1981. — С. 11–13.
- Долбнина Н.В., Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В. и др. Технология овощерыбных консервов // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 150. — С. 396–401.
- Журавская Н.К., Алезина Л.Т., Отряшенко Л.М. Исследование и контроль качества мяса и мясосопродуктов. — М.: Агропромиздат, 1985. — С. 58–60.
- Ковековдова Л.Т., Лучшева Л.Н. Методические рекомендации по подготовке проб объектов внешней среды и рыбной продукции к атомно-адсорбционному определению токсических металлов. — Владивосток, 1987. — 14 с.
- Крылова Н.Н., Лясковская Ю.Н. Физико-химические методы исследования продуктов животного происхождения. — М.: Пищепромиздат, 1965. — С. 34–38.
- Нечаев А.П. Пищевая химия. — СПб.: Гиорд, 2003. — С. 561–605.
- Прогноз общих допустимых уловов по тихоокеанскому бассейну на 2007 г. Состояние промысловых ресурсов (краткая версия). — Владивосток: ТИНРО-центр, 2007. — 280 с.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.
- Шульгин Ю.П., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотическая оценка качества и безопасности продуктов из водных биоресурсов. — Владивосток: ТГЭУ, 2006. — С. 59–60.

ТЕХНОЛОГИЯ КОРМОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ОБРАСТАТЕЛЕЙ

В.М. Дацун

Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
г. Владивосток, Россия, e-mail: DacunVM@mail.ru

В Приморском крае насчитывается более сорока хозяйств марикультуры, осуществляющих культивирование гидробионтов на площади около 8000 га (Масленников, 2006). Особенностью технологии культивирования является значительное количество отходов (обрастателей), образующихся при чистке коллекторов, тросов и других элементов установок. В настоящее время они не используются, хотя можно предположить возможность получения из них, например, кормовых продуктов, гидролизатов и др.

Доминантами в обрастании установок марикультуры являются водоросли, гидроидные полипы, усоногие раки, двустворчатые моллюски и оболочники (Масленников, 1996).

Обрастатели в совокупности представляют собой неоднородную массу, цвет и запах которой определяются ее составом. Содержание доминирующих организмов определяет внешний вид общей массы обрастателей.

Определение путей рационального использования обрастателей требует изучения их химического состава (см. таблицу).

Химический состав биомассы обрастателей, %

Технология культивирования	$N_{\text{общий}} \times 6,25$	Вода	Минеральные вещества	Липиды	Углеводы
Традиционная	6,6	56,1	33,2	1,93	2,19
Глубоководная (придонная)	5,8	42,5	43,4	1,08	1,34

Содержание минеральных веществ у обрастателей, собранных при выращивании гидробионтов по традиционной технологии меньше (33,2 %), чем у обрастателей, собранных при выращивании по глубоководной (придонной) технологии. В то же время в первом случае обрастатели содержат больше азотистых веществ (6,60 %), углеводов (2,19 %) и воды (56,10 %).

Содержание липидов невелико и составляет 1,93 и 1,08 % соответственно для первого и второго случая.

Установленные различия можно объяснить различиями в видовом составе сообщества обрастания, зависящим от места расположения хозяйств и технологии культивирования.

В биомассе обрастателей в первом случае преобладают асцидии у которых масса кожи составляет 18,8 %, мускульной оболочки — 17,0 % (Дацун и др., 1999). Мускульная оболочка сильно обводнена (до 89,2 % воды). Во втором случае преобладают двустворчатые моллюски, значительную массу которых составляют раковины (до 50–65 % по отношению к массе тела моллюска).

Для более полной характеристики обрастателей определяли качественный и количественный состав аминокислот белков и минеральных веществ.

Было установлено, что в состав белковых веществ обрастателей, собранных при культивировании гидробионтов различными способами входят как заменимые, так и все незаменимые аминокислоты. Общее количество заменимых и незаменимых аминокислот составляет 11–14 г/100 г сухого продукта. На долю незаменимых аминокислот приходится 4–5 г/100 г продукта.

Из заменимых аминокислот наибольшее количество составляют аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты, пролин и глицин. Из незаменимых — треонин, валин, лейцин, лизин, фенилаланин и изолейцин.

В составе минеральных веществ обрастателей наибольшее количество приходится на кальций. Среди других макро- и микроэлементов обнаружены натрий, магний, фосфор, калий, марганец, цинк и др. минеральные вещества, характерные для среды обитания. Отмечено содержание в обрастателях стронция, имеющего выраженную биологическую активность.

В дальнейшем, учитывая особенности обрастателей, связанные с различиями в их видовом и качественном составе, был разработан и апробирован технологический регламент получения кормовых концентратов (белковых, белково-минеральных и минеральных) с регулируемым составом.

В основу предложенного способа была заложена возможность регулирования минеральной составляющей за счет деминерализации сырья (Дацун, 1995; Дацун, Кочнева, 2002). С этой целью применяли растворы соляной кислоты, концентрацией 2,0–10,0 %. Соотношение сырья и реагента меняли от 1 : 1 до 1 : 3.

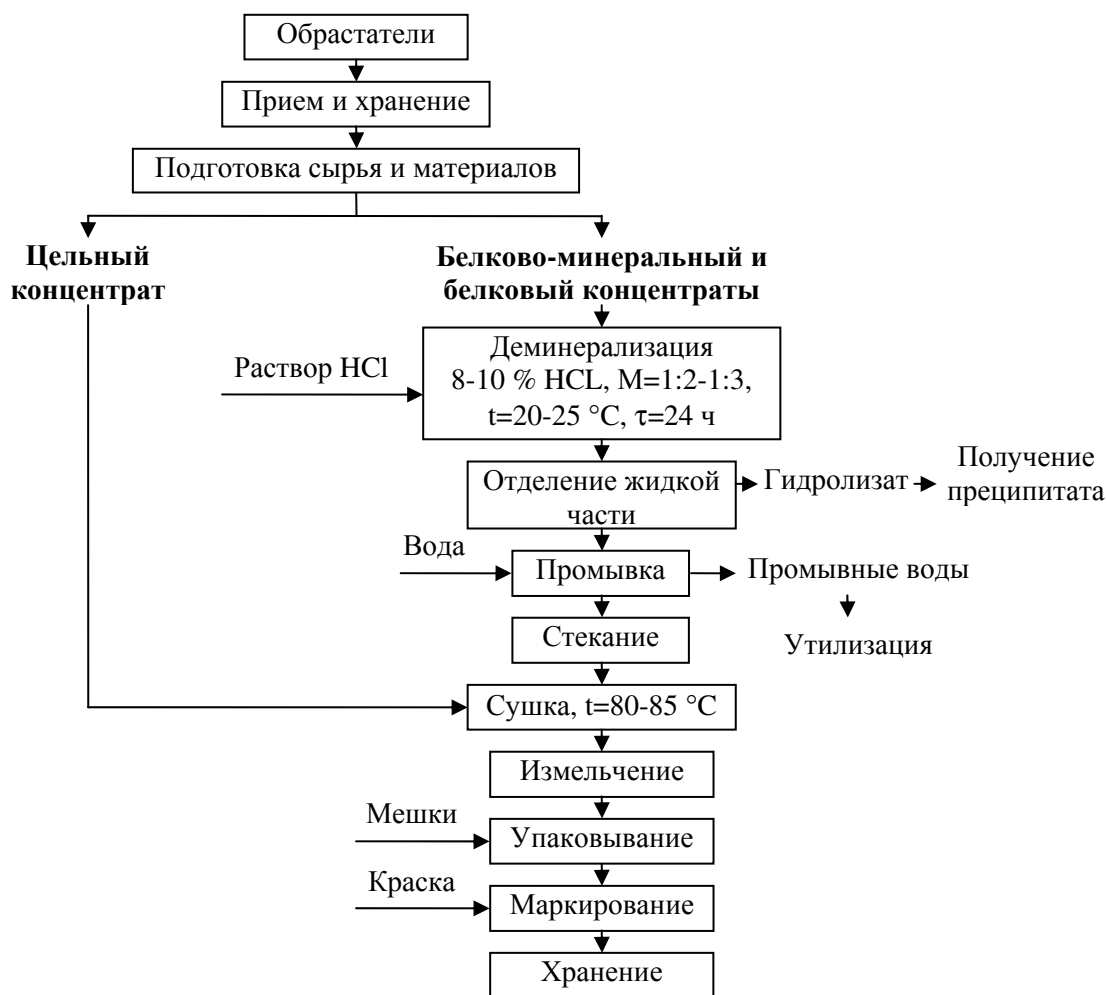
После деминерализации плотная и жидкая часть обрабатывались отдельно. Выход плотной части после высушивания составлял от 21 до 44 % и зависел от качественного состава обрастателей и режима проведения деминерализации.

По мере увеличения концентрации кислоты и ее количества в процессе обработки выход целевого продукта снижался. Наибольшим содержанием азотистых веществ отличались образцы, обработанные 10 %-ной соляной кислотой при соотношении сырья и реагента 1 : 3, для них характерно наименьшее количество минеральных веществ.

Содержание липидов в концентратах из обрастателей составило 0,01–2,90 %.

Проведенные исследования позволили определить рациональные режимы деминерализации обрастателей для получения минерального, белково-минерального, белкового концентрата (см. рисунок) и классифицировать полученные продукты в зависимости от содержания в них белка и минеральных веществ.

Разработанная технология (см. рисунок) проста и доступна, не требует сложного и дорогостоящего оборудования и позволяет получать продукты регулируемого состава в зависимости от потребностей потребителей.



Технологическая схема производства кормовых концентратов из обрастателей

Концентраты содержат от 11,5 до 65,3 % минеральных веществ и достаточно высокое содержание белковых веществ (15,7–51,0 %).

Липиды в кормовых концентратах присутствуют в небольших количествах 0,01–2,70 %, а содержание углеводов — 1,16–4,33 %.

Аминокислотный состав продуктов зависит от режимов обработки (концентрации соляной кислоты и соотношения сырье : кислота. Общее количество аминокислот составляет 16–53 г/100 г сухого обезжиренного продукта. Наибольшее количество аминокислот характерно для концентратов из обрастателей, полученных при концентрации кислоты 10 % и соотношении сырье : кислота 1 : 3.

Среди аминокислот присутствуют все незаменимые аминокислоты (триптофан, треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин, лизин, гистидин), сумма которых от общего их количества составляет 6–17 г/100 г сухого обезжиренного продукта.

Отмечено достаточно высокое содержание аспарагиновой, глутаминовой аминокислот, пролина, глицина, характерных для тканей двустворчатых моллюсков.

Разнообразный аминокислотный состав белков делает кормовые концентраты из обрастателей высокоэффективным компонентом сбалансированного рациона, поскольку включение в рацион одновременно незаменимых и заменимых аминокислот в определенной степени освобождает организм от необходимости пополнять недостаток незаменимых кислот путем их синтеза из заменимых.

Количественный состав макро- и микроэлементов в образцах кормовых продуктов из обрастателей аналогичен исходному сырью и содержит практически все необходимые для жизнедеятельности живых организмов.

Полученные результаты позволили подтвердить перспективность обрастателей для получения кормовых концентратов из обрастателей с заданными свойствами и рекомендовать использовать их в качестве высокоэффективной кормовой добавки в рацион животным, птицам и рыбам.

ЛИТЕРАТУРА

Дацун В.М. Вторичные ресурсы рыбной промышленности (использование высокоминерализованных отходов). — М.: Колос, 1995. — 96 с.

Дацун В.М., Кочнева М.В. Leda Pernula — характеристика, промысел, переработка // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Прибрежное рыболовство — XXI век». — Южно-Сахалинск, 2002. — С. 273–291.

Дацун В.М., Мизюркин М.А., Новиков Н.П. и др. Справочник по прибрежному рыболовству: Биология, промысел и первичная обработка. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. — 262 с.

Масленников С.И. Обрастание установок марикультуры приморского гребешка в заливе Петра Великого (Японское море): Дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1996. — 178 с.

Масленников С.И. Перспективы развития марикультуры: проблемы и пути их решения: Докл. на Междунар. экол. форуме «Природа без границ». — Владивосток, 2006. Режим доступа: <http://primorsky.ru/itog/3/maslennikov.doc>.

ВЫБОР БАРЬЕРНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОДУКТА ИЗ МЯСА ПРЕСНОВОДНЫХ ЛАСТОНОГИХ

В.В. Доржиева, Т.Ф. Чиркина
Восточно-Сибирский государственный технологический университет,
г. Улан-Удэ, Россия, e-mail: dorvic76@mail.ru

Понимание роли барьерных эффектов привело к появлению барьерных технологий, которые позволяют повысить уровень безопасности и качество пищевых продуктов путем направленного подбора барьерных факторов. Применение этой концепции, которая в разных источниках также называется комбинационной, дает очень хорошие результаты, поскольку осознанное комбинирование барьерных факторов обеспечивает микробиологическую стабильность, хорошие вкусовые и питательные свойства продуктов и повышает экономичность производства. К настоящему времени идентифицировано более 50 барьерных факторов, которые могут использоваться в пищевых продуктах животного и растительного происхождения для повышения их стабильности и качества (Разработка ..., 2006). В нашу цель входил выбор барьерных факторов при создании нового пищевого продукта из нетрадиционного мясного сырья, в качестве которого использовалось мясо пресноводного тюленя — байкальской нерпы, имеющее высокую пищевую ценность (Данилова и др., 2007), но в то же время и свои особенности: специфический вкус, низкое содержание внутримышечного жира, не превышающее 2–3 %, темный цвет, что свидетельствует о повышенном содержании хромопротеинов, а, следовательно, гемового железа, способного к быстрому окислению. Мясо нерпы, как любое мясное сырье, является хорошей питательной средой для гнилостной микрофлоры. Поставить барьер для ее развития можно путем понижения рН мяса ниже 4,5, а также путем введения в мясную систему компонентов бактериостатического или бактерицидного действия. Мы использовали оба фактора. Для снижения рН мясного сырья его выдерживали в растворе янтарной кислоты. Янтарная кислота выбрана как пищевая добавка, разрешенная к применению, в качестве регулятора кислотности. Кроме того, она рекомендована и как биологически активная добавка, участвующая в процессе тканевого дыхания в цикле Кребса и обладающая антиоксидантным эффектом. С учетом регламентируемых норм введения в продукты использовали 1 %-ный водный раствор янтарной кислоты. Мясо, хранившееся при температуре минус 18 °С в течение 30 дней, нарежали кусочками 10 * 10, погружали в раствор кислоты при температуре 20–22 °С, выдерживали 30 мин. После удаления раствора мясо промывали холодной проточной водой в течение 5 мин. При выбранных параметрах подкисления величина рН мяса снижается с 6,38 до 4,47, при этом исчезает его специфический вкус. Таким образом, уже на первом этапе переработки нерпы снижаются риски его обсеменения нежелательной микрофлорой и ускорения процессов окисления.

Дальнейшее измельчение мясного сырья для создания фаршевого продукта создает условия как для окисления компонентов мяса, так и для развития микроорганизмов. На этом этапе в качестве барьерных факторов был выбран водный экстракт красных листьев бадана толстолистного. В красных листьях содержится значительное количество фенольных соединений (31 %) (Доржиева, Чиркина, 2006), способных взаимодействовать с металлами переменной валентности, перехватывать свободные гидроксильные радикалы. В водный экстракт при гидромодуле 1 : 25 переходит 95 % фенольных соединений.

Для использования водного экстракта листьев в пищевых целях предварительно установили, что он не содержит токсичных компонентов, но обладает очень горьким вкусом, что потребовало удаления дубильных веществ из экстракта на 50 %. В связи с этим возникла необходимость оценить антиоксидантные свойства полученного экстракта. Эти свойства изучали на модели стойкости мембран эритроцитов к перекисному гемолизу с реактивом Фентона. Результаты экспериментов показали, что водный экстракт после удаления из него дубильных веществ до уровня 9,8 % сохраняет мембраностабилизирующие свойства, в результате чего сокращается степень гемолиза на 30 %.

Учитывая, что фенольные соединения способны ингибировать рост микроорганизмов, мы изучали эту способность у водного экстракта по отношению к условно-патогенной микрофлоре: *E. coli*, *Proteus vulgaris*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*. Установлено, что к перечисленным микроорганизмам экстракт бактерициден.

Последний этап технологического процесса предусматривает тепловую обработку фаршевого продукта, которую можно рассматривать как последний фактор, обуславливающий его стойкость.

ЛИТЕРАТУРА

Данилова О.В., Доржиева В.В., Чиркина Т.Ф. Пищевая ценность мяса байкальской нерпы // Мясная индустрия. — 2007. — № 9. — С. 72–73.

Доржиева В.В., Чиркина Т.Ф. Исследование химического состава красных листьев бадана толстолистного // Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Товарный консалтинг и аудит потребительского рынка». — Бийск, 2006. — С. 84–86.

Разработка новых видов пищевых продуктов с использованием барьерной технологии и НАССР // Мясные технологии. — 2006. — № 1. — С. 17–22.

КОНЦЕНТРАТЫ КОЛЛАГЕНА ИЗ КОЖИ МИНТАЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ В ФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЯХ

Л.И. Дроздова, М.В. Орлова, Т.Н. Пивненко
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: pivnenko@tinro.ru

Коллаген и его фракции являются источниками пищевых волокон, участвуют во многих метаболических процессах: наличие в рационах волокон не только способствует нормальному пищеварительному процессу, но и выводит из него тяжелые металлы, токсины, канцерогены и другие вещества, потенциально опасные для здоровья человека. Коллаген применяется и как БАД к пище — источник компонентов, обеспечивающий нормализацию метаболизма соединительной ткани. Широко применяется коллаген в косметической промышленности (Киселев, 2002; Неклюдов, 2003).

Одним из источников коллагеносодержащего сырья может быть кожа рыб, поскольку в настоящее время в рыбной отрасли широко применяют процесс филетирования, а качество отделения кожи таково, что присутствие прирезей мяса сведено к минимуму таким образом, что при дальнейшей переработке не требуется введения стадии их отделения.

Целью данной работы была разработка технологии коллагеновых концентратов (КК) из кожи рыб, характеристика их физико-химических свойств и определение возможности использования в формованных изделиях.

Для выделения КК из кожи минтая и нерестовой кеты использовали метод И.О. Левиной с соавторами (1995) и адаптировали его по отношению к источникам сырья водного происхождения. Количество белка определяли по общепринятой методике (Лазаревский, 1976), азота — на приборе «Kjeltec» 2300 Auto 10 SO Analyser (Швеция), влаги — на инфракрасном влагомере Kett F-1A (Kett Electric Laboratory, Япония). Аминокислотный состав определяли на аминокислотном анализаторе L-8800 (Hitachi, Япония). Реологические показатели: модуль сохранения (эластичности) G' и модуль потерь (вязкости) G'' определяли на приборе Rheograph Sol-535 (Toyo Seki Ltd, Япония); динамическую вязкость (η) рассчитывали по формуле: $\eta = G''/2\pi\nu^3$, где ν — частота колебания ножа (в герцах) (Тагер, 1963).

Растворимость в кипящей воде проводили по методу Ando et al. (2001); определение емкости водной и масляной экстракций — по методу Beuchat (1981); эмульгирующую активность и стабильность при термической обработке — по методу Wang, Kinsella (1976). Эмульсия была составлена из КК, уксусной кислоты и горячей воды. После интенсивного смешивания этих компонентов добавляли растительное масло, еще раз перемешивали, центрифугировали и измеряли высоту образца. Рассчитывали отношение высоты образца после центрифугирования к высоте до центрифугирования.

Стабильность эмульсии при термической обработке определяли методом, описанным выше, но перед центрифугированием образцы помещали на водяную баню при 80 °С на 15 мин. Эластичность и ВУС образцов определяли методом, описанным В.А. Николаевым (1964).

Нами были разработаны регламенты получения кислоторастворимого коллагена и КК. В первом случае был воспроизведен многостадийный метод (Nagai, Suzuki, 2000). Основные стадии процесса — измельчение и гомогенизирование в холодной воде, центрифугирование обработка щелочью, промывка, обработка кислотой и высаливание.

При получении КК основные стадии процесса — набухание и отбеливание кожи проводили в 1–10 %-ном растворе перекиси водорода, содержащего 2 % хлорида натрия. Растворяли кожу в 1 %-ном растворе гидроксида натрия, насыщенном сульфатом натрия и освобождали от примесей с использованием разбавленных растворов едкого натра, нейтрализовали 3 %-ным раствором борной кислоты. Затем образец промывали водой до получения прозрачной стекловидной массы и сублимировали.

Установлено, что для набухания и отбеливания кож наиболее приемлемо использовать 0,5–1,0 %-ный раствор перекиси водорода, позволяющий получить максимальный выход КК (табл. 1). Выход КК из кожи минтая был больше (84,0 %), чем из кожи кеты с нерестовыми изменениями (65,8 %).

Таблица 1

Химический состав коллагенового концентрата кожи минтая и его выход в зависимости от концентрации перекиси водорода

Концентрация H ₂ O ₂ , %	Вода, %	Белок, %	Выход, %
10,0	93,4	5,60	5,0
5,0	93,1	4,31	14,1
2,5	92,4	4,87	15,5
1,0	80,0	13,60	84,0
0,5	79,1	15,30	84,4

Исследование качественных характеристик проводили на примере КК из кожи минтая. Образцы характеризовались высоким содержанием белка — 76,2 и 85,0 % и коллагена — 66,9 и 84,5 % (табл. 2).

Таблица 2

Химический состав концентратов коллагена из кожи минтая, %

Продукт	Вода	Белок	Коллаген	Углеводы	Жир	Зола
Коллагеновый концентрат	9,5	76,2	66,9	4,30	2,40	9,2
Кислоторастворимый коллаген	7,2	85,0	84,5	0	0	7,4

Исследование аминокислотного состава показало, что в кислоторастворимом коллагене и коллагеновом концентрате кожи минтая преобладает глицин, высоко содержание пролина, глутаминовой кислоты и аланина — их суммарное количество составляет 52,03 и 39,36 % соответственно (рис. 1).

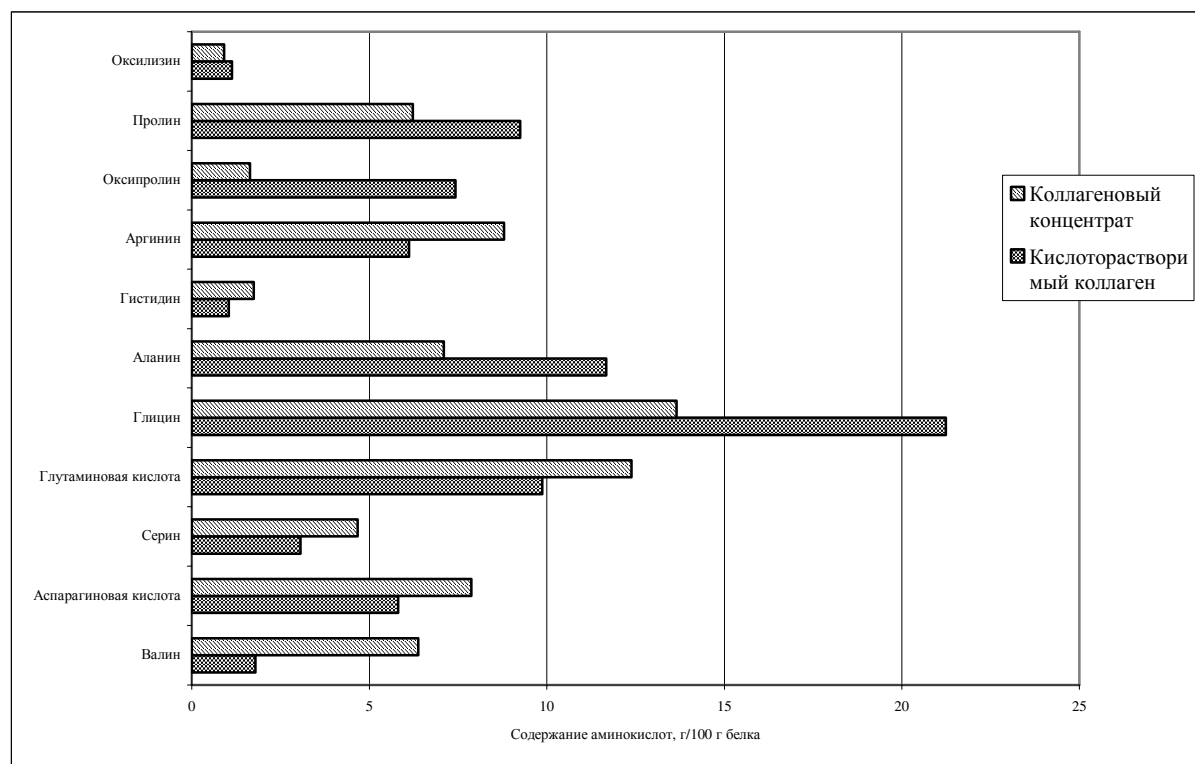


Рис. 1. Аминокислотный состав концентратов коллагена кожи минтая

КК кожи минтая содержат оксипролин и оксализин в сумме 8,55 и 1,73 %, незначительное количество метионина — 0,32 и 0,30 %. Практически полное отсутствие триптофана позволяет

характеризовать полученные КК как весьма близкие по составу к чистому коллагену. Известно, что в коллагене млекопитающих отсутствует триптофан, очень мало метионина, цистеина, суммарное содержание аланина, глицина и глутаминовой кислоты около 50 %, пролина и оксипролина — 20 %, высоко содержание аргинина, присутствует оксизин (Киселев, 2002).

КК характеризуется высокой эластичностью — 200 Па и вязкостью — 7,43 Па × с, поэтому его использование как функциональной добавки в рыбный фарш позволит улучшить связующие свойства последнего.

Специфический аминокислотный состав коллагеновых белков обуславливает особые их технологические свойства. Были проведены исследования растворимости сухого КК в кипящей воде, сравнение емкости водной и масляной абсорбции, а также эмульгирующей активности и стабильности эмульсии при термической обработке.

Определена зависимость растворимости коллагеновых КК от продолжительности термообработки (рис. 2).

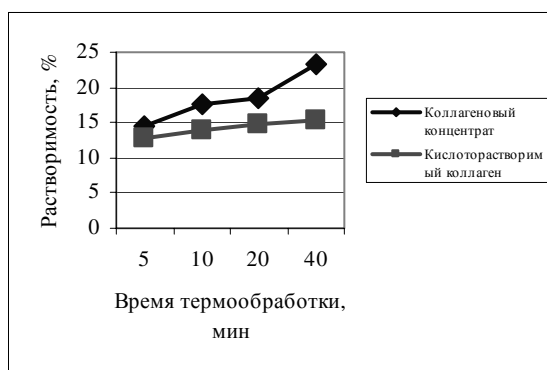


Рис. 2. Влияние продолжительности термообработки на растворимость концентратов коллагена кожи минтая

Растворимость КК и кислоторастворимого коллагена кожи минтая увеличивается с 14,60 до 23,00 % и с 12,70 до 15,35 % соответственно при повышении времени термообработки.

Емкость водной абсорбции обратно пропорциональна растворимости белков, для КК составляет 7–8 мл/г, что значительно выше, чем известная для концентратов растительных белков. Например, для белковых концентратов из сои и люцерны она составляет 1,60–5,90 и 1,85–3,58 мл/г (Kim, Park, 2005). Этот показатель важен при создании продукции в мясной, рыбной и кондитерской отраслях, так как влияет не только на консистенцию, но и на органолептические свойства. Емкость масляной адсорбции КК из гидробионтов составляет 5,8–8,6 мл/г. Для белковых концентратов из сои и люцерны величина масляной абсорбции составляет 2,00–10,00 и 1,75–4,30 мл/г (Kim, Park, 2005).

Эмульгирующая активность КК кожи минтая и его стабильность при термообработке (рис. 3) выше по сравнению с таковыми для эмульгатора Твин-80 (46,0 и 41,5 %) (Kim, Park, 2005).

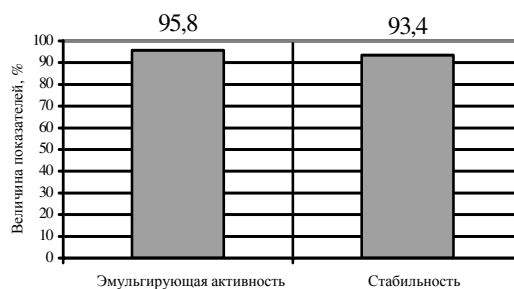


Рис. 3. Показатели эмульгирующей активности коллагенового концентрата кожи минтая и его стабильности при термообработке

Для обоснования использования КК в формованных продуктах питания были проведены исследования влияния концентраций КК на качество фарша, позволяющие определить его рациональную дозировку. Для этого использовали фарш кеты с нерестовыми изменениями, который характеризуется низкими формующими свойствами (Орлова и др., 2003). В фарш добавляли КК в количествах: 5, 7, 10 %. Полученные фаршевые смеси подвергали тер-

мообработке при температуре 80–85 °С в течение 20–30 мин с последующим охлаждением до температуры 10–15 °С и затем определяли реологические показатели полученных формованных изделий (табл. 3).

Таблица 3

Эластичность и ВУС формованных изделий из фарша кеты, %

Состав	Эластичность	ВУС*
Фарш без добавки коллагеновой массы	47,0	49,8
Фарш с 5 % коллагеновой массы	55,2	55,4
Фарш с 7 % коллагеновой массы	53,5	51,4
Фарш с 10 % коллагеновой массы	52,2	50,0

* Связанная вода.

Добавка к фаршу из кеты с нерестовыми изменениями КК в количестве 5–7 %, улучшает его связующие свойства и способность к формованию. Изделия с КК после термической обработки имели более сочную, эластичную консистенцию. Органолептические показатели при этом не ухудшились.

Таким образом, разработана технология получения КК из кожи рыб, которая позволит использовать вторичное сырье гидробионтов на пищевые цели. Учитывая положительные технологические показатели КК, своеобразный аминокислотный состав, их можно применять как полезную добавку для получения функциональных продуктов питания.

ЛИТЕРАТУРА

- Киселев В.И. Коллагенсодержащее сырье // *Вопр. питания.* — 2002. — № 1(14). — С. 25–27.
- Лазаревский А.А. *Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности.* — М.: Пищепромиздат, 1976. — 519 с.
- Левина И.О., Чернышева Л.З., Истранов Л.П. // Патент РФ. № 1709613 // *БИ.* 1995, № 1.
- Неклюдов А.Д. Пищевые волокна животного происхождения. Коллаген и его фракции как необходимые компоненты новых и эффективных пищевых продуктов // *Прикладная биохимия и микробиология.* — 2003. — Т. 39, № 3. — С. 261–272.
- Николаев В.А. *Изменение структурно-механических свойств пищевых продуктов.* — М.: Экономика, 1964. — 170 с.
- Орлова М.В., Чибиряк Л.М., Леваньков С.В., Якуш Е.В. Технохимическая характеристика нерестовой кеты // *Хранение и переработка сельхозсырья.* — 2003. — № 1. — С. 24–27.
- Тагер А.А. *Физико-химия полимеров.* — М.: Госхимиздат, 1963. — 528 с.
- Ando M., Ando M., Makino M. et al. Interdependence between heat solubility and pyridinoline contents of squid mantle collagen // *J. Food Sci.* — 2001. — № 66. — P. 265–269.
- Beuchat L.R. Functional and electroforetic characteristics of succinylated peanut flour proteins // *J. Agric Food Chem.* — 1981. — № 46. — P. 71–75.
- Kim J.S., Park J.W. Partially purified collagen from refiner discharge of pacific whiting surimi processing // *J. Food Sci.* — 2005. — Vol. 70, № 8. — P. 511–516.
- Nagai T., Suzuki N. Partial characterization of collagen from purple sea urchin (*Anthocidaris crassispina*) test // *J. Food Sci. Tech.* — 2000. — Vol. 35, № 5. — P. 497–502.
- Wang J.C., Kinsella J.E. Function properties of novel proteins: alfalfa leaf protein // *J. Food Sci.* — 1976. — № 41. — P. 286–292.

ВЛИЯНИЕ *LbM. ACIDOPHILUM* НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЫБНОГО ФАРША

С.В. Журавлева¹, Т.М. Бойцова², Ж.Г. Прокопец¹

¹ Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток, Россия, e-mail: zhursvet@mail.ru

² Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, г. Владивосток, Россия

Одним из приоритетных направлений пищевой промышленности на сегодняшний день является создание широкого ассортимента продуктов с функциональными свойствами.

При конструировании пищевого рациона наиболее целесообразно использовать функциональные ингредиенты, прежде всего нормализующие микроэкологический статус нижних отделов пищеварительного тракта. В качестве таких ингредиентов рекомендуется применять специально подобранные пищевые волокна различного химического состава и происхождения, синтетические аналоги дефинзинов, растительные, животные, микробные лектины, неферментные антиоксиданты, пробиотики, симбиотики, микробные метаболиты, низкомолекулярные фрагменты микробных клеток (Гудков, 2004).

Исследователями многих стран большое внимание уделяется изучению роли пробиотических микроорганизмов, преимущественно родов *Vifidobacterium*, *Lactobacterium*, *Propionobacterium*, в организме человека и животных. Накопленные к настоящему времени данные позволяют сделать заключение о важном вкладе этих микроорганизмов в суммарный физиологический потенциал нормоаутофлоры.

Физиологически ценным компонентом нормоаутофлоры являются лактобактерии. Эти микроорганизмы отличаются высокими колонизационными свойствами, реализующимися за счет синтеза молочной кислоты, перекиси водорода, лизоцима, антибиотических компонентов, лактоцинов, подавляющих жизнедеятельность многих патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Кроме того, лактобактерии участвуют в пищеварительной, биосинтетической, детоксирующей и других функциях нормофлоры человека. Наряду с бифидобактериями они играют значительную роль в метаболизме белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот, холестерина, гормонов, оксалатов. Они также способны деградировать отдельные токсины, канцерогены, аллергены (Мосіэнко и др., 2002; Янковский, 2003; Горелов и др., 2004).

Из биотопов человека выделяются 6 видов лактобактерий: *Lbm. acidophilus*, *Lbm. casei*, *Lbm. plantarum*, *Lbm. fermentum*, *Lbm. brevis* и *Lbm. salivarius* (Ленцнер и др., 1987). Эти микроорганизмы наряду с бифидобактериями используются для производства пробиотических продуктов, куда вносятся в виде одно- или многоштаммовой активной культуры.

Известно, что адаптированной средой для этих бактерий является молоко. Нами проведено исследование возможности развития одного из представителей рода *Lactobacterium* — *Lbm. acidophilum* — в измельченной мышечной ткани рыб.

В качестве объектов исследования выступали: стандартная лиофильно-высушенная биомасса культур *Lbm. acidophilum* (ТУ 1002-02-789-65); модельные системы (МС) проектируемых продуктов на основе измельченной термически обработанной мышечной ткани минтая (*Theragra chalcogramma*).

Активирование лиофильно-высушенной биомассы *Lbm. acidophilum* осуществляли в соответствии с «Инструкцией по приготовлению и применению заквасок для молочных продуктов» (1983). Для определения активности исходных культур осуществляли посеvy в соответствии с «Методическими рекомендациями по применению бактериальных биологических препаратов» (1986).

Количественный анализ проводили титрованием культур на соответствующих средах. Учет результатов осуществляли визуально через 24–48 ч инкубации при 37 °С в атмосфере с содержанием углекислого газа. Для определения подлинности мазки бактерий окрашивали по Граму и микроскопировали.

Известно, что основной путь метаболизма лактобактерий бродильный, однако, мышечная ткань рыбы бедна углеводами. Поэтому в измельченную мышечную ткань вносили глюкозу, фруктозу, мальтозу в количестве не более 1 % массы; в контрольных образцах углеводная составляющая отсутствовала. Активную культуру *Lbm. acidophilum* вносили в измельченную мышечную ткань в количестве 5 и 10 %.

В основу технологии конструированных продуктов положена существующая технология приготовления ацидофильной пасты, основными этапами которой являются: пастеризация, внесение закваски, перемешивание, внесение вкусовых и ароматических добавок (Соколов и др., 1979), хранение при температуре не выше 8 °С не более 3 сут (ТУ РФ1121-92).

На начальной стадии изучали изменение рН измельченной мышечной ткани в процессе культивирования в ней микроорганизмов при температуре 38 °С в течение 11 ч (рис. 1). Как видно, во всех образцах происходит снижение активной кислотности; повышение массовой доли активной культуры ведет к усилению темпа нарастания рН, при этом существенное влияние на скорость кислотообразования оказывает характер внесенных углеводов.

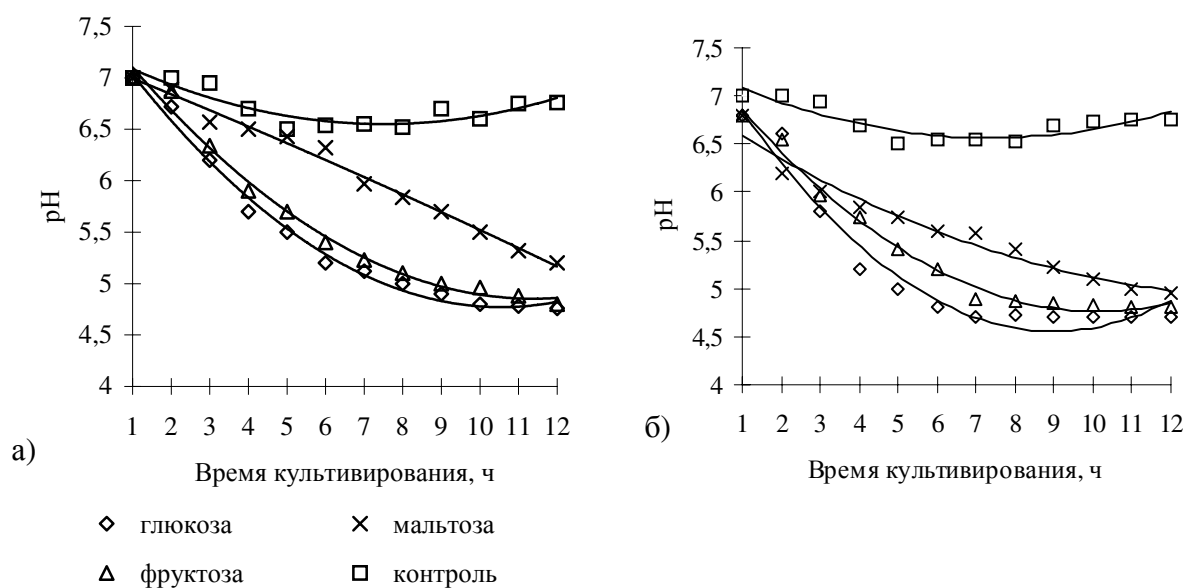


Рис. 1. Изменение рН в процессе культивирования *Lbm. acidophilum* в зависимости от дозы внесенной культуры: а — 5 %, б — 10 %

Так, при внесении 5 % активной культуры в мышечную ткань, содержащую глюкозу, рН достигает 5,5 за 4 ч, а при 10 % — за 2–3 ч. При внесении мальтозы рН достигает 5,4 за 10 ч при концентрации активной культуры 10 %. Это объясняется тем, что глюкоза сбраживается молочнокислыми микроорганизмами с образованием максимального количества молочной кислоты. Далее по интенсивности сбраживания можно расположить фруктозу и мальтозу (Фатьянов, Авылов, 2003). Максимальная величина активной кислотности совпадает с периодом интенсивного развития молочнокислой микрофлоры (Хамагаева и др., 2006).

При этом углеводы, служат питательными веществами для *Lbm. acidophilum*, а также совместно с молочной кислотой активно участвуют в формировании органолептических свойств исследуемых МС.

Органолептическая оценка показала, что к моменту достижения рН 5,5 консистенция образцов однородная, соусоподобная, вкус приятный с легкой кислинкой, запах свойственный кислому молочному продукту. Дальнейшее нарастание кислотности приводит к ухудшению органолептических характеристик и при рН ниже 4,9 наблюдается значительное отделение влаги, фарш уплотняется, исследуемые образцы приобретают кислый вкус и запах (см. таблицу).

Приведенные результаты дают основание производить процесс культивирования в течение 4–5 ч при 38 °С, и использовать в качестве углеводной составляющей глюкозу и фрук-

тозу. Для прогнозирования активности *Lbm. acidophilum* при хранении МС изучали динамику развития этих микроорганизмов при низких положительных температурах 5–8 °С.

Влияние рН на органолептические характеристики модельных систем

рН	Консистенция	Вкус	Запах
7,0	Мягковатая, однородная	Присущий данному виду фарша	Присущий данному виду рыбы
6,0	Мягковатая, однородная	Присущий данному виду фарша	Приятный, рыбный запах отсутствует
5,5	Соусоподобная, однородная	Приятный, с легкой приятной кислинкой	Приятный, рыбный запах отсутствует
5,2	Соусоподобная, однородная	Приятный, с легкой приятной кислинкой	Приятный, напоминает запах ряженки
4,9	Жестковатая, с незначительным отделением влаги	Кисловатый	Кисловатый
4,7	Жестковатая, со значительным отделением влаги	Кислый	Кисловатый

Для экспериментов были взяты образцы, содержащие глюкозу и фруктозу с 10 % активной культуры, которые подвергались термостатированию в течение 4 ч при 38 °С с последующим хранением при 8 °С в течение 120 ч.

Эксперимент показал, что холодильное хранение способствует замедлению скорости кислотообразования *Lbm. acidophilum*. В исследуемых образцах наблюдается постоянный незначительный сдвиг рН в кислую сторону в течение всего времени хранения (рис. 2).

Данные количественного учета жизнеспособных клеток свидетельствуют о способности *Lbm. acidophilum* развиваться при низких положительных температурах, т.е. о высокой биохимической активности этого вида микроорганизмов.

Так, в образцах, содержащих глюкозу, в первые 24 ч холодильного хранения количество живых микроорганизмов составляло $2,0 \cdot 10^8$ КОЕ/г, к 72 ч — $1,2 \cdot 10^9$, а к 120 ч их количество снижается до $4,9 \cdot 10^6$ КОЕ/г, что соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 для кисломолочных продуктов со сроками годности 72 ч.

Изучение динамики накопления аминного азота показало зависимость этого показателя в образцах во время холодильного хранения от количества вносимой активной культуры и качества углеводной составляющей. Так, в среде содержащей фруктозу и 10 % активной культуры количество аминного азота через 48 ч культивирования составляет 65 мг/100 г, а при внесении 5 % культуры 55 мг/100 г, к 120 ч культивирования — соответственно 150 и 125 мг/100 г. При этом в образцах, содержащих глюкозу, отмечено более интенсивное накопление аминного азота по сравнению с образцами, содержащими мальтозу и фруктозу (рис. 3). Возможно, это объясняется тем, что в процессе метаболизма *Lbm. acidophilum* образуются свободные аминокислоты, участвующие в формировании вкуса и аромата готового продукта (Анисимова и др., 1991).

При изучении динамики накопления в МС свободных аминокислот было установлено, что максимальное их количество — 150,0 мг/100 г — наблюдается в образцах, содержащих глюкозу, в образцах, содержащих мальтозу — 120,0 мг/100 г, а фруктозу — 122,5 мг/100 г.

Значительное увеличение содержания свободных аминокислот, вероятно, является следствием гидролиза белков при воздействии на них микробных ферментов, а также накопления свободных аминокислот в процессе жизнедеятельности активной культуры (Эрвольдер и др. 1980).

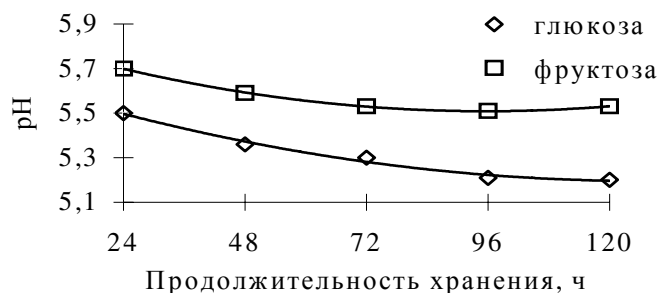


Рис. 2. Изменение рН при холодильном хранении образцов

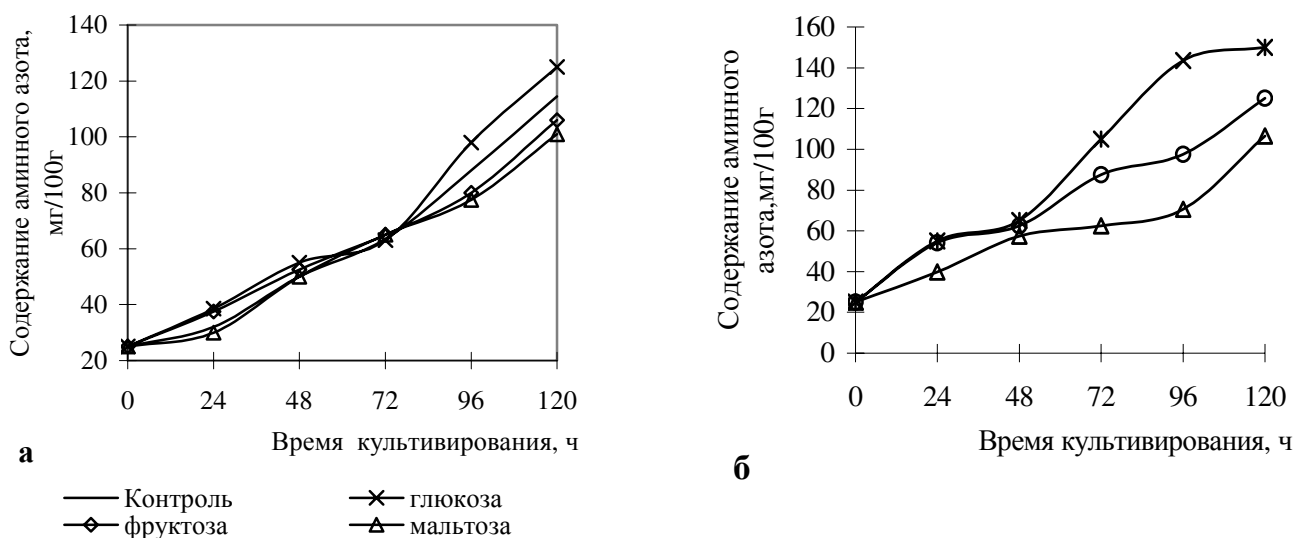


Рис. 3. Динамика накопления аминного азота при холодильном хранении образцов в зависимости от количества вносимой культуры *Lbm. acidophilum*: а — 5 %, б — 10 %

Таким образом, использование активной культуры *Lbm. acidophilum* способствует, снижению рН, увеличению содержания свободных аминокислот в МС проектируемых продуктов и улучшает их вкус и аромат.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова И.Г., Солодовникова Г.И. и др. Ферментативные колбасы с использованием бак-препаратов // Тез. докл. 4ВНТК. Раздел 3А. — Кемерово, 1991. — С. 34–37.
- Горелов А.В., Конь И.Я., Михайлова Н.А. и др. Применение пробиотических продуктов в комплексной терапии острых кишечных инфекций и запоров у детей с атопическим дерматитом // Вопросы современной педиатрии. — 2004. — Т. 3, № 6. — С. 93–98.
- Гудков С.А. Перспективы развития функциональных продуктов питания // Мясные технологии. — 2004. — № 5. — С. 4–6.
- Инструкция по приготовлению и применению заквасок для молочных продуктов. — М.: ВНИИМП, 1983.
- Ленцнер А.А., Ленцнер Х.П., Микельсаар М.Э. Лактофлора и колонизационная резистентность // Антибиотики и медицинская биотехнология. — 1987. — Т. 32, № 3. — С. 173–177.
- Методические рекомендации по применению бактериальных биологических препаратов в практике лечения больных кишечными инфекциями, диагностике и лечению дисбактериоза кишечника. — М., 1986
- Мосіэнко В.С., Мосіэнко М.Д., Рябуха В.М. Молочнокислі бактерії, їх властивості та використання в медичній практиці // Укр. хіміотерапія. — 2002. — № 11(13). — С. 16–23.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — 2001.
- Соколов А.А., Тепла М., Майер А. Производство молочных продуктов. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 289 с.
- ТУ РФ1121-92. Паста ацидофильная. Технические условия.
- Фатьянов Е.В., Авылов Ч.К. Сырокопченые и сыровяленые колбасы: роль бактериальных препаратов и углеводов // Мясные технологии. — 2003. — № 6. — С. 3–6.
- Хамагаева И.С., Ханхалаева И.А., Заиграева Л.И. Использование пробиотических культур для производства колбасных изделий. — Улан-Уде: ВСГТУ, 2006. — 203 с.
- Эрвольдер Т.М. и др. Воздействие ферментативных гидролизатов на накопление биомассы бифидобактерий // Молочная промышленность. — 1980. — № 12. — С. 15–17.
- Янковский Д.М. Состав и функции микробиоценозов различных биотипов человека // Здоровье женщины. — 2003. — № 4(16). — С. 145–158.

ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬДЕВОЙ АКУЛЫ *LAMNA DITROPIS* И ПРЕДПОСЫЛКИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Т.П. Калининченко, Г.Н. Тимчишина, А.П. Ярочкин
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: kalinich@tinro.ru

Интерес к сельдевой акуле возник в связи с довольно частой встречаемостью ее в прилове при различных промыслах. В настоящее время рыбакам экономически более выгодно специализироваться на вылове какого-то одного вида, других же, попавших попутно, не использовать для выработки товарной продукции (Кочиков, 2000). Годовой объем такой непромысловой добычи оценивают в 17,9–39,5 млн т (Hall et al., 2000), поэтому в настоящее время большое внимание уделяется вопросам перехода к системе «многовидовое рыболовство», которая предполагает обязательную и максимально полную переработку всего улова в товарную продукцию.

Акулы являются перспективными объектами для получения из них как пищевой, так и других видов продукции.

Акулы — хрящевые рыбы, обмен веществ у которых значительно отличается от такового у костистых рыб. В их организме конечным продуктом биохимических реакций является карбамид (мочевина), нейтральное и безвредное для организма вещество, которое одновременно повышает осмотическое давление крови этих рыб (Скачков, 1975). При разложении карбамида происходит образование аммиака, который придает мясу хрящевых рыб неприятный аммиачный запах. Содержание мочевины не зависит от размеров и массы акул, колеблется в зависимости от вида в пределах 1570–2330 мг/100 г (Гордиевская, 1971). При хранении хрящевых рыб из-за разложения мочевины появляется неприятный запах.

Акул после вылова следует немедленно обескровливать. Наиболее эффективный способ обескровливания — перерубание хвостового плавника. При этом сердце акулы продолжает некоторое время биться, выталкивая кровь (Гордиевская, 1971).

Ценность различных видов акул зависит от продукции, получаемой из них, она может быть очень дорогой или очень низкой коммерческой стоимости. Наиболее часто используют спинные части филе, а брюшные стенки акулы *Squalus acanthias* являются деликатесным продуктом и очень высоко ценятся на Европейском рынке (Kjerstad et al., 2003). Кровь акул входит в состав средств для лечения подкожной фибросаркомы (Пат. РФ № 2019180). В составе липидов печени акул высокое содержание сквалена, который используется в косметической промышленности, а его производные проявляют противоопухолевое действие (Пат. РФ № 2182480). Экстракты хрящевой акулы обладают антиангиогенной, противоопухолевой, противовоспалительной и антиколлагенолитической активностями (Пат. РФ № 2157695). Из научных и патентных данных и патентного поиска по способам обработки акул следует, что в России в настоящее время мясо акул не используется, хотя с экономической точки зрения перерабатывать акул, которые попадают в прилов, выгоднее, чем выбрасывать их за борт (Kjerstad et al., 2003).

Целью работы являлось определение органолептической характеристики и безопасности мяса сельдевой акулы для производства пищевой продукции, а также установление предварительных сроков хранения мороженой сельдевой акулы.

Объектом исследований являлась сельдевая акула (*Lamna ditropis*), которая была заготовлена в экспедиции на НИС «ТИНРО». Сразу после вылова акулы проведено чекушение, промывание немедленное обескровливание перерубанием хвостового стебля на уровне третьего позвонка. После стекания крови рыбу мыли и разделявали на филе-кусочек, затем замораживали и хранили при температуре минус 18 °С.

Общий и небелковый азот в мясе акулы определяли на автоматическом анализаторе азота Kjeltex Auto Analyzer (Швеция), подготовку проб проводили в соответствии с требованиями метода Кьельдаля (Лазаревский, 1976). Содержание воды определяли методом высушивания, количество минеральных веществ устанавливали методом озоления, общей кислотности и летучих оснований — титриметрическими методами (Лазаревский, 1976).

Определение мочевины (карбамида) осуществляли уреазным фенол-гипохлоритным методом (Chaney, Marbach, 1962). Экстрагирование измельченной мышечной ткани проводили дистиллированной водой при постоянном встряхивании. Через 0,5 ч осаждали используя ТХУ в конечной концентрации 4 %. Общее время экстрагирования составляло 3 ч, после чего объем доводили до метки и отфильтровывали. Раствором гидроокиси натрия устанавливали значение pH 7,0 — оп-

тимальное для действия уреазы. Затем дистиллированной водой доводили разведение начального экстракта до 10-кратного, что обеспечивало концентрацию мочевины в растворе, при которой значения оптической плотности не выше 0,9 — условие сохранения линейной зависимости оптической плотности от концентрации.

pH мышечной ткани, а также соленой и подкопченной продукции измеряли на pH-метре Microprocessor pH Meter (Hanna instrument).

Анализ содержания минеральных элементов проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы “Nippon Jarrell Ach” модель АА-885. Измерения цезия-137 — в геометрии «Маринелли» на гамма-треке спектрометрического комплекса «Прогресс», определение стронция-90 — радиохимическим методом с последующей радиометрией выделенного препарата на малофоновой установке УМФ-1500. Микробиологические исследования осуществляли по стандартным методам в соответствии с «Инструкцией по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных» (1991).

Проведенные исследования химического состава мышечной ткани сельдевой акулы обнаружили повышенное содержание общего азота, что свойственно всем акулам. При этом азот небелковый составляет 35–43 % общего, что несколько больше, чем у таких акул, как серая, черноперая, молот (Скачков, 1975). Основная часть небелкового азота, как и у других акул — это азот карбамида (табл. 1). По данным В.С. Гордиевской (1971) содержание мочевины в мясе сельдевой акулы несколько выше полученного нами. Отличия по содержанию карбамида могут быть следствием различных районов обитания или индивидуальными различиями между особями. Мышечная ткань сельдевой акулы имеет высокую общую кислотность, которая свойственна многим видам пелагических океанических рыб, что снижает pH мышечной ткани до значений pH 5,33.

Таблица 1

Изменение химических показателей мяса сельдевой акулы в процессе хранения при температуре 18–20 °С

Показатель	Срок хранения, мес				
	2	4	6	7	9
Вода, %	74,9±0,1	74,5±0,2	72,5±0,2	75,4±0,2	72,5±0,2
Азот общий, %	3,735±0,005	4,070±0,01	3,865±0,021	3,905±0,005	3,635±0,005
Мочевина, мг/100 г	1449±40	1412±84	1283±135	1420±58	1485±64
Азот небелковый, мг/100 г	1604±147	1605±100	1350±67	1532±30	1490±41
Азот летучих оснований, мг/100 г	45,7	41,3	45,7	48,5	58,2
Общая кислотность, %	0,97	1,03	0,93	1,0	0,75
pH	5,40	5,33	5,73	5,61	6,05
Минеральные вещества, %	1,1±0,1	1,1±0,1	1,3±0,1	1,1±0,1	1,2±0,2

При использовании акул в качестве сырья для изготовления пищевой продукции особое внимание следует уделять показателям безопасности. Акула, являясь замыкающим звеном пищевой цепи, аккумулирует в своих тканях токсичные элементы. Тяжелые металлы накапливаются в печени; содержание свинца и мышьяка в 8–10 раз превышает их содержание в мышцах, кадмия — в 100 раз. Концентрации токсичных элементов, нормируемых в России на рыбное сырье и печень рыб (СанПиН 2.3.2.1078-01), как в мышечной ткани, так и в печени сельдевой акулы, не превышают предельно допустимые, однако в печени концентрация ртути близка к ПДК (табл. 2).

Таблица 2

Содержание токсичных элементов в тканях сельдевой акулы, мкг/г сырой массы

Элемент	Содержание в		ПДК по СанПиН 2.3.2.1078-01 (пп. 1.3.1., 1.3.5.)
	мышечной ткани	печени	
Свинец	0,0176	0,0820	1,0
Мышьяк	0,000251	0,002344	5,0
Кадмий	0,000502	0,070320	0,2/0,7*
Ртуть	0,378	0,480	0,5

* ПДК кадмия в печени рыб.

Кроме того, мышечная ткань сельдевой акулы была исследована на содержание радионуклидов. Установлено, что активность радионуклидов на два порядка ниже предельно допустимых уровней в мороженом рыбном сырье (табл. 3).

Таблица 3

Активность радионуклидов в мышечной ткани сельдевой акулы, Бк/кг

Радионуклиды	Активность	Допустимые уровни по СанПиН 2.3.2.1078-01, Бк/кг, не более (п. 1.3.1.)
Цезий 137	1,8±0,2	130,0
Стронций-90	0,6±0,4	100,0

Органолептическую оценку сельдевой акулы проводили как после предварительного отмачивания мяса в течение 4 ч в сменяемой воде, что рекомендовано различными исследователями (Гордиевская, 1971; Скачков, 1975), так и без отмачивания. Проба на варку показала, что образующийся бульон в обоих случаях прозрачный, не имеет постороннего запаха, однако, запах бульона, полученный из мяса, предварительно отмоченного, характеризуется менее выраженным рыбным запахом. Вкус бульона в обоих случаях описан как рыбный, отмечено, что в бульоне, полученном из отмоченного мяса, образуется меньше накипи, что является следствием удаления из мяса экстрактивных веществ; запах мяса рыбный. Вкус мяса без предварительного отмачивания свойственный рыбный, без пороков, похож на вкус тунца, но нежнее. Постороннего привкуса не отмечено, но в послевкусии наблюдается «кислинка», что объясняется высокой общей кислотностью мышечной ткани сельдевой акулы. Вкус отмоченного мяса без пороков, но гораздо беднее, отмачивание приводит к тому, что мясо становится более плотным и сухим.

Таким образом, органолептическое исследование сельдевой акулы позволило установить, что у этого вида акул не наблюдается посторонних запаха и привкуса мяса, поэтому предварительного отмачивания не требуется, более того, отмачивание обедняет вкус, уменьшает сочность, увеличивает плотность.

Вареное мясо сельдевой акулы в наших исследованиях содержало карбамида 1016 ± 121 мг/100 г, так как при нагревании происходит частичное разложение мочевины. В.С. Гордиевской (1971) показана зависимость между содержанием мочевины и вкусовыми свойствами акул, и обоснован предел концентрации мочевины, ниже которого во вкусе вареного мяса отсутствует посторонний привкус. Этот предел составляет 1200–1400 мг/100 г. Таким образом, количество мочевины в вареном мясе сельдевой акулы ниже установленного порога концентрации мочевины и объясняется отсутствие во вкусе сельдевой акулы постороннего привкуса.

В процессе морозильного хранения при температуре минус 18 °С в мясе сельдевой акулы происходит накопление азота летучих оснований, снижение общей кислотности, сопровождающееся увеличением значения рН (см. табл. 1).

Несмотря на установленное увеличение количества летучих оснований, которые обычно придают мясу рыбы неприятный запах (Кизеветтер и др., 1976), органолептическая характеристика мяса сельдевой акулы осталась без изменений. При проведении пробы на варку через 9 мес морозильного хранения сельдевой акулы установлено, что запах и вкус бульона и мяса — без пороков. Отмечено, что «кислинка» в послевкусии слабее, чем в предшествующие месяцы хранения, что соответствует полученным данным — уменьшению общей кислотности и увеличению уровня рН мышечной ткани в этот период хранения.

Микробиологические исследования мороженой сельдевой акулы, проводимые на протяжении хранения, свидетельствуют о безопасности этого сырья для производства пищевой продукции и через 11 мес хранения (табл. 4). Коэффициент резерва для нескоропортящихся пищевых продуктов, принятый службой санитарно-эпидемиологического надзора Российской Федерации на основании Методических указаний по определению сроков годности пищевых продуктов, составляет 1,15 (МУК 4.2.1847-04), следовательно, обоснован предварительный срок хранения мороженой сельдевой акулы — 9 мес при температуре минус 18 °С.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют, что мясо сельдевой акулы по микробиологическим показателям, содержанию токсичных элементов и радионуклидов является безопасным сырьем для производства пищевой продукции. Во вкусе мяса нет посторонних привкуса и запаха, присутствует свойственная «кислинка». Мясо сельдевой акулы органолептически оценивается как вкусное, сравнимо с мясом тунца, не требует отмачивания, может быть использо-

вано для производства пищевой продукции. Срок хранения мороженой сельдевой акулы может составлять не менее 9 мес при температуре минус 18 °С.

Таблица 4

Микробиологические показатели мороженой сельдевой акулы

Срок хранения, мес	КМАФАнМ, КОЕ/г	БГКП (коли-формы) в 0,001 г	<i>S. aureus</i> , в 0,01 г	Патогенные, в том числе сальмонеллы и <i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	<i>V. parahaemolyticus</i> , КОЕ/г
2	$6,0 \cdot 10^1$	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
11	$1,0 \cdot 10^2$	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.	Не обнаруж.
ПДК по СанПиН 2.3.2.1078-01	$1 \cdot 10^5$	Не допуск.	Не допуск.	Не допуск.	100

Возможно, использование мяса сельдевой акулы для производства пищевой продукции, а крови, липидов, хрящей — для производства лечебных, лечебно-профилактических продуктов или БАДов позволят комплексно использовать этот вид сырья и увеличить доход при обработке многовидовых уловов.

ЛИТЕРАТУРА

- Гордиевская В.С. Пищевое использование мяса тихоокеанских акул. — Владивосток: Дальиздат, 1971. — 37 с.
- Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных. — Л.: ГИПРОРЫБФЛОТ, 1991. — 94 с.
- Кизеветтер И.В., Макарова Т.И., Зайце В.П. и др. Технология обработки водного сырья. — М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 696 с.
- Кочиков В.Н. Приловы и выбросы в мировом рыболовстве // Рыб. хоз-во. — 2000. — № 5. — С. 24–27.
- Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. — М.: Пищепромиздат, 1976. — 518 с.
- Методические указания МУК 4.2.1847-04. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов.— М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 31 с.
- Пат. № 2019180 РФ, С1 А61 К35/60, 35/14. Средство для лечения подкожной фибросаркомы и способ его получения / Я.Д. Безман, С.П. Сальников, И.М. Кветной. Заявлено 12.01.1993; Оpubл. 15.09.1994, CD 1996.
- Пат. № 2157695 РФ, А61 К35/60. Экстракты хрящей акулы, способ их получения и применения / Э. Дюпон, П. Бразо, К. Жюно и др. Заявлено 30.10.1995; Оpubл. 20.10.2000, CD 2000.
- Пат. № 2182480 РФ, С1 А61 К31/01, А61 Р35/00. Противоопухолевый препарат и способ его получения / А.П. Хохлов, А.Н. Доценко. Заявлено 16.05.2001; Оpubл. 20.05.2002, CD 2002
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.— М.: ИнтерСЭН, 2002. — 168 с.
- Скачков В.П. Пищевое использование мяса океанических хрящевых рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1975. — 52 с.
- Chaney A.L., Marbach E.P. Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia // Clin. Chem. — 1962. — Vol. 8. — P. 130–132.
- Hall M.A., Alverson D.L., Metuzals K.I. By-catch: problems and solutions // Mar. Pollut. Bull. — 2000. — № 1–6. — P. 204–219.
- Kjerstad M., Fossen I., Willemssen H.M. Utilization of Deep-sea Shark at Hatton Bank in the North Atlantic // J. Northw. Atl. Fish. Sci. — 2003. — Vol. 31. — P. 333–338.

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ РИСА В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Л.В. Каравай, Л.В. Левочкина

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток, Россия

Изучена возможность использования модифицированной рисовой лузги и гидролизата в рыбных кулинарных изделиях. Проведены исследования, показавшие влияние лузги и ферментоллизата на органолептические показатели мышечной ткани горбуши. Установлено, что наибольшее количество рисовой лузги и гидролизата, которое не приводит к ухудшению органолептических показателей п/ф, составляет соответственно 2,3 и 4,0 %. Отмечено, что добавление лузги и ферментоллизата в этом соотношении уменьшает потери при доведении продукта до кулинарной готовности. Установлено, что введение рисовой лузги в изделия из горбуши приводит к снижению энергетической ценности.

Рыбные белки характеризуются термолабильностью и при технологической обработке в значительной степени теряют способность к набуханию. Поэтому при производстве рыбных изделий, особенно фаршевых, структура часто нестабильна как в процессе хранения, так и при тепловом воздействии (Мельникова, 1977; Караулова и др., 2007).

Известно, что на структурно-механические свойства изделий как из мяса наземных животных, так и из гидробионтов стабилизирующее действие оказывают полисахаридные комплексы (Trout et al., 1990; Dickinson, 1995, 2003; Sato et al., 2003). На свойствах полисахаридов, способствующих образованию однородной гелеобразной структуры, основаны технологии продукции: суфле из рыб и нерыбных объектов (Кадникова и др., 2006; Пат. № 2231272).

Что же касается фаршевых изделий типа котлет, то к их структуре предъявляются другие требования: при способности держать форму они должны отличаться гетерогенностью состава, определенным размером частиц (тонкое измельчение в данном случае не применяется), сочностью, сочетанием компонентов.

Традиционно на предприятиях общественного питания в качестве структурообразователя для таких фаршевых изделий используют пшеничный хлеб из муки в количестве 30 % к массе фарша. Иногда в качестве такого компонента вводится рисовая крупа (тефтели), но при этом, в связи с тем, что рис не придает прочной структуры, вводят определенное количество хлеба. Последнее способствует уменьшению срока хранения, как полуфабриката, так и готовой продукции (Румянцев, 1998).

Рис считается одной из ведущих продовольственных зерновых культур в мире, поскольку является основным пищевым продуктом для половины населения земного шара. При переработке риса остается значительное количество отходов в виде рисовой крупки, мучки, отрубей и лузги, суммарное количество которых составляет около 25 %. Известно, что это такие же полноценные продукты, как и цельное зерно, но с другими технологическими свойствами (Рис и его качество, 1976).

В нашей работе в качестве структурообразователя использовали продукт вторичной переработки риса — рисовую лузгу, которая представляет собой жесткую как древесина оболочку вокруг зерновки и состоит из двух связанных между собой частей.

Рисовая лузга характеризуется высоким содержанием кремния и лигнина, что наряду со специфическим строением клеточной структуры обеспечивает ее прочность (Рис и его качество, 1976).

Образующаяся при переработке рисовая лузга (условное название) представляет собой смесь рисовых отрубей (9,3 %), рисовой крупки (5,9 %) и собственно самой рисовой лузги.

Целью данной работы является исследование возможности применения отходов при переработке риса в технологии рыбных кулинарных изделий.

В качестве добавок при изготовлении кулинарных изделий использовалась промышленно получаемая рисовая лузга (условное название), включающая смесь рисовых отрубей, рисовой крупки и собственно — лузги.

Сырьем для производства кулинарных изделий являлась мороженая горбуша со сроком хранения не более 5 мес при температуре минус 18 °С.

Для гидролиза лузги использовали целловиридин Г20Х, сам процесс гидролиза проводили в два этапа. Сначала нагреванием в щелочной среде 2N NaOH в течение 10 ч при температуре 90–95 °С в соотношении материал : щелочь 1 : 10, после чего доводили рН до 5,2 соляной кислотой для создания оптимальных условий для действия целловиридина. Собственно ферментализацию проводили в течение 10 ч при температуре 45 ± 2 °С, фермент-субстратное соотношение составляло 1 : 400 по массе. Режимы гидролиза соответствовали рекомендованным в литературе (Ильина и др., 2002; Немцев, 2005).

Исследования химического состава лузги и гидролизата проводили известными методами, клетчатку — по методу Кюршнера и Ганака (Чоговадзе, 1970).

При технологических экспериментах использовали обработанную и необработанную лузгу, а также гидролизат лузги в разных количествах к массе измельченной мышечной ткани горбуши. Заключение о рациональных количествах добавок и их сочетаемости делали на основании определения внешнего вида, консистенции, вкуса и запаха готового изделия (котлет).

Содержание тяжелых металлов в растительных объектах определяли атомно-абсорбционным методом.

Исследование химического состава показало, что рисовая лузга содержит небольшое количество белка (4,95 %), жира (2,84 %) (табл. 1). Анализируя полученные результаты, можно отметить, что рисовая лузга является источником не только минеральных веществ (15,1 %), но и клетчатки (около 50,0 %). Последнее является положительным фактором, так как известно, что пищевые волокна, содержащие клетчатку, позволяют снизить риск некоторых заболеваний (Григорюк, Старостина, 2006).

Таблица 1

Химический состав рисовой лузги, %

Жир	Белок	Клетчатка	Минеральные вещества	Вода	Крахмал
2,84	6,50	48,80	15,10	8,28	17,6

По данным литературы, целлюлоза (клетчатка) — основной углевод лузги. Гемичеселлюлоза (главным образом пентозаны) содержится в несколько меньшем количестве. В чистой лузге (цветковой чешуе) крахмала нет, хотя, как нами установлено, в лузге рисоперерабатывающих предприятий содержится крахмал.

В лузге содержится тиамин — 1,11 (0,84–1,35) мкг/кг, рибофлавин — 0,76 (0,62–0,93) и ниацин — 18,6 (14,0–25,1) мкг/кг. Согласно опубликованным данным, 43 % общего количества тиамина находится в связанном состоянии и 57 % в свободном (Рис и его качество, 1976).

Таким образом, лузга, собранная при промышленной переработке рисового зерна, является источником клетчатки, минеральных веществ и некоторых витаминов.

Под термином «клетчатка» в данном случае понимается смесь целлюлозы, гемичеселлюлозы и лигнина; последний, как установлено, входит в состав структурных веществ клеточных стенок пищевых волокон, содержит функциональные кислые группы типа фенольных и карбоксильных, что, по видимому, является причиной высокой антиоксидантной активности (Миронов и др., 2006).

Установлено, что минеральный состав рисовой лузги разнообразен, она является источником таких важных минеральных веществ как, магний, марганец, железо и особенно калий (табл. 2).

Таблица 2

Минеральный состав рисовой лузги, мг/кг

Медь	Цинк	Железо	Марганец	Кальций	Магний	Натрий	Калий
0,61	28,0	134	247	365	1401	57,86	16443

Сравнение содержания калия в лузге с таковым в ягодах (клюква, рябина, облепиха) (Григорюк, Старостина, 2006) показало, что количество этого элемента в отходах после переработки риса в 3–4 раза выше.

Известно, что при гидролизе клетчатки в присутствии специфического фермента, найденного у ряда бактерий, некоторых видов насекомых, плесневых грибов и в прорастающих семенах, образуется целлобиоза.

Несмотря на небольшое количество белков, рисовая лузга содержит все незаменимые аминокислоты (табл. 3).

Таблица 3

Аминокислотный состав рисовой лузги, % к содержанию белка

Аминокислота	Количество
Аспарагиновая кислота	0,513
Треонин	0,225
Серин	0,263
Глутаминовая кислота	0,994
Глицин	0,334
Аланин	0,359
Цистеин	0,046
Валин	0,397
Метионин	0,022
Изолейцин	0,221
Лейцин	0,424
Тирозин	0,176
Фенилаланин	0,261
Лизин	0,216
Гистидин	0,436
Аргинин	0,365
Пролин	0,605

В данной работе модификацию клетчатки рисовой лузги проводили в два этапа: щелочным и затем ферментным гидролизом (Ильина и др., 2002) с помощью целловиридина Г20Х, который представляет собой комплекс ферментов-карбогидралаз штамма *Trichoderma reesei (viride)*. Он способен к глубокой деструкции, как клеточных стенок, так и отдельных полисахаридов растений: целлюлозы, глюкана, ксилана, гемицеллюлозы, арабана и других некрахмалистых полисахаридов. Разрушая стенки растительных клеток, ферментный комплекс препарата повышает доступность крахмала, протеина и жира для воздействия ферментов пищеварительного тракта; повышает переваримость питательных веществ и улучшает их всасывание в тонком отделе кишечника.

В результате гидролиза получено две фракции:

— гидролизованная рисовая лузга, которая после высушивания до содержания воды 8 %, стала более хрупкой, легко подвергалась механическому измельчению, приобрела запах ржаной муки;

— раствор-гидролизат, который кипятили в течение 5 мин для инактивации фермента, приобрел запах сухофруктов, в него перешла значительная часть питательных веществ из лузги.

Установлено, что в остатке после гидролиза количество клетчатки уменьшилось и составляет 35–38 %, а в составе гидролизата обнаружены свободные сахара, на 10 % представленные сахарозой и глюкозой.

По результатам исследования химического состава гидролизата рисовой лузги видно, что он не является источником белков и жиров, но может служить источником углеводов и минеральных веществ (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав гидролизата рисовой лузги, %

Белок	Жир	Углеводы свободные	Минеральные вещества	Вода
0,26	0,087	2,03	6,55	91

Далее задачей работы было изучение возможности использования гидролизата, а также сухого остатка рисовой лузги в технологии кулинарных изделий.

Исследованию подвергались изделия из горбуши с рисовой лузгой и гидролизатом. В этом случае рисовую лузгу использовали как источник клетчатки, влияющий на пищевую ценность продукта. Установлено, что консистенция фарша из горбуши после добавления лузги становится еще суше за счет поглощения воды клетчаткой, поэтому для увеличения влаги в фарше добавляли гидролизат.

Варьирование количества лузги после гидролиза, а также гидролизата проводилось с учетом внешнего вида, консистенции и вкуса изделия. Начальной дозировкой лузги являлось 1,5 % к массе фарша горбуши; предварительно установлено, что это количество является наименьшим влияющим фактором на органолептические показатели готового продукта. Последовательное исследование влияния рисовой лузги путем увеличения ее количества показало, что превышение этого показателя более 2,3 % ухудшает внешний вид изделия.

Далее для улучшения консистенции с учетом максимально возможного количества лузги вносили гидролизат. Установлено, что минимальным влияющим на органолептические показатели является количество гидролизата, равное 4 % к массе фарша, максимальным, выше которого оценка консистенции снижается — 7 %.

На основании проведенных исследований установлено, что лучшим вариантом из всех образцов является изделие с содержанием 2,3 % рисовой лузги и 7,0 % гидролизата.

Показано, что наименьшие потери при доведении продукта до кулинарной готовности имел образец с добавлением рисовой лузги и гидролизата. Можно полагать, что рисовая лузга обладает влагоудерживающей способностью, поэтому потери снижаются почти на 7 % по сравнению с контрольным образцом.

Как видно из данных табл. 5, содержание белков и жиров в экспериментальном изделии ниже, чем в контрольном образце, что позволяет рекомендовать этот продукт в профилактическом питании.

Таблица 5

Содержание основных питательных веществ и энергетическая ценность готовых изделий на 100 г продукта

Образец	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
Котлета из горбуши (контроль)	27,58	9,19	1,84	200,39
Горбуша с рисовой лузгой и гидролизатом	21,33	7,10	1,65	155,84

Таким образом, полученные данные экспериментальных исследований позволяют заключить, что добавление растительных волокон в виде модифицированной рисовой лузги и ферментоллизата способствует улучшению органолептических свойств готовых изделий из рыбного сырья, а также приближает этот вид кулинарных изделий к физиологически полезным продуктам питания.

ЛИТЕРАТУРА

Григорюк Г.П., Старостина Е.Б. Растительное сырье — источник микронутриентов // Тез. докл. 4-й Всерос. науч. конф. «Химия и технология растительных веществ». — Сыктывкар, 2006. — С. 240.

Ильина А.В., Ткачева Ю.В., Варламов В.П. // Прикладная биохимия и микробиология. — 2002. — Т. 38, № 2. — С. 132–135.

Кадникова И.А., Талабаева С.В., Соколова В.М. Влияние полисахаридных гидрогелей на реологические свойства консервов типа суфле // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 146. — С. 283–287.

Караулова Е.П., Леваньков С.В., Якуш Е.В. Некоторые особенности биохимии мышц глубоководных рыб // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 148. — С. 297–305.

Мельникова О.В. О водоудерживающей способности мышечных тканей // Рыб. хоз-во. — 1977. — Вып. 2. — С. 72–74.

Миронов М.В., Белый Н.А., Карманов А.П., Кочева Л.С. Структурно-химические способности лигнина, выделенного из однолетних растений // Тез. докл. 4-й Всерос. науч. конф. «Химия и технология растительных веществ». — Сыктывкар, 2006. — С. 134.

Немцев С.В. Ферментативная переработка панцирьсодержащих отходов криля // Рыб. пром-сть. — 2005. — № 2. — С. 37–41.

Пат. № 2231272 РФ, МПК 7 А 23 41/33. Способ комплексной переработки двустворчатых моллюсков и изготовления из них деликатесного сырого продукта / Н.М. Купина, Н.Т. Поваляева, Н.А. Герасимова и др. 2003.

Рис и его качество / под ред. Е.П. Козьминой. — М.: Колос, 1976. — 360 с.

Румянцев А.В. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий. Нормативная документация для предприятий общественного питания. — М.: Дел и сервис, 1998. — 864 с.

Чоговадзе Ш.К. Исследование продовольственных товаров. — М., 1970.

Dickinson E. Emulsion stabilization by polysaccharides and protein-polysaccharide complexly // Food polysaccharides and their applications. — N.Y.: Dekkor, 1995. — P. 501–515.

Dickinson E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispread systems // Food Hydrocolloids. — 2003. — Vol. 17. — P. 25–39.

Sato R., Katayama S., Sawabe T., Saeki H. Stability and emulsion-forming ability of water soluble fish protein prepared by conjugation with alginate oligosaccharide // Journ. Agric. Food Chem. — 2003. — Vol. 51, iss 15. — P. 4379–4381.

Trout Q., Chen C., Dale S. Effect of calcium carbonate and sodium alginate on the textural characteristics, color stability of restructured pork chops // Food Sci. — 1990. — Vol. 55, № 1. — P. 38–42.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬГИНАТСОДЕРЖАЩИХ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ

Е.Л. Конева, Н.М. Аминина, Т.И. Вишневская
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Наиболее важным компонентом водорослей является альгиновая кислота и ее соли (альгинаты). Они обладают не только свойствами загустителя, стабилизатора, гелеобразователя, что обуславливает их широкое применение в пищевых технологиях, но и значительным лечебным действием (Подкорытова и др., 1998). Технологии гелеобразных продуктов, таких как муссы, желе, молочные десерты, позволяют использовать альгинат в терапевтических дозах (1–2 г в сутки). При отсутствии производства и широкого использования альгинатов в нашей стране их можно заменить биогелями из водорослей, типа «Ламиналь» (ТУ 9284-175-00472012-07), где основным функциональным компонентом является альгинат натрия. Однако в литературе отсутствуют достаточно четкие представления о взаимосвязи между компонентами в альгинатсодержащих пищевых системах.

Целью работы является исследование реологических свойств альгинатсодержащих систем в зависимости от концентраций и соотношения пищевых добавок в смеси.

Объектом исследований служили: альгинат натрия, биогель из морской капусты «Ламиналь», системы, содержащие альгинат натрия или биогель, лимонную кислоту, цитрат кальция, сахар, молоко.

Содержание воды, золы, альгиновой кислоты определяли стандартными методами (ГОСТ 26185-84). Вязкость 0,2 %-ного раствора альгината натрия и его молекулярную массу определяли методом вискозиметрии (Бурштейн, 1963). pH растворов полисахарида и систем измеряли на pH-метре (HANNA instruments, марки pH-210). Исследование реологических свойств полисахарида и пищевых систем проводили на ротационном вискозиметре *Rheotest-2* на измерительном цилиндре *S1* с пределом измерений вязкости 0–380 Па с.

Изменения реологических характеристик и pH системы, содержащей альгинат натрия и лимонную кислоту, представлены на рис. 1. Как видно, при незначительной концентрации кислоты (до 0,01 %) вязкость раствора альгината натрия несколько увеличивается, что связано с частичной диссоциацией карбоксильных групп. Между ними возникают силы электростатического отталкивания, которые по мере увеличения концентрации кислоты до 0,1 % уменьшаются, что приводит к свертыванию макромолекулы и формированию альгиновой кислоты, а, следовательно, и к снижению вязкости (Оберюхтина и др., 2001).

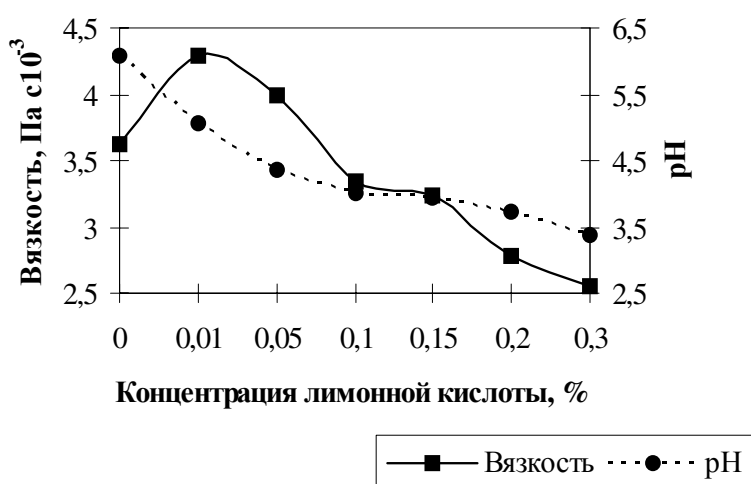


Рис. 1. Влияние лимонной кислоты на вязкость и pH 0,5 %-ного раствора альгината натрия

В диапазоне концентраций кислоты 0,1–0,15 % показатели вязкости и pH почти не изменяются в результате эквивалентного взаимодействия COO^- -групп молекул альгината с ионами H^+ с образованием альгиновой кислоты. При дальнейшем увеличении количества лимонной кислоты вязкость резко падает в результате образования неоднородной среды, содержащей избыточное количество ионов H^+ . Из литературных данных известно, что резкий переход в кислую область ($\text{pH} < 4$) вызывает агрегацию макромолекул и осаждение альгиновой кислоты (Мое, 1995).

Основным компонентом «Ламиналя» является альгинат натрия (более 40 %), что позволяет на основе биогеля разрабатывать ассортимент продукции, аналогичный с альгинатом натрия (желе, десерты, муссы и пр.). Нами были исследованы процессы гелеобразования пищевых систем, в которых альгинат натрия был заменен «Ламиналем». Анализ химического состава «Ламиналя» показал, что концентрацию 0,5 % альгината натрия можно получить при приготовлении 10 %-ного раствора «Ламиналя». Поэтому сравнительные исследования реологических свойств альгинатсодержащих систем проводили с растворами, содержащими 0,5 % альгината или 10,0 % «Ламиналя».

В отличие от раствора альгината натрия добавление лимонной кислоты в раствор «Ламиналя» сразу снижает вязкость системы, которая падает при увеличении концентрации кислоты до 0,1 % (рис. 2).

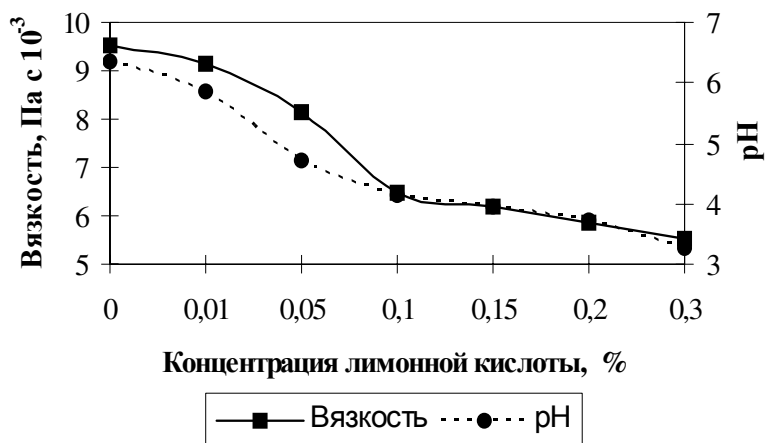


Рис. 2 Влияние лимонной кислоты на вязкость и pH 10 %-ного раствора «Ламиналя»

Дальнейшее увеличение количества кислоты от 0,10 до 0,15 % практически не приводит к изменению вязкости системы, а свыше 0,15 % — незначительно понижает. Процессы, происходящие при введении лимонной кислоты в растворы альгината и «Ламиналя», сходные, а их показатели вязкости отличаются, что связано с присутствием в растворе «Ламиналя» не только альгината натрия, но и других водорослевых компонентов.

Для образования прочных устойчивых альгинатных гелей используют пищевые добавки, содержащие двухвалентные металлы. Для исследования процесса гелеобразования альгината натрия и «Ламиналя» использовали цитрат кальция.

Содержание цитрата кальция в системе изменялось от максимального (0,25 %), теоретически рассчитанного для полного замещения ионов натрия на катионы кальция, до количества, при котором наблюдается образование непрочных гелевых структур (0,05 %) (рис. 3).

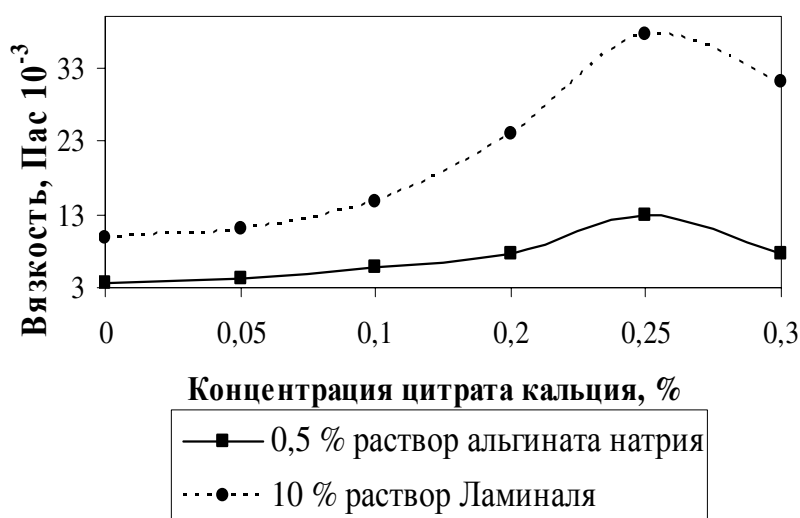
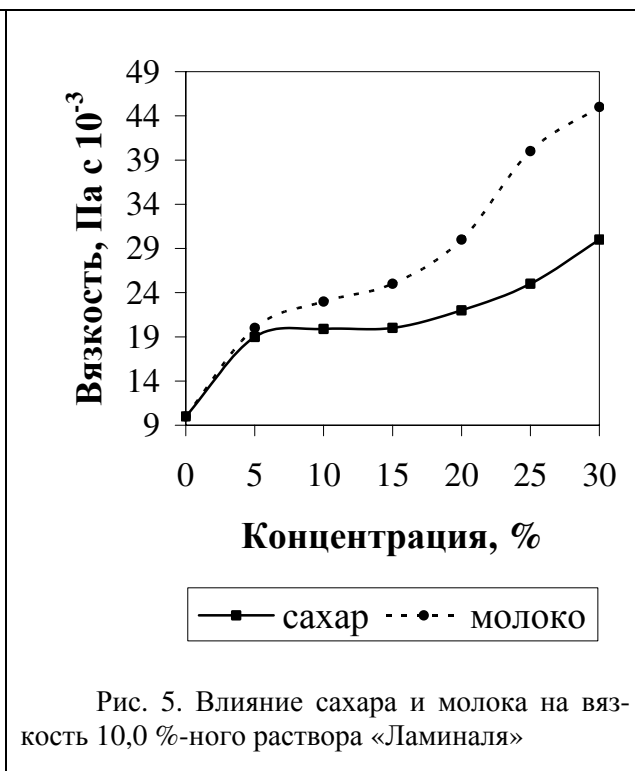
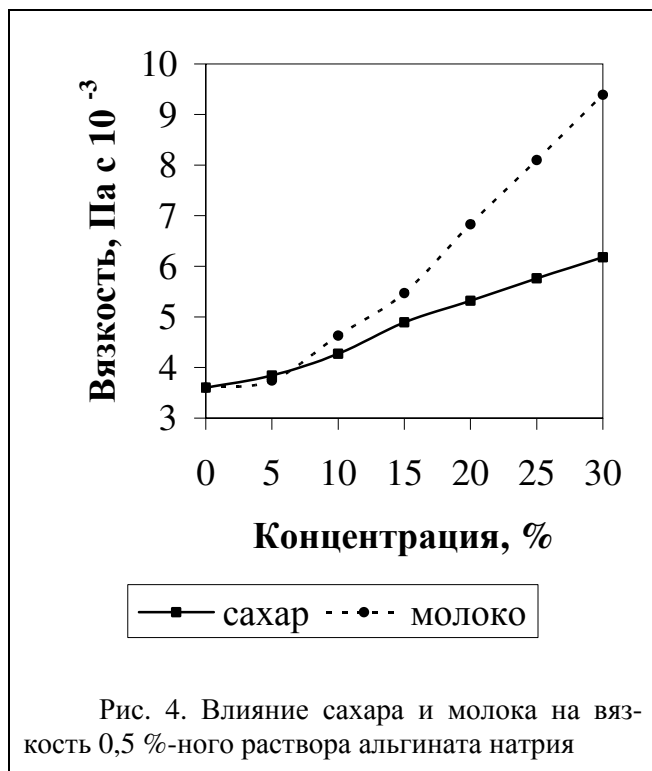


Рис. 3 Влияние цитрата кальция на изменение динамической вязкости системы, содержащей 0,5 %-ный раствор альгината и 10,0 %-ный раствор «Ламиналя»

С возрастанием концентрации цитрата кальция до 0,25 % наблюдается рост вязкости в системе с альгинатом натрия в 3 раза, а с «Ламиналем» — в 4 раза. Это связано с поступле-

нием ионов кальция в систему, что способствует упрочнению гелевой структуры. В данном случае формировался гетерогенный гель. Дальнейшее увеличение содержания цитрата кальция приводит к уменьшению вязкости, так как соль кальция начинает выпадать в осадок.

Исследовали также влияние добавок (сахара и молока) на реологические свойства альгината натрия и «Ламиналя». Анализ показал, что добавление сахара к растворам альгината натрия и «Ламиналя» приводит к увеличению вязкости систем соответственно в 1,7 и 3,0 раза (рис. 4, 5). Это является результатом образования прочных водородных связей между карбоксильными группами альгината и гидроксильными группами сахара (Козлов, 2004).



Реологические показатели альгинатного раствора изменяются и при добавлении молока (рис. 4, 5). Взаимодействие полисахарида с белком кальция молока способствует гелеобразованию и увеличению зон межмолекулярного соединения (Walker, 1984). Установлено, что при 30 % концентрации молока вязкость раствора альгината натрия увеличивается в 2,5 раза, а раствора «Ламиналя» — в 4,5 раза (рис. 4, 5). Вероятно, в случае «Ламиналя» не только альгинат, но и другие водорослевые компоненты взаимодействуют с молоком. Реологические исследования также проводили на многокомпонентных системах, содержащих 0,5 % альгинат натрия (система № 1–4) или 10 % «Ламиналь» (системы № 5–6), 10 % молока, 10 % сахара. Дополнительно системы № 2, 4, 6 содержали 0,1 % лимонную кислоту, системы № 3, 4, 6 — цитрат кальция (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика альгинатсодержащих пищевых систем

Наименование показателя	Номер системы					
	1	2	3	4	5	6
рН	6,75	4,40	7,12	4,60	6,95	4,80
Динамическая вязкость, Па с 10 ⁻³	4,69	4,26	6,30	18,00	21,00	68,0

Образцы, содержащие альгинат натрия, имели консистенцию от жидкой до гелеобразной, в зависимости от состава компонентов (табл. 1). Внесение лимонной кислоты и солей

кальция приводит к росту вязкости и снижению рН, что позволило получить желаемую консистенцию и гармоничный вкус продукта (образец № 4).

Пищевые системы, содержащие «Ламиналь», образуют мягкий гель без введения солей кальция и лимонной кислоты (образец № 5). Добавление этих компонентов повышает вязкость системы ($68 \text{ Па} \cdot \text{с} \cdot 10^{-3}$) и способствует формированию более прочного геля.

Таким образом, использование «Ламиналя» вместо альгината натрия способствует образованию более прочных гелевых структур, что позволяет создавать широкий ассортимент продукции на его основе.

ЛИТЕРАТУРА

Бурштейн А.И. Методы исследования пищевых продуктов. — Киев, 1963. — 643 с.

Козлов С.Г. Физико-химические основы получения гелеобразных продуктов // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. — 2004. — № 2. — С. 88–91.

Обертюхина И.А., Боголицын К.Г., Попова Н.Р. Исследование физико-химических свойств растворов альгината натрия, полученного из морских бурых водорослей // Журн. приклад. химии. — 2001. — Т. 74, вып. 10. — С. 1596–1600.

Подкорытова А.В., Аминина Н.М., Левачев М.М., Мирошниченко В.А.. Функциональные свойства альгинатов и их использование в лечебно-профилактическом питании // Вопр. питания. — 1998. — № 3. — С. 26–29.

Moe S.T. Alginate. Food Polysaccharides and their applications // S.T. Moe, K.I. Draget, G. Skjak-Brak. Ed. by A.M. Stephen. — N.Y.: Marcel Dekker, 1995. — 245 p.

Walker B. Gums and stabilizers in food formulation Gums and Stab // Food Ind. — 1984. — Vol. 2: Proc. 2nd Int. Conf. Glywd. — P. 137–161.

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИНИРОВАННЫХ ФАРШЕВЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МАЛОЦЕННЫХ РЫБ С СОЕВОЙ ОКАРОЙ

А. А. Кузнецова, Л. В. Левочкина

Тихоокеанский государственный экономический университет, г. Владивосток, Россия

В Мировом океане сосредоточены громадные источники полноценных животных белков и ценных биологически активных соединений. Рационально использовать эти биоресурсы традиционными технологическими методами невозможно, поэтому необходимо разрабатывать и внедрять в промышленность новые и эффективные направления обработки сырья на основе комплексной безотходной и ресурсосберегающей технологии (Дацун, 1995).

Одним из общепринятых в мире путей ликвидации дефицита белка является, наряду с интенсификацией сельскохозяйственного и других традиционных способов производства белоксодержащих продуктов, непосредственное использование в питании человека белка из вторичного пищевого сырья (Покровский и др., 2002). Для этого требуются нестандартные решения, которые позволили бы создать конкурентоспособные технологии производства белковых продуктов на базе отечественных сырьевых источников.

В последнее время широкое распространение получили комбинированные фарши. Существенным преимуществом изделий на основе фаршей является возможность использования для их производства практически любого сырья растительного и животного происхождения с различными технологическими параметрами и свойствами. Это позволяет расширить ассортимент пищевых продуктов с разнообразными свойствами, приемлемыми для различных групп населения (диетические, продукты для детского питания и других).

В настоящий момент на сырьевом рынке появляется значительное количество рыбного сырья с неудовлетворительными технологическими свойствами: большой обводненностью, низкими жирностью и содержанием белка и пониженными структурообразующими свойствами. К такому сырью относится мясо макруруса, который является представителем наиболее многочисленной группы донных и придонных глубоководных рыб, распространенных от арктических до антарктических вод. Макрурус относится к низкобелковым маложирным рыбам с белым нежным мясом, сладковатым, с небольшим креветочным привкусом, почти отсутствует специфический «рыбный» запах.

Хотя макрурусы относятся к категории пищевых рыб, их мясо практически не используется для производства кулинарных изделий и рыбных консервов. Это происходит вследствие большого содержания влаги и низких структурообразующих свойств. В результате повышенного содержания свободной воды в мясе рыбы, изделия при кулинарной обработке сильно теряют в массе.

Мышечная ткань макруруса содержит 83,6–91,2 % воды, 7,1–13,3 % белка, 0,9–1,3 % золы, 0,8–0,16 % жира.

Для производства комбинированных фаршевых изделий из такого сырья необходимо использовать наполнители с хорошо выраженными структурообразующими свойствами. К таким видам продуктов относится соевая окара — концентрат высококачественного белка и пищевой диетической клетчатки, получаемой в результате фильтрации соевого экстракта. Окара имеет нейтральный вкус и крупчатую консистенцию, вследствие чего она хорошо впитывает вкусоароматические ингредиенты основных компонентов пищи и сочетается практически со всеми пищевыми продуктами.

С учетом описанных свойств соевую окару можно использовать в составе как мясных, так и рыбных фаршей. Химический состав соевой окары непостоянен и зависит от степени обезвоживания и технологической обработки бобов. Нами был изучен состав окары, полученной при производстве соевого молока из приморских сортов сои по традиционной технологии (см. таблицу).

Из данных таблицы видно, что окара относится к обводненным продуктам, но основная часть влаги, содержащаяся в соевой окаре, находится в связанном состоянии. Содержание белка и пищевых волокон находится примерно в равном количестве (от 4,5 до 6,5 %) и вероятно влага удерживается в равной степени как пищевыми волокнами, так и белками.

Белок соевой окары обладает высокой влагоудерживающей и жиросвязывающей способностью, хорошими эмульсионными свойствами, содержит в своем составе 16 аминокислот, в том числе все незаменимые. По аминокислотному скору он близок к показателям ФАО/ВОЗ и отличается высокой степенью усвояемости (Садовой, Самылина, 2005).

Компонентный состав соевой пищевой окары

Показатель	Массовая доля, %
Вода	75–80
Белок	4,5–5,5
Жир	3,0–3,8
Углеводы	9,6–10,5
Пищевые волокна	4,8–6,5
Минеральные вещества	0,55

Пищевые волокна окары имеют высокие сорбционные свойства и оказывают лечебно-физиологическое воздействие на моторику и микрофлору кишечника. Также клетчатка окары обладает высокой влагосвязывающей способностью, что обеспечивает образование стабильных эмульсий и гелей (Храмцов и др., 2004).

Нами была изучена возможность использования окары в производстве кулинарных изделий из фарша макруруса, полученного из замороженного полуфабриката. В результате исследования было установлено, что соевая окара улучшает структурно-механические свойства фарша и кулинарных изделий из него.

Наилучшую структуру имели изделия, полученные тонким измельчением окары вместе с фаршем макруруса. Добавление окары увеличивало водопоглотительную и влагоудерживающую способность, что вероятно связано с комплексным взаимодействием пищевых волокон окары с белками макруруса и самой окары. Так как содержание белков в окаре невысоко (5,5 %), то нельзя говорить только о влиянии белков окары. Вероятнее всего, белки макруруса, взаимодействуя с углеводными компонентами окары, образуют белково-углеводные комплексы, которые и связывают воду.

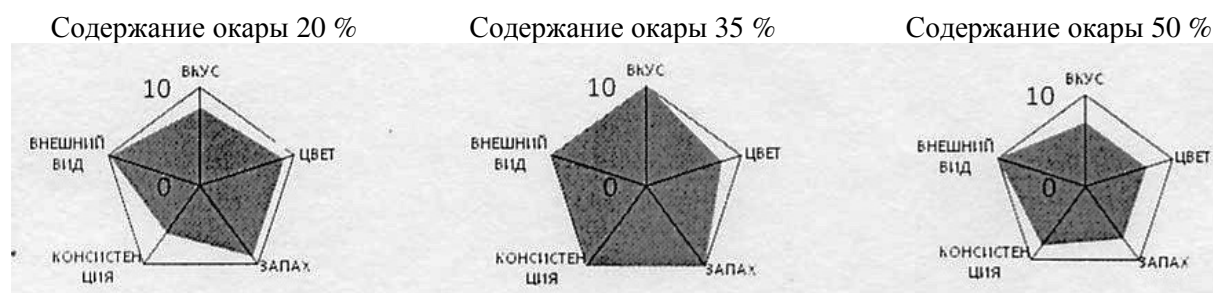
При тепловой обработке в этих кулинарных изделиях были минимальные потери массы.

Экспериментально нами было установлено оптимальное содержание окары в фарше макруруса, которое составляло 30–35 %. У изделий присутствовал нежный рыбный вкус, не наблюдалось соевого привкуса. Структура изделий была мягкая, слегка вязкая, без липкости. При большем содержании окары в фарше (до 50 %) у готовых изделий появлялся характерный зерновой привкус, консистенция изделий становилась плотной и неоднородной, а на разрезе были видны мелкие желтые включения окары.

Уменьшение содержания окары до 20 % улучшило структурно-механические свойства рыбного фарша, изделия хорошо формовались и сохраняли форму при тепловой обработке, но консистенция готовых изделий была излишне липкая, с недостаточной вязкостью.

Таким образом, в результате исследования было рекомендовано вводить в фаршевые изделия из макруруса 30–35 % соевой окары.

На рисунке представлена органолептическая оценка рыбных котлет с различным содержанием окары в рыбном фарше.



Органолептическая оценка рыбных котлет с различным содержанием окары в рыбном фарше

Исследования влияния окары на жиропоглотительную способность показали, что чем больше окары содержится в фарше, тем активнее он поглощает жир. Это можно объяснить тем, что, во-первых, как показали определения ВУС, основная часть воды фарша находится

в связанном состоянии и вода не препятствует поглощению жира. И во-вторых, большое содержание клетчатки в окаре (6,5 %) создает рыхлую структуру фарша, через поры которой, жир легко проникает в продукт, так как клетчатка при тепловой обработке не разрушается.

Нами было установлено, что при добавлении окары в количестве 30–35 % в кулинарные изделия потери массы уменьшаются на 40 % по сравнению с контролем без добавления окары.

Таким образом, в процессе исследования установлено, что соевая окара в количестве 30–35 % улучшает качество фаршевых изделий из малоценных рыб и является хорошим наполнителем для рыбных фаршей.

Принимая во внимание пищевую ценность, компонентный состав и низкую себестоимость окары, представляется перспективным дальнейшее продолжение работ по исследованию функционально-технологических свойств окары и разработке композиционных рецептур пищи нового поколения с заданными лечебными и профилактическими свойствами, одним из компонентов которых, являлась бы соевая пищевая окара.

ЛИТЕРАТУРА

- Дацун В.М. Вторичные ресурсы рыбной промышленности. — М.: Колос, 1995. — 96 с.
- Покровский В.А., Романенко Г.А. и др. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни. — Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2002. — 344 с.
- Садовой В.В., Самылина В.А. Соевая пищевая окара в композиционных рецептурах мясных изделий // Изв. ВУЗов. Пищ. технология. — 2005. — № 1. — С. 47–48.
- Храмцов А.Г., Садовой В.В., Самылина В.А. Компонентный состав и пребиотические свойства соевой пищевой окары // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 4. — С. 50–53.

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЕСЕРВОВ ИЗ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО МЯСА СПИЗУЛЫ

Н.М. Купина, В.В. Киселев

ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: Kupina@tinro.ru

В конце 90-х гг. прошлого столетия на Дальнем Востоке России начался активный промысел зарывающегося двустворчатого моллюска — спизулы сахалинской (*Spisula sachalinensis*), что вызвало необходимость изыскания способов ее переработки. Среди мягких тканей съедобными частями у спизулы являются двигательный мускул (нога) и мантия с аддуктором (мускул-замыкатель). В настоящее время разработаны технологии изготовления из спизулы пищевой продукции (варено-мороженая, консервы, пресервы), однако для ее изготовления чаще используют только ногу, а мантию и аддуктор, составляющие более 32 % массы мягких тканей, отправляют в отходы.

Наши исследования показали, что мантия спизулы содержит более 16 % белков, которые по содержанию незаменимых аминокислот (за исключением валина и изолейцина) превосходят эталонный белок. Кроме того, в спизуле обнаружены иммуномодулирующие соединения, а также макро- и микроэлементы, обладающие высокой биологической активностью (Оводова и др., 1990; Киселев и др., 2002). Целесообразность вовлечения этих частей в производство пищевой продукции очевидна. Однако этот вид сырья остается до настоящего времени невостребованным из-за того, что известные способы обработки не позволяют получить из него продукцию с высокими органолептическими свойствами. Из-за специфической микроструктуры ткани и высокого содержания белков соединительной ткани соленая продукция из мантии спизулы имеет жесткую консистенцию (Купина и др., 2003). Изготовление качественной продукции на основе фарша также затруднительно, так как измельченная мантия обладает низкой структурообразующей и водосвязывающей способностью. Решение этих проблем требует изыскания способа целенаправленного изменения микроструктуры и физико-химических свойств мышечной ткани мантии.

Объектом исследования была спизула сахалинская, выловленная в Японском море (зал. Посьета). Для изготовления пресервов использовали мороженую мантию вместе с мускулом-замыкателем, 3-месячного срока хранения при температуре минус 18 °С. Сырье солили сухим посолом, а затем измельчали.

Химический состав определяли по общепринятым методикам. Водоудерживающую способность (ВУС) белков определяли по методу Грау и Хамма в модификации О.М. Мельниковой (1977). Динамическую вязкость и предельное напряжение сдвига (ПНС) определяли на ротационном вискозиметре «Реотест-2». Статистическая обработка результатов включала определение средних значений величин и стандартной средней ошибки.

Экспериментальные работы показали, что мантия традиционного способа посола имеет водянистую, волокнистую консистенцию, а полученный из нее фарш — крупитчатую структуру и вкус сырого продукта.

Для улучшения консистенции и вкуса мороженую мантию перед посолом бланшировали в воде при температуре от 50 до 100 °С в течение 1–15 мин. Было установлено, что в процессе тепловой обработки меняется химический состав и консистенция ткани. Степень этих изменений зависела от температуры и продолжительности бланширования. В процессе 10–15-минутной обработки при 55–60 °С массовая доля воды снижалась на 3,1–3,6 %, а при бланшировании в течение 1–5 мин при 100 °С потери воды достигали 6,5–8,1 % (табл. 1).

После 5–10-минутной обработки при 55–60 °С консистенция мантии практически не изменялась, а при увеличении длительности бланширования до 15–20 мин мышечная ткань уплотнялась, но ее прочность практически не изменялась. С повышением температуры воды до 70 °С ткань уплотнялась настолько, что становилась трудноразжевываемой, а при обработке в кипящей воде становилась очень жесткой и сухой. При повышении температуры выше 60 °С потери массы сырья возрастали на 12,0–23,5 %. С учетом изменения консистен-

ции, химического состава и массы сырья был выбран рациональный режим бланширования мантии — при температуре 58 ± 2 °С в течение 15 мин.

Таблица 1

Изменение химических и физических показателей мороженой мантии спизулы в процессе гидрообработки (ж : к 1 : 2), среднее \pm σ

Показатель	Мантия мороженая	Условия обработки				
		55 °С, 15 мин	60 °С, 15 мин	70 °С, 15 мин	100 °С,	
					1 мин	5 мин
Вода, %	79,7 \pm 0,3	76,6 \pm 0,4	76,1 \pm 0,3	74,0 \pm 0,2	73,5 \pm 0,2	71,6 \pm 0,3
N _{общ.} , %	2,62 \pm 0,01	3,25 \pm 0,01	3,33 \pm 0,01	3,65 \pm 0,01	3,82 \pm 0,01	4,18 \pm 0,01
Мин. остаток, %	2,5 \pm 0,1	2,2 \pm 0,2	2,1 \pm 0,2	1,8 \pm 0,1	1,9 \pm 0,1	1,6 \pm 0,1
Консистенция	Волокнистая, обводненная	Плотная, сочная	Плотная, сочная	Плотная, суховатая	Жесткая суховатая	Жесткая, сухая
Потеря массы, %	—	7,7 \pm 0,4	7,8 \pm 0,3	19,8 \pm 1,3	23,2 \pm 2,0	31,3 \pm 2,3

С целью обеспечения созревания в посольную смесь вносили комплекс протеолитических ферментов (ФП) — пищевую добавку "Крусэнзим" в концентрации 10–30 ПЕ/100 г мантии.

Как показали исследования, Крусэнзим активизировал гидролиз белков ткани, что приводило к размягчению мантии спизулы (рис. 1), сопровождаемому формированием приятного вкуса при посоле.

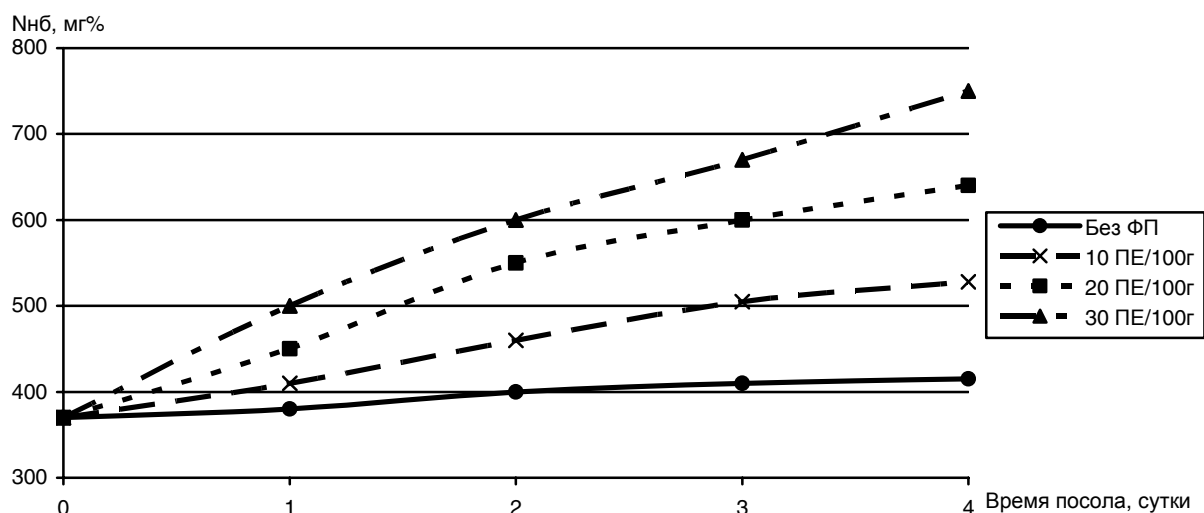


Рис. 1. Накопление небелкового азота в процессе просаливания мантии спизулы в зависимости от дозы ФП

Необходимую для приготовления пастообразной продукции мажущую консистенцию и вкус созревшего продукта мантия, в зависимости от концентрации ФП, приобретала после 3–7 сут просаливания. Мантия, посоленная без Крусэнзима, не приобретала признаков созревания даже после 10-суточного хранения.

Гистологические исследования показали, что в мантии, посоленной с ФП, уже через сутки отмечается деструкция ткани, между мышечными пучками образуются пустоты. С увеличением продолжительности посола и ферментативного воздействия распадаются связи в пучке между отдельными мышечными волокнами. Разрыв связей и образование пустот между мышечными волокнами и пучками приводит к разрыхлению ткани.

Органолептическая оценка фаршей показала, что лучшую структуру имеют образцы, приготовленные из мантии, посоленной с Крусэнзимом в количестве 20 ПЕ/100 г.

Для повышения нежности и улучшения вкуса в фарш вносили растительное масло и воду. Физико-химические исследования показали, что внесение в фарш масла способствует снижению динамической вязкости и предельного напряжения сдвига (табл. 2). При исследо-

вании влияния соотношения водной и жировой фаз на стабильность эмульсии из мантии спизулы было установлено, что пищевая система сохраняет стабильность при соотношении воды и масла 30 : 15. В дальнейших экспериментах соотношение водной и жировой фаз оставалось постоянным (30 : 15), а в качестве водной фазы использовали бульон, образующийся при бланшировании спизулы. В бульоне, как показали наши исследования, накапливается значительное количество ценных компонентов мышечной ткани (высокомолекулярные гликопротеины, растворимые азотистые соединения и минеральные вещества).

Таблица 2

Влияние концентрации масла на физико-химические показатели суфле из соленой мантии спизулы

Доза масла, % к массе	ПНС, Па	Вязкость, Па·с	Вода, %	NaCl, %
5	81±8	6,0±0,6	69,8	2,9±0,1
10	70±6	5,1±0,5	66,1	3,0±0,2
15	46±4	2,8±0,5	62,5	3,2±0,1

С целью инактивации протеолитических ферментов мышечной ткани и Крусэнзима, а также для обеспечения микробиологической безопасности готового продукта была предпринята попытка пастеризовать герметично упакованное суфле при температуре 86–90 °С в течение 30 мин. Однако при тепловом воздействии система фарш—вода—масло теряла стабильность: наблюдалось отделение воды, консистенция суфле становилась крупитчатой и дряблой. Для повышения водоудерживающей способности и формирования при пастеризации стабильной гелеподобной структуры использовали смесь каппа и йота каррагинанов. Выбор этого полисахарида обусловлен способностью каррагинана образовывать прочные гели и связывать воду в большом количестве (Богданов, Сафронова, 1993). Для повышения стабильности продукта с кремообразной консистенцией применяли смесь гуаровой и ксантановой камедей, обладающую способностью образовывать высоковязкие (Грешнов и др., 1997; Сарафанова, 2003).

Эксперименты показали, что каррагинан оказывает существенное влияние на консистенцию и стабильность системы фарш—вода—масло. Прочность и стабильность структуры геля зависели от концентрации полисахаридов в системе. Так, пастеризованное суфле, содержащее 0,5–1,5 % каррагинана, по стабильности практически не отличалось от приготовленного без полисахарида. При повышении массовой доли каррагинана в системе до 2,0–2,5 % водоудерживающая способность суфле увеличивалась в 2,4–2,6 раза, а прочность геля возрастала в 9,7–12,5 раза (табл. 3). Отделения воды при пастеризации не наблюдалось, а в процессе охлаждения суфле формировалась упругая эластичная консистенция.

Таблица 3

Физико-химические показатели и органолептическая оценка суфле из мантии спизулы, содержащего 30 % бульона и 15 % растительного масла, в зависимости от концентрации полисахаридов, среднее ± σ

Концентрация, %		ПНС, Па	ВУС, %±0,1	Вода, %±0,1	NaCl, %±0,1	Характеристика консистенции
Каррагинан	Камедь					
0	0	117±12	17,2±1,4	66,4±0,5	2,4±0,2	Мягкая, водянистая, крупитчатая
1,5	0	401±24	20,5±1,5	70,8±0,7	2,3±0,1	Неоднородная, вязкая
2,0	0	1132±72	42,0±2,5	70,5±0,7	2,4±0,2	Упругая, сочная
2,5	0	1468±58	44,5±2,3	69,3±0,6	2,2±0,1	Упругая
0	0,5	110±11	–	71,3±0,8	2,2±0,1	Водянистая, крупитчатая
0	1,0	350±24	–	71,5±0,8	2,3±0,1	Кремообразная, мажущая
0	1,5	426±20	–	69,6±0,6	2,3±0,2	Плотная, вязкая

Продукция имела приятный оригинальный вкус, а по структуре приближалась к некоторым видам сыра.

Введение камеди в систему фарш—вода—масло в концентрации 0,5–1,5 % также приводило к изменению физико-химических, реологических и органолептических свойств продукта. Камедь обеспечивала загущение системы и образование более плотной, но не гелеобразной, а мажущей консистенции. Реологические свойства и консистенция пастеризованного суфле зависели от концентрации полисахарида. Подтверждением этого является резкое увеличение показателей ПНС при повышении дозы камеди от 0,5 до 1,0–1,5 %. Органолептическая оценка показала, что суфле с массовой долей камеди 0,5 %, после пастеризации приобрело крупитчатую обводненную консистенцию, а продукт, содержащий камедь в количестве 1,0–1,5 %, по плотности и структуре напоминал нежный крем (табл. 3).

Дегустационная и санитарно-гигиеническая оценка геле- и кремообразного суфле показала, что продукт сохраняет качество при температуре минус 4 °С в течение 6-месячного срока хранения.

Таким образом, проведенные исследования позволили разработать способы модификации структурно-механических и реологических свойств измельченной мантии спизулы, обеспечивающие изготовление высококачественных пресервов из сырья.

ЛИТЕРАТУРА

Богданов В.Д., Сафронова Т.М. Структурообразователи и рыбные композиции. — М., 1993. — 172 с.

Грешнов А.Г., Взоров А.Л., Никитков В.А. Пищевые добавки фирмы The Nutra Sweet Kelco Company (Великобритания) // Пищ. пром-сть. — 1997. — № 11. — С. 68–71.

Киселев В.В., Поваляева Н.Т., Ковековдова Л.Т. Характеристика элементного состава двустворчатых моллюсков *Macra chinensis*, *Spisula sachalinensis*, *Mercenaria stimpsoni*, *Callista brevisiphonata* // Тез. докл. Всерос. конф. молодых ученых, посвященной 140-летию со дня рождения Н.М. Книповича. — Мурманск, 2002. — С. 96–97.

Купина Н.М., Матросова И.В., Киселев В.В., Поваляева Н.Т. Изменение микроструктуры и химического состава мышечной ткани спизулы (*Spisula sachalinensis*) при замораживании // Тез. докл. Междунар. конф. «Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход». — Владивосток: ТИПРО-центр, 2003. — С. 241–243.

Мельникова О.М. О влагоудерживающей способности мышечных тканей // Рыб. хоз-во. — 1977. — Вып. 2. — С. 72–74.

Оводова Р.Г., Молчанова В.И., Михейская Л.В., Оводов Ю.С. Общая характеристика биогликанов-иммуномодуляторов из беспозвоночных Японского моря // Химия природных соединений. — 1990. — № 6. — С. 738–742.

Сарафанова Л.А. Пищевые добавки. — СПб.: Гиорд, 2003. — 684 с.

ОБСЕМЕНЕННОСТЬ МОРСКОГО СЫРЬЯ ПРИБРЕЖНОГО ЛОВА БАКТЕРИЯМИ РОДА *JERSINIA*

Л.Ю. Лаженцева¹, Л.В. Шульгина², Н.Ф. Тимченко³, В.Г. Кузнецов³

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия

² ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр»,
г. Владивосток, Россия, e-mail: shulgina@tinro.ru

³ НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН, г. Владивосток, Россия

Анализ научной литературы по микробиологическим рискам продуктов питания показывает, что в последние десятилетия отмечается увеличение удельного веса заболеваний, вызванных условно-патогенными и относительно новыми видами патогенных микроорганизмов, которые остаются за пределами нормируемых микробиологических показателей сырья и готовой продукции.

Одним из таких микроорганизмов является *Jersinia enterocolitica*, явившаяся причиной крупных тяжелых пищевых отравлений в Японии, Канаде и США в конце двадцатого века (Maleszewski, 1989). Нередко отравления были связаны с употреблением продуктов из сырья морского происхождения, обсемененных *J. enterocolitica*.

Этот микроорганизм представляет собой факультативную анаэробную палочковидную грамотрицательную бактерию, способную к развитию при температуре от 0 до 37 °С и pH среды от 4,6 до 9,0. В этой связи *J. enterocolitica* проявляет исключительную устойчивость и сохраняет жизнеспособность в морской среде и гидробионтах. Обсеменение же кишечной иерсинией морского сырья и продуктов, полученных щадящими режимами технологической обработки, представляет серьезную опасность для здоровья потребителей.

Для оценки реального риска заражения *J. enterocolitica* продуктов из гидробионтов в течение трех лет были проведены исследования по частоте выявления ее в различных объектах морской среды.

Объектами исследований явились морская вода, донные отложения, рыба и беспозвоночные Амурского и Уссурийского заливов. Объекты отбирали в период гидрологических съемок, пользуясь услугами водолазов, или из промысловых уловов, которые доставляли в лабораторию ФГУП «ТИНРО-Центр» и производили посевы по способу, описанному ранее (Кузнецов, Багрянцев, 1992; Кузнецов, 2000). Идентификацию положительных проб проводили в условиях НИИ эпидемиологии и микробиологии СО РАМН.

В таблице суммированы результаты проведенных исследований по частоте встречаемости *J. enterocolitica* в различных объектах морской среды.

Как видно из данных таблицы, наиболее обсемененными кишечными иерсиниями являются объекты морской прибрежной среды, так или иначе связанные с поступлением в воду хозяйственно-бытовых стоков. Высокая встречаемость иерсиний в воде наибольшего водопользования (зона Спортивной Гавани г. Владивосток, устье р. Раздольной) и отсутствие их в донных отложениях говорит о том, что эти микроорганизмы в морскую среду вносятся с побережья и имеют наземное происхождение. Контаминация морской среды иерсиниями обуславливает заражение двустворчатых моллюсков, особенно корбикулы, которая обитает в устье р. Раздольной.

Известно, что распресненная вода качественно отличается от морской и пресной воды. Она значительно богаче по составу органических веществ и минеральных элементов, что обуславливает возможность длительного выживания и адаптации в прибрежной воде *J. enterocolitica*, а также инфицирования ее обитателей. Последние, по-видимому, являются подвижным природным резервуаром, поддерживающим формирование популяций *J. enterocolitica* в морской среде. Вместе с тем, в литературе мы не встретили сведений, указывающих на способность иерсиний вызывать какие-либо заболевания у гидробионтов.

Наименьшее число проб, обсемененных иерсиниями, обнаружено при исследовании рыб. Однако находки их в корюшке указывают на то, что рыбы мигрируют в распресненные воды, на мелководья, находя себе корм, места и условия для нереста.

Встречаемость *J. enterocolitica* в объектах морской среды Амурского и Уссурийского заливов

Объекты исследований	Число исследованных проб	Число проб, из которых выделена <i>J. enterocolitica</i>	
		Абс. число	%
Морская вода заливов:			
Амурского	97	2	1,03
Уссурийского	13	0	0
Донные отложения в заливах:			
Амурском	19	0	0
Уссурийском	24	0	0
Морская вода прибрежной зоны г. Владивостока	74	5	6,8
Вода из устья р. Раздольной	18	1	5,5
Беспозвоночные:			
Анадара	9	0	0
Корбикула	5	1	20,0
Прочие беспозвоночные*	12	1	8,3
Корюшка	180	4	0,55

* Спизула — 3, мидия — 3, трубач — 1, гребешок — 1, серый еж — 1, актиния — 1, морская звезда — 1.

Инфицирование иерсиниями объектов прибрежного лова и продуктов из них происходит в период добычи, хранения, при технологической обработке, обусловлено высокой их устойчивостью и адаптационной способностью к различным условиям обитания. Высокое содержание поваренной соли (до 20 %) и некоторых консервантов, используемых в технологии рыбных продуктов, не ограничивает развитие иерсиний в рыбных продуктах или сырье (Maleszewski, 1989).

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что в объектах морской среды прибрежной зоны встречаются кишечные виды иерсиний, в частности *J. enterocolitica*. Высокая адаптационная способность к условиям окружающей среды и устойчивость к действию абиотических и биотических факторов способствует контаминации иерсиниями морских уловов, продукты из которых могут представлять риск для здоровья людей. Для исключения инфицирования иерсиниями морского сырья и продуктов необходимо исключить нарушения технологического процесса последних, условий и сроков хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- Кузнецов В.Г. Модификация метода выявления вирулентных иерсиний с кристаллфиолетовым // Клиническая лабораторная диагностика. — 2000. — № 1. — С. 46–48.
- Кузнецов В.Г., Багрянцев В.Н. Определение липазной активности кишечных иерсиний // Клиническая лабораторная диагностика. — 1992. — № 10. — С. 57–59.
- Maleszewski J. Znaczenie pateczek *Jersinia enterocolitica* w produktach spozywczych // Przemysl spozywczy. — 1989. — № 2. — S. 41–42.

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОБРАЗОВАНИИ НИТРОЗОАМИНОВ В ГИДРОБИОНТАХ

В.В. Лесняк

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: Lera20-84@mail.ru

Среди химических канцерогенов, содержащихся в пищевых продуктах, а также образующихся в организме, особое место принадлежит N-нитрозоаминам (НА).

При поступлении в организм человека эти соединения могут оказать как местное, так и системное канцерогенное воздействие (Алексеев, Пивоваров, 2001), так как играют большую роль в возникновении онкологических опухолей у человека, кроме того, многие НА обладают сильным мутагенным и общетоксическим действием и являются соединениями 1-го класса опасности (Курляндский, Филова, 1992). В связи с этим в Российской Федерации законодательно ограничено содержание НА в пищевых продуктах, которое не должно превышать 3,0 мкг/кг по N-нитрозодиметиламину (НДМА).

Своеобразие НА как особой группы канцерогенов заключается в том, что они могут образовываться не только в пищевых продуктах, воде и атмосферном воздухе, косметических, лекарственных и иных средствах (Курляндский, Филова, 1992), но и в самом организме человека. Наиболее известными предшественниками НА являются окислы азота, нитраты, нитриты, амины, химические средства защиты растений, лекарственные препараты, продукты жизнедеятельности организмов, которые ранее трудно было связать с проблемой раковых заболеваний.

Исследования условий образования канцерогенных НА показали, что эти соединения могут образовываться не только химическим, но также и микробиологическим путем (Chemie, 1983).

Известно, что микроорганизмы восстанавливают нитраты в нитриты, а также образуют из лизина пиперидин, из орнитина и аргинина пирролидин и из холина диметиламин (Рубенчик, 1990). Катализ процессов нитрозирования может происходить путем мицеллярного катализа с участием устойчивых к температуре метаболитов и особыми нитрозирующими энзимами, а также путем изменения рН среды.

При определении возможности образования НА микрофлорой в присутствии предшественников и известных штаммов микроорганизмов было установлено, что данные канцерогенные вещества были обнаружены во всех случаях при культивировании нитратвосстанавливающих штаммов микроорганизмов в среде, содержащей пептон, рыбий экстракт, глюкозу, NaCl, KNO₃ и вторичные амины типа дипропиламина, дифениламина или метиланилина. Необходимо подчеркнуть, что в культуре микроорганизмов НА образовывались при таких значениях рН, при которых химическое образование данных соединений из вторичных аминов и нитрата было исключено (Уйбу, 1990).

Особо следует подчеркнуть, что не все штаммы микроорганизмов обладают способностью образовывать НА (Chemie, 1983). Например, из 37 исследованных штаммов *E. coli* N-нитрозодифениламин образовывали 27 % штаммов, из 10 штаммов энтерококков 40 %, из 21 штамма клостридий 10 %, из 17 штаммов бактероидов 12 % и из 22 штаммов бифидобактерий 18 %. Из 140 изученных штаммов (*E. coli*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Klebsiella aerogenes*) 136 нитратвосстанавливающих штаммов оказались НА-образующими микроорганизмами.

Существенным доказательством участия микроорганизмов в образовании НА является обнаружение данных соединений в таких объектах окружающей среды и в органах макроорганизма, которые подвергнуты активной жизнедеятельности микроорганизмов. Например, содержание НДМА в ферментированных рыбных продуктах оказалось в пределах 2,5–3,9 мкг/кг.

Представленный материал о микробном образовании НА, о содержании НА в объектах окружающей среды и в самом организме человека убедительно свидетельствует о значительной роли микроорганизмов в общем балансе образованных N-нитрозоаминов.

К факторам, способствующим или препятствующим их образованию микроорганизмами можно отнести время и температуру культивирования, концентрацию предшественников НА, микробиологические факторы, наличие различных веществ и рН среды культивирования.

Влияние времени культивирования или инкубации микроорганизмов на образование НА изучено в опытах *in vitro* (Chemie, 1983). Показано, что в гомогенате образцов соленой рыбы при температуре 37 °С в течение 5 сут количество НДМА увеличилось в 5–6 раз. Образование НДМА из диметиламина и нитрита клеточными суспензиями штаммов *E. coli* имеет линейную зависимость выхода микробного образования данного канцерогенного агента продолжительности инкубации в течение первых 30 мин (Рубенчик, 1990).

Во многих случаях зависимость образования НА от концентрации предшественников прямо пропорционально. Например, количество образованного НДМА зависит от концентрации диметиламина или нитрита, т.е. чем больше в среде предшественников, тем выше образование НДМА и наоборот.

К микроэкологическим факторам, от которых зависит микробное образование НА, можно отнести количество микроорганизмов, видовую принадлежность и специфичность отдельных штаммов (Chemie, 1983). Образование НДМА клеточными суспензиями штамма *E. coli* в фосфатном буфере из нитрита и диметиламина при pH 8,0 определялось количеством микроорганизмов. Клетки микроорганизмов после кипячения или механического разрушения не обладали способностью образовывать НА.

Установление зависимости микробиологического образования N-нитрозоморфолина различными штаммами от концентрации предшественников этого канцерогенного агента показало, что скорость нитрозирования широко варьирует у отдельных штаммов микроорганизмов. В отношении образования НА от количества микроорганизмов в желудке человека сведения несколько противоречивы. Известно, что при увеличении количества нитратвосстанавливающих микроорганизмов в желудочном соке наблюдается повышение содержания суммарных НА, однако данную зависимость подтвердить удается не всегда.

Влияние различных веществ на ход микробного образования НА было доказано в нескольких экспериментах, проведенных как *in vitro*, так и *in vivo* (Рубенчик, 1990). Наиболее существенно влияет на образование НА глюкоза. Если в среде, инокулированной штаммом *E. dispar*, из KNO_3 и соответствующих вторичных аминов образовалось 2,7 мкг N-нитрозодифениламина и 2,0 мкг N-нитрозодипропиламина, то в присутствии 2 % глюкозы количество данных соединений повысилось соответственно до 10,5 и 3,0 мкг (Уйбу, 1990).

Существенное влияние на образование НА оказывает аскорбиновая кислота. При содержании аскорбиновой кислоты 5 мг/кг образование НДМА из KNO_3 и амидопирин в бульонной культуре *E. coli* уменьшалось в пределах 50 %, при содержании 50 мкг/кг — на уровне 70 %, а при концентрации 200 мг/кг — образование НДМА было почти полностью блокировано.

Известно также действие различных ионов металлов на образование N-нитрозоморфолина из морфолина и нитрита штаммами *E. coli* и *Neisseria mucosa* (Курляндский, Филова, 1992). Co^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Se^{4+} и Hg^{+} ингибировали реакции нитрозирования на 20–100 %, Ca^{+} , Sn^{2+} и Fe $(CH)_6$ увеличивали эту активность на 40–76 %, а Ag^{+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Mo^{2+} , Al^{3+} и Hg^{+} не оказали ощутимого эффекта. О действии pH на микробиологическое образование НА в литературе имеются несколько противоречивые сведения. По одним данным, при культивировании различных микроорганизмов в соевом бульоне вместе с диметиламином, диэтиламином и нитритом, была установлена зависимость образования НА от pH среды и показано, что все культуры со значением pH ниже 6,0 содержали НА, причем наибольший выход НДМА был в промежутке pH 4,0–5,5, а в культурах со значением от pH 6,0 и выше НА не были обнаружены. По другим сведениям, при образовании НДМА в аналогичных условиях оптимальным является диапазон pH равный 7,5–8,5, причем при pH 6,0 и 9,0 образования НДМА не происходило. Необходимо отметить, что для химического синтеза НДМА из диметиламина и нитрита оптимальным является показатель pH 3,4 (Chemie, 1983).

Образование НА в желудке зависит от значения pH. Были получены результаты исследований о состоянии микрофлоры в желудке при различных значениях pH. При pH ниже 4 бактерии не размножаются и метаболически неактивны. При pH 4–5 в желудке растут стрептококки и лактобациллы, которые не способны восстанавливать нитраты в нитриты, а при

значении $\text{pH} > 5$ разрастаются нитратвосстанавливающие микроорганизмы, способные содействовать образованию НА.

Количество нитратов и нитритов, поступающих в организм человека, колеблется в значительных пределах и зависит от их содержания во внешней среде. Основным источником поступления данных соединений в желудок являются пищевые продукты и вода, с которыми обычно человек получает около 100 мг нитратов в день, хотя расчетное их поступление в организм не должно превышать 15 мг.

Основная часть нитратов, поступающих в организм, проходит желудочно-кишечный тракт и выводится из организма. При попадании пищи в желудок наблюдается повышение pH желудочного сока и создаются благоприятные условия для размножения микроорганизмов (*E. coli*, *Proteus vulgaris* и др.), которые восстанавливают нитраты в нитриты и способствуют образованию и накоплению НА в различных объектах (Рубенчик, 1990). Оптимальными условиями микробиального восстановления нитратов в нитриты считаются pH среды желудочного сока в пределах 6,0–9,0. Некоторые химические вещества, в частности формальдегид, витамин B_6 , обеспечивают образование НА не только в кислой среде, но, в отдельных случаях, в нейтральной и щелочной средах.

Нитрозирующая способность организма в большей степени зависит от его индивидуальных особенностей и прежде всего от pH желудочного сока. Отмечено, что при pH более 4,0 наблюдается увеличение нитрозирующей активности в среде желудочного сока для всех нитрозирующихся аминов. Однако, даже при одинаковом значении pH , количество образующихся НА в желудочном соке разных людей отличается в десятки, а иногда и в сотни раз. Причем замечено, что с повышением возраста человека значительно увеличивается способность микрофлоры желудка восстанавливать в организме нитраты в нитриты.

Другим нитрозирующим агентом являются окислы азота, которым не требуется дополнительная активация и образование НА происходит при контакте с аминами продуктов при любых значениях pH сред (Алексеев, Пивоваров, 2001).

Также нитрозоамины могут синтезироваться в процессе хранения различных продуктов, в том числе и копченых изделий. Целью наших исследований являлось изучение изменения содержания НА в сельди холодного копчения в течение 2 мес, т.е. нормативного срока хранения (Ким, 2004).

Исследование содержания N-нитрозодиметиламина осуществляли в съедобной части в условиях лаборатории скрининга НИИ канцерогенеза онкологического научного центра им. Н.Н. Блохина РАМН по методике, разработанной в данном институте. Содержание определяли в день выработки и в процессе хранения на 15, 30, 45 и 60 сут. Образцы рыбы хранили в строго регламентированных температурных условиях при $1,5 \pm 0,5$ и $6,5 \pm 0,5$ °C. В нашем случае выбор температурных диапазонов хранения, обусловливался реально существующими условиями хранения копченой рыбы при их реализации в торговой сети (охлаждаемые прилавки) или в бытовых холодильниках на уровне потребителя.

Проведен качественный состав и количественное содержание НА. Во всех объектах был обнаружен только нитрозодиметиламин (НДМА). После 15 сут хранения во всех образцах при любых температурных условиях дополнительно был идентифицирован нитрозопиперидин.

Анализ данных показывает, что в день выработки в обоих образцах содержание НДМА было значительно ниже действующего гигиенического регламента. После 15 сут хранения содержание НДМА в сельди при температуре хранения $1,5 \pm 0,5$ °C составило соответственно 1,70 мкг/кг, а для образцов при температуре хранения $6,5 \pm 0,5$ °C соответственно 1,87 мкг/кг.

Последующие исследования объектов анализа показали четкую тенденцию постоянного увеличения содержания всех идентифицированных НА в сельди, причем в образцах хранившихся при повышенной температуре, накопление данных веществ происходило интенсивней. Особо следует подчеркнуть более высокое содержание НА в сельди может быть, связано с дополнительной активацией микроорганизмов желудочно-кишечного тракта сельди (Ким, 2004).

Таким образом, образование НА из предшественников зависит от содержания в рыбе значительных концентраций аминов, нитритов и нитратов, а условия технологической обработки и хранения благоприятствуют протеканию реакции нитрозирования.

Подведя итог, можно сделать вывод, что образование НА в пищевых продуктах и в желудке человека может происходить и происходит при активном участии микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев С.В., Пивоваров Ю.П. Экология человека. — М.: ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ, 2001. — 640 с.
- Ким И.Н. Эколого-технологические аспекты копчения пищевых продуктов. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2004. — 204 с.
- Курляндский Б.А., Филова В.А. Вредные химические вещества. Азотсодержащие органические соединения. — Л.: Химия, 1992. — 431 с.
- Рубенчик Б.Л. Образование канцерогенов из соединений азота. — Киев: Наук. думка, 1990. — 220 с.
- Уйбу Я.А. Образование N-нитрозоаминов микроорганизмами и пути снижения экспозиции организма человека этим канцерогенам: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — М.: НИИ питания, 1990. — 48 с.
- Chemie V. Das Nitrosamin. Prodlern. — Weunheim, 1983. — 315 S.

ПОЛУЧЕНИЕ БЕЛКОВЫХ ПИЩЕКОНЦЕНТРАТОВ ИЗ ГРЕБЕШКА ПРИМОРСКОГО

Е.В. Лихачева, Л.Ю. Лаженцева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
г. Владивосток, Россия

В перечень наиболее востребованных объектов прибрежного лова входят различные виды двустворчатых моллюсков, в частности гребешок приморский, спизула, мактра, мия и др., которые используются для получения разнообразной деликатесной продукции общего и специального назначения. Продукция из двустворчатых моллюсков характеризуется специфическими органолептическими свойствами и химическим составом, содержит полноценные белки, комплекс минеральных элементов, редкие биологически активные вещества, например гистидинсодержащие дипептиды (Гришин и др., 2003, 2004; Зюзьгина, 2004; Давлетшина и др., 2005). В настоящее время добываемые моллюски экспортируются в живом или охлажденном виде. Продукция из зарывающихся двустворчатых моллюсков — сыромороженные полуфабрикаты, консервы и пресервы, для изготовления которых в основном используется мускул или нога. Невостребованными остаются другие пищевые части моллюсков — мантия, аддуктор, гонады, которые являются источником легкоусвояемых полноценных белков и других нутриентов. Указанные пищевые ткани моллюсков могут быть использованы при производстве новых белковых продуктов, а включение их в переработку с целью получения пищевых продуктов позволит решить проблему безотходной переработки ценного белкового сырья.

Целью данной работы явилось разработка биотехнологии пищевого концентрата из гребешка приморского, богатого свободными аминокислотами.

В качестве объекта для исследования явился гребешок приморский (*Mizuhopecten yessoensis*). В настоящее время мясо (мускул) гребешка реализуется населению в виде мороженой продукции и деликатесных пресервов с различными заливками. Нами для изготовления пищевого концентрата были использованы не только мускул гребешка приморского, но и другие ткани.

Основным процессом переработки явился ферментативный гидролиз. В качестве ферментативного препарата использовали Протамекс, продуцируемый микроорганизмами рода *Bacillus*, предназначенный для гидролиза пищевых белков (активность 400 ПЕ). Препарат разрешен к использованию в пищевых технологиях Роспотребнадзором РФ.

Для экспериментов использовали мороженое сырье, по показателям безопасности которое соответствовало требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

Химический состав сырья приведен в табл. 1.

Исходное содержание небелкового азота в мускуле гребешка составляло 1123,0 мг/%, в мантии — 983,0 мг/%, содержание свободных аминокислот — соответственно 320,0 и 248,0 мг/%.

Все сырье дефростировали, измельчали до однородной массы отдельно мускул и другие пищевые ткани, из которых икра и молоки составляли 13,1 %.

Первичное измельчение проводили на мясорубке, последующее — с использованием гомогенизатора фирмы Vites при 500 об/мин, в течение 15 мин.

В каждый гомогенат вносили 10 %-ный водно-спиртовой раствор, содержащий 0,1–0,2 % препарата Протамекс. Гидромодуль гомогената из мускула составлял 1 : 1, мантии, икры и молок — 1,0 : 0,5. Значение pH каждого комплекса до значения 7,8–8,5 доводили 20 %-ным раствором NaOH. Полученный гомогенат выдерживали при температуре 37–45 °С в течение 2–4 ч

Таблица 1
Химический состав сырья, используемого для получения белковых пищевых концентратов, %

Вещество	Мускул	Мантия	Икра и молоки
Вода	79,8 ± 2,1	86,6 ± 2,3	80,3 ± 1,8
Белок	17,3 ± 1,3	8,6 ± 1,2	14,8 ± 1,6
Жир	0,6	1,0	2,2
Углеводы	0,6	0,9	—
Зола	1,7	2,9	2,7

при постоянном перемешивании. Фермент инактивировали прогреванием после гидролиза при температуре 80–95 °С в течение 10–20 мин.

Гидролизаты, полученные из различных тканей гребешка, представляли собой густую однородную сметанообразную массу с приятным запахом и вкусом, хорошо растворимые в воде. Гидролизат, полученный из мускула, был беловатого цвета, из мантии, икры и молок — светло-кремового.

Как видно (табл. 2), содержание свободных аминокислот в готовых гидролизатах значительно увеличилось по сравнению с исходным их количеством: из мускула — в 4,8 раз, из мантии, икры и молок — в 3,6 раз; преобладали метионин, глутаминовая кислота, глицин, лейцин. Известно, что высокое содержание свободных аминокислот способствует интенсификации анаболических процессов в организме человека. Поэтому полученный пищевой концентрат из мускула и мантии приморского гребешка имеет функциональное назначение.

Таблица 2
Количество белков и азотистых веществ в гидролизатах

Вещество	Гидролизат из	
	мускула	мантии, икры и молок
Общий белок, %	7,3–8,5	5,5–5,9
Небелковый азот, мг/%	5449	3420,0
Свободные аминокислоты, мг/%	1540,3	889,0

Готовые ферментализаты могут быть использованы в виде белковой приправы, основы для бульонов, соусов, первых и вторых блюд. Например, после добавления к массе гидролизата (как

из мускула гребешка, так и мантии) растительного масла в количестве 3 %, сахара — 2 %, глутамината натрия — 0,1 %, специй — 0,01 % и сорбата калия — 0,1 %, был получен белковый продукт сметанообразной консистенции, очень приятного вкуса, который рекомендован для использования в качестве крем-соуса для холодных закусок и вторых блюд. Хранение белковых продуктов в стеклянных банках и бутылках вместимостью 100–250 см³ при температуре от 0 до 5 °С обеспечило стабильность его структуры и показателей безопасности в течение 6 мес.

Таким образом, разработана биотехнология белковых пищевоконцентратов из мягких пищевых тканей приморского гребешка. В связи с высоким содержанием свободных аминокислот они могут быть рекомендованы в качестве функциональных продуктов питания для нормализации белкового обмена.

ЛИТЕРАТУРА

Гришин А.С., Долбнина Н.В., Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В. Технология деликатесных консервов «Анадара бланшированная с добавлением ароматизированного масла» // Изв. ТИПРО. — 2003 — Т. 133. — С. 333–337.

Гришин А.С., Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В. и др. Оценка качества многокомпонентных консервов из двустворчатых моллюсков (клем) // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 10. — С. 48–50.

Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В., Швидкая З.П., Гришин А.С. Консервированная продукция из гидробионтов дальневосточных морей // Материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии, качество». — Калининград, 2005. — С. 134–136.

Зюзьгина А.А. Биотехнология пищевой продукции из анадары и осьминога: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 2004. — 24 с.

ХИТОЗАН КАК БАРЬЕР В ТЕХНОЛОГИИ РЫБНЫХ ПРОДУКТОВ: ВЗАИМОСВЯЗЬ БАКТЕРИЦИДНОЙ И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ С МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССОЙ ПОЛИМЕРА

С.Н. Максимова, Е.В. Суровцева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: maxsvet61@mail.ru

К одному из результативных способов решения дилеммы «качество — продолжительность хранения» пищевых продуктов относится барьерная технология, основанная на одновременном использовании нескольких средств защиты пищевых продуктов-барьеров.

В настоящее время в пищевых технологиях успешно применяется продукт дезацетилирования природного полимера хитина — хитозан. Полисахаридная природа хитозана определяет его функционально-технологические свойства: нетоксичность, биосовместимость, биodeградируемость, структуро- и комплексообразование, сорбционные, адгезивные и другие способности. Установлены факты антимикробной и антиоксидантной эффективности хитозана в пищевых средах, что позволяет отнести его к числу барьеров (Knorr, 1991; Ким, Сафронова, 2001).

Известная взаимосвязь характеристик хитозана с его важнейшими свойствами послужила нам основанием для исследования влияния молекулярной массы (ММ) полимера на его антимикробную и антиоксидантную эффективность в производстве продукции из гидробионтов.

В исследованиях использовали хитозан, произведенный предприятиями России, ММ (кДа): низкомолекулярный — 32 и высокомолекулярный — 270; высокомолекулярный — 588; низкомолекулярный водорастворимый гидрохлорид хитозана — 55.

Оценку потенциальной антиоксидантной активности (АОА) хитозана осуществляли по отношению к радикал-катиону диаммониевой соли 2,2'-азино-бис(3-этилбензтиазолин-6-сульфоновой кислоты) (ABTS^{•+}) (Re et al., 1999.). Оптическую плотность растворов определяли на спектрофотометре UV-1650PC (Shimadzu, Япония) при длине волны 731 нм.

Результаты исследований потенциальной способности хитозана к АОА показали, что все три образца хитозана, так же как и водорастворимый аналог витамина Е — тролокс, способны поглощать радикал-катионы ABTS^{•+}. Чистые низкомолекулярные вещества, такие как тролокс, быстро реагируют с радикал-катионами ABTS^{•+} и имеют порог во времени (менее 1 мин), выше которого антиоксидантная активность (АОА) не увеличивается (Re et al., 1999). В данной работе наблюдалось изменение оптической плотности раствора ABTS^{•+} в присутствии хитозана в течение 6 мин, а в присутствии тролокса в течение 1 мин.

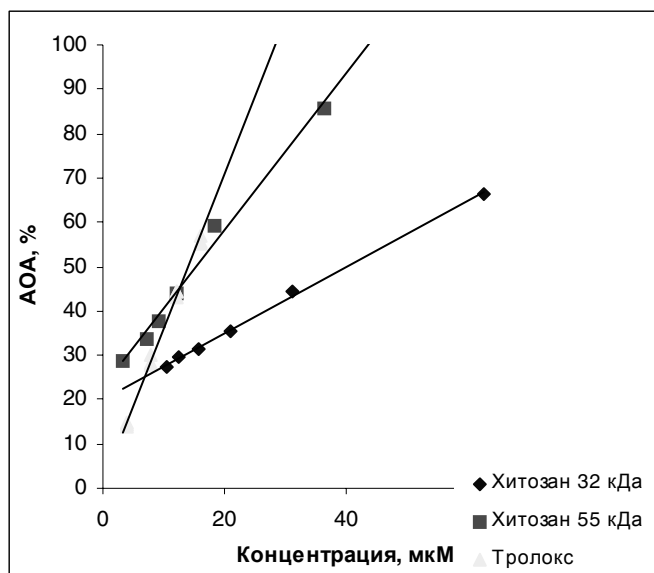
Вероятно, такой характер реакции связан как с присутствием микропримесей в препаратах хитозана, так и с высокомолекулярной природой полимера, что затрудняет участие в реакции поглощения радикала всех реакционноспособных групп. Для хитозана с ММ 588 кДа была получена максимальная АОА 16 % при концентрации 34 мМ (2 %-ный раствор).

АОА исследованных образцов хитозана с ММ 32 и 55 кДа и тролокса представлена на рисунке. Как видно, водорастворимый хитозан (55 кДа) обладает большей АОА, чем хитозан с молекулярной массой 32 кДа.

Для количественной оценки антиоксидантной способности хитозана ее выражали в относительных единицах способности тролокса поглощать радикал-катионы ABTS^{•+}. За относительную единицу АОА (TEAC — trolox equivalent antioxidant capacity — тролоксовый эквивалент антиоксидантной способности) принято значение концентрации тролокса, обладающей такой же АОА, как 1 мМ образца хитозана.

$$TEAC = \frac{k_o \times 1000}{k_T},$$

где k_T , k_o — угловые коэффициенты тролокса и образца.



Зависимость антиоксидантной активности тролокса и хитозана от концентрации

Для хитозана 32 кДа ТЕАС = 0,2, для хитозана 55 кДа ТЕАС = 0,5. Результаты исследования показали, что АОА промышленных образцов хитозанов 32 и 55 кДа при сравнении с тролоксом ниже соответственно в 5 и 2 раза.

Таким образом, все образцы хитозана в различной степени способны поглощать катион-радикалы АВТС^{•+}.

Полученные данные согласуются с оценкой АОА хитозана при хранении сушеных лососевых палочек. Объективным

критерием окисления являлось содержание малонового диальдегида (МДА), определение которого проводили по методике (Новгородцева и др., 2003), основанной на взаимодействии тиобарбитуровой кислоты и низкомолекулярных диальдегидов, образующих окрашенный комплекс, интенсивность которого замеряли при длине волны 532 нм. Количества МДА в изделиях с хитозаном снижались на 8–15 % по сравнению с контролем. Антиокислительный эффект хитозана выражен и в более позднем появлении запаха окисленного жира, установленном органолептически — через 41 и 25 сут соответственно для экспериментальных и контрольных образцов при содержании МДА порядка 22–23 нмоль/г.

Для исследования антимикробной эффективности готовили аналог кулинарной продукции из фарша минтая (*Theragra chalcogramma*) с добавлением хитозана различной ММ и переменной концентрацией (0,24–0,48 %, интервал — 0,8 % в расчете на сухой полимер). Верхнее значение концентрации хитозана в модельных продуктах обусловлено принятым в России пределом содержания полимера — 0,5 %. Продукт фасовали, обрабатывали теплом (температура в центре изделия 80 °С в течение 15 мин) и хранили при 4 °С, периодически исследуя. Завершали наблюдение за продуктом с наступлением первых признаков порчи, установленных органолептически.

Об антимикробной эффективности хитозана судили по допустимой продолжительности хранения продукта, т.е. по времени, прошедшем с момента изготовления продукта до периода, когда его контаминация достигает нормативного уровня. БГКП и *S. aureus* не были обнаружены в продукте.

Кривые динамики КМАФАнМ во времени, которые имели сходный характер для преобладающего большинства образцов, содержащих хитозан. В нашем примере сумма периода бактериостатического действия хитозана и нормативного значения КМАФАнМ составляет допустимый срок хранения продукта.

В отдельные моменты исследований, когда наблюдалось снижение КМАФАнМ продукта до нулевого значения, типичные кривые образовывали одну или реже две «петли». Действие хитозана, соответствующее по времени образованию «петли», можно рассматривать как бактерицидное. В настоящей работе не было обнаружено достоверной взаимосвязи между временем и частотой образования «петель» и такими переменными факторами эксперимента как ММ и концентрация хитозана.

Отличительной чертой кривых динамики КМАФАнМ контрольного образца и некоторых образцов продукции с низким содержанием хитозана (0,24 % в наших исследованиях) является отсутствие горизонтального участка или его незначительная величина.

Из данных таблицы видно, что анализ влияния ММ хитозана на длительность хранения продукта может рассматриваться лишь в совокупности с концентрацией полимера. В образцах с низкой концентрацией хитозана значения допустимого срока хранения близко подобны

с контролем и между собой независимо от ММ полимера: при 0,24 % пределы колебаний составляют 6–8 сут, при 0,32 % — 9–10 сут. При повышении концентрации хитозана влияние ММ на допустимый срок хранения становится более заметным. В продукте, содержащем 0,40 и 0,48 % хитозана, допустимая продолжительность хранения образцов, отличающихся ММ, колеблется соответственно в пределах 11–17 и 12–18 сут. Наблюдаемая зависимость может быть охарактеризована как тенденция роста значений допустимого срока хранения со снижением ММ хитозана.

Значения периода бактериостатического действия хитозана, нормативного значения КМАФАнМ и допустимого срока хранения для продукта с хитозаном различной ММ и концентрации, сут*

ММ полимера, кДа	Этапы хранения	Концентрация, %			
		0,24	0,32	0,40	0,48
32	Период бактериостатического действия хитозана	0	7	9	14
	Нормативное значение КМАФАнМ	6	3	5	3
	Допустимый срок хранения	6	10	14	17
270	Период бактериостатического действия хитозана	2	6	9	11
	Нормативное значение КМАФАнМ	4	2	4	4
	Допустимый срок хранения	6	8	13	15
588	Период бактериостатического действия хитозана	2	6	8	7
	Нормативное значение КМАФАнМ	6	4	3	5
	Допустимый срок хранения	8	10	11	12
55	Период бактериостатического действия хитозана	2	8	14	18
	Нормативное значение КМАФАнМ	5	1	3	0
	Допустимый срок хранения	7	9	17	18**

* Значения округлены до ближайших меньших целых.

** В пределах эксперимента рост КМАФАнМ не наблюдался.

Интерпретируя сказанное, можно сделать вывод, что антимикробная активность хитозана, имеет тенденцию к уменьшению при росте ММ полимера.

Следует отметить важность величины периода бактериостатического действия хитозана. В продуктах с максимальным содержанием хитозана он составляет 70–80 % допустимой продолжительности хранения и может быть использован как индекс бактериостатической надежности барьера (БСН). Численные значения БСН прямо пропорциональны концентрации хитозана и находятся в обратной зависимости от величины его ММ. Наиболее высокие значения БСН свойственны хитозану в солевой форме — в исследованном диапазоне концентраций он возрастает от 29 до 100 %.

Можно сделать вывод, что антимикробная активность хитозана, выраженная посредством допустимого срока хранения продукции, имеет тенденцию к уменьшению при росте ММ полимера.

Установлено количественное значение потенциальной АОА разномолекулярных хитозанов и снижение антиокислительных свойств растворов хитозана в процессе их хранения.

ЛИТЕРАТУРА

Ким Г.Н., Сафронова Т.М. Барьерная технология переработки гидробионтов. — Владивосток: Дальнаука, 2001. — 172 с.

Новгородцева Т.П., Эндакова Э.А., Янькова В.И. Руководство по методам исследования параметров в системе «перекисное окисление липидов — антиоксидантная защита» в биологических жидкостях. — Владивосток: ДВГУ, 2003. — 80 с.

Knorr D. Recovery and Utilization of Chitin and Chitosan in Food Processing Waste Management // Food Technol. January. — 1991. — P. 114–122.

Re R., Pellegrini N., Proteggente A. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // Free Radical Biology & Medicina. — 1999. — Vol. 26, № 9/10. — P. 1231–1237.

ОБОСНОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА ИЗ ЗРИТЕЛЬНЫХ ГАНГЛИЕВ КАЛЬМАРОВ

Е.В. Михеев, Н.Н. Ковалев
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

Холинэстераза (ХЭ) — ключевой фермент в цепи передачи нервного импульса. Интерес исследователей к ферменту вызван, с одной стороны, возможностью модуляции его активности и, с другой — его использованием в экотоксикологических исследованиях. Широкое применение фермента в токсикологических исследованиях определяется его высокой активностью, чувствительностью к фосфорорганическим соединениям и стабильностью при хранении. Известны способы выделения ацетилхолинэстеразы из эритроцитов млекопитающих (Певзнер, 1965). Однако вследствие дефицита донорской крови производство фермента в России в настоящее время отсутствует.

В связи с необходимостью проведения мероприятий по обеспечению экологической безопасности химических производств и производств по утилизации токсических отходов потребность в ферменте как биохимическом индикаторе постоянно растет.

Известно о высокой активности ХЭ в различных тканях гидробионтов, в том числе и в ХЭ нервной ткани головоногих моллюсков (Бресткин и др., 1997; Розенгарт и др., 2000; Ковалев, 2003). В большинстве работ источником фермента служили центрифугаты водных гомогенатов. Промышленное получение ферментных препаратов требует стандартизации сырья. При заготовке нервной ткани кальмаров как источника ХЭ следует учитывать вид моллюска, поскольку энзимологические характеристики имеют видоспецифический характер. Таким образом, стандартизация сырья, условий его хранения, предобработка являются необходимыми подготовительными этапами в технологии выделения фермента.

Цель настоящего исследования — разработка способов заготовки ганглиев кальмаров, методов экстракции и частичной очистки ХЭ.

Для определения активности холинэстераз использовали тиохолиновые эфиры карбоновых кислот: ацетилтиохолин (АТХ), пропионилтиохолин (ПТХ), бутирилтиохолин (БТХ). Скорость гидролиза тиохолиновых субстратов определялась по нарастанию концентрации образующегося тиохолина, который с 5,5 — дитиобис — (2 — нитробензойной кислотой) образует продукт желтого цвета с максимумом поглощения при λ — 412 нм (Ellman et al., 1961). Препарат фермента ХЭ из ганглиев тихоокеанского кальмара получали фракционированием сульфатом аммония. Величины констант ферментативного катализа V_m и K_M определялись графически по методу Лайнувера-Берк (Диксон, Узбб, 1982).

Среди разнообразных способов и приемов хранения сырья наиболее часто используют морозильное хранение и сублимирование. Нами проведено исследование качественных показателей сырья по удельной активности в процессе хранения (табл. 1).

Таблица 1
Изменение активности (на мг/ткани, субстрат БТХ) ХЭ в процессе хранения сырья, %

Ганглии кальмара тихоокеанского	Время хранения, мес					
	0	1	2	6	9	12
Мороженые (минус 18 °С)	100	98	94	89	78	67
Сублимированные (5 °С)	100	94	83	77	71	43

В процессе морозильного хранения сырья при минус 18 °С в течение 2 мес удельная активность фермента практически не изменялась. Однако дальнейшее хранение сырья в течение 12 мес сопровождается падением активности фермента на 33 % (табл. 1). Хранение сублимированного сырья без потери активности фермента отмечалось только в течение 1 мес, а дальнейшее хранение в течение года приводит к потере 57 % активности.

Известно, что ХЭ существуют в виде растворимой и мембранно-связанной формы, причем до 50 % фермента связано с мембраной. Таким образом, эффективное извлечение фермента

невозможно без разрушения липидного слоя мембран. Так как растворители могут в значительной мере угнетать активность ферментов (Бресткин и др., 1969), нами эмпирическим путем подобрано соотношение органических растворителей — бутанол : гексан (1,0 : 1,5) — практически не влияющее на уровень удельной активности фермента при обработке сырья (табл. 2).

Таблица 2

Изменение удельной активности ХЭ в сублимированных ганглиях тихоокеанского кальмара во время хранения при различной температуре (субстрат БТХ)

Температура хранения, °С	Удельная активность (относительная %)					
	Ганглии, не обработанные смесью растворителей			Ганглии, обработанные смесью растворителей		
	0 мес	1 мес	2 мес	0 мес	1 мес	2 мес
Минус 18	100	98	94	100	98	93
2–5	100	94	83	100	93	33
20	100	94	47	100	52	17

Хранение двух видов сырья, в течение двух месяцев при температуре минус 18 °С и низких положительных температурах, не изменяет его удельной активности. Хранение же сырья обработанного смесью растворителей в течение месяца при 20 °С приводит к снижению активности фермента практически на 50 %. Двухмесячный срок морозильного хранения сырья, также не оказывал влияния на величину удельной активности. Минимальные положительные температуры оказывали различное влияние на величину активности фермента в сырье. Ганглии, обработанные смесью растворителей, через два месяца хранения характеризуются остаточной активностью равной 33 % от начальной, в то время как не обработанные ганглии в процессе хранения теряют только 7 % активности. Хранение двух видов сырья при 20 °С следует признать нецелесообразным, поскольку потеря активности фермента составляет 53–83 %.

Поскольку исследование свойств фермента определено необходимостью его получения не только как биохимического реактива, но и как потенциального фармакологического средства, нами проведены исследования показателей безопасности используемого сырья.

Было показано, что содержание токсичных элементов в сублимированных ганглиях двух видов кальмаров не изменяется в процессе годового хранения, и соответствует действующему СанПиН 2.3.2.1078.

Одной из задач технологии выделения ферментов является определение оптимального гидромодуля экстракции. Полученные нами данные показывают, что в пределах соотношений сырье : вода от 15,0 : 1,0 до 0,2 : 1,0 степень экстрактивности фермента (по активности) увеличивается в 4,7 раза. В тоже время, оптимальное соотношение сырье : вода для сублимированной стромы эритроцитов человека составляет 0,6 : 1,0. Таким образом, определение гидромодуля экстракции необходимо проводить для каждого вида сырья.

На основании полученных данных была разработана принципиальная схема выделения ХЭ из оптических ганглиев тихоокеанского кальмара.

–Первичная обработка исходного сырья (измельчение, сублимация).

–Обработка лиофилизированного сырья смесью органических растворителей (гексан : бутанол 1,0 : 1,5) 1 : 10.

–Экстрагирование фермента в соотношении сырье : вода — 1 : 20.

–Очистка фермента фракционированием сульфатом аммония (степень насыщения 100 %).

–Обессоливание (диализ).

–Контроль активности фермента.

–Лиофилизация раствора фермента.

–Контроль активности фермента.

–Укупорка, маркировка и упаковка флаконов.

На основных стадиях технологического процесса проведено исследование кинетических характеристик фермента, необходимых для проведения его стандартизации (табл. 3).

Кинетические параметры ферментативного гидролиза на различных стадиях получения ферментного препарата из ганглиев кальмара

Субстрат	Параметры			
	Константа Михаэлиса (*10 ⁻⁴) М	Vm\K _M (*10 ³) мин ⁻¹	Акт. ммоль/мин ⁻¹ мг белка	Степень очистки (субстрат АТХ)
Ганглии кальмара мороженные				
АТХ	2,6	5	21,6	100
Ганглии кальмара сублимированные				
АТХ	2,1	53	51,9	240
Ферментный препарат				
АТХ	1,8	1674	157,8	730

Предлагаемый технологический процесс обеспечивает 7-кратную степень очистки и позволяет получить фермент с активностью 157,8 мМ АТХ/мин мг белка (табл. 3). Процесс очистки сопровождается уменьшением величины K_M , и как следствие, увеличением сродства субстрата к ферменту (Vm/K_M). Изменение кинетических параметров свидетельствует об увеличении эффективности каталитического процесса.

Обработка сублимированных ганглиев кальмара не приводила к изменению активности фермента в течение двухмесячного срока хранения. В тоже время органические растворители, за счет разрушения липидного слоя мембран, позволяют увеличить экстрактивность мембранносвязанных ферментов. В модельных опытах показано, что предварительная обработка стромы человека смесью органических растворителей, повышает степень водной экстракции фермента на 57 % по сравнению со степенью экстракции фермента из необработанной стромы (рис. 1).

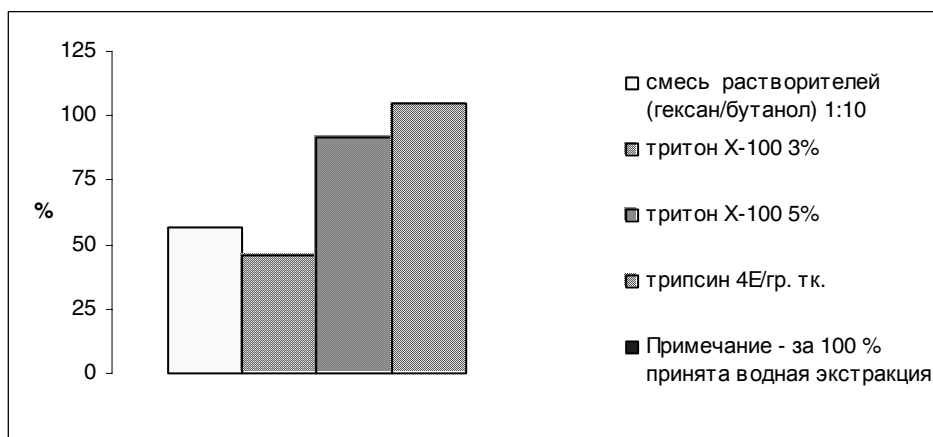


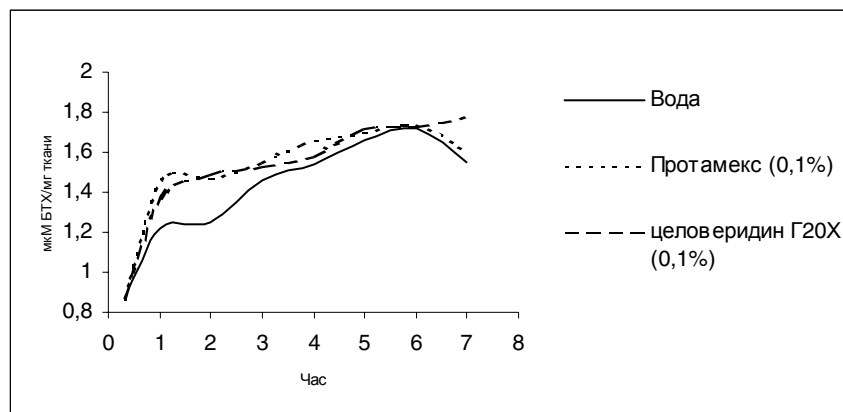
Рис. 1. Влияние способов обработки на экстрактивность ХЭ из сублимированной стромы эритроцитов человека ($t 20^{\circ}\text{C}$)

Для выделения мембранносвязанной ХЭ из голов мух используют не ионные детергенты в концентрации 0,1–1,0 % (Григорьева и др., 1987). Как видно из данных рис. 1, экстракция фермента из сублимированной стромы 3 и 5 %-ными растворами тритона X-100 приводит к повышению экстракции фермента, по сравнению с контролем, соответственно на 46 и 92 %. Широко применяемым в технологии приемом деструкции тканей является ограниченный ферментативный гидролиз. В качестве ферментативного препарата нами использован коммерческий препарат трипсина с удельной активностью 40 ед./мг. Обработка стромы раствором фермента (4 ед./г ткани) приводила к повышению степени его экстракции на 105 % по сравнению с контролем.

Известно, что ХЭ встроены в мембрану с помощью «якоря», который представляет собой углеводный компонент (гликозидные остатки: D-манноза, D-галактоза, N-ацетилглюкозамин, сиаловая кислота) (Naas, 1986). В качестве углеводразрушающего агента использовали коммерческий препарат целоверидина Г20Х. Исследование зависимости экс-

тракции ХЭ из ганглиев тихоокеанского кальмара от времени под действием 0,1 %-ного раствора целоверидина показало, что в течение 7 ч степень экстракции фермента увеличивалась по сравнению с первоначальными значениями в 2 раза (рис. 2).

Рис. 2. Изменение величины удельной активности в процессе экстракции ХЭ из мороженных ганглиев тихоокеанского кальмара при использовании ферментных препаратов (t 20 °С)



Следует отметить, что степень экстракции фермента в присутствии протамекса в течение 6 ч была сравнима с таковой под действием целоверидина. Однако дальнейшая экстракция в присутствии протамекса приводила к снижению степени экстракции ХЭ или деструкции под действием фермента. Временная зависимость степени экстракции фермента водой аналогична зависимости показанной для экстракции раствором протамекса.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что ганглии тихоокеанского кальмара являются перспективным источником для получения ХЭ. Сырье без потери активности возможно хранить при отрицательных температурах (минус 18 °С) в течение 9 мес. Показано, что традиционный прием дробного высаливания фермента сульфатом аммония приводит к невысокой степени очистки и позволяет получить ферментный препарат с удельной активностью около 158 ед. В модельных экспериментах показано, что обработка сырья органическими растворителями и детергентами, а также протеолитическим и гликолитическими ферментами, приводит к увеличению степени экстракции, что необходимо учитывать при разработке технологии получения высокоочищенного препарата.

ЛИТЕРАТУРА

- Бресткин А.П., Кузнецова Л.П., Моралев С.Н. и др. Холинэстеразы наземных животных и гидробионтов. — Владивосток: ТИПРО-центр, 1997. — 466 с.
- Бресткин А.П., Майзель Е.Б., Розенгарт Е.В. Влияние некоторых органических растворителей на реакционную способность холинэстеразы // Биохимия. — 1969. — Т. 34, № 5. — С. 1062–1067.
- Григорьева Г.М., Краснова Т.И., Хованских А.Е. и др. Выделение и каталитические свойства растворимой и мембранной холинэстеразы мозга капустной мухи *Delia brassicae* // Биохимия. — 1987. — Т. 52, вып. 7. — С. 1192–1200.
- Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. Т. 1. — М.: Мир, 1982. — 392 с.
- Ковалев Н.Н. Холинэстеразы двусторчатых моллюсков // Изв. ТИПРО. — 2003. — Т. 133. — С. 264–270.
- Певзнер Д.Л. Выделение, частичная очистка и некоторые свойства ацетилхолинэстеразы из эритроцитов крови крупного рогатого скота // Биохимия. — 1965. — Т. 30, № 5. — С. 980–985.
- Розенгарт Е.В., Ковалев Н.Н., Басова Н.Е., Эпштейн Л.М. Ингибиторная специфичность холинэстераз зрительных ганглиев кальмаров семейства *Goniatidae* // Докл. АН. — 2000. — Т. 370, № 5. — С. 693–695.
- Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V.Jr., Featherstone R.M. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity // *Biochem. Pharmacol.* — 1961. — Vol. 7, № 1. — P. 88–95.
- Haas R., Braudt P.T., Knight J., Rosenbery T.L. Identification of amino components in a glycolipid membrane-binding domain at the C-terminus of human erythrocyte acetylcholinesterase // *Biochemistry.* — 1986. — Vol. 25, № 11. — P. 3098–3105.

СЕЗОННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ И СТРУКТУРЫ ГЕМОЦИАНИНА В ГЕМОЛИМФЕ КАМЧАТСКОГО КРАБА (*PARALITHODES CAMTSCHATICUS*) БАРЕНЦЕВОМОРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ

С.А. Моисеева¹, С.И. Моисеев²

¹ Институт биофизики клетки РАН, г. Пущино, Россия, e-mail: svmois.icb@rambler.ru

² ВНИРО, г. Москва, Россия, e-mail: moiseev@vniro.ru

При оценке биологического состояния популяций различных видов гидробионтов в настоящее время используются современные генетические и биохимические методы. Данные по биохимии и генетике промысловых видов позволяют понять механизмы, лежащие в основе биологических изменений, и поэтому весьма полезны для решения проблем рациональной эксплуатации биоресурсов.

Нами были проанализированы изменения концентрации и структуры гемоцианина (Hc) — белка-переносчика кислорода в крови камчатских крабов *P. camtschaticus* баренцевоморской популяции в течение двух различных сезонов. В октябре-декабре 2004 г. в период осенних миграций камчатского краба работы проводились в районе Варангер-фиорда на глубинах от 40–50 до 275 м. В феврале 2006 г. в период, предшествующий массовой линьке крабов, работы проводились в Восточном Прибрежном районе Мурмана на глубинах от 60 до 260 м. В основе проведения биологического анализа камчатского краба лежала методика, описанная ранее (Родин и др., 1979; Лысенко, 2001; Моисеев, 2003). Анализу подвергали самцов камчатского краба промыслового размера с шириной карапакса (ШК) 150 мм и более. Степень наполнения конечностей крабов мышечной тканью определялась методом пальпации и/или обработки по элементам среза большого членика (меруса) с использованием планшет-карт (Борисов и др., 2003).

Образцы гемолимфы отбирались у самцов камчатского краба промыслового размера, находящихся в разных стадиях линичного цикла с помощью стерильного шприца из сердца. Для удаления свернувшегося материала образцы центрифугировали при 10,000 g 10 мин при 4 °С. Концентрация Hc в супернатанте определялась спектрофотометрически при 336 нм, с использованием коэффициента экстинкции $\epsilon_{336} = 19800 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ для нативного Hc камчатского краба (Molon et al., 2000). Субъединичную структуру Hc исследовали методом денатурирующего SDS-электрофореза в ПААГ (Laemmli, 1970). Статистическую обработку материала проводили по общепринятым методикам (Лакин, 1980).

В октябре-декабре 2004 г. в период осенних миграций камчатского краба в районе Варангер-фиорда был проведен биологический анализ 2074 самцов камчатского краба промыслового размера с ШК 150–232 мм. В феврале 2006 г. в период, предшествующий массовой линьке, в Восточном Прибрежном районе Мурмана проанализировано 2642 самцов камчатского краба промыслового размера с ШК 150–241 мм. Соотношение межлиночных стадий у промысловых самцов для обоих сезонов и районов промысла представлено на рис. 1.

Для обоих сезонов и районов промысла показано, что средняя концентрация Hc в гемолимфе самцов промыслового размера закономерно изменяется в течение линичного цикла (рис. 2, b; 3, b). Низкий уровень гемоцианина наблюдается на ранних послелиночных стадиях, затем концентрация его возрастает, достигая наибольших значений в межлиночный период на стадии III-2, после чего идет снижение концентрации Hc перед очередной линькой. В период, предшествующий линьке, у части крабов, состояние панциря у которых практически неотличимо от состояния панциря крабов в III поздней (III-2) в гемолимфе наблюдается существенное снижение уровня Hc. У них часто обнаруживается наличие второй вновь образованной кутикулы. Поскольку у таких крабов достоверное снижение уровня Hc коррелирует с изменениями их биологического состояния (начало предлиночного процесса) мы выделили таких крабов в отдельную подстадию, условно названную нами — III-я переходная подстадия. Для данных 2004 г. уменьшение концентрации Hc у крабов в III переходной подстадии по сравнению с предыдущей подстадией III-2 составило 96 %, для данных 2006 г. — 30 %. Разли-

чия достоверны при уровне значимости 0,01 ($t_d = 3,67$; $t_{st} = 2,86$) и 0,05 ($t_d = 2,44$; $t_{st} = 2,00$) соответственно.

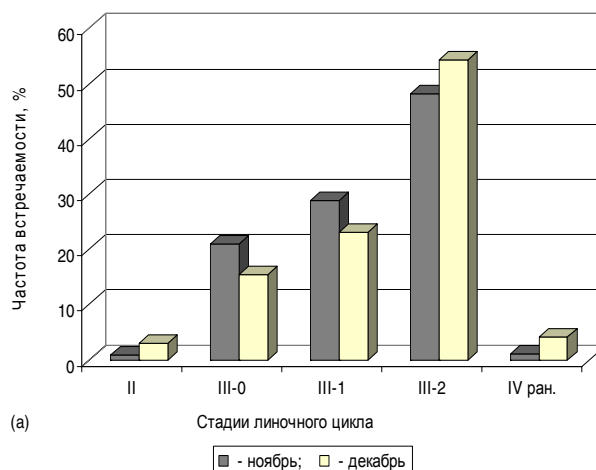


Рис. 1. Соотношение межличиночных стадий у промысловых самцов камчатского краба: **a** — ноябрь-декабрь 2004 г., район Варангер-фиорда; **b** — февраль 2006 г., Восточный Прибрежный район Мурмана

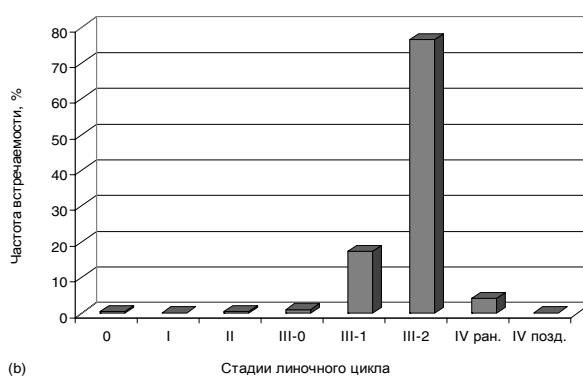
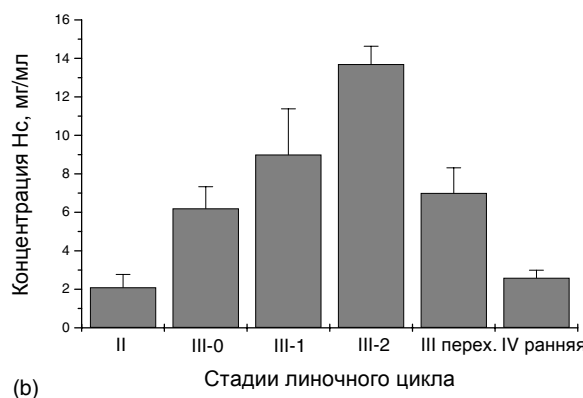
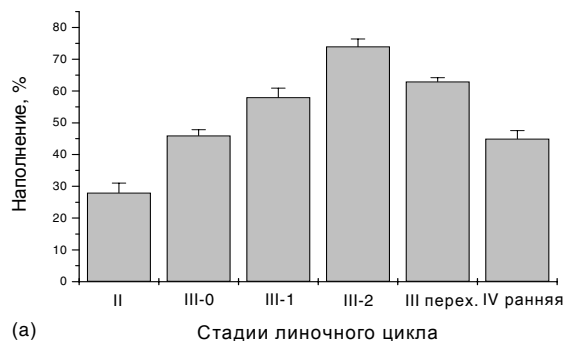


Рис. 2. Изменения в течение личиночного цикла (а) наполнения конечностей мышечной тканью (б) концентрации гемоцианина в гемолимфе у промысловых самцов камчатского краба (2004 г., район Варангер-фиорда) ($m \pm SE$)



Кислород, транспортируемый Hc гемоцианином крабов, расходуется на обеспечение энергетических затрат, связанных с обменными процессами и двигательной активностью. Физиологические исследования показали, что именно мышечная ткань у крабов является основным потребителем кислорода в организме животного (Mangum et al., 1985).

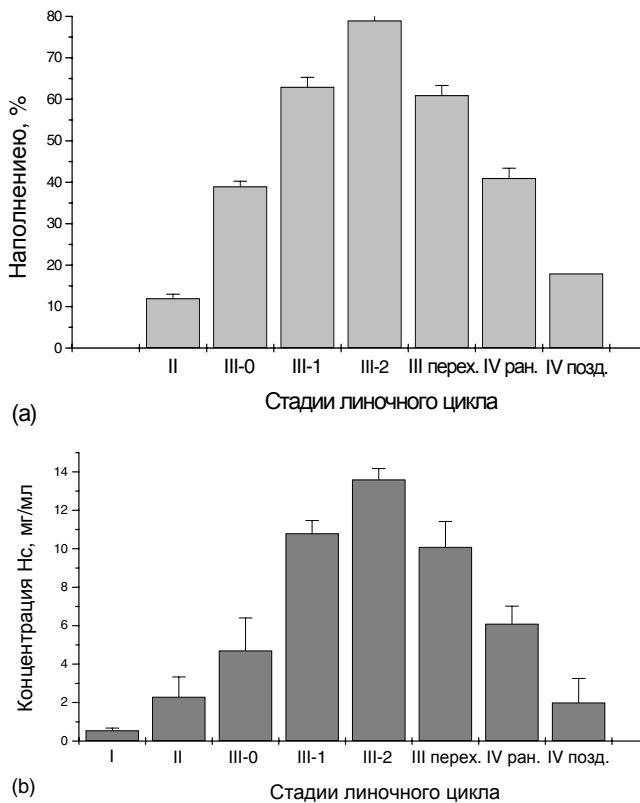


Рис. 3. Изменения в течение линочного цикла (а) наполнения конечностей мышечной тканью (б) концентрации гемоцианина в гемолимфе у промысловых самцов камчатского краба (2006 г., Восточный Прибрежный район Мурмана) ($m \pm SE$)

Показатель наполнения конечностей мышечной тканью закономерно изменяется в течение линочного цикла (рис. 2, а; 3, а) и демонстрирует положительную связь с уровнем Нс в гемолимфе промысловых самцов камчатского краба. Низкому уровню Нс на разных стадиях линочного цикла соответствует слабое наполнение конечностей мышечной тканью и наоборот (рис. 4, 5). С помощью методов статистического анализа между показателем наполнения конечностей крабов мышечной тканью и концентрацией Нс в их гемолимфе на протяжении полного линочного цикла установлена значительная положительная корреляционная взаимосвязь. В течение полного линочного цикла коэффициент линейной корреляции между показателем наполнения конечностей мышечной тканью и концентрацией Нс у самцов камчатского краба промыслового размера для данных 2004 г. составил 0,69, а для данных 2006 г. — 0,57. Оба коэффициента достоверны при уровне значимости 0,001: $t_d = 6,87$; $t_{st} < 3,55$ и $t_d = 10,39$; $t_{st} < 3,46$ соответственно.

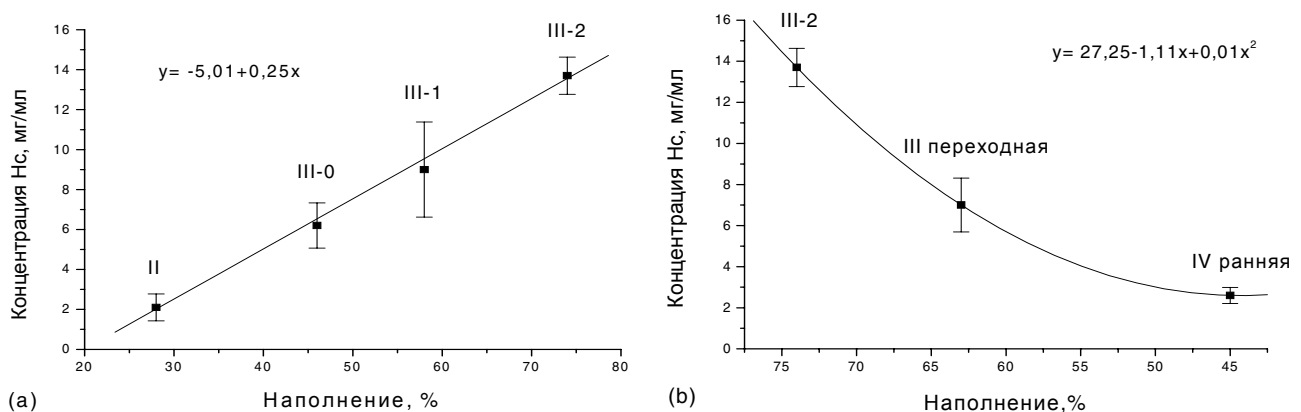
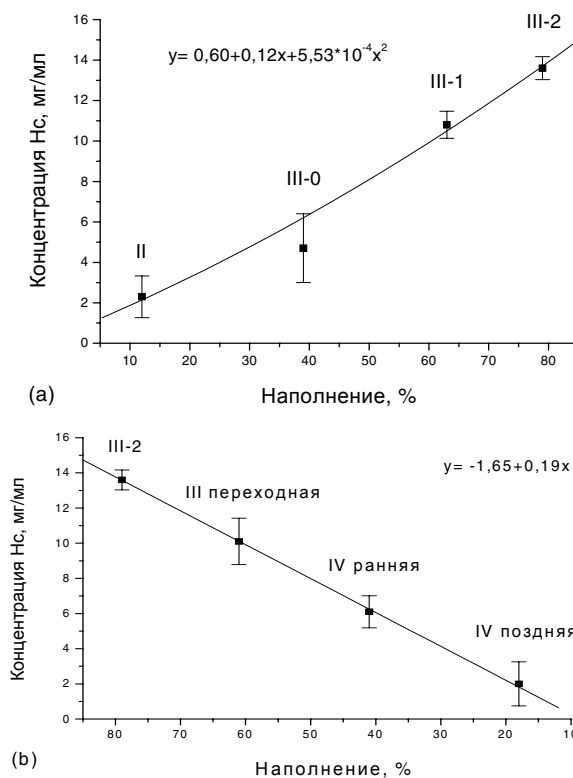


Рис. 4. Зависимость между наполнением конечностей мышечной тканью и концентрацией гемоцианина в гемолимфе у промысловых самцов камчатского краба (2004 г., район Варангер-фиорда: а — постлиночный период; б — предлиночный период)

В связи с тем что на отдельных этапах линочного цикла зависимость между двумя варьирующими показателями (показателем наполнения и концентрацией Нс) носит нелиней-

ный характер (рис. 4, 5), степень сопряженности между ними измерялась с помощью коэффициента корреляции рангов по Спирмену (r_s). Эмпирический коэффициент r_s для данных 2004 г. составил 0,74; для данных 2006 г. — 0,57. Оба коэффициента достоверны при уровне значимости 0,01: $tst = 0,35$ и $tst = 0,25$ соответственно.

Рис. 5. Зависимость между наполнением конечностей мышечной тканью и концентрацией гемоцианина в гемолимфе у промысловых самцов камчатского краба (2006 г., Восточный Прибрежный район Мурмана): **a** — постлиночный период; **b** — предлиночный период



Установленная нами взаимосвязь между концентрацией Hc и наполнением конечностей у камчатского краба фактически отражает зависимость уровня Hc от энергетических потребностей животного. Этот вывод, несомненно, имеет большое практическое значение. Концентрация Hc в крови камчатского краба объективно отражает состояние его мышечной ткани как уровень наполнения, так и качество мяса-сырца, и, следовательно, позволяет судить о пригодности краба для технологической обработки.

В последние годы в отдельных группировках камчатского краба Баренцева моря наблюдается увеличение количества промысловых самцов со слабым наполнением конечностей мышечной тканью. По мнению ряда исследователей (Анисимова, 2003), после взрывного роста численности камчатского краба в Баренцевом море наступает критический период перенаселенности и истощения его кормовой базы. Поэтому в начале сезона промысла у камчатских крабов баренцевоморской популяции, находящихся в стадии III-0 и III-1 мышцы могут быть еще чрезмерно обводнены, что приводит к завышению оценки показателя наполнения, определяемого методом пальпации при сортировке улова. В результате готовая продукция из таких крабов зачастую оказывается некондиционной и подвергается выбраковке.

В гидратированных мышцах увеличена массовая доля воды и уменьшена доля миофибрилл и митохондрий. Следовательно, потребление кислорода такими мышцами снижается. Поэтому концентрация Hc в гемолимфе крабов с обводненными мышечными тканями ниже, чем у крабов с нормальной структурой мышц. По нашим данным, средняя концентрация Hc у крабов в стадии III-1 в начале ноября 2004 г. составляла 3,3 мг на 1,0 мл, а в начале декабря втрое больше — 10,1 мг на 1,0 мл. Среднее наполнение конечностей было приблизительно одинаковым — 65–70 и 70–75 % соответственно. Однако после технологической обработки внешне упитанный краб с пониженным уровнем Hc в начале ноября не соответствовал кондиции (наполнение на срез не более 55–60 %). В декабре у крабов в стадии III-1 с более высоким уровнем гемоцианина показатели наполнения, определяемые по срезу конечности, соответствовали показателям наполнения, определяемым методом пальпации.

Также были изучены изменения структуры Нс камчатских крабов в течение линочного цикла в сезон массовых осенних миграций животных на большие глубины и зимой, в период, предшествующий массовой линьке, когда крабы находятся в более стабильных условиях внешней среды. Нс камчатских крабов является олигомерным белком, состоящим из субъединиц с различными молекулярными массами (м.м.) (Molon et al., 2000). М.м. отдельных субъединиц Нс камчатского краба баренцевоморской популяции составляет 92, 79, 74, 71 кДа (Моисеев, Моисеева, 2006). В октябре-декабре 2004 г. в период миграций крабов на глубину в районе Варангер-фиорда субъединичная структура гемоцианина зависела как от стадии межлиночного цикла, так и от концентрации Нс в крови. В ранних послелиночных стадиях II и III-0 электрофоретическое разделение гемоцианина давало три полосы с молекулярными массами 92, 79, 74 кДа. На более поздних стадиях появлялась 4-я полоса с молекулярной массой 71 кДа (рис. 6).

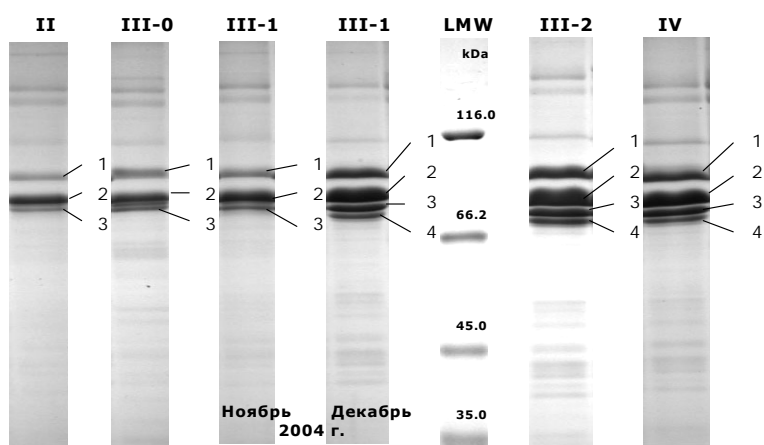


Рис. 6. SDS-гель-электрофорез гемоцианина из гемолимфы промысловых самцов камчатского краба баренцевоморской популяции (октябрь-декабрь 2004 г., Варангер-фиорд): над дорожками электрофореграммы указаны стадии линочного цикла

Структура гемоцианина крабов, находящихся в стадии III-1, в ноябре и декабре 2004 г. была различной. В ноябре, когда у крабов в стадии III-1 концентрация Нс была низка (не более 5–8 мг/мл), а мышцы чрезмерно обводнены, Нс состоял из трех типов субъединиц. В начале декабря, когда концентрация Нс увеличивалась (более 10 мг/мл), а мышечное наполнение улучшалось, в состав Нс входило 4 типа субъединиц. У крабов в феврале 2006 г. в Восточном Прибрежном районе Мурманна не наблюдалось вариабельности субъединичной структуры Нс в зависимости от стадии межлиночного цикла (рис. 7).

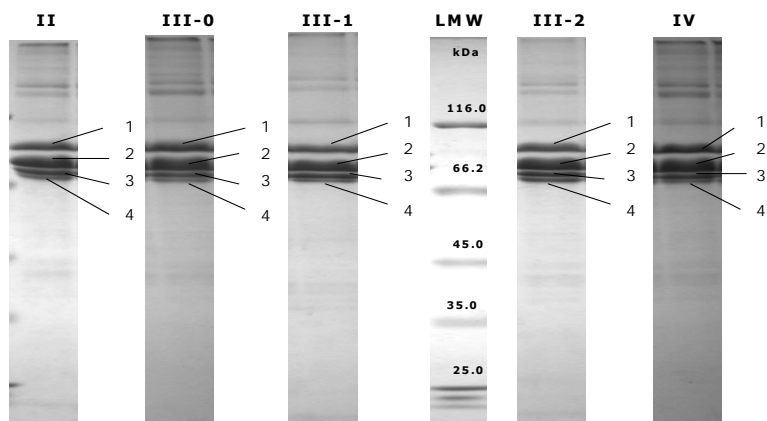


Рис. 7. SDS-гель-электрофорез гемоцианина из гемолимфы промысловых самцов камчатского краба баренцевоморской популяции (февраль 2006 г., Восточный Прибрежный район Мурманна): над дорожками электрофореграммы указаны стадии линочного цикла

Вариабельность субъединичной структуры Нс в зависимости от сезона ранее была показана для лобстера *Palinurus elephas*, она связана с сезонными колебаниями температуры воды, других факторов внешней среды (Bellelli et al., 1988). Обнаруженные нами сезонные вариации в структуре Нс из гемолимфы *P. kamtschaticus*, по-видимому, также связаны с изменением условий обитания этого вида в различные периоды жизненного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова Н.А. К вопросу об акклиматизации камчатского краба в Баренцевом море // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е. — Мурманск: ПИНРО, 2003. — С. 10–22.
- Борисов В.В., Степаненко В.В., Толкачева В.Ф. Технология обработки камчатского краба Баренцева моря // Камчатский краб в Баренцевом море. Изд. 2-е, перераб. и доп. — Мурманск: ПИНРО, 2003. — С. 299–311.
- Лакин Г.Ф. Биометрия. — М.: Высш. шк., 1980. — 293 с.
- Лысенко В.Н. Особенности линьки камчатского краба (*Paralithodes kamtschaticus*) на западно-камчатском шельфе // Исследования биологии промысловых ракообразных и водорослей морей России. — М.: ВНИРО, 2001. — С. 111–119.
- Моисеев С.И. Промыслово-биологические исследования камчатского краба (*Paralithodes kamtschaticus*) в январе-марте 2002 г. в прибрежной зоне Варангер-фиорда (Баренцево море) // Донные экосистемы Баренцева моря: Тр. ВНИРО. — 2003. — Т. 142. — С. 151–177.
- Моисеев С.И., Моисеева С.А. Изучение структурных особенностей гемоцианина из гемолимфы камчатского краба *Paralithodes kamtschaticus* баренцевоморской популяции в течение линочного цикла // 7-я Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова): Тез. докл. — М.: ВНИРО, 2006. — С. 105–108.
- Родин В.Е., Слизкин А.Г., Мясоедов В.И. и др. Руководство по изучению десятиногих ракообразных Decapoda дальневосточных морей. — Владивосток: ТИНРО, 1979. — 60 с.
- Bellelli A., Giardina B., Corda M. et al. Sexual and seasonal variability of lobster hemocyanin // Comp. Biochem. Physiol. — 1988. — Vol. 91A. — P. 445–449.
- Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T₄ // Nature (London). — 1970. — Vol. 227. — P. 680–685.
- Mangum C.P., McMahon B.R., deFur P.L., Wheatly M.G. Gas exchange, acid-base balance, and the oxygen supply to the tissues during a molt of the blue crab *Callinectes sapidus* // Journal of crustacean biology. — 1985. — Vol. 5. — P. 188–206.
- Molon A., Di Muro P., Bubacco L. et al. Molecular heterogeneity of the hemocyanin isolated from the king crab *Paralithodes kamtschaticae* // Eur. J. Biochem. — 2000. — Vol. 267. — P. 7046–7057.

КАРОТИНОИДЫ АСЦИДИИ ПУРПУРНОЙ. СПОСОБЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КРИТЕРИЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Е.С. Моторя, Т.Н. Пивненко, П.А. Задорожный
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: pivnenko@tinro.ru

Гидробионты морских и пресноводных акваторий отличаются от наземных организмов значительным разнообразием вторичных метаболитов, существенная часть которых представлена функциональными соединениями. К веществам такого типа относятся каротиноиды. К настоящему времени из природных источников выделено более 650 представителей этого класса веществ (Бриттон, 1986). Наблюдая широкое распространение и разнообразие каротиноидов в растительном и животном мире, необходимо отметить важную роль этих соединений для протекания нормальных физиологических процессов.

Установлено, что каротиноиды проявляют антиоксидантную, иммуномодулирующую, противоопухолевую активности, а также способны модулировать экспрессию генов, обеспечивая защиту от экспериментальных воспалительных повреждений и неопластических трансформаций (Miki, 1991; Nishino et al., 1992; Konishi et al., 2006). На примере астаксантина, типичного для многих морских животных, показано, что его антиоксидантная активность в десять раз превышает аналогичные свойства β -каротина (Miki, 1991). Галоцинтиаксантин проявляет ингибиторное действие к РНК-зависимой ДНК-полимеразе вируса иммунодефицита человека 1 и 2-го типа (Loya et al., 1992). Также было установлено, что неоксантин и фукоксантин индуцируют апоптоз опухолевых клеток простаты человека (Kotake-Nara et al., 2005).

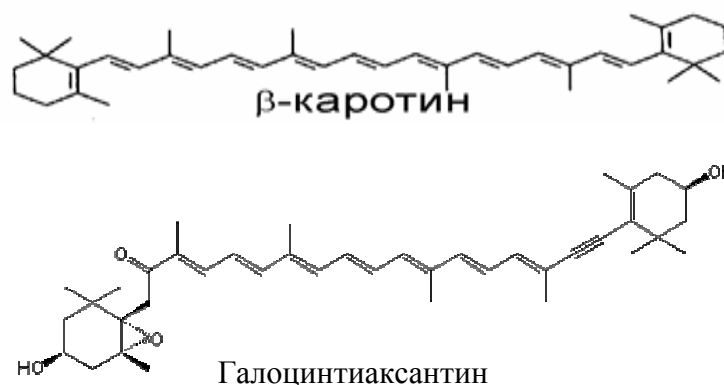
Актуальной задачей является поиск новых видов сырья и совершенствование технологий для выделения каротиноидов, а также разработка новых продуктов с повышенным содержанием этих веществ для использования в лечебном и профилактическом питании.

Известно, что туника асцидий рода *Halocynthia* содержит высокие концентрации каротиноидов (Ребачук и др., 1985; Ookubo, Matsuno, 1985; Choi et al., 1994). Астаксантин и диатоксантин являются основными компонентами туники *H. aurantium*. Сравнительный биохимический анализ каротиноидов 10 видов асцидий показал, что фукоксантинол, галоцинтиаксантин, метилоксантин и метилоксантинон присутствуют в большинстве видов асцидий (Ookubo and Matsuno, 1985). Все эти соединения являются метаболитами фукоксантина, источником которого является фитопланктон. По известным данным (Ookubo, Matsuno, 1985), содержание каротиноидов в семействе асцидий схоже (табл. 1). Такие уникальные каротиноиды, как амароуксантин А и Б присутствуют у асцидии *A. pliciferum* (Matsuno et al., 1985).

Таблица 1

Наиболее распространенные каротиноиды семейства асцидий, % от общего количества каротиноидов

Наименование	Содержание
<i>Каротины:</i>	
β -каротин	0,3–5,3
<i>Ксантофиллы:</i>	
Лютеин	0,1–2,0
Зеаксантин	0,9–10,2
Диатоксантин	0,7–12,0
Аллоксантин	10,0–43,0
Астаксантин	0,6–5,3
Фукоксантин	0,2–15,6
Фукоксантинол	1,5–12,4
Галоцинтиаксантин	1,0–15,7
Метилоксантин	1,9–14,0
Метилоксантинон	11,0–36,6



В настоящее время, несмотря на существующие запасы, асцидии являются неиспользуемыми. Имеются работы по использованию туники асцидии пурпурной, в результате кото-

рой была получена биологически активная добавка «Хаурантин», обладающая противоопухолевой и стресс-протекторной активностью (Кушнерова и др., 2000; Добряков, 2004). Однако используемая авторами технология характеризуется низким выходом каротиноидов от их суммарного количества в исходном сырье.

Целью нашего исследования была разработка методов, позволяющих наиболее эффективно выделить фракцию каротиноидов в форме, обеспечивающей возможность ее пищевого применения, а также определить компонент, способный служить критерием идентификации объекта и подлинности продукции на его основе.

Асцидия пурпурная *H. aurantium* была выловлена траловым или водолазным способом в зал. Петра Великого и Посыета (Японское море). Свежевыловленную асцидию разделявали, заготавливали тунику, мантию, гонады, пищеварительную железу и хранили при температуре минус 25 °С до анализа.

Каротиноиды экстрагировали различными растворителями, в частности ацетоном, этанолом и растительным маслом. Реэкстракцию проводили гексаном и растительным маслом. Методика была описана ранее (Белорукова и др., 2006).

Разделение каротиноидов вели методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Silica gel 60 5x10 см (Merck) в системе дихлорметан—этилацетат (4 : 1, об/об). Относительное содержание фракций, после сканирования пластинки на сканере HP Scanjet 2004, определяли с помощью программы Image Master 1D Elite (Amersham Biosciences).

Для идентификации галоцинтиаксантина применяли методы хроматографии и спектрофотометрии. При проведении анализа использовали хроматограф Shimadzu — насос LC-6A, детектор спектрофотометрический SPD-M6A, колонку Zorbax Sil (4.6 × 250 мм) с предколонкой. Разделение проводили в следующих условиях: элюент гексан-ацетон в объемном соотношении 7 : 3, скорость потока 1 мл/мин, детектирование на длине волны 450 нм, объем вводимой пробы 50 мкл.

При разработке методики получения пищевого экстракта из туники асцидии пурпурной с целью повысить выход каротиноидов использовали несколько способов экстракции. Наиболее эффективным методом извлечения каротиноидов является экстракция ацетоном, с последующей реэкстракцией гексаном (Schiedt, Liaaen-Jensen, 1995). Исходя из этого, количество пигментов, извлекаемых из туники асцидии при использовании этой схемы, экстракции принимали за 100 %. Однако нашей целью было выделение каротиноидов и дальнейшее их внедрение в пищевые продукты. При этом экстракция непосредственно растительным маслом мало эффективна, по сравнению со ступенчатой этанольно-масляной экстракцией (табл. 2). Вероятно, это является следствием разрушения белково-каротиноидного комплекса и денатурацией белка в этаноле, после чего переход свободных каротиноидов в растительное масло существенно облегчается. Руководствуясь этим, для реализации нашей цели был выбран метод ступенчатой экстракции этанол-масло.

Таблица 2

Выход каротиноидов при использовании различных способов экстракции, %

Образец	Ацетон-масло	Этанол-масло	Масло	Этанол-гексан
Гонады	66,8	53,1	2,20	100,0
Пищеварительная железа	40,8	41,2	9,10	100,0
Мантия	57,5	50,5	Следы	68,5
Туника	66,3	34,1	0,50	66,7

Примечание. За 100 % принято количество каротиноидов, извлекаемое системой ацетон-гексан.

При разработке промышленной технологии были предложены условия и параметры экстракции каротиноидов этанолом с последующей реэкстракцией растительным маслом:

- соотношение сырье-экстрагент — 1 : 4;
- соотношение этанол-масло-вода — 1 : 1 : 10;
- время экстракции — 24 ч;
- температура экстракции — 5 ± 1 °С.

Также было показано, что кратковременное обезвоживание ткани этанолом повышает выход каротиноидов, так как способствует снижению необходимого для более полного извлечения пигментов соотношения экстрагент/сырье.

При реэкстракции растительным маслом может быть достигнуто и концентрирование каротиноидов (рис. 1). Так, если в этанольном экстракте при объеме 390 мл количество каротиноидов составляет 0,086 мг/мл, в то время как в масляном экстракте объемом 25 мл содержится 0,521 мг/мл этих пигментов. По результатам исследований составлена заявка на патент «Способ получения БАД из асцидии».

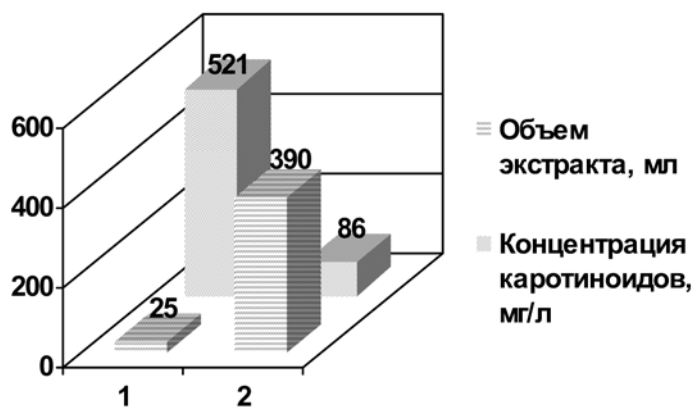


Рис. 1. Изменение концентрации каротиноидов после реэкстракции растительным маслом: 1 — масляный экстракт; 2 — этанольный экстракт

Для предварительной оценки качественного и количественного состава каротиноидов туники асцидии пурпурной использовали метод ТСХ. В результате разделения получено 13 пятен различной интенсивности (рис. 2). Данные по количественному соотношению различных компонентов, определенные денситометрически, приведены в табл. 3. Учитывая сложный состав каротиноидов асцидии и близкие значения R_f хроматографических зон, необходимо проведение качественного анализа пигментов методами ВЭЖХ.

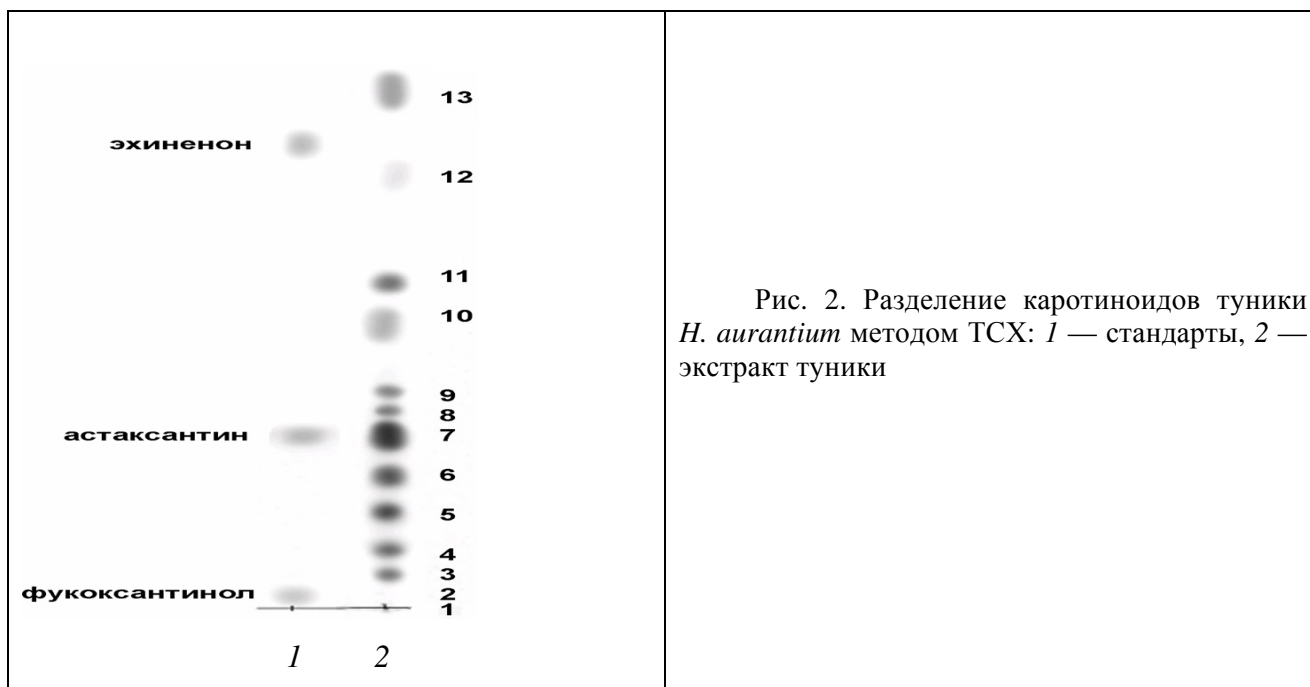


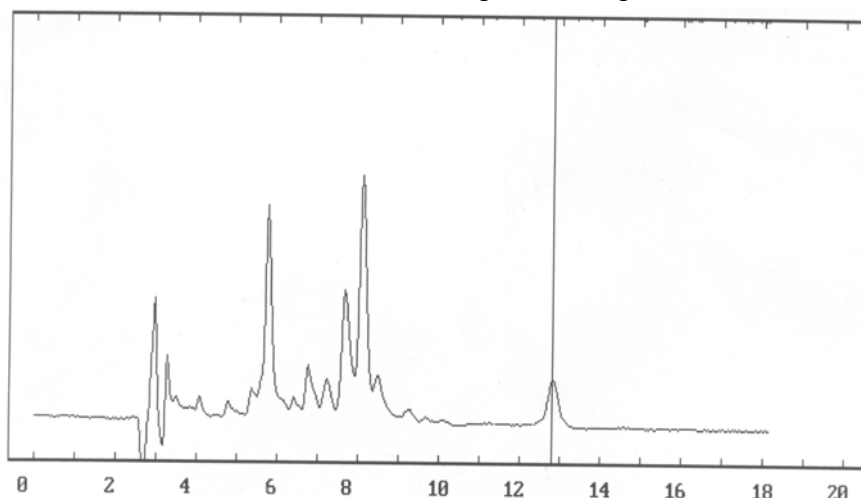
Рис. 2. Разделение каротиноидов туники *H. aurantium* методом ТСХ: 1 — стандарты, 2 — экстракт туники

Для идентификации сырья и продуктов на его основе мы использовали каротиноид галоцинтиаксантин, который присутствует только в асцидиях и проявляет высокую биологическую активность (Konishi et al., 2006). Особенность структуры галоцинтиаксантина (5,6-эпокси-3,3'-дигидрокси-7',8'-дидегидро-5,6,7,8-тетрагидро- β,β -каротин-8-он) заключается в высоком содержании кислородсодержащих функциональных групп. Это позволяет легко отделить данный каротиноид от остальных пигментов туники при разделении на силикагеле.

Количественное соотношение каротиноидов различной полярности в тунике

№ полосы	R _f полосы	Содержание компонентов, %
1	0,03	0,5
2	0,06	2,5
3	0,15	7,8
4	0,16	15,2
5	0,22	15,8
6	0,27	29,9
7	0,29	5,8
8	0,38	4,8
9	0,46	5,9
10	0,53	2,1
11	0,60	0,1
12	0,70	1,6
13	0,83	8,1

Галоцантиаксантин, который содержится во фракции со временем удерживания 12,8–13,0 мин (рис. 3), имеет спектр поглощения в элюенте с максимумом 449 нм. Масс спектр этой фракции дает значение молекулярного иона ($[M+H]^+$) 599, что соответствует молекулярной массе галоцантиаксантина. Наличие этого каротиноида в масляном экстракте свидетельствует о его подлинности. Содержание галоцантиаксантина в масляном экстракте колеблется в интервале значений 5–8 % от общего содержания каротиноидов.

Рис. 3. ВЭЖХ масляного экстракта из туники *H. aurantium*

Для оценки биологической активности масляного экстракта из туники асцидии пурпурной в НИИЭМ СО РАМН исследовали влияние данного образца на фагоцитарную и бактерицидную активности нейтрофилов (по отношению к *S. aureus*) перитонеальной полости мышей, а также антиоксидантную активность крови мышей.

Показано, что масляный экстракт стимулирует бактерицидную и фагоцитарную активности нейтрофилов перитонеальной полости, антиокислительные свойства сыворотки крови, замедляет интенсивность перекисных процессов, тем самым оказывает общеукрепляющее действие, положительно влияет на снижение риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний, обладает противовоспалительным и гемостимулирующим эффектами.

Таким образом, разработана технология, позволяющая эффективно выделять каротиноиды из асцидии для дальнейшего пищевого применения с целью профилактики и лечения сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, а также определен компонент, способный быть критерием для идентификации объекта и продукции на его основе, гарантируя подлинность.

ЛИТЕРАТУРА

- Белорукова А.А., Задорожный П.А., Пивненко Т.Н., Якуш Е.В. Оценка содержания каротиноидов у асцидий *Halocynthia aurantium* и *Styella clava* // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 147. — С. 347–353.
- Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. — М.: Мир, 1986. — 422 с.
- Добряков Е.Ю. Фармакологические эффекты экстракта из туники асцидии *Halocynthia aurantium*: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Владивосток, 2004.
- Кушнерова Н.Ф., Добряков Ю.И., Янькова В.И. Химический состав спиртовых извлечений из туники асцидии *Halocynthia aurantium* // Валеология: диагностика, средства и практика обеспечения здоровья: Сб. науч. тр. — Владивосток: Дальнаука, 2000. — Вып. 4. — С. 151–155.
- Ребачук Н.М., Максисов О.Б., Богуславская Л.Б., Федорев С.А. Каротиноиды асцидии *Halocynthia aurantium* // Химия природных соединений. — 1985. — Т. 20. — С. 431–433.
- Choi B.-D., Kang S.-J., Choi Y.-J. et al. Utilization of ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. 3. Carotenoid composition of ascidian tunic // Bull. Korean Fish. Soc. — 1994. — Vol. 27. — P. 344–350.
- Konishi I., Hosokawa M., Sashima T. et al. Halocynthiaxanthin and fucoxanthinol isolated from *Halocynthia roretzi* induce apoptosis in human leukemia, breast and colon cancer cells // Comp. Biochem. Physiol. Part C: Toxicology & Pharmacology. — 2006. — Vol. 142. — P. 53–59.
- Kotake-Nara E., Asai A., Nagao A. Neoxanthin and fucoxanthin induce apoptosis in PC-3 human prostate cancer cells // [Cancer Lett.](#) — 2005. — Vol. 220. — P. 75–84.
- Loya S., Kashman Y., Hizi A. The carotenoid halocynthiaxanthin: a novel inhibitor of the reverse transcriptases of human immunodeficiency viruses type 1 and type 2 // [Arch. Biochem. Biophys.](#) — 1992. — Vol. 293. — P. 208–212.
- [Matsuno T.](#), [Ookubo M.](#), [Komori T.](#) Carotenoids of tunicates. III. The structural elucidation of two new marine carotenoids, amarouciaxanthin A and B // [Journ. Nat. Prod.](#) — 1985. — Vol. 48. — P. 606–613.
- Miki W. Biological functions and activities of animal carotenoids // [Pure & Appl. Chem.](#) — 1991. — Vol. 63. — P. 141–146.
- [Nishino H.](#), [Tsushima M.](#), [Matsuno T.](#) et al. Anti-neoplastic effect of halocynthiaxanthin, a metabolite of fucoxanthin // [Anticancer Drugs.](#) — 1992. — Vol. 3. — P. 493–497.
- Ookubo M., Matsuno T. Carotenoids of Sea Squirts — II. Comparative Biochemical studies of carotenoids in Sea Squirts // [Comp. Biochem. Physiol.](#) — 1985. — Vol. 81B. — P. 137–141.
- Schiedt K., Liaaen-Jensen S. Isolation and analysis // Carotenoids. Vol. 1A: Isolation and Analysis / Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H. (Eds). — Basel: Birkhauser, 1995. — P. 81–108.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ МЫШЕЧНЫХ БЕЛКОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЫБНЫХ ФАРШЕЙ

М.В. Орлова, Т.Н. Пивненко, Е.В. Якуш
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: pivnenko@tinro.ru

Современные тенденции развития отечественной и зарубежной пищевой технологии свидетельствуют о возрастающей роли структурообразователей в производстве продуктов регулируемого качества. Формирование структуры белковых гелей происходит за счет образования новых связей различных типов: водородных, гидрофобных, электростатических, дисульфидных.

Одним из наиболее продуктивных методов регулирования структуры является ферментативная модификация белков под действием трансклутаминаз. Трансклутаминазы (ТГ) — подкласс ферментов, катализирующих образование ковалентных меж- и внутримолекулярных связей в полипептидных цепях белков. Образующиеся в результате реакции межбелковые связи стабильны при повышенных температурах и обработке протеолитическими ферментами.

Целью данной работы было исследование и определение оптимальных условий использования ТГ при производстве формованной продукции из нерестовых лососей.

Выбор объектов исследования был основан интересом рыбоперерабатывающих предприятий к промыслу и переработке нерестовых лососей.

Исследовали мышечную ткань нерестовых лососей — кеты, горбуши, кижуча, нерки, семги (группа В — рыба с текучими гонадами и ярко выраженными нерестовыми изменениями, выловленная на расстоянии 0,5–1,0 км от устья). Ткань для биохимических исследований замораживали в 50 %-ном растворе глицерина при температуре минус 24 °С, хранили при минус 18 °С. Образцы для реологических испытаний замораживали воздушным способом при минус 18 °С.

Общее количество белка и фракционный состав белков мышечных тканей определяли по общепринятым методикам. Количественное определение азота проводили на приборе Kjeltac Auto 10 SO Analyser (Швеция). Реологические показатели определяли на приборах Rheograph Sol-535 (Тоyo Seki, Япония) и Rheotech (Fudo, Япония).

При проведении реакции ферментативной полимеризации использовали тканевую ТГ из печени морской свинки (Sigma, США) и микробальную ТГ (TG-Activa™, Ajinomoto, Япония). Первую растворяли в 0,5 М NaCl, 5 мМ CaCl₂ и 50 мМ Трис-HCl (pH 7,5), вторую — в 0,5 М NaCl, 50 мМ Трис-HCl (pH 7,5) буфере. Время реакции 1 ч, соответственно температура 25 и 4 °С. Реакцию останавливали быстрым нагревом до 93–95 °С.

Модельные эксперименты по полимеризации проводили на концентратах миофибриллярных белков, полученных промывкой измельченных мышц водой. Активность собственной ТГ мышц исследованных объектов, выраженная количеством нМ монодансилкадаверина, включенного в 1 мг белка за 1 ч представлена в табл. 1.

Наибольшая активность обнаружена для горбуши. В целом же активность ТГ лососей аналогична известным для ферментов других видов пелагических рыб, и значительно меньше, чем для пресноводных. Следовательно, эффективная полимеризация мышечных белков лососей возможна при условии внесения дополнительных количеств экзогенных ферментов. Процесс полимеризации мышечных белков под действием обоих экзогенных ферментов сопровождался аналогичными процессами, а именно: образованием димерной формы миозина, которую регистрировали на электрофореграмме в виде сигнала с молекулярной массой (м.м.), вдвое большей (410–420 кДа), чем м.м. тяжелых миозиновых цепей. Основным продуктом ферментативной реакции был белок с м.м. 240 кДа — продукт конденсации одной тяжелой цепи миозина и легкого белка с м.м. 25–30 кДа. Независимо от

Таблица 1
Активность трансклутаминазы мышечной ткани нерестовых лососей, нМ/мг час

Вид	Активность
Кета	0,23±0,04
Горбуша	0,56±0,08
Нерка	0,29±0,03
Кижуч	0,31±0,02

типа использованного в реакции фермента, состав основных продуктов был практически одинаков. При использовании микробиального фермента образуется большее количество минорных продуктов реакции с м.м., меньшими чем у димера тяжелых цепей миозина. Сравнение физико-химических свойств актомиозиновых комплексов реакции полимеризации позволило установить ряд свойств в зависимости от типа использованного фермента. В обоих случаях полученные димеры характеризовались низкой растворимостью при высокой ионной силе, их растворимость зависела от рН. Наибольшую растворимость димеры имели при рН 9,8–10,2 (раствор Вебера). Растворимость димера, полученного с помощью тканевой ТГ (Т-димер) была более высокой по сравнению с димером, полученным с помощью микробиального фермента (М-димером). Активность магнийзависимой АТФазы Т-димера составляла около 2/3 активности АТФазы интактного актомиозина, активность М-димера была следовой. Т-димер суперпреципитировал со скоростью в 4 раза большей, чем интактный актомиозин. М-димер агрегировал в растворах с низкой ионной силой вне зависимости от концентрации АТФ в растворе.

В зависимости от количества ТГ (75–550 ед. на кг мышечной ткани), изменялось относительное содержание димерной формы тяжелых цепей миозина. В зависимости от объекта содержание димера изменялось от 25 (горбуша) до 65 % (кижуч). Степень полимеризации зависела от рН реакционной смеси. Максимальный выход продуктов полимеризации наблюдался при рН 6,5–6,8 (рис. 1).

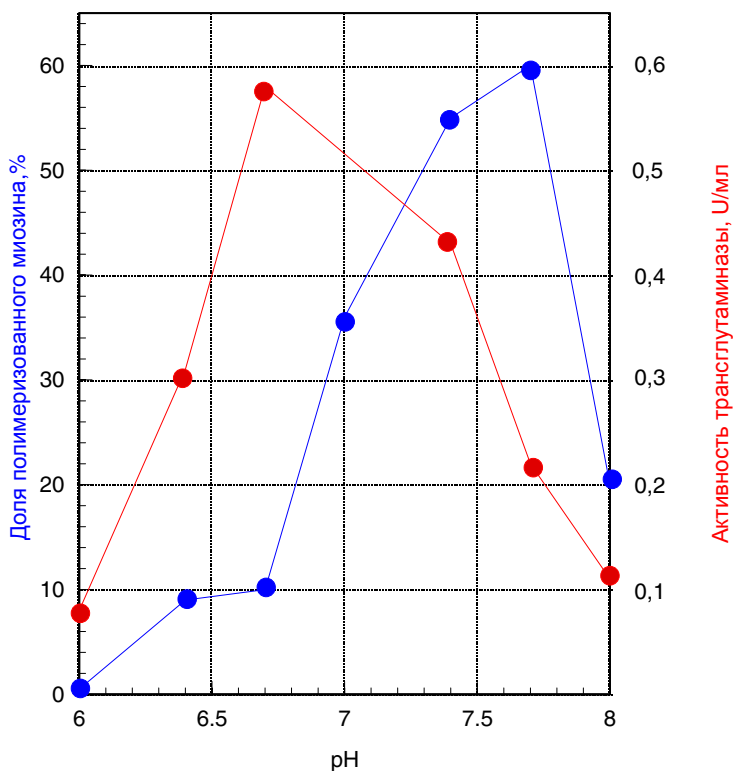


Рис. 1. Зависимость степени полимеризации миозина (от 0 до 20 %) и активности транскламиназы (от 8,5 до 10,5 У/мл) от величины рН реакционной смеси

Исследование влияния полимеризации мышечных белков на прочностные характеристики мышечных фаршей были выполнены методом измерения модуля сохранения в режиме нагревания золь в ячейке реометра. Для модельных экспериментов использовали метод измерения с равномерным подъемом до температуры становления гелей (80 °С). Показана инертность собственных мышечных ТГ в указанных условиях.

При внесении экзогенных ферментов в том же режиме нагревания гелей (скорость — 2,1 °С/мин) наиболее прочные структуры в мышечных

тканей кеты образовывались при рН 6,5–7,5 в концентрате миофибриллярных белков при рН 7,5.

Условия процесса становления гелей в варианте «сувари» в значительной степени определяют конечный результат. При исследовании влияния температуры на реологические характеристики при формировании гелей, в качестве контрольных были выбраны температуры становления гелей 30 и 40 °С. На рис. 2 приведены кривые изменений модулей сохранения и потерь при различных температурах.

Наиболее прочные и эластичные гели образуются при нейтральном или слабощелочном рН и температуре усадки не ниже 40 °С. Эластичность, когезионные, прочностные и вязкостные характеристики мышечных фаршей после формования значительно возрастают при использовании фермента в количестве не менее 0,5 % (250 ед./кг). Даже при сроке хранения

9 мес фарши кеты сохраняют высокие показатели липкости, вязкости и прочностных характеристик. Анализ реологических показателей продуктов «камабоко» на основе фаршей из лососей подтверждает эффективность использования экзогенных ферментов (табл. 2).

Рис. 2. Влияние температуры на реологические характеристики фаршей нерестовой кеты: G' — модуль сохранения; G'' — модуль потерь; 30 и 40 °С — температуры становления гелей

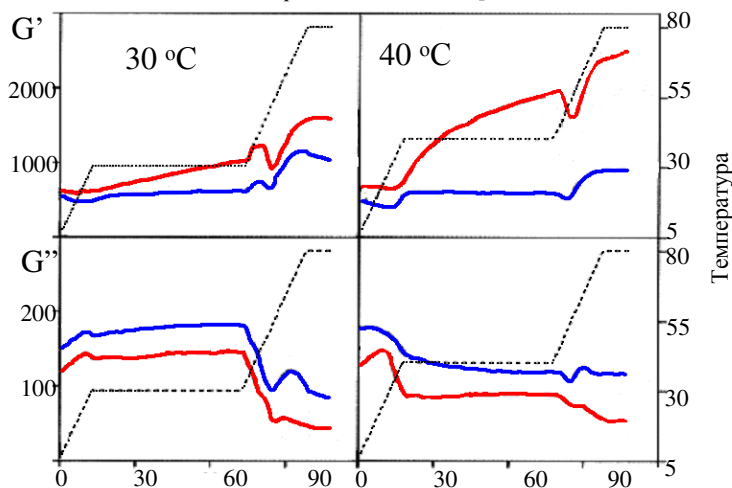


Таблица 2

Изменения ВУС и эластичности «камабоко» на основе фарша нерестовых лососей со сроком хранения 9 мес под действием ТГ

Концентрация ТГ, %	Вода, %	ВУС, %	Эластичность, %
Нерка			
0	74,0	46,3–48,8	46–51
0,5	74,0	51,0–55,0	49–56
Кижуч			
0	74,0	44,0–47,3	53–58
0,5	74,0	48,8–49,0	56–57
Горбуша			
0	74,0	46,7–46,8	54–57
0,5	74,0	42,5–45,6	51–54
Семга			
0	70,0	42,0–44,0	51–52
0,5	72,0	51,0–53,0	54–55

При использовании ТГ для объектов со сроком хранения до 9 мес наблюдали стабилизацию реологических модулей сырых фаршей. Улучшение реологических показателей фаршей наблюдалось при пролонгировании процесса усадки. Использование ТГ позволяет получать формованную продукцию хорошего качества независимо от технoхимических характеристик исходного сырья. На примере мышечных фаршей кеты с различной степенью выраженности нерестовых изменений была продемонстрирована эффективность ТГ в технологиях формованных изделий (табл. 3).

Таблица 3

Реологические характеристики «камабоко» из нерестовой кеты со сроком хранения 9 мес

ТГ, %	Разрушающее напряжение, г	Разрушающая деформация, см	Прочность, г·см	А	В* (%)	С	Д
0	253–256	0,99	251–254	69	40(57)	40	32
0,1	300–303	0,99	297–300	132	106(80)	42	33
0,5	386–413	0,99	382–409	189	144(76)	39	34
1,0	460–500	0,99	455–495	290	228(79)	38	30

Примечание. А — усилие при резании плоским ножом (толщина 0,5 мм), г; В — то же на глубине 1 см, г; * — от режущего усилия В/А 100 %; С — упругость при нагрузке 150 г, %; Д — то же при 450 г, %.

Таким образом, использование ТГ влияет на состав миофибриллярных белков, процессы структурообразования, обеспечивает универсальность технологии формованных

изделий из фаршей лососей независимо от степени выраженности нерестовых изменений, техно-химических характеристик сырья и продолжительности его морозильного хранения.

ЛИТЕРАТУРА

Измайлова В.Н., Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах. — М.: Наука, 1974. — 268 с.

Караулова Е.П., Леваньков С.В., Якуш Е.В. Влияние трансклутаминазы на состав тяжелых цепей миозинов скелетных мышц некоторых видов глубоководных рыб // Изв. ТИНРО. — 2007. — Т. 148. — С. 322–329.

Лазаревский А.А. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. — М.: Пищепромиздат, 1976. — 515 с.

Мельникова О.М. О влагоудерживающей способности мышечных тканей // Рыб. хоз-во. — 1977. — № 2. — С. 72–73.

Орлова М.В., Чибиряк Л.М., Леваньков С.В., Якуш Е.В. Технохимическая характеристика нерестовой кеты // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 1. — С. 24–27.

Greenberg C.S., Birckbichler P.J., Rice R.H. Transglutaminases: multifunctional cross-linking enzymes that stabilize tissues // FASEB J. — 1991. — Vol. 5. — P. 3071–3077.

Griffin M., Wilson J. Detection of ϵ (g-glutamyl) lysine // Molec. Cell. Biol. — 1984. — Vol. 58. — P. 37–49.

Lorand L., Conrad S. Transglutaminases // Molec. Cell. Biol. — 1984. — Vol. 58. — P. 9–35.

Melino G., Annicchiarico-Petruzzelli M., Piredda L. et al. Tissue transglutaminase and apoptosis: sense and antisense transfection studies with human neuroblastoma cells // Molec. Cell. Biol. — 1994. — Vol. 14. — P. 6584–6596.

Takeda H., Seki N. Enzyme-catalyzed cross-linking and degradation of myosin heavy chain in Walleye Pollack surimi paste during setting // Fish. Sci. — 1996. — Vol. 62. — P. 462–467.

Willemijn L. Specificity of tissue transglutaminase explains cereal toxicity in coeliac disease // J. Exp. Med. — 2002. — Vol. 195. — P. 643–649.

ВОДОРОСЛИ И ИХ ПОЛИСАХАРИДЫ В БИОТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ И ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ПРОДУКТАХ

А.В. Подкорытова, Л.Х. Вафина
ФГУП «ВНИРО», г. Москва, Россия, e-mail: podkor@vniro.ru

Морские водоросли и их полисахариды обладают уникальным составом и физико-химическими свойствами, благодаря которым находят широкое практическое применение. Бурые водоросли продуцируют различные химические соединения, многие из которых обладают выраженным биологическим и фармакологическим действием в отношении различных органов, систем и функций живого организма. Многие их биологически активные компоненты крайне редко или вообще не встречаются в наземных растениях. Издавна морские водоросли (или натуральные экстракты из них) используются для приготовления разнообразных пищевых продуктов и в качестве лекарственных веществ. Регулярное употребление водорослей в пищу жителями стран Азиатско-Тихоокеанского региона считается основной причиной отсутствия в этих странах заболеваний зобом, низкого уровня заболеваний сердечно-сосудистой системы, сравнительно высокой продолжительности жизни. Например, в Японии на 1 млн жителей приходится всего 1 случай заболеваний зобом. Очевидно, это обусловлено потреблением морепродуктов и водорослей, содержащих йод. Крупнейшая в Японии компания по переработке водорослей Фуджико (FUJICCO) существует с 1960 г. Собирают съедобные ламинариевые водоросли — *Laminaria japonica*, *L. ochotensis*, *L. diabolica*, *L. angustata* и *L. longissima* — вокруг о. Хоккайдо (Kurihara, 2007). Изготавливают разнообразную пищевую продукцию, не смешивая виды водорослей, так как они различаются по химическому составу и вкусовым качествам. Эти виды водорослей и многие другие предназначены для производства пищевых продуктов. Производственный процесс отличается высокой культурой, стерильностью, автоматизирован. Всю выпускаемую продукцию (20 млн 250 тыс. упаковок) реализуют в Японии. В настоящее время в Японии производят около 400 наименований пищевых продуктов из съедобных водорослей. Некоторые виды водорослей, их японское название, способы обработки и применения показаны в табл. 1.

Таблица 1

Обобщенные данные об использовании морских водорослей в пищу в Японии
(Seaweed Resources of the World, 1998)

Вид водоросли	Японское название	Способ обработки	Пищевое использование
Chlorophyta			
<i>Monostroma</i> spp.	Hetoegusa	Свежедобытые и сушеные	Для супов, джемов
<i>Enteromorpha</i> spp.	Aonori	Сушеные	Порошки-приправы
<i>Caulerpa racemosa</i>	Kubizeruta	Свежедобытые	Салаты
Phaeophyta			
<i>Cladosiphon okamuranus</i>	Okinawamozuku	Соленые	Салаты с соевым соусом и уксусом
<i>Nemacystis decipiens</i>	Mozuku	Соленые	Салаты с соевым соусом и уксусом
<i>Eclonia cava</i>	Arame	Сушеные	Варят с соевым соусом
<i>Udaria pinnatifida</i>	Wakam	Сушеные и соленые	Супы и салаты
<i>Hizikia fusiformis</i>	Hiziki	Сушеные	Варят с соевым соусом
Rhodophyta			
<i>Porphyra</i> spp.	Nori	Сушеные	Ролы с рисом
<i>Grateloupia filicina</i>	Mukadenori	Соленые	Салаты
<i>Eucheuma gelatinae</i>	Kirinsai	Соленые	Салаты
<i>Meristotheca papulosa</i>	Tosakanori	Соленые	Салаты
<i>Gracilaria</i> spp.	Ogunori	Соленые	Салаты

Для жителей России и, особенно, в ее центральных районах продукты из водорослей не являются традиционными продуктами питания, в то время как для жителей прибрежных регионов ламинария и другие водоросли являются неотъемлемой частью рациона, что приводит к значительному улучшению здоровья и увеличению продолжительности жизни населения.

С другой стороны, продукты из водорослей обладают специфичным запахом и вкусом, есть некоторые трудности в употреблении (для пожилых людей и детей раннего возраста могут возникнуть проблемы при пережевывании салатов из морской капусты). Кроме того, выпускаемая в настоящее время продукция из морских водорослей достаточно однообразна, и представлена в виде салатов и консервов. Одновременно существует немало причин, сдерживающих потребителя от регулярного потребления продукции из ламинарии. В первую очередь, это отсутствие достаточной информации у населения о фармакологических и профилактических свойствах продукции из ламинарии. Например, сотрудниками Калининградского государственного технического университета был проведен статистический опрос 100 респондентов (студенты 19–20 лет). Оказалось, что 70 % опрошенных уже известно о необходимости употребления йодсодержащих продуктов, но они не употребляют продукцию их ламинарии в связи с ее специфичным запахом. 28 % опрошенных никогда не употребляли продукты из ламинарии и не имеют никакой информации о пользе употребления в пищу водорослей (Руднева, Мезенова, 2005). В связи с этим, разработка технологии и рецептур продукции эмульсионного, гелеобразного типа и напитков для массового и диетического питания с использованием морских водорослей, гелей на их основе, а также рыбного сырья, овощных и фруктовых добавок — актуальная задача для науки и пищевой промышленности. Решение этих задач и выпуск новой продукции обеспечит население России низкокалорийными продуктами, органолептические свойства которых не отличаются от традиционных и сбалансированных по необходимым компонентам. В качестве структурообразователя и стабилизатора систем целесообразно использовать водорослевые гели из ламинарий с применением технологических приемов и принципов обработки запатентованных ранее (Пат. № 2041656). В последнее время разработаны напитки и десертные продукты со вкусом яблока и черной смородины на основе геля из ламинарии японской (табл. 2). Биотехнологические процессы получения десертной продукции и напитков идентичны, отличаются только рецептуры. Полученные продукты по органолептической оценке аналогичны традиционной продукции (желе и кисели) используемые населением центральной России, имеют приятный вкус и консистенцию. При употреблении новых видов напитков и желе (десерты) не возникает никаких проблем ни у взрослых, ни у детей (Podkorytova et al., 2007a, b). Интересным и перспективным представляется получение напитков, а также желеобразных изделий на основе водорослевых гелей из фукусковых водорослей или ламинарии сахарины, в связи с их уникальным химическим составом (Репина и др., 2005; Podkorytova et al., 2007a, b).

Водорослевые гели, получаемые из водорослей *Laminaria* spp. эффективно применяют в комплексной терапии лечения гастроэнтерологических заболеваний, сердечно-сосудистой системы, печени и почек, кожи, эндокринных заболеваний (сахарный диабет, гипотиреоз). Кроме того, водорослевые гели являются эффективным средством, применяемым в косметологии. Его действие связано с восстановлением структуры и функций кожи. Применяют водорослевые гели в качестве основы при составлении масок для лица, аппликаций для тела, компонента общей ванны. Положительное воздействие водорослевого геля на кожу обусловлено содержанием в геле фукоидана, альгината, моносахаридов, микро- и макроэлементов, витаминов. Эти компоненты усиливают микроциркуляцию, восстанавливают, омолаживают, сохраняют кожу от вредного воздействия окружающей среды. При этом фукоидан, содержащийся в геле, предотвращает развитие рака кожи и в частности, рака кожи лица, которое чаще других участков тела подвергается воздействию ультрафиолетового облучения (Разумов и др., 2004).

Полисахариды, выделенные из морских водорослей — альгинаты, фукоидан и ламинаран, обладающие спектром биологических активностей, или их комплексы с другими компонентами водорослей, а также в составе лечебно-профилактических продуктов широко используются в функциональном и лечебном питании, и представляют наибольший интерес в научном и практическом аспекте. Основные, наиболее ценные свойства полисахаридов водорослей — это способность образовывать в воде вязкие растворы или растворяться в горячей воде или молоке, а при ох-

лаждении превращаться в гель. В настоящее время во всем мире все большее значение придается необходимости применения водорослевых полисахаридов для оздоровления человека. Рекомендуют для всех групп населения использовать продукцию из агара и альгинатов как специальную пищу для здоровья и очищения организма. Например, в Японии существует Программа по оздоровлению населения с помощью продуктов из агара. Сейчас уже 27 млн человек являются участниками этой программы и ежедневно употребляют пищу на основе агара. В России получили широкое распространение и популярность биологически активные добавки на основе йод- и фукоидансодержащих экстрактов из бурых водорослей, солей альгиновой кислоты — альгинатов. Их успешно применяют в медицинской практике, однако уровень производства еще не достаточен для обеспечения населения всех регионов России.

Таким образом, к настоящему времени разработаны принципиальные технологические решения и процессы в технологии и биотехнологии пищевых продуктов, основанные на методах щадящей, дифференцированной обработки водорослей, приводящих к деструкции клеточной стенки тканей водорослей, освобождению структурно связанного полисахарида от минеральных компонентов и созданию условий для процесса гелеобразования.

Развитие биотехнологии и других отраслей дают возможность правильно оценить роль полисахаридов и их сорбционные, коллоидные и лечебно-профилактические свойства, использование которых позволяет управлять составом и другими практически важными параметрами новых продуктов. При этом в биотехнологии, в пищевой отрасли и других направлениях предпочтительно использовать добавки, полученные из естественного сырья и обладающие не только структурообразующими, но определенными функциональными свойствами.

Очевидно, что внесение полисахаридов в продукты питания обогащают рацион человека пищевыми волокнами и сорбентами, активно участвующими в метаболических процессах организма.

Разработаны способы получения и рецептуры различных пищевых и лечебно-профилактических продуктов на основе неочищенных водорослевых гелей и альгинатов, а также рекомендации по их применению в профилактике и лечении некоторых заболеваний и косметологии.

ЛИТЕРАТУРА

Пат. № 2041656 РФ. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей / А.В. Подкорытова, Е.А. Ковалева, Н.М. Аминина. Приоритет от 23.10.91 г.; Оpubл. 20.08.95, ИБ № 23.

Разумов А.Н., Бобровницкий И.П., Михайлов В.И. и др. Влияние геля из бурых морских водорослей на иммунитет, функцию внутренних органов. Технология изготовления, использование для диетического и лечебно-профилактического питания. — М.: Изд-во "Медицина для всех", 2004. — 239 с.

Репина О.И., Коровкина Н.В., Подкорытова А.В. Лечебно-профилактические напитки на основе биологически активных экстрактов из беломорских фукусковых водорослей и северных ягод // Пиво и напитки. — М.: Пищ. пром-сть, 2005. — № 2.

Руднева А.И., Мезенова О.Я. Разработка технологии продуктов с ароматом копчения из ламинарии // Материалы 2-ой Междунар. конф. "Морские прибрежные экосистемы: водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки". — М.: ВНИРО, 2005. — С. 226–228.

Kurihara H. Biologically active compounds obtained from macroalgae collected in Hokkaido, Japan // 19 Intern. Seaweed Sympos. (Seaweeds: Science and Technology For Traditional and Modern Utilization). — Kobe, Japan, 2007. — P. 56–57.

Podkorytova A.V., Repina O.I., Muravjeva E.A., Usov A.I. Seaweeds of the White and Black Seas: chemical composition, properties of polysaccharides, their use // 19 Intern. Seaweed Sympos. (Seaweeds: Science and Technology For Traditional and Modern Utilization). — Kobe, Japan, 2007a. — P. 133.

Podkorytova A.V., Vafina L.H., Kovaleva E.A. & Mikhailov V.I. Production of algal gels from the brown alga, *Laminaria japonica* Aresch., and their biotechnological applications // Journ. of Applied Phycol. — Springer Netherlands, 2007b. — Vol. 19, № 6. — P. 827–830.

Seaweed Resources of The World / Ed. A.T. Critchly and Masao Ohno. — Kanagawa International Fisheries Centre: Jap. Int. Coop. Agency, 1998. — 431 p.

ДИНАМИКА ОБЩИХ ЛИПИДОВ МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МОЛОДИ СЕМГИ (*SALMO SALAR L.*) РЕКИ НИЛЬМА (БЕЛОЕ МОРЕ)

М.В. Пономарева¹, Е.В. Пономарева², Г.Г. Новиков¹

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, e-mail: ponomasha@mail.ru

² Институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского (МГУ им. М.В. Ломоносова), г. Москва, Россия, e-mail: kronom@mail.ru

Основное внимание при изучении атлантического лосося Европейского Севера уделяется популяциям из крупных рек, между тем исследование структуры популяций этого вида в небольших реках важно для выяснения адаптивных возможностей вида. Кроме того, пресноводный период жизни популяций атлантического лосося в литературе освещается в существенно меньшей степени, чем нерестовый. Мониторинг р. Нильма Кандалакшского залива бассейна Белого моря проводился на протяжении нескольких лет как по биологическим, так и по генетическим параметрам (Пономарева и др., 2002).

Анализировали количество общих липидов в мышечной ткани рыб разного физиологического состояния (смолты, созревающие и т.д.) в разных возрастных группах (407 особей). Отлов проводился в июне и августе 1994–1999 гг. Для исследования брали кусочки белой мышечной ткани в районе спинного плавника, фиксировали в смеси метанол-хлороформ в соотношении 1 : 2. Далее обработка проводилась по методу Фолча для анализа содержания общих липидов в модификации В.И. Лапина и Е.Г. Черновой (1970).

У молоди семги р. Нильма исследовали анатомическое и гистологическое состояние воспроизводительной системы 193 особей по стандартным методикам. Гонады фиксировали в жидкости Буэна, заливали в парафин и окрашивали срезы железным гематоксилином по Генденгайну (Ромейс, 1954). Стадии зрелости оценивали по шкале, предложенной И.Г. Мурзой и О.Л. Христофоровым (1991).

Река Нильма (4 км) вытекает из оз. Нильмо, впадает в море и, по-видимому, представляет наименьший водоем, в котором обитает семга (Пономарева и др., 2002). Часть молоди скатывается в море в июне, в возрасте 2+, остальные в возрасте 3+. Смолты представлены преимущественно неполовозрелыми самками (II стадии 3-й ступени цитоплазматического роста); лишь отдельные особи самцов скатываются в море, их гонады — преимущественно со следами предыдущего созревания VI–I стадии. В период наблюдений было выловлено несколько карликовых самцов пяти- (4+) и шестилетнего (5+) возраста. Типичными для карликовых самцов, пойманных в августе, были семенники III поздней стадии зрелости. Стадия зрелости всех самок в речной период в Нильме, как и в других исследованных ранее популяциях беломорской семги, не превышала II стадии с ооцитами 3-й ступени ЦПР (Мурза, Христофоров, 1991).

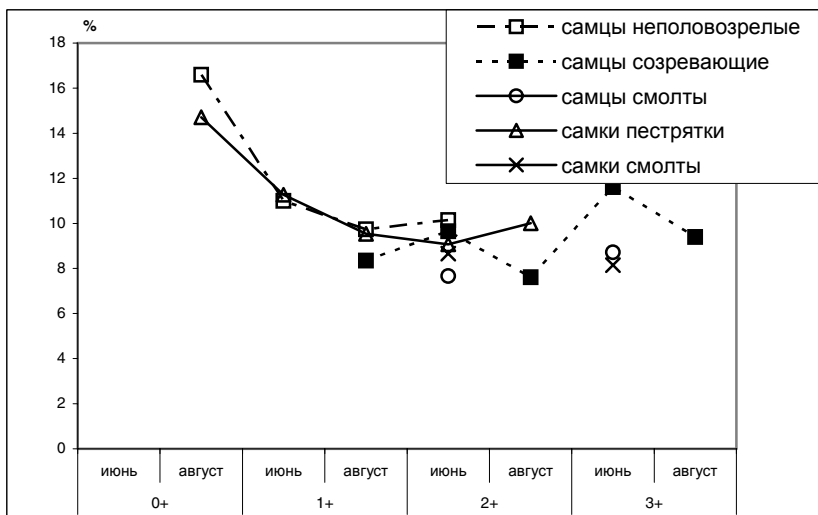
Рыбы младшей возрастной группы — сеголетки (0+) — были пойманы только в августе. Все самцы 0+ находились на I стадии зрелости, а самки на II стадии зрелости I и 2-й ступени ЦПР. Самцы и самки почти не отличались друг от друга по количеству липидов в мышечной ткани (табл. 1, см. рисунок).

Таблица 1

Количество общих липидов в мышечной ткани молоди семги р. Нильма, % от сухой массы

Пол, половозрелость		0+		1+		2+		3+	
		Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август
Самцы	Неполовозрелые		16,6	11,0	9,7	10,2			
	Созревающие Смолты				8,4	9,7	7,6	11,6	9,4
Самки	Пестрятки		14,7	11,3	9,5	9,1	10,0		
	Смолты					8,7		8,2	

Самки-двухлетки (1+) представлены однородной группой неполовозрелых пестряток, с одинаковой стадией зрелости, не превышающей II стадии зрелости 3-й ступени ЦПР. У части самцов-двухлеток начинается процесс созревания, и к августу созревает больше половины (59,7 %). Гонады большинства самцов в июне находятся на I стадии зрелости, а созревающих — на II. Жирность



самок и неполовозрелых самцов в июне и в августе примерно одинаковая, тогда как у созревающих самцов с июня по август происходит снижение жирности на 2 %. Снижение жирности в процессе созревания гонад также отмечалось другими исследователями (Сидоров, 1983).

Количество общих липидов в мышечной ткани молоди семги р. Нильма (% от сухой ткани)

Трехлетки (2+) — наиболее разнообразная группа по физиологическому состоянию: в ней присутствуют покатники, созревающие самцы и неполовозрелые пестрятки. В этом возрасте начинается скат молоди в море. Отдельные самцы скатываются в море, остальные, оставшись в реке, созревают и становятся карликовыми самцами (табл. 2). Смолты имеют минимальную жирность среди всех рыб, исследованных нами в июне, что неоднократно отмечалось и другими исследователями (Lovern, 1934; Маликова, 1957; Рубан, 1979) и объясняется значительными энергетическими затратами на подготовку к переходу в соленую воду (см. рисунок, табл. 1).

Таблица 2
Соотношение смолтов среди самцов и самок, %

Пол	2+	3+
Самцы	6,5	26,7
Самки	39,1	100,0

самок, длина которых превышает 10 см на 1,5 % больше, чем у самок, длина которых меньше 10 см (9,3 и 7,8 % соответственно). Таким образом, можно предположить, что в следующем году скатятся в море самки с повышенным темпом роста и повышенным уровнем жирности, а самки с низким темпом роста и низкой жирностью — еще через год в возрасте 3+.

Из литературных данных известно, что смолтифицируются рыбы с повышенным темпом роста (Thorpe, 1987; Казаков, Веселов, 1998), что подтверждается и нашими результатами (табл. 3). Нами было проведено сравнение жирности самок возраста 1+, за год до ската, с разными длинами, и выявлено, что жирность

Таблица 3
Размерная характеристика молоди семги р. Нильма (в числителе — средняя, в знаменателе — интервал значений (мм), в скобках — количество рыб)

Пол, половозрелость		0+		1+		2+		3+	
		Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	
Самцы	Неполовозрел.	<u>51,6 (14)</u> 41–61	<u>69,3 (41)</u> 56–87	<u>94 (38)</u> 82–113	<u>109,9 (18)</u> 93–131	–	–	–	
	Созревающие	–	–	<u>100,9 (39)</u> 86–118	<u>115 (11)</u> 104,5–123,5	<u>134,6 (32)</u> 114–165	<u>143,5 (11)</u> 124–170	<u>164,6 (15)</u> 136–189	
	Смолты	–	–	–	<u>118,5 (2)</u> 117–120	–	<u>140,3 (4)</u> 132–165	–	
Самки	Пестрятки	<u>50,5 (11)</u> 40–57,5	<u>65,5 (39)</u> 51–122	<u>99,6 (87)</u> 52–130	<u>109,6 (14)</u> 92–127	<u>125,4 (9)</u> 110–151	–	–	
	Смолты	–	–	–	<u>119,7 (9)</u> 117–125	–	<u>147,3 (13)</u> 169–123	–	

Процесс созревания самцов происходит не одновременно: у самцов 2+ в июне наблюдали стадии зрелости от I или VI–I до III ранней, почти все они созревают к августу. Жирность самцов в июне выше на 0,5–1,0 %. Ранее было показано что, в карликовую форму превращается молодь с ускоренным темпом прироста массы тела. (Европейцева, 1960). В августе почти все пойманные нами самцы-трехлетки (97,1 %) были половозрелыми, и жирность их по сравнению с июнем снизилась так же, как и у самцов возраста 1+. Жирность не скатившихся в море самок к августу не-

много (на 1 %) возросла (см. табл. 1). Незначительный прирост жирности или его отсутствие в летний период при активном питании молоди можно объяснить энергетическими затратами на интенсивный рост.

Группа четырехлетних рыб (3+) в июне представлена самками-смолтами, среди самцов отдельные особи — смолты, остальные — созревающие самцы со следами предыдущего созревания (стадии зрелости VI-I, VI-II, III ранняя). В августе эта возрастная группа представлена только карликовыми самцами. У них, как и у карликовых самцов других возрастных групп, происходило снижение жирности в процессе созревания. Жирность карликовых самцов 3+ в июне и августе была несколько выше, чем самцов 1+ и 2+. Более высокий уровень жирности у карликовых самцов 3+, вероятно, можно объяснить тем, что самцы 3+ крупнее, поэтому им доступны другие кормовые объекты и участки на более быстром течении, которые недоступны рыбам меньших размеров, при этом численность рыб в возрасте 3+ значительно ниже, чем 1+ и 2+ и, соответственно, ниже конкуренция за пищевые объекты. Жирность смолтов и карликовых самцов в июне и карликовых самцов в августе примерно одинаковая (см. рисунок, табл. 1) и, исходя из этого, можно предположить, что процессы созревания и смолтификации требуют сходных энергетических затрат.

В результате проведенных исследований отмечено, что количество общих липидов в мышечной ткани молоди семги снижается с увеличением возраста. Максимальная жирность была отмечена у сеголеток (около 16 % от сухого веса), к возрасту 2+ происходит снижение жирности почти в 2 раза до 9 % (см. рисунок). Это, вероятно, можно объяснить различными условиями обитания и объектами питания рыб в разном возрасте. Как показано в литературе (Веселов, 1998) — и подтверждается нашими наблюдениями — сеголетки обитают на участках реки с меньшей глубиной более медленным течением по сравнению с теми участками, где обитают пестрятки старших возрастов.

С увеличением возраста количество общих липидов в мышечной ткани у пресноводной молоди семги р. Нильма снижается, что связано с различными условиями обитания и питания молоди в разном возрасте. В летний период, несмотря на активное питание, жирность молоди увеличивается незначительно, а иногда даже снижается, что связано с интенсивным ростом молоди в это время. В июне минимальную жирность имеют смолты, а в августе — карликовые самцы, что говорит о сходных энергетических затратах на процессы смолтификации и созревания.

ЛИТЕРАТУРА

- Веселов А.Е. Распределение и поведение молоди атлантического лосося в летний период // Атлантический лосось / под ред. Р.В. Казакова. — СПб.: Наука, 1998. — С. 159–180.
- Европейцева Н.В. Соотношение процессов раннего развития гонад и переход в покатное состояние у самцов балтийского лосося (*Salmo salar*) // Зоол. журн. — 1960. — Т. 39. — С. 777–779.
- Казаков Р.В., Веселов А.Е. Закономерности смолтификации атлантического лосося // Атлантический лосось / под ред. Р.В. Казакова. — СПб.: Наука, 1998. — С. 195–241.
- Лапин В.И., Чернова Е.Г. О методике экстракции жира из сырых тканей рыб // Вопр. ихтиол. — 1970. — Т. 10, вып. 4. — С. 427–428.
- Маликова Е.М. Биохимическая оценка молоди лосося при переходе в состояние, близкое к покатному, и при задержке серебрения в пресной воде // Тр. латв. отд. ВНИРО. — 1957. — Вып. 2. — С. 257–281.
- Мурза И.Г., Христофоров О.Л. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. — Л.: ГосНИОРХ, 1991. — 102 с.
- Пономарева Е.В., Пономарева М.В., Кузищин К.В. и др. Межгодовые изменения структуры популяции и генетическая изменчивость атлантического лосося *Salmo salar* реки Нильмы (Белое море) // Вопр. ихтиол. — 2002. — Т. 42, № 3. — С. 347–355.
- Ромейс Б. Микроскопическая техника. — М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1954. — 718 с.
- Рубан А.К. Динамика накопления и распределения жира в тканях и органах молоди семги // Печорский лосось. — Сыктывкар, 1979. — С. 65–81.
- Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. — Л.: Наука, 1983. — 240 с.
- Lovern J.A. Fat metabolism in fishes. V. The fat of salmon in its young fresh water stages // Biochem. J. — 1934. — Vol. 28. — P. 1961–1963.
- Thorpe J.E. Environmental regulation of some growth patterns in juvenile Atlantic salmon // Age and growth in fishes / Eds R.C. Summerfelt, G.E. Hall. — Iowa Univ. Press. Ames, 1987. — P. 463–474.

МАСЛЯНЫЕ ЭКСТРАКТЫ БАВ ГИДРОБИОНТОВ В ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Е.И. Рыбникова, М.В. Орлова, Ю.В. Паулов, Н.Н. Ковалев
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: orlova@tinro.ru

Современная система торговли, при которой скоропортящиеся продукты питания транспортируются на большие расстояния, вынуждает производителей искать способы сохранения высоких потребительских свойств продуктов и увеличения сроков их хранения. Наиболее эффективным и легкоприменимым является поиск пищевых добавок, сохраняющих качественные и санитарные показатели продукта на протяжении установленного производителем срока хранения. В настоящее время широкое распространение получили добавки из гидробионтов в составе мясных продуктов. Так, хитозан применяется для продуктов диетического питания, способствующих выведению радионуклидов из организма; для создания эмульсий, соусов, паст, съедобных колбасных оболочек; осветления пива, соков, вин; для использования в копильных препаратах в роли адгезива и бактериостатического пленкообразователя. Установлено, что добавление хитозана и сукцината хитозана при производстве мясных продуктов целесообразно для повышения их органолептических и функционально-технологических характеристик (Куркина, Садовой, 2006). Исследования ВНИРО убедительно доказали, что белковый гидролизат из гонад кальмаров (ТУ 9283-004-00038155-01. Кальмарин) обладает гемостимулирующими, радиопротекторными и антистрессовыми свойствами и может быть использован при производстве продуктов питания (Новикова, 2003). При внесении добавки «Кальмарин» в состав рубленых мясных полуфабрикатов было обнаружено, что полученный продукт характеризуется более высокой стабильностью качественных и санитарных показателей как при кратковременном, так и при длительном хранении в замороженном состоянии по сравнению с полуфабрикатами, выработанными без этой добавки (Хлебников и др., 2004).

Существует множество способов, позволяющих продлить сроки хранения вареных колбас и сосисок. В большинстве своем — это внесение консервантов на основе органических кислот. К недостаткам этих добавок можно отнести то, что внесение их в продукт может отрицательно сказываться на качестве готового продукта (накопление потенциальных канцерогенов, кислый привкус, изменение вкуса самого продукта) при этом, незначительно увеличивая сроки хранения.

Целью данной работы являлось исследование влияния масляных экстрактов асцидии и корбикулы на сроки хранения сосисок в проницаемой оболочке «Амилюкс», а также на реологические показатели прошедших термообработку сосисок по сравнению с контрольным образцом (без добавок).

Микробиологические исследования проводились согласно СанПиН 2.3.2.1078-01. Реологические показатели — модуль сохранения (G') и модуль потерь (G'') — определяли на приборе Rheograph sol (Toyo Seiki Seisaku — Sho. Ltd) динамическим методом, при котором применяли деформирование исследуемого образца по колебательному гармоничному режиму. Амплитуда, т.е. величина деформации, должна быть мала, чтобы не изменялась структура образца. При этом определяли энергию, запасаемую в образце и отдаваемую им в каждом полуцикле. Мерой этой энергии служит модуль накопления упругой деформации (или модуль сохранения G'). Одновременно определяли сопротивление образца деформированию, которое характеризуется модулем потерь (G''). В каждом цикле происходит сдвиг деформации относительно напряжения на некоторый фазовый угол, который тем больше, чем больше потери. Вследствие отставания деформации от напряжения часть механической энергии теряется, т.е. переходит в тепло. Комплексный модуль (G^*) рассчитывали по формуле: $G^* = \sqrt{((G')^2 + (G'')^2)^{1/2}}$ (Дроздова и др., 1997). Разрушающее напряжение (H , г) и разрушающую деформацию (L , мм) мышц определяли на приборе Fudoh Rheo Meter (Rheotech Co., LTD, Япония), используя стальной сферический плунжер диаметром 5 мм.

Масляные экстракты асцидии и корбикулы добавляли в фарш сосисок на последней стадии его измельчения в куттере. Расчет количества вносимого экстракта асцидии был произведен исходя из рекомендуемого Институтом питания уровня потребления каротиноидов, как БАД, и составил для асцидии 25 мл/кг фарша сосисок, для корбикулы 10 мл/кг. Контрольный образец сосисок был приготовлен по стандартной рецептуре, без добавок. Все фарши исследуемых образцов были

набиты в проницаемую сосисочную оболочку «Амилюкс» и доведены в термопечи до кулинарной готовности (72 °С по центру сосисочного батончика). После термообработки образцы охладились под душем и были отправлены в камеру хранения (6 °С).

Результаты микробиологического исследования сосисок в проницаемой оболочке «Амилюкс» с экстрактом асцидии, корбикулы и контрольного образца представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты микробиологического исследования

Микробиологические показатели	Норма по НД	Контрольный образец (время хранения, сут)				Образец с экстрактом корбикулы (время хранения, сут)			
		1	5	7	9	1	5	7	9
МАФАНМ в 1 г	1,0×10 ³	1,0×10 ¹	9,0×10 ²	1,0×10 ³	1,5×10 ³	1,0×10 ¹	5,0×10 ¹	6,0×10 ²	8,0×10 ²
						Образец с экстрактом асцидии			
						1,0×10 ¹	1,2×10 ²	1,5×10 ²	4,2×10 ²

Добавление масляных экстрактов явилось причиной приостановления роста общего количества бактерий уже на 9-е сут хранения. При этом общее микробное число образцов (МАФАНМ), приготовленных с добавлением экстрактов асцидии и корбикулы незначительно различается между собой, а также не превышает значения, соответствующего требованию нормативной документации. Контрольный образец выдержал 7 сут хранения при температуре 0–6 °С.

Микробиологические исследования позволяют сделать вывод о возможности продления сроков хранения образцов с добавками экстрактов асцидии и корбикулы более 9 сут при 0–6 °С.

Результаты определения динамических модулей приведены в табл. 2. Реологические показатели, а также комплексный модуль G^* являются характеристиками микроструктуры образцов исследуемых сосисок. Модуль G' характеризует прочностную характеристику образцов, а модуль G'' — динамическую вязкость, соответственно, модуль G^* является общей прочностно-вязкой характеристикой системы. На протяжении всего срока хранения происходит увеличение среднего значения прочности (плотности) контрольного образца значение показателя его динамической вязкости и комплексный модуль уменьшаются после 8 сут хранения. Это полностью соответствует микробиологическим показателям и говорит об ослаблении структуры как о следствии жизнедеятельности микроорганизмов. В образце сосисок с экстрактом асцидии, наблюдается увеличение всех прочностных характеристик и лишь на 12-е сут происходит уменьшение их значений. Возрастающие показатели значений динамических модулей наблюдаются в образце с добавлением экстракта корбикулы, что говорит о более стабильной структуре исследуемых образцов сосисок на протяжении всего срока хранения.

Таблица 2

Динамические модули

Срок хранения		Контроль (G", * 10 ³ Па)			Асцидия (G", * 10 ³ Па)			Корбикула (G", * 10 ³ Па)		
1-е сут хранения	среднее	6,45	1,325	6,58	6,025	1,175	6,14	5,6	1,15	5,72
	ст. отклон.	0,252	0,050		0,263	0,171		0,572	0,129	
	верх0,95	6,850	1,405		6,443	1,447		6,509	1,355	
	низ0,95	6,050	1,245		5,607	0,903		4,691	0,945	
5-е сут хранения	среднее	6,45	1,40	6,60	6,075	1,175	6,19	5,60	1,15	5,72
	ст. отклон.	0,058	0,082		0,096	0,050		0,141	0,058	
	верх0,95	6,542	1,530		6,227	1,255		5,825	1,242	
	низ0,95	6,358	2,270		5,923	1,095		5,375	1,058	
8-е сут хранения	среднее	6,80	1,65	7,00	6,60	1,175	6,70	5,60	1,15	5,72
	ст. отклон.	0,258	0,208		0,115	0,050		0,216	0,100	
	верх0,95	7,211	1,981		7,191	1,255		5,944	1,309	
	низ0,95	6,389	1,319		6,609	1,095		5,256	0,991	
12-е сут хранения	среднее	6,80	1,575	6,98	6,10	1,175	6,21	5,825	1,20	5,95
	ст. отклон.	0,082	0,171		0,082	0,050		0,126	0,082	
	верх0,95	6,930	1,847		6,230	1,254		6,025	1,330	
	низ0,95	6,670	1,303		5,970	1,095		5,625	1,070	

Характеристики макроструктуры — разрушающее напряжение (Н, г) и разрушающая деформация (L, мм), прочность исследуемых образцов (НхL, г*см) — приведены в табл. 3. Разрушающее напряжение и прочность в контрольном образце увеличивались на протяжении 8 сут хранения, что свидетельствует об увеличении жесткости сосисок, на 12-е сут хранения наблюдалось разрыхление структуры, а значение разрушающей деформации уменьшилось на 5-е сут хранения, что свидетельствует об ослаблении структуры контрольного образца. В образце с экстрактом асцидии наблюдается увеличение жесткости и плотности, лишь на 12-е сут хранения происходит уменьшение этих показателей, в то время как значение разрушающей деформации уменьшается и возрастает лишь на 12-е сут хранения, что свидетельствует о хрупкости образца. В образце с экстрактом корбикулы наблюдали высокие значения всех прочностных показателей лишь на 1- и 12-е сут хранения образца, в то время как на 5- и 8-е сут хранения значения разрушающего напряжения, деформации и прочность убывают.

Таблица 3

Значения разрушающего напряжения, разрушающей деформации, прочность

Срок хранения		Контроль			Асцидия			Карбикула		
		Н, г	L, мм	НхL, г*см	Н, г	L, мм	НхL, г*см	Н, г	L, мм	НхL, г*см
1-е сут хранения	среднее	190,93	7,39	141,05	184,87	7,03	129,90	173,33	6,99	121,19
	ст. отклон.	7,25	0,67	12,93	7,09	0,32	7,66	7,40	0,26	8,27
	верх0,95	194,95	7,77	148,23	188,79	7,20	134,15	177,43	7,13	125,79
	низ0,95	186,92	7,02	133,89	180,94	6,85	125,67	169,23	6,84	116,63
5-е сут хранения	среднее	204,33	7,00	143,10	194,33	6,83	132,72	171,80	6,97	119,80
	ст. отклон.	9,47	0,28	9,75	6,63	0,26	7,94	5,99	0,32	6,73
	верх0,95	209,58	7,15	148,49	198,00	6,97	137,11	175,12	7,15	123,54
	низ0,95	199,09	6,85	137,71	190,66	6,68	128,34	168,48	6,80	116,09
8-е сут хранения	среднее	217,40	7,10	154,40	201,67	6,78	136,81	168,47	6,68	112,50
	ст. отклон.	5,26	0,24	7,49	5,84	0,23	4,96	5,17	0,21	3,82
	верх0,95	220,31	7,23	158,56	204,90	6,91	139,55	171,33	6,80	114,64
	низ0,95	214,49	6,97	150,26	198,43	6,65	134,05	165,61	6,56	110,40
12-е сут хранения	среднее	216,20	7,00	151,39	196,73	6,80	133,59	175,33	6,84	120,59
	ст. отклон.	6,16	0,38	10,06	8,25	0,27	6,52	7,29	0,27	7,29
	верх0,95	219,61	7,21	156,96	201,30	6,95	137,20	179,37	6,99	124,65
	низ0,95	212,79	6,79	145,81	192,16	6,65	129,99	171,30	6,69	116,58

Таким образом, добавление масляных экстрактов асцидии и корбикулы в фарш сосисок в проницаемой оболочке, способствует увеличению сроков их хранения на двое суток, при этом, не оказывая влияния на реологические (органолептические) свойства продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- Дроздова Л.И., Якуш Е.В., Ерошкина М.Я. Исследование процесса гелеобразования в системе рыбного, соевого и молочного белков // Изв. ТИНРО. — 1997. — Т. 120. — С. 244–253.
- Куркина Е.А., Садовой В.В. Перспективы использования хитозана при производстве мясных продуктов // Мясная индустрия. — 2006. — № 6. — С. 36–38.
- Новикова М.В. Разработка технологии биологически активных добавок из гидробионтов и отходов их разделки: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. — М., 2003. — 49 с.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М.: Минздрав России, 2002. — 215 с.
- Хлебников В.И., Дмитриенко С.Ю., Кузнецова Т.Г. Биологическая добавка «Кальмарин» улучшает потребительские свойства мясных полуфабрикатов // Мясная индустрия. — 2004. — № 6. — С. 38–39.

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ОТХОДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ КУКУМАРИИ

Т.Н. Слуцкая, Г.Н. Тимчишина, А.Е. Карлина
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: slytskaya@tinro.ru

При производстве пищевых продуктов из кукумарии остается определенное количество неиспользуемых отходов, которые представляют собой щупальца вместе с небольшими прирезами (1–2 см) мускульного мешка, количество их составляет в среднем около 6 % массы разделяемого сырья и может несколько варьировать в зависимости от вида кукумарии (табл. 1)

Таблица 1

Массовый состав кукумарии, %, среднее \pm σ

Вид	Масса особи, г	Мускульная оболочка	Внутренности	Щупальца с прирезами мускульного мешка	Внутриполостная жидкость
<i>Cucumaria okhotensis</i>	350 \pm 50	25,3 \pm 3,8	40,8 \pm 3,1	4,7 \pm 1,0	29,2 \pm 2,3
<i>C. japonica</i>	340 \pm 60	34,8 \pm 4,3	34,3 \pm 3,4	6,8 \pm 1,2	24,1 \pm 3,1
<i>C. frondoza</i>	1280 \pm 310	11,6 \pm 2,1	18,9 \pm 1,2	6,0 \pm 0,7	66,0 \pm 4,5

Массовая доля мускульного мешка и внутренностей может зависеть от количества внутриполостной жидкости, но весовой объем щупалец с прирезами (далее «щупалец») остается постоянным (табл. 1).

Химический состав щупалец характеризуется очень высоким содержанием минеральных веществ (до 7 %), количество белка не превышает 9 %. Белки на 60–70 % представлены коллагеном, что обуславливает жесткость щупалец даже после длительной термической обработки.

Из биологически активных компонентов в щупальцах обнаружены гликозиды (70–100 мкг/г) и аминоксахара (0,3–0,4 мг/г). Совокупность представленных данных позволила заключить, что щупальца могут быть сырьем для получения пищевого продукта функционального назначения, поскольку являются источником биологически активных компонентов. Для получения такого продукта был выбран способ ферментного гидролиза по аналогии с ранее проведенными работами (Гончаренко, Гроссман, 1994; Чумак и др., 1995, 1996; Тимчишина, 1999).

Поскольку известно, что гидролиз приводит к глубокому расщеплению биологических тканей (Пивненко, 1995; Чумаков и др., 1995; Козырева, Слуцкая, 1999; Ando et al., 2001; Иванкин и др., 2001), предполагалось, что в результате этого процесса продукт будет обогащен растворимыми белками, аминокислотами, пептидами, а также макро- и микроэлементами, гликозидами и аминоксахарами.

Для ферментации использованы «Протамекс» и «Нитраза», которые, как было установлено специальными экспериментами, проявляют максимальную активность при pH 6,2 (характерном для щупалец кукумарии) при температуре 55 и 45 °C. В работе использовали рекомендованное ранее соотношение фермент-субстратного комплекса и воды (Чумак и др., 1995, 1996; Тимчишина, 1999). С целью установления оптимального количества ферментного препарата был составлен и реализован план двухфакторного эксперимента (Доспехов, 1973; Грачев, 1979). В качестве функции отклика принято количество тритерпеновых гликозидов. Факторами, влияющими на эту величину, являлись время гидролиза и количество фермента; предел изменения фактора времени находился в интервале от 1 до 4 ч, количество фермента — от 100 до 2500 ПЕ/кг. Минимальное и максимальное значение факторов устанавливалось с учетом данных ранее проведенных работ. На основании данных полного факторного эксперимента получены соответствующие уравнения регрессии, которые после выявления адекватности были применены для нахождения оптимальных условий процесса гидролиза щупалец кукумарии. Установленная степень гидролитического расщепления белко-

вых веществ при этом составляет 70–75 %. Органолептически полученный гидролизат характеризуется однородностью и приятным запахом и вкусом, свойственными для морепродуктов. Исследования показали, что в процессе гидролиза происходит разрушение соединительно-тканной структуры, следствием чего является высокое количество растворимых форм коллагена, о чем свидетельствуют аминокислотный состав белковой части (табл. 2) и изменение структуры (полученный продукт текуч и гомогенен).

Таблица 2

Аминокислотный состав белков гидролизата из щупалец кукумарии, % к белку

Val	Leu	Thr	Met	Lys	Phe	Gly	Ala	Ser	Asp	Glu	Arg	Pro	Tyr	His	Opro
2,3	4,1	4,6	0,2	2,2	2,6	26,1	7,9	5,5	10,5	17,0	3,1	4,4	0,8	1,0	6,3

Стоит отметить, что сумма глицина, аспарагиновой, глутаминовой аминокислот, а также пролина и оксипролина составляет 64,1 %, из этого количества более четверти приходится на глицин, который, как известно, участвует в обменных процессах, связанных с мозговым кровообращением, снижает уровень холестерина в крови (Sugiyama et al., 1985, 1989; Гусев, Скворцов, 1995). Преобладание аспарагиновой и глутаминовой аминокислот приближает гидролизат к водорослевому и показывает, что он обладает биологической ценностью, поскольку является источником веществ, корректирующих реакции торможения и возбуждения в центральной нервной системе (Рисман, 1998). Присутствие коллагеновых белков в растворимом виде позволяет рассматривать полученный гидролизат как перспективный источник биологического материала для построения и правильного функционирования соединительнотканых элементов организма-потребителя, а также в технологии структурированных пищевых изделий в качестве гелеобразователя (Неклюдов, 2003).

Анализ содержания биогенных элементов (табл. 3) свидетельствует об их значительном количестве, превышающем по натрию, калию, цинку, железу, марганцу, кобальту таковое в мышечной ткани кукумарии в 2–3 раза, что позволяет считать полученный продукт источником минеральных веществ. Содержание же токсичных элементов, как установлено, находится ниже ПДК, определенных для гидролизатов (СанПиН 2.3.2.1078-01).

Таблица 3

Содержание макро- и микроэлементов в гидролизате из щупалец, мг/100

Na	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Cu	Ni	Mn	Co	Cr
341,7	78,1	89,8	97,6	0,6	3,1	0,03	0,04	0,1	0,01	0,01

Полученный гидролизат хранится без ухудшения качества при температуре 2–4 °С в течение 3 мес. Установленный показатель доброкачественности продукта — количество азота летучих оснований не превышает 30–35 мг/100 г.

Таким образом, учитывая состав и количество биогенных компонентов (минеральных веществ, аминокислот, гликозидов, аминсахаров), полагаем, что гидролизат можно отнести к функциональным пищевым продуктам, потенциально оказывающим положительное влияние на разнообразные функции организма.

ЛИТЕРАТУРА

- Гончаренко О.Г., Гроссман Н.С. Лечебно-профилактическое питание из кукумарии // *Вопр. питания*. — 1994. — № 4. — С. 38–39.
- Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов. — М.: Пищ. пром-сть, 1979. — 200 с.
- Гусев Е.И., Скворцова В.И. Нейропротекторная терапия в остром периоде ишемического инсульта // *Клинический вестник*. — 1995. — № 2. — С. 121–125.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
- Иванкин А.И., Неклюдов А.Д., Кудряшов Л.С. и др. Влияние коллагеназной активности фермента из гепатопанкреаса крабов на биохимическое состояние объектов животного происхождения // *Хранение и переработка сельхозсырья*. — 2001. — № 1. — С. 28–32.

- Козырева О.Б., Слуцкая Т.Н. Обоснование условий протеолиза покровных тканей головоногих моллюсков с целью получения пищевых эмульсий // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 338–343.
- Неклюдов А.Д. Пищевые волокна животного происхождения. Коллаген и его фракции как необходимые компоненты новых и эффективных пищевых продуктов // Приклад. биохим. и микробиол. — 2003. — Т. 39, № 3. — С. 261–272.
- Пивненко Т.Н. Протеолитические ферментные препараты при биоконверсии некондиционного белкового сырья // Изв. ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 82–87.
- Рисман М. Биологически активные пищевые добавки. Неизвестное об известном. — М.: Арт-Бизнес-Центр, 1998. — 489 с.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М., 2002. — 75 с.
- Тимчишина Г.Н. Обоснование технологий получения пищевых добавок из кукумарии (*Cucumaria japonica*) на основе комплексного использования сырья: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 1999. — 24 с.
- Чумак А.Д., Павел К.Г., Тимчишина Г.Н. Определение тритерпеновых гликозидов в голотуриях // Изв. ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 36–40.
- Чумак А.Д., Павел К.Г., Тимчишина Г.Н. Способ получения гидролизатов из кукумарии // Тез. докл. науч. конф. «Рыбохозяйственные исследования океана». — Владивосток, 1996. — С. 31–32.
- Чумаков В.П., Письменская В.Н., Ноздрин Т.Д. Новые ферментные препараты для обработки соединительной ткани // Мясная промышленность. — 1995. — № 2. — С. 13–14.
- Ando M., Makino M., Tsukamasa Y. et al. Interdependence between heat solubility and pyridinoline contents of squid mantle collagen // Food Science. — 2001. — Vol. 66, № 1. — P. 265–269.
- Sugiyma K., Ohnuma Y., Muramatsu K. Effect of sulfacontaining aminoacids and glicine on plasma cholesterol level in rats fed on a high cholesterol diet // Agric. Biol. Chem. — 1985. — Vol. 49, № 12. — P. 3455–3461.
- Sugiyma K., Kushima Y., Muramatsu K. Comparison between the plasma cholesterol — lowering effect of glicine and taurine in rats fed on a high cholesterol diet // Agric. Biol. Chem. — 1989. — Vol. 53, № 6. — P. 1647–1652.

МОРСКИЕ БЕСПОЗВОНОЧНЫЕ КАК ИСТОЧНИК СЕЛЕНИЗИРОВАННЫХ АМИНОКИСЛОТ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА

Н.Э. Струпуль

Тихоокеанский государственный экономический университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: struppul@mail.ru

Одним из важнейших антиоксидантов организма является селен, который в значительной степени определяет резистентность человека к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Исследование биологических функций селена в организме человека показало, что этот элемент снижает токсические эффекты при действии радиоактивного γ -излучения, а также предотвращает развитие его отдаленных последствий. Селеноаминокислоты, образующиеся в результате метаболизма селена, обладают радиопротекторными свойствами, ингибируя образование свободных радикалов, и способствуют детоксикации вредных отходов производства. Соединения селена предупреждают изменения в клетках при дистрофических поражениях органов и тканей. По рекомендациям Института питания РАМН, оптимальный ежедневный уровень селена составляет 40–400 мкг. При содержании селена в ежедневном рационе менее 11 мкг возникает острая недостаточность этого нутриента.

Общие представления о биогеохимии селена, а также результаты наших исследований показали, что южное побережье Приморского края является селендефицитной провинцией, что обуславливает необходимость проведения профилактических мероприятий по ликвидации селеновой недостаточности жителей Дальневосточного региона.

Наиболее эффективным методом является создание пищевых добавок и функциональных продуктов питания, содержащих биологически активные формы селена. Специфическим свойством селена является его сложный метаболизм в организме, имеющий разные пути для органических и неорганических соединений этого элемента. Продуктами распада селенидов и селенатов (типичных компонентов минеральных пищевых добавок) являются метилселениды, проявляющие высокую токсичность для человека. По этой причине регулярное употребление минеральных комплексов селена нежелательно. К тому же эффективность процесса регулирования селенового пула организма с помощью неорганических солей невелика — большая часть введенных соединений экскретируется без внедрения селена в метаболический процесс.

В морских организмах селен находится в виде комплексов с органическими лигандами естественного происхождения (преимущественно селенцистеина и селенметионина) и лучше усваивается организмом. Нами был изучен уровень селена в наиболее массовых видах морских беспозвоночных Японского моря, имеющих практическое значение, а также культивированы некоторые виды двустворчатых моллюсков с повышенным содержанием селена в среде.

Двустворчатых моллюсков *Crenomytilus grayanus* и *Mytilus trossulus* содержали в воде с различной концентрацией селена: 0,01 мг/дм³; 10,00; 0,50 мг/дм³. Смена воды производилась каждый день с возобновлением исходного уровня внесенных компонентов.

Эксперимент продолжался 14 дней. Отбор проб производился на 3, 6, 10, 14-е сут эксперимента. Концентрацию селена определяли в отдельных органах — гепатопанкреасе, почках, мускуле, гонадах, жабрах, мантии у *C. grayanus* — либо анализировали средний образец, полученный при гомогенизации всех мягких тканей моллюска, у *M. trossulus*.

Двустворчатые моллюски *C. grayanus* и *M. trossulus* способны накапливать селен из окружающей среды. Наибольшее количество этого элемента аккумулируется в висцеральных органах и гонадах (до 21,8 мкг/г, коэффициент накопления $K_H = 2,2 \cdot 10^5$), значительное количество обнаруживается также в мускуле и мантии (до 7,8 мкг/г, $K_H = 7,8 \cdot 10^4$).

Практический интерес представляют мышечные ткани гидробионтов. Нами были проведены работы по определению величины ассимиляции селена мускулами *C. grayanus*, которая определяется как отношение усвоенного селена к общему количеству элемента в среде. В нашем случае эта величина составила 29,5 % при концентрации селена в воде 0,01 мг/дм³,

минимальная — 2,1 % при концентрации элемента 0,5 мг/дм³. Таким образом, наиболее эффективное накопление происходит при относительно невысоком содержании селена в воде — 0,01 мг Se/дм³ (см. таблицу).

Ассимиляции селена мускулом двусторчатого моллюска *C. grayanus* при содержании в морской воде с различной концентрацией селена (время экспозиции — 14 сут)

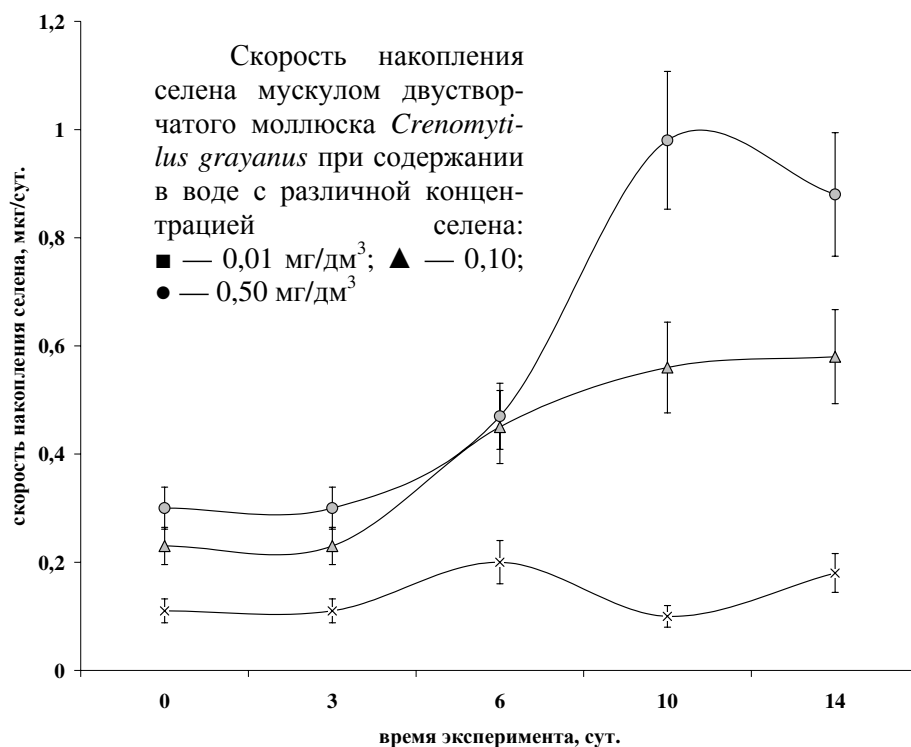
Концентрация селена в воде, мг/дм ³	Ассимиляция селена в мускулах моллюска, %
0,01	29,5
0,10	7,5
0,50	2,1

Динамика накопления селена мускулом моллюска представлена на рисунке. При максимальной концентрации селена в воде (0,5 мг/дм³) на 10-е сут наблюдается максимальная скорость ассимиляции селена, затем наступает насыщение и процесс замедляется. При концентрации селена 0,10 мг/дм³ происходит постоянное нарастание скорости и на 14-е сут потенциал накопления элемента мускулом остается высоким. При концентрации в среде 0,1 мг/дм³ на 6-е сут имеется промежуточный максимум на кривой, затем скорость значительно уменьшается, достигая первоначального значения на 10-е сут эксперимента, а на 14-е сут снова возрастает почти до максимального уровня. Это может быть связано с образованием на 10-е сут дополнительных центров связывания, которые активируются после насыщения обычных вакантных связей.

Изучение

кинетики накопления селена в условиях высокой концентрации элемента в среде, показывает преобладание кривых 1-го порядка, что доказывает высокий потенциал аккумуляции этого элемента моллюсками. Однако при максимальных концентрациях селена наблюдаются своеобразные зависимости. Это свидетельствует о включении механизма активного транспорта и позволяет отнести моллюсков к источникам биологически активного трансформированного селена, свойственного животным тканям, наиболее доступного человеческому организму.

Таким образом, двусторчатые моллюски Японского моря являются перспективным сырьем для коррекции селендефицита населения Дальнего Востока и Приморья.



ХИТОЗАН В ТЕХНОЛОГИИ АНАЛОГА КРАБОВЫХ ПАЛОЧЕК

Е.В. Суровцева, С.Н. Максимова, А.И. Вахрушев
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет
г. Владивосток, Россия, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Аналоги мяса ракообразных, в том числе и крабовые палочки, изготавливаемые из промытого рыбного фарша, нашли широкое распространение на отечественном и мировом рынках, успешно сосуществуя с прототипом благодаря высоким вкусовым достоинствам, привлекательному внешнему виду, оригинальной структуре и консистенции, а также относительно невысокой стоимости.

В то же время аналогу крабовых палочек присущи некоторые дефекты, в частности потеря формы изделия и раскручивание цилиндрической палочки в ленту. Поперечный срез таких изделий не имеет четких геометрических очертаний, приплюснут (высота около 10 и ширина 20–25 мм).

Цель настоящей работы заключалась в стабилизации формы крабовых палочек путем использования адгезивных свойств полисахаридов. Работу выполняли в производственных условиях ОАО «КВЭН», соблюдая требования технологической инструкции.

В качестве адгезивных материалов использовали хитозан пищевой (ТУ 928943-067-00472124-97) и альгинат натрия (ТУ 42-3383-97), которые применяли в растворенном виде соответственно в 1 %-ной уксусной кислоте и воде.

Объектами исследования служили: контрольный образец, изготовленный по ТИ; экспериментальный образец с хитозаном, в который помимо операций по ТИ вносили хитозан — 0,25 % массы сухого полимера; и образец со смесью хитозана с альгинатом по 0,125 % каждого компонента, которые изготавливали аналогично образцам с хитозаном. Растворенные адгезивы наносили на поверхность ленты перед формованием пучка.

Качество образцов оценивали в соответствии с ТУ и дополнительно по единичным составляющим консистенции, СМС, ВУС. Также определяли потери при размораживании образцов. Сравнительные исследования образцов показали их соответствие ТУ, идентичность по вкусу и запаху, близкую схожесть по цвету поверхности (контроль несколько интенсивнее окрашен) и существенные различия по внешнему виду — экспериментальные образцы не имели указанных выше недостатков.

Наиболее значительные различия были отмечены дегустаторами в консистенции образцов (табл. 1). Все экспериментальные образцы обладали плотной, упругой консистенцией, при нарезании не происходила деформация и расслаивание палочки в ленту.

Таблица 1

Единичные составляющие консистенции

Образец	Слоистость	Нарезаемость	Разжевываемость	Сочность	Эластичность	Упругость
Контрольный (приготовленный по ТИ)	Легко расслаивается	При нарезании деформируется, расслаивается	При разжевывании расслаивается	Сочная	Слабоэластичная	Слабоупругая
С хитозаном	Монолитная	Нарезается легко, сохраняя форму	При разжевывании воспринимается как единое целое	Очень сочная	Эластичная	Упругая
Со смесью хитозана и альгината натрия	Монолитная	Нарезается легко, сохраняя форму	При разжевывании воспринимается как единое целое	Очень сочная	Эластичная	Упругая

Отмеченные различия в консистенции нашли свое отражение и в показателях, определяемых инструментально (табл. 2). У экспериментальных образцов по сравнению с контролем возросли прочность, ВУС, и снизились потери при размораживании палочек.

Таблица 2

Характеристика образцов по показателям инструментальной оценки

Образец	Прочность, кг/м	ВУС, %	Содержание воды, %	Потери при размораживании, %	Размеры среза, высота/ширина, мм
Контрольный (приготовленный по ТИ)	352	68,3	69,1	13,8	10/20–25
С хитозаном	400	70,1	71,0	12,6	15/20
Со смесью хитозана и альгината натрия	408	77,3	70,0	11,5	15/20

Хитозан, добавленный в крабовые палочки как структурообразователь, одновременно проявлял антимикробный эффект (табл. 3).

Таблица 3

Динамика КМАФАнМ аналога крабовых палочек в процессе хранения

Наименование образца	Контрольный (приготовленный по ТИ)	С хитозаном	Со смесью хитозана и альгината натрия
Нулевая точка	$0,5 \times 10^3$	0	$1,0 \times 10^2$
3 сут	$1,0 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2$
6 сут	$2,7 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$	$7,0 \times 10^2$
10 сут	$2,5 \times 10^5$	$1,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$
14 сут	–	$7,0 \times 10^2$	$2,0 \times 10^4$
16 сут	–	$2,0 \times 10^2$	$2,1 \times 10^4$
20 сут	–	$2,0 \times 10^2$	$2,3 \times 10^4$
24 сут	–	$7,0 \times 10^2$	$5,2 \times 10^4$
30 сут	–	$7,1 \times 10^3$	$2,0 \times 10^5$
33 сут	–	$2,0 \times 10^5$	–

КМАФАнМ в изделиях с хитозаном в условиях эксперимента достигало нормативного значения позже, чем в контроле (33 и 10 сут соответственно).

Таким образом, использование хитозана в технологии крабовых палочек обеспечивает антимикробный эффект и позволяет хранить продукт более 1 мес.

Учитывая достигнутое улучшение внешнего вида, структуры и формы изделий, снижение потерь, а также простоту технического решения (установка дозатора, не исключающая и работу линии в обычном режиме), нами разработано предложение на внедрение настоящего предложения в условиях ОАО «КВЭН».

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ГОЛОВ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

Г.Ю. Суховерхова, А.И. Чепкасова, М.И. Юрьева
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия

В настоящее время рыбы семейства лососевых являются востребованным сырьем для производства пищевой продукции. Согласно бассейновым нормам отходов, потерь, выхода готовой продукции при разделке лососевых рыб, с учетом вида сырья, района вылова и способа разделки (Бассейновые нормы ..., 2003; Единые нормы ..., 2004), отходы костно-хрящевой ткани составляют при обезглавливании 9,9–19,6 %, при изготовлении филе с кожей — 29,1–30,2 %, при разделки рыбы на филе без кожи — 25,7–54,7 %. Известно, что из лососевых рыб кунджа и голец реализуются преимущественно непотрошенными либо потрошенными морожеными. Максимальное количество отходов в виде костно-хрящевой ткани возможно получить при машинной разделке горбуши и кеты на филе без кожи — 54,7 %. До 20 % отходов в виде костно-хрящевой ткани (голов) направляется на получение кормовой муки.

Целью исследований является разработка способов использования костно-хрящевой ткани некоторых видов лососевых рыб для получения биологически активных веществ из недоиспользуемых отходов при комплексной переработке рыбы.

Материалом исследования являлась костно-хрящевая ткань следующих видов лососевых рыб: *Oncorhynchus gorbuscha*, *O. keta*, *O. kisutch*, *O. nerka*, *O. masu*, *O. tschawytscha*, *Salvelinus leucomaenis*, *S. malma*. Головы рыб, соответствующие ТУ 15-01261-95, зачищали от прирезей мяса, удаляли жабры и жаберные крышки, измельчали до однородной массы и замораживали при минус 18 °С.

Содержание гексозаминов определяли путем идентификации окрашенных продуктов кислотного гидролиза костно-хрящевой ткани на спектрофотометре «Shimadzu UV-3101PC» при 530 нм (ФС № 42-1286-99).

Фракционный состав образцов определяли методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе «Shimadzu LC-10 Avp» с рефрактометрическим и УФ-детекторами на колонке Shodex Asahipak GS-520H. Молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение компонентов в пробах рассчитывали с помощью программно-аппаратного комплекса для сбора и обработки хроматографических данных МультиХром (версия 1.6).

Экстракцию липидов проводили методом Фольча (Folch, Lees, 1957). Общее содержание липидов устанавливали гравиметрически. Жирные кислоты (ЖК) анализировали, используя газожидкостный хроматограф «Shimadzu GC-16A» с пламенно-ионизационным детектором на колонке Supelcowax-10 при температуре 190 °С. ЖК переводили в форму метиловых эфиров (Carreau, Dubacq, 1978) и идентифицировали по индексам Ковача (Christie, 1988). Концентрацию ЖК рассчитывали с помощью базы обработки данных C-R4A Chromatorac.

Литературные данные по химическому составу сырья (табл. 1) показали, что химический состав голов (отделенных срезом вдоль жаберной крышки), плавников (вместе с костноперепончатой частью) изменяется в значительных пределах (Кизеветтер, 1973), что обусловлено возрастом и упитанностью, присутствием не только хрящевой ткани, но и минерализованной костной ткани, некоторых количеств мышечно-жировой ткани и соединительной тканей. Ранее нами установлено, что в голове лососевых рыб содержится в 5–8 раз больше липидов, чем в хрящевой ткани (Суховерхова, 2006). В связи с этим, предложено удалять липиды из ферментативных гидролизатов с помощью хитозана.

Нами проведен скрининг количеств гексозаминов в фарше из голов основных промысловых видов лососевых рыб, как одного из активных начал для получения биологически активных добавок к пище хондропротекторного действия. По содержанию гексозаминов костно-хрящевые ткани исследуемых видов отличаются.

Наибольшее количество гексозаминов обнаружено в фарше из голов кижуча, кеты и гольца — 240, 300 и 520 мг/% от сырой ткани, соответственно. В фарше из голов горбуши, нерки и кунджи содержание гексозаминов сопоставимо и составляет 150–180 мг/% от сырой ткани.

На примере голов кижуча оценена возможность их использования для получения БАД к пище, а отходы после ферментативного гидролиза предложено использовать в качестве кормовых добавок. За основу брали технологию получения БАД «Артротин» из очищенной хрящевой ткани гидробионтов. При использовании рациональных параметров ферментатив-

ного гидролиза отходы составляют менее 5 % на всех стадиях технологического процесса (ТУ № 9283-243-00472012-04).

Таблица 1

Химический состав сырья, содержащего костно-хрящевую ткань гидробионтов, % от сырой ткани

Объект	Орган	Вода	Белок	Липиды	Минеральные в-ва
Горбуша*	Голова	71,4–82,1	13,7–18,7	1,5–4,6	1,0–1,8
	Кости+плавники	61,0–64,5	19,7–21,0	8,0–11,1	6,1–8,5
Кета*	Голова	60,7–69,2	12,2–16,3	10,8–28,4	3,2–6,3
	Плавники	58,9–60,9	19,6–21,1	6,2–7,9	8,2–10,9
Кижуч**	Голова	72,6	16,4	9,6	13,8

* И.В. Кизеветтер (1973).

** А.Н. Баштовой (неопубл. данные, см. наст. сборник).

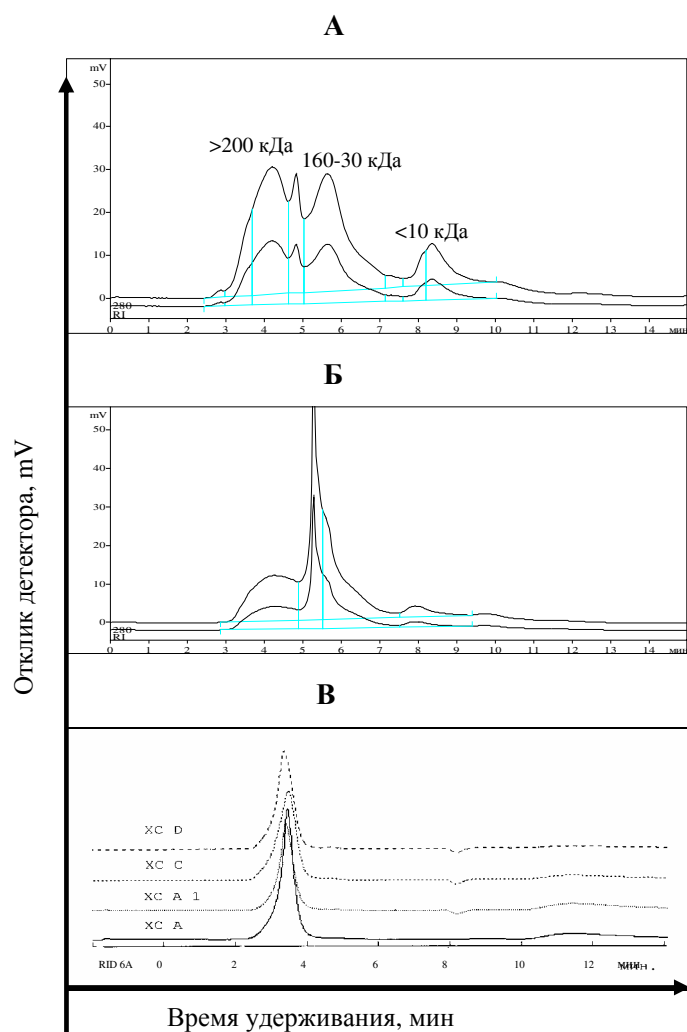
По результатам опытно-промышленной партии из фарша голов кижуча с помощью комплекса ферментов из гепатопанкреаса камчатского краба (активность 43 ПЕ/мл) были получены следующие образцы: ферментативный гидролизат (белково-полисахаридный комплекс), хитозан-липидный комплекс и нерастворимый минеральный остаток. Выход ферментативного гидролизата составляет 80–85 %, хитозан-липидного комплекса 12–17 %, нерастворимого костного осадка 2–3 % от массы исходного сырья. В сумме отходы ферментативного гидролизата голов кижуча (нерастворимый костный осадок и хитозан-липидный комплекс) составляют около 20 %, что является основанием для поиска их рационального использования.

По содержанию токсичных элементов и микробиологическим показателям образцы (ферментативный гидролизат, хитозан-липидный комплекс и нерастворимый минеральный остаток) не превышают допустимые уровни, предусмотренные СанПиН 2.3.2.1078-01.

Полученный ферментативный гидролизат из голов кижуча исследовали на содержание гексозаминов и соответствие его фракционного состава БАД «Артротин» из хрящевой ткани кижуча. При соблюдении параметров ферментативного гидролизата, продукты гидролизата хрящевой ткани и голов кижуча отличаются соотношением высокомолекулярных, средномолекулярных и низкомолекулярных веществ (см. рисунок). В процессе гидролизата фарша из голов кижуча образуется больше средномолекулярных веществ (Мм 160-30 кДа), предположительно являющихся продуктами гидролизата коллагеновых и неколлагеновых белков. Отмечено, что продукты гидролизата костно-хрящевой ткани по природе являются протеогликанами, причем их белковая часть бедна ароматическими аминокислотами, так как интенсивность поглощения при 280 нм незначительно отличается от рефрактометрического детектирования. Сопоставление хроматограмм позволяет предположить, что высокомолекулярные фракции, образованные в процессе ферментативного гидролизата, содержат хондроитинсульфаты, но преобладают они в гидролизате из хрящевой ткани кижуча. Хроматографические данные согласуются с данными по содержанию гексозаминов, определенных спектрофотометрическим методом: в гидролизате из хрящевой ткани их количество составило 2,1 %, а в гидролизате из голов — 1,5 % от сухой массы препарата.

Определено содержание гексозаминов во всех продуктах, полученных при ферментативном гидролизе голов кижуча (табл. 2). При расчете баланса гексозаминов и их потерь в процессе технологического процесса показано, что в процессе ферментативного гидролизата в отходы уходит около 20 % гексозаминов. При осаждении гидролизуемой смеси 1 %-ным раствором хитозана в хлопьевидный осадок переходит часть гексозаминов из гидролизата и составляет 0,061 % от сырой массы хитозан-липидного комплекса. Содержание липидов в хитозан-липидном комплексе составило 4,9 %. При высушивании хитозан-липидного комплекса на лиофильной сушке при температуре 40–50 °С выход сухого продукта составил 13,5 % от исходного сырья.

Исследован состав жирных кислот (ЖК) хитозан-липидного комплекса. Установлено, что преобладающими жирными кислотами являются мононенасыщенные — 59,8 % от суммы ЖК, главными из которых являются 18:1n-7 — 23,1 %; 20:1n-11 — 10,6 % и 22:1n-11 — 7,6 %. Насыщенные жирные кислоты составляют 24,9 % от суммы ЖК, преимущественно содержащие 16:0 — 13,2 % и 14:0 — 6,5 %. В меньшей концентрации присутствуют полиненасыщенные кислоты — 15,2 % от суммы ЖК. Среди них кислот n — 3 ряда — 11,6 %, включая 20:5n-3 — 3,2 % и 22:6n-3 — 4,7 % от суммы ЖК.



Хроматограммы ферментативных гидролизатов из хрящевой ткани (А) и голов (Б) кижуча, полученных с помощью гепатопанкреатина, стандартов хондроитинсульфатов (В). Разделение проводили методом ВЭЖХ на колонке Shodex Asahipak GS-520 Н. Сигнал регистрировали одновременно с помощью рефрактометрического и УФ (λ 280 нм) детекторов

Таблица 2

Содержание гексозаминов в продуктах, полученных при переработке голов кижуча

Образец	Гексозамины % от сырой массы в-ва	Баланс содержания гексозаминов, г
Фарш из голов кижуча (сырье)	0,300	33,00
Гидролизат до осаждения	0,095	10,30
Гидролизат после осаждения	0,023	9,66
Хитозан-липидный комплекс	0,061	6,22
Костный остаток	0,130	1,30

Примечание. Потери по содержанию гексозаминов в технологическом процессе составляют 5–6 %.

Исследования химического состава нерастворимого осадка показали, что он преимущественно образован минеральными веществами (19–22 %), а также содержит гексозамины (0,13 %). Исследование макро- и микроэлементного состава показало, что содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимые концентрации и соответствует нормам СанПиН 2.3.2.1078-01. Количество кальция в нерастворимом осадке составляет 2315 мг/кг, магния — 325 мг/кг. Оптимальным соотношением кальция и магния в пищевых продуктах, по литературным данным (Пилат, Иванов, 2002), должно составлять не менее 2 : 1, что важно для лучшего усвоения обоих элементов. Соотношение Са : Mg в нерастворимом осадке составляет 7 : 1. По содержанию радионуклидов и микробиологическим показателям нерастворимый осадок не превышает допустимые уровни, предусмотренные СанПиН 2.3.2.1078-01.

Результаты исследования состава отходов, образующихся при ферментативном гидролизе фарша из голов кижуча, показали, что хитозан-липидный комплекс и нерастворимый осадок можно использовать в качестве кормовых добавок для животных. Главным преимуществом «отходов ферментативного гидролиза» является высокое, природное содержание

гексозаминов, кальция, магния, необходимых для нормального функционирования опорно-двигательного аппарата. Для получения товарного вида кормовой добавки в дальнейшем потребуется подбор рецептуры исходных компонентов (соотношение хитозан-липидного комплекса, нерастворимого осадка, внесение стабилизаторов, антиоксидантов). Имеются литературные данные о применении глюкозамина и хондроитинсульфатов в ветеринарии (Данилевская, Николаев, 2002), хитозана (Лебедько и др., 2006), хитозана в сочетании с хондроитинсульфатами (Пат. US 6599888, JP 3492377) для профилактики или лечения ревматических заболеваний у животных. Актуальным в последнее время остается вопрос о разработке пищевых добавок содержащих гексозамины для животных, в частности, собак и предназначенных для лечения артрита и дискомфорта в суставах (Пат. US 6524609, WO 228400, US 6428817).

Таким образом, результаты биотехнологической переработки голов лососевых рыб свидетельствуют о возможности их использовании для получения белково-полисахаридного, хитозан-липидного комплексов и костной минеральной добавки. По показателям безопасности хитозан-липидный комплекс и нерастворимый осадок являются не опасными и рекомендуются для использования в качестве биологически-активного комплекса в кормах для животных, для поддержания нормальных функций опорно-двигательного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой продукции из рыб Дальнего Востока. — М.: Государственный комитет Российской Федерации по рыболовству, 2003. — 70 с.

Данилевская Н.В., Николаев А.А. Хондропротекторы и их использование в ветеринарии // Ветеринар. — 2002. — № 3. — С. 45–49.

Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой и консервированной продукции из осетровых рыб. — М.: ВНИРО, 2004. — 157 с.

Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 423 с.

Лебедько С.И., Шинкарев С.М., Кузнецов П.А. и др. Использование низкомолекулярного хитозана для лечения полиостеоартрозов у собак // Материалы 8-й Междунар. конф. «Современные перспективы в исследовании хитина и хитозана». — М.: ВНИРО, 2006. — С. 333–335.

Пат. JP 3492377 «Стимулятор для твердой ткани и его применение», Astra Ab, Hansson Hans-Arne, Johansson Ruden Gunilla, Larm Olle // ИСМ. — 2005. — № 3. — С. 56.

Пат. US 6428817 «Лечебное лакомство для животных», Collin Peter Donald // ИСМ. — 2003. — № 15. — С. 39.

Пат. US 6524609 ВА «Способ лечения артрита с использованием пищевых добавок», Myers Andrew // ИСМ. — 2004. — № 4. — С. 62.

Пат. US 6599888 ВА. «Препараты хондроитинсульфата и хитозана для лечения ревматических нарушений», Derrieu Guy, Pognas Jean-Luc; Virbac // ИСМ. — 2003. — № 8. — С. 23.

Пат. WO 228400 А1 «Терапевтическая препаративная форма, содержащая глюкозамин, метилсульфонилметан, аскорбиновую кислоту и марганец», Hughes Clare, Grubb Louise // ИСМ. — 2003. — № 7. — С. 79.

Пилат Т.Л., Иванов А.А. Биологически активные добавки к пище (теория, производство, применение). — М.: Авваллон, 2002. — 710 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы.

Суховерхова Г.Ю. Биохимическая характеристика хрящевой ткани гидробионтов и технология БАД к пище: Дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. — 157 с.

ТУ № 15-01261-95. Отходы дальневосточных лососевых рыб мороженые пищевые (головы).

ТУ № 9283-243-00472012-04. БАД к пище «Артротин» из хрящевой ткани гидробионтов.

Фармакопейная статья № 42-1286-99 "Определение гексоз и сульфат-ионов".

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151, № 3. — P. 384-390.

Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography — a reappraisal // J. Chromatogr. A — 1988. — Vol. 447, № 2. — P. 305–314.

Folch J., Lees M. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. — 1957. — Vol. 226, № 1. — P. 497–509.

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭМУЛЬСИОННОЙ ПРОДУКЦИИ, ОБОГАЩЕННОЙ БАВ МОРСКОГО ГЕНЕЗА

О.В. Табакаева¹, Т.К. Каленик²

¹ Филиал ТГЭУ в г. Находка, Россия, e-mail: yankovskaya68@mail.ru

² ТГЭУ, г. Владивосток, Россия

Проблема производства продуктов высокого качества, обогащенных физиологически ценными веществами с защитными свойствами, перспективным источником которых являются морские гидробионты и, что в особенности важно, отходы их переработки, является приоритетной и значимой.

Использование голотурий в мировой практике определяется не только употреблением их в пищу, но и получением из них ценных химических соединений.

В проблеме поиска новых лекарственных и лечебно-профилактических продуктов, стимулирующих иммунную систему, голотурии представляют значительный интерес (Толкачева, 1997).

Cucumaria japonica — наиболее крупный представитель дальневосточных голотурий. В тканях кукумарины содержится большое количество макро- и микроэлементов, таких как магний, кальций, калий, натрий, медь, титан, железо, алюминий, марганец, цинк, сера, что позволяет полагать, что кукумарию можно рассматривать как пищевой источник минеральных композиций (Быков, 1999; Афанасьева, 2003).

Следует отметить, что, несмотря на значительные промысловые запасы, этот объект используется недостаточно, хотя на Дальнем Востоке подробно разработана технология приготовления продуктов из кукумарины (Кизеветтер, 1962; Слуцкая, 1974; Саватеева и др., 1983).

В процессе получения пищевой продукции из *Cucumaria japonica* образуется достаточное количество отходов переработки, содержащих ценный комплекс биологически активных веществ (тритерпеновые гликозиды и гексозамины) (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав венчика и щупалец кукумарины

Вода, %	Минеральные вещества, %	Общий белок, %	Липиды, %	Тритерпеновые гликозиды, мкг/г	Гексозамины, мкг/г
80,8 ± 4,0	4,80 ± 0,24	11,60 ± 0,58	0,80 ± 0,04	960 ± 48	650,0 ± 32,5

Так как при разделке кукумарины около 7 % отходов приходится на щупальца и венчики, рассматривали возможность получения из них ферментативных гидролизатов (ФГ), путем подбора рациональных условий гидролиза.

Выбор рациональных условий гидролиза венчика и щупалец кукумарины осуществляли исходя из максимальной степени гидролиза белков тканей и содержания сухих веществ в ферментативном гидролизате, с учетом ферментсубстратного соотношения и продолжительности гидролиза. Процесс осуществляли при комнатной температуре (21 °С) и оптимуме для данного ферментного препарата (45 °С). Использовались следующие ферментсубстратные соотношения: 1 : 2, 1 : 4, 1 : 8 (табл. 2).

Полученные экспериментальные данные показывают, что при ферментативном гидролизе венчика и щупалец кукумарины происходит разрушение белков и накопление растворимых веществ в ФГ. Повышение температуры увеличивает степень гидролиза и накопление растворимых сухих веществ в ФГ.

Так как в ранее проведенных работах (Тимчишина, 1999) доказано повышение степени гидролиза при измельчении нативного сырья, представлялось интересным изучить экспериментально зависимость накопления сухих растворимых веществ в ферментативном гидролизате от степени измельчения и времени гидролиза. Кроме того, рассматривалось влияние используемого гидромодуля (отношения ферментсубстратной смеси и воды) — 1 : 2 (0,5), 1,0 : 1,5 (0,67), 1 : 1 (1), 1,0 : 0,5 (2) на накопление растворимых сухих веществ в ферментативном гидролизате.

Влияние различных факторов на процесс гидролиза венчика и щупалец кукумарии

Ферментсубстратное соотношение	Продолжительность гидролиза, ч	Степень гидролиза, %		Массовая доля сухих веществ в ФГ, %	
		21 °С	45 °С	21 °С	45 °С
1 : 2	4	18,4±0,92	29,3±1,4	2,7±0,13	3,8±0,18
	8	25,1±1,26	38,7±1,9	3,9±0,19	5,3±0,26
	12	41,9±2,10	62,1±3,1	4,9±0,25	6,7±0,33
	16	52,3±2,62	68,9±3,4	6,0±0,3	8,4±0,42
	20	62,8±3,13	79,2±3,9	5,8±0,29	8,1±0,40
	24	68,8±3,44	82,1±4,1	5,7±0,28	7,9±0,40
1 : 4	4	13,2±0,66	15,2±0,76	2,5±0,12	3,3±0,16
	8	19,3±0,97	25,1±1,26	3,3±0,16	4,9±0,24
	12	36,1±1,81	45,0±2,25	4,5±0,22	6,1±0,31
	16	45,9±2,29	58,7±2,94	5,8±0,29	7,9±0,39
	20	56,4±2,82	69,8±3,49	5,5±0,28	7,6±0,38
	24	60,3±3,02	73,4±3,67	5,3±0,27	7,5±0,38
1 : 8	4	8,6±0,43	15,6±0,8	2,1±0,11	2,6±0,13
	8	13,8±0,69	21,3±1,1	2,9±0,14	3,8±0,19
	12	19,2±0,96	32,4±1,6	3,8±0,19	5,2±0,26
	16	26,4±1,32	41,2±2,1	4,6±0,23	6,3±0,31
	20	33,7±1,69	50,8±2,5	4,4±0,22	6,0±0,30
	24	39,1±1,96	58,1±2,9	4,2±0,21	5,9±0,30

В качестве независимых переменных эксперимента выбраны: размер частиц, мм (фактор X_1), время, час (фактор X_2) и гидромодуль (фактор X_3).

Экспериментальные исследования показали, что увеличение степени измельчения повышает накопление их в ферментативном гидролизате, достигая максимума при размере частиц 5 мм. Дальнейшее измельчение нативного сырья не приводит к значительному увеличению содержания сухих растворимых веществ. При анализе влияния гидромодуля на содержание растворимых веществ показано, что максимальное накопление наблюдается при гидромодуле 1 : 1. Анализ полученных частных зависимостей позволил сделать вывод, что наибольшее значение функции получено в следующих диапазонах параметров проведения процесса: гидромодуль 1 : 1, размер частиц 3–5 мм, продолжительность гидролиза 16–18 ч.

После проведения обработки результатов и отсева незначимых коэффициентов получены уравнения регрессии, адекватно описывающие изменение содержания сухих растворимых веществ в ферментативном гидролизате в ходе процесса гидролиза-экстрагирования при различных условиях.

1. Полная квадратичная зависимость выхода сухих растворимых веществ от продолжительности процесса гидролиза-экстрагирования и размера частиц

$$Y = 2,0725 + 0,7233X_2 - 0,2873X_1 - 0,0185X_2^2 - 0,0031X_1X_2 + 0,0093X_1^2;$$

$$R^2 = 0,8456.$$

2. Полная квадратичная зависимость выхода сухих растворимых веществ от продолжительности процесса гидролиза-экстрагирования и гидромодуля

$$Y = -1,8811 + 0,6721X_2 + 3,8022X_3 - 0,0175X_2^2 + 0,0102X_2X_3 - 1,0511X_3^2$$

$$R^2 = 0,8512.$$

3. Полная квадратичная зависимость степени гидролиза от продолжительности процесса гидролиза-экстрагирования и размера частиц

$$Y = 5,3565 - 0,4399X_1 + 6,2847X_2 - 0,0011X_1^2 + 0,0082X_1X_2 - 0,1408X_2^2;$$

$$R^2 = 0,8705.$$

Для дальнейших исследований по органолептическим показателям и соотношению массовой доли сухих растворимых веществ и условий гидролиза перспективным является ферментативный гидролизат полученный из нативного сырья, измельченного до размера 3–5 мм при фермен-

тсубстратном соотношении 1 : 4, используемом гидромодуле 1 : 1 и продолжительности гидролиза 16–18 ч. Ферментативные гидролизаты, полученные при более высоком ферментсубстратном соотношении (1 : 2) имеют темно-коричневый цвет, вязкую консистенцию и запах, свойственный морепродуктам.

В результате ферментативного гидролиза происходит переход биологически активных веществ (тритерпеновых гликозидов и гексозаминов) в ферментативный гидролизат. Основными факторами, влияющими на накопление в ферментативных гидролизатах тритерпеновых гликозидов и гексозаминов, являются ферментсубстратное соотношение и продолжительность обработки.

Полученные гидролизаты обогащены биологически активными веществами кукумарии — содержание тритерпеновых гликозидов составило 558 мкг/см³, содержание гексозаминов — 269 мкг/см³.

Полученный ферментативный гидролизат использовали в качестве соэмульгатора в технологии получения эмульсионного соуса. Экспериментальным путем определена массовая доля гидролизата в рецептуре майонеза, которая составила 10 %. Использование бинарного композиционного эмульгатора на основе обезжиренной соевой муки и ферментативного гидролизата из венчика и щупалец кукумарии позволило получить эмульсионный продукт с традиционными органолептическими показателями, обогащенный биологически активными веществами морского генеза, что позволяет предположить проявление им биологической активности, свойственной данным соединениям.

ЛИТЕРАТУРА

Афанасьева Е.А. Технология производства сушеной кукумарии // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2003. — № 8. — С. 194–198.

Быков В.П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих. — М.: ВНИРО, 1999. — 262 с.

Кизеветтер И.В. Лов и обработка промысловых беспозвоночных дальневосточных морей. — Владивосток, 1962. — 225 с.

Савватеева Л.Ю., Маслова М.Г., Володарский В.А. Дальневосточные голотурии и асцидии как ценное пищевое сырье. — Владивосток: ДВГУ, 1983. — 184 с.

Слущкая Т.Н. Исследование по химии и технологии трепанга и кукумарии: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО, 1974. — 23 с.

Тимчишина Г.Н. Обоснование технологий получения пищевых добавок из кукумарии (*Cucumaria japonica*), на основе комплексного использования сырья: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. — 24 с.

Толкачева В.Ф. Морской огурец Баренцева моря — новый источник пищевого сырья и лечебно-профилактической продукции // Рыб. хоз-во. — 1997. — № 2. — С. 48–49.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА АРОМАТИЗАЦИИ МАСЛА НА КАЧЕСТВО ПРЕСЕРВОВ (НА ПРИМЕРЕ ПРЕПАРАТА «ЖИДКИЙ ДЫМ»)

Т.И. Ткаченко, Е.В. Федосеева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия, e-mail: tatkach_2002@mail.ru

Для повышения стойкости пресервов в масле при хранении и улучшения органолептических показателей в последние годы предпринимаются исследования по технологии ароматизации масла, используемого для заливки. Одним из наиболее перспективных считается использование для ароматизации масла коптильных препаратов (КП), так как в определенных концентрациях КП обладают выраженным бактериостатическим действием.

Кроме того, применение КП перспективно в производстве пищевых продуктов из слабосозревающих рыб, к которым относятся нерестовая тихоокеанская сельдь, терпуг и ставрида.

Использование масла, ароматизированного КП, в производстве пресервов позволяет получить деликатесную продукцию, обладающую ароматом и вкусом копчености, а также стабилизировать качество пресервов. Пресервы из незревающих рыб в такой заливке имеют нежную консистенцию, вкус и аромат отличаются выраженными оттенками копчености (Титова, 1994; Технология переработки гидробионтов, 2001; Ткаченко, 2006).

Однако зачастую пресервы в масле, ароматизированном КП, имеют чрезмерно выраженный запах копчености, «дымный» привкус, за счет наличия в заливке смолистых веществ, являющихся основными носителями полициклических ароматических углеводородов (Курко, 1984; Мезенова и др., 2001; Ким и др., 2005; Ким, Ткаченко, 2005).

Целью исследования являлась оценка влияния растительного масла ароматизированного КП «Жидкий дым» на качество пресервов из терпуга. КП был предварительно очищен сорбентами, в качестве которых использовали натуральные биополимеры хитин (ХТ) и хитозан (ХТЗ), а также промежуточные производные, образующиеся при получении хитозана — деминерализованный панцирь краба (ДМП) и депротенизированный панцирь краба (ДПП).

КП «Жидкий дым» очищали от смолистых веществ обработкой сорбентами (ХТ, ХТЗ, ДМП, ДПП) в количестве 0,5–5,0 % массы КП в течение суток, после чего сорбент удаляли фильтрованием. Это позволило избавиться от взвешенных смолистых веществ, входящих в состав КП «Жидкий дым», улучшить органолептические свойства и санитарно-гигиенические показатели.

Коптильным препаратом «Жидкий дым» (исходным и после проведенной очистки) ароматизировали масло, которое далее использовали при изготовлении образцов пресервов.

Качество пресервов в масле, оценивали по физико-химическим показателям, являющихся приоритетными в формировании качества пресервов (Курко, 1977), а так же — буферности (Леванидов, 1967).

Из данных табл. 1 видно, что кислотное число масла гораздо выше в пресервах ароматизированных маслом исходным КП, по сравнению с пресервами в масле ароматизированном КП предварительно очищенным сорбентами.

Таблица 1

Показатели качества пресервов из терпуга в масле, ароматизированном КП «Жидкий дым»
(двух месяцев хранения)

Показатель качества	Масло, ароматизированное КП				
	исходным	очищен. ХТЗ	очищен. ХТ	очищен. ДМП	очищен. ДПП
Буферность, град	71	85	82	80	81
Кислотное число масла, мг КОН	6,20	4,90	4,93	4,95	4,95
Массовая доля фенольных веществ в заливке, мг %	0,140	0,102	0,110	0,112	0,112
Массовая доля карбонильных веществ, мг %	0,580	0,512	0,521	0,532	0,530
Массовая доля летучих фенолов в мясе рыбы, мг %	0,128	0,095	0,100	0,102	0,102

Для исследования влияния ароматизированного масла на качество готового продукта образцы пресервов оценивали также по органолептическим показателям (табл. 2), которые определяли методами балльной оценки и сравнения (Сафронова, 1998).

Таблица 2

Органолептические показатели пресервов из терпуга в масле, ароматизированном КП «Жидкий дым»

Масло ароматизированное КП	Наименование показателя	Характеристика	Баллы
Исходным	Вкус	Вкус копчености выражен чрезмерно интенсивно, с дымным «послевкусием»	4,0±0,02
	Запах	Заметно выражен запах коптильного препарата	3,8±0,01
	Консистенция	Жестковатая, признак сочности выражен слабо, но сухость не ощущается	4,5±0,03
	Внешний вид заливки (масла)	Масло после отстаивания слегка мутноватое	4,5±0,01
Очищенным ХТЗ	Вкус	Свойственный рыбе в масле, с привкусом копчености	4,8±0,02
	Запах	Отенок копчености выражен умеренно	4,8±0,02
	Консистенция	Уплотненная, сочная	4,7±0,03
	Внешний вид заливки (масла)	Масло после отстаивания прозрачное	4,7±0,03
Очищенным ХТ	Вкус	Свойственный рыбе в масле, вкус копчености выражен умеренно	4,7±0,01
	Запах	Отенок копчености выражен умеренно	4,6±0,01
	Консистенция	Плотная, сочная	4,7±0,03
	Внешний вид заливки (масла)	Масло после отстаивания прозрачное, отстоя в нижнем слое очень мало	4,6±0,03
Очищенным ДМП	Вкус	Свойственный рыбе в масле, с интенсивным вкусом копчености	4,6±0,01
	Запах	Отенок копчености выражен интенсивно	4,6±0,02
	Консистенция	Плотная, сочная	4,6±0,02
	Внешний вид заливки (масла)	Масло после отстаивания слегка мутноватое	4,6±0,03
Очищенным ДПП	Вкус	Свойственный рыбе в масле, с интенсивным вкусом копчености	4,5±0,02
	Запах	Отенок копчености выражен интенсивно	4,5±0,02
	Консистенция	Плотная, сочная	4,6±0,03
	Внешний вид заливки (масла)	Масло после отстаивания слегка мутноватое	4,6±0,03

Суммируя результаты органолептической оценки по четырем показателям (вкус, запах, консистенция и внешний вид заливки), можно сделать вывод, что наилучшими по качеству образцами являются пресервы в масле ароматизированном КП, предварительно очищенным хитозаном и хитином. Достаточно высокие показатели качества имели образцы пресервов в масле ароматизированном КП, предварительно очищенным ДМ и ДП панцирем. Качество пресервов в масле ароматизированном исходным КП было значительно ниже.

Об экологической безопасности копченой продукции, а также продукции приготовленной с использованием коптильных препаратов принято судить, прежде всего, по содержанию в ней бенз(а)пирен (БП) (Ким и др., 2005).

Бензапирен может быть только качественным показателем, поскольку его наличие всегда говорит о присутствии целой группы ПАУ, обладающих заметной канцерогенной активностью (Мезенова и др., 2001, Ким и др., 2005).

Проведенные исследования (табл. 3) свидетельствуют о различном содержании БП в пресервах приготовленных с маслом ароматизированным КП предварительно очищенным

сорбентами и в пресервах с маслом ароматизированным исходным КП. Однако во всех случаях канцерогенный уровень был ниже регламентированного в требованиях СанПиН 2.3.2.1078-01.

Таблица 3

Содержание бенз(а)пирена в пресервах из терпуга, мкг/кг

Масло ароматизированное КП «Жидкий дым»				
исходным	очищенным ХТЗ	очищенным ХТ	очищенным ДМП	очищенным ДПП
0,058	0,038	0,043	0,044	0,044

Совокупность полученных результатов позволяет сделать заключение о том, что использование в виде заливки масло ароматизированное КП предварительно очищенным сорбентами, позволяет значительно улучшить качество пресервов и их экологическую безопасность.

ЛИТЕРАТУРА

Ким Г.Н., Ким И.Н., Мезенова О.Я. Канцерогенные вещества коптильного дыма и копченых продуктов. — Калининград: КГТУ, 2005. — 253 с.

Ким И.Н., Ткаченко Т.И. Улучшение технологических свойств коптильных препаратов типа «Жидкий дым» // Технология и оборудование для обработки гидробионтов: Аналит. и реферативная информ. ВНИЭРХ. — 2005. — № 1. — С. 2–7.

Курко В.И. Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов — М.: Пищ. пром-сть, 1977. — 192 с.

Курко В.И. Основы бездымного копчения. — М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1984. — 232 с.

Леванидов И.П. Посол рыбы / элементы теории и практики: Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 63. — 188 с.

Мезенова О.Я., Ким И.Н., Бредихин С.А. Производство копченых пищевых продуктов. — М.: Колос, 2001. — 208 с.

СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: ИНФА, 2001.

Сафронова Т.М. Справочник дегустатора рыбной продукции. — М.: ВНИРО, 1998. — 244 с.

Технология переработки гидробионтов / под общей ред. Т.М. Сафроновой и В.И. Шендерюка. — М.: Колос, 2001. — 496 с.

Титова И.М. Разработка технологии ароматизации малосоленых деликатесных пресервов с использованием коптильных препаратов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Калининград: КТИРПиХ, 1994. — 23 с.

Ткаченко Т.И. Регулирование технологических свойств и санитарно-гигиенических показателей коптильных препаратов типа “жидкого дыма” при производстве пресервов в масле: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006 — 24 с.

НОВЫЕ ВИДЫ ДЕЛИКАТЕСНЫХ КОНСЕРВОВ ИЗ ОСЬМИНОГА

Л.В. Тринько¹, Л.Ю. Лаженцева¹, Л.В. Шульгина², З.П. Швидкая²

¹ Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
г. Владивосток, Россия

² Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток, Россия, t-mail: shulgina@tinro.ru

Несмотря на солидные запасы осьминога *Octopus dofleini*, его отечественный промысел и переработка на Дальнем Востоке ведутся неактивно.

Анализ литературы позволил предположить, что низкая востребованность объекта рыбоперерабатывающими предприятиями, по-видимому, связана с отсутствием рациональных способов обработки и выгодных ассортиментов продукции.

Вместе с тем осьминог представляет собой объект с высокой пищевой и биологической ценностью (Швидкая, Блинов, 1998). Выход съедобной части в среднем составляет $74,2 \pm 6,0 \%$, мясо характеризуется высоким содержанием белков, небольшим количеством липидов (табл. 1). Высокое содержание небелковых азотистых соединений, в том числе свободных аминокислот (аргинина, глутаминовой кислоты и др.), обуславливает приятный сладковатый вкус мяса осьминога.

Таблица 1

Пищевая ценность мяса осьминога *Octopus dofleini*

Вещество	Съедобные части	
	Мантия	Щупальца
Вода, %	$80,2 \pm 1,4$	$82,4 \pm 1,7$
Белок, %	$16,8 \pm 1,4$	$14,6 \pm 1,8$
Липиды, %	$0,2 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
Минеральные вещества, %	$2,8 \pm 0,1$	$2,6 \pm 0,5$
Калорийность, ккал	69,0	62,0

Белки содержат 18 аминокислот, в том числе все незаменимые (Справочник ..., 1999), что свидетельствует о полноценности его белков (табл. 2). Лимитирующими аминокислотами для мяса мантии осьминога является валин, для мяса конечностей — валин и фенилаланин.

Таблица 2

Аминокислотный скор белков осьминога

Аминокислота	Шкала ФАО/ВОЗ		Белки			
			мантии		щупалец	
	А	С	А	С	А	С
Лейцин	7,0	100	6,6	94,2	6,6	94,2
Фенилаланин + тирозин	6,0	100	7,1	118,0	1,9	31,6
Лизин	5,5	100	6,6	120,0	4,2	76,4
Валин	5,0	100	1,6	32,0	0,8	16,0
Изолейцин	4,0	100	3,6	90,0	3,9	97,5
Треонин	4,0	100	6,3	157,5	5,4	125,0
Метионин + цистеин	3,5	100	7,5	214,2	8,8	251,4
Триптофан	1,0	100	1,1	110,0	1,0	100,0

Примечание. А — количество аминокислоты, г/100 г белка; С — значение сора, %.

Осьминог содержит много минеральных веществ, по количеству которых превышает рыбу и некоторые нерыбные объекты.

Мясо осьминога является источником биологически активных веществ, в частности аминокислоты таурин (Аюшин и др., 2001), которая известна как фактор роста. Биологическое действие таурина сводится к участию в осморегуляции и регенерации клеток, стабилизации клеточных мембран и т.д. Осьминог *Octopus dofleini* содержит таурин в количестве 79,8 мкМ/г (8 мг в 100 г сырой массы), по содержанию которого уступает лишь некоторым видам каракатиц.

Все перечисленное указывает на необходимость создания технологий и расширения видов продуктов из осьминога, которые позволили бы использовать более широко и полно этот объект в питании населения.

С учетом перечисленного, нами разработана технология группы деликатесных консервов из осьминога.

Для изготовления консервов использовали осьминог мороженный, который размораживали в морской или пресной проточной воде при температуре 15–20 °С не более 2 ч или при температуре 35–40 °С, при этом продолжительность размораживания составляла не более 40 мин. Массовое соотношение сырья и воды составляло 1 : 2–1 : 3. После размораживания тело осьминога приобретало гибкость, при разделке его свободно извлекались внутренности из брюшной полости и легко отделялись друг от друга щупальца.

Промытое мясо осьминога подвергали бланшированию в кипящей воде в течение 40 мин при массовом соотношении воды и мяса 3 : 1. Вареное мясо охлаждали пресной водой температурой 12–18 °С, после чего кожный покров с осьминога легко снимали вручную. Обесшкуренное мясо осьминога резали вручную или на шинковальных машинах на полоски шириной не более 7–8 мм.

Для изготовления консервов «Осьминог подкопченный в масле» необесшкуренное мясо осьминога предварительно подвергали копчению на сетках до появления в мясе легкого привкуса и аромата копчения, после чего порционировали на кусочки.

Шинкованное мясо осьминога укладывали в стеклянные банки Ш-5-58-120 с крышкой из жести типа «Twist Off», соответствующие требованиям ГОСТ 5717.1-2003.

В зависимости от ассортимента вес мяса осьминога, закладываемого в банки был различным (табл. 3). После укладки мяса в соответствии с рецептурой вносили соль и заливку.

Таблица 3

Нормы закладки компонентов в банку, %

Наименование консервов	Мясо осьминога	Масло	Соль	Маслины
Осьминог в масле	78	20	2	
Осьминог подкопченный в масле				
Осьминог с паприкой в масле				
Осьминог с маслинами в масле	60	20	2	18

Стерилизацию и охлаждение консервов осуществляли в воде с противодавлением в автоклаве типа АВ по «Технологической инструкции по стерилизации консервов в сеточных автоклавах отечественного производства», утвержденной МРХ СССР 26.12.89 г.

Режим стерилизации консервов из осьминога имел следующий вид:

$$\frac{20-50-20}{115\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{ 0,18 МПа, } F_{\text{ф.}} = 7,1 \text{ усл. мин.}$$

Готовые консервы представляли собой продукты с высокими органолептическими свойствами (приятный внешний вид, специфический вкус, запах).

На основании результатов проведенных исследований были разработаны и утверждены нормативные документы (ТУ и ТИ) на производство новых видов консервов. Проведены экспертиза режима стерилизации консервов, дегустация продуктов на Отраслевом дегустационном совещании во ФГУП «ВНИРО» (г. Москва). Были отмечены высокие потребительские свойства консервов и одобрено их качество.

Опытные партии консервов, выработанные в условиях рыбконсервного завода ОАО «Славянский-2000», были переданы на реализацию, которая показала, что консервированная продукция из осьминога пользуется высоким спросом.

ЛИТЕРАТУРА

Аюшин Н.Б. Таурин: фармацевтические свойства и перспективы получения из морских организмов // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 129. — С. 129–145.

Справочник по химическому составу и технологическим свойствам водорослей, беспозвоночных и морских млекопитающих / под ред. В.П. Быкова. — М.: ВНИРО, 1999. — 262 с.

Швидкая З.П., Блинов Ю.Г. Технология и химия консервов из нерыбных объектов промысла дальневосточного бассейна. — Владивосток: ТИНРО-центр, 1998. — 118 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ СТЕРИЛИЗОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ ИЗ МОРСКИХ ГИДРОБИОНТОВ

З.П. Швидкая, Т.А. Давлетшина, Н.В. Долбнина
ФГУП «ТИНРО-центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: shvidkaya@tinro.ru

В настоящее время получило развитие новое направление в сфере производства продуктов питания — продукты функционального назначения для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами здорового населения, снижающие риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющие и улучшающие здоровье за счет наличия в их составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов (ГОСТ Р 52349-2005). Они составляют не более 3 % от числа всех известных пищевых продуктов, хотя отмечается тенденция к их увеличению (Нилова, Некрасова, 2005).

Основными нарушениями в питании являются: избыточное потребление животных жиров, дефицит полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), полноценных белков, витаминов, макро- и микроэлементов (кальция, железа, йода, селена, цинка), а также выраженный дефицит пищевых волокон. В связи с этим возникают вопросы о том, как влияет приготовление продукта на содержание питательных веществ, насколько разнообразен состав основных пищевых продуктов, являются ли потребляемые пищевые добавки такими же физиологически эффективными, как употребление микроэлементов в их естественном виде в составе пищи (Шатнюк, 2005; Шримптон, 2007). Компенсировать недостаток перечисленных нутриентов можно путем включения в рацион питания некоторых морских гидробионтов, в том числе и в консервированном виде.

Известно, что липиды морских рыб отличаются большей ненасыщенностью, чем липиды наземных животных и растительных масел, а ПНЖК $\omega 3$ семейств являются биологически активными веществами, действующими как профилактические лекарственные средства на организм человека при сердечно-сосудистых, онкологических и ряде других заболеваний (Sinronoulos et al., 1986). Главные жирные кислоты — эйкозапентаеновая (ЭПК) и докозагексаеновая (ДГК) — нормализуют обмен веществ, существенно снижая уровень холестерина в крови (Самсонов, Исаев, 1990).

Установлено, что при обработке рыб (сельдь иваси, сельдь тихоокеанская, сайра, мойва берингоморская, лососевые, печень минтая), липиды которых содержат большое количество ПНЖК (от 30 до 50 % общей суммы жирных кислот), способ их консервирования путем стерилизации является предпочтительным. Это позволяет полностью ингибировать окислительные и гидролитические процессы лабильных липидов и установить срок хранения такой продукции не менее 2 лет.

Проведено ранжирование натуральных консервов из рыб (табл. 1) по количеству ПНЖК — суточная норма которых составляет 11 г, в том числе особо ценной — ЭПК, необходимой в питании, а также насыщенных жирных кислот (НЖК) и мононенасыщенных (МНЖ), употребление которых ограничено — 25 г (Тутельян, 1994, Тутельян и др., 1999).

Медико-биологические исследования показали, что при двухнедельном приеме консервов «Сельдь иваси натуральная», без применения специальной лекарственной терапии, в составе нейтральных жиров сыворотки крови у человека происходит статистически достоверное снижение содержания триглицеридов и холестерина. Установлено, что лечебно-профилактическое действие проявляется при употреблении в сутки 2,0–2,5 г ЭПК, которое содержится в 125 г исследованных консервов (Акулин и др., 1995, 1999).

Как отмечает М.М. Левачев (1995), основным фактором регуляции обменных процессов организма является соотношение поступающих с пищей ПНЖК $\omega 6$ и $\omega 3$ семейств. Идеальным для диеты является соотношение ЭПК и ДГК 1 : 1.

Данные о количестве продукта, содержащего 1 г суммы ЭПК и ДГ, и их соотношении приведены в табл. 2.

Исследования показали, что бульон из консервов «Сельдь иваси натуральная» по составу и содержанию жирных кислот представляет собой концентрат ПНЖК наиболее близкий к препаратам типа «МахЕРА», который используется в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. Для получения организмом 1 г суммы ЭПК и ДГК необходимо принять только 10,3 г бульона.

Таблица 1

Результаты оценки жирового компонента консервов из тихоокеанских рыб, г/100 г продукта

Наименование консервов	Суммарные липиды	ПНЖК	ЭПК	НЖК	МЖК
Сельдь иваси натуральная для лечебно-профилактического питания	21,40	7,60	2,40	5,60	4,50
Сельдь тихоокеанская натуральная	11,80	2,30	1,10	2,70	5,90
Сельдь тихоокеанская натуральная с добавлением масла	13,40	2,70	1,05	2,80	5,70
Кета с нерестовыми изменениями натуральная	6,65	1,83	0,42	1,54	3,20
Кета натуральная (серебрянка)	8,40	1,68	0,60	1,94	3,80
Кета натуральная (серебрянка)	14,90	3,80	1,10	3,60	6,20
Горбуша натуральная	4,90	1,50	0,40	0,90	1,60
Горбуша с нерестовыми изменениями натуральная	6,50	1,90	0,60	1,60	2,70
Рагу из лососевых рыб	6,75	1,80	0,53	1,20	3,05
Сайра тихоокеанская натуральная	27,5	7,70	1,40	5,50	12,20
Заливное из осетра	4,0	1,30	0,30	0,70	1,30
Осетр натуральный	4,6	1,30	0,30	0,80	1,40

Таблица 2

Оценка качества продукта по содержанию и соотношению ЭПК и ДГК

Наименование продукта	Количество продукта содержащего 1 г ЭПК и ДГК	Соотношение ЭПК/ДГК
Сельдь иваси натуральная	22,7	1,18
Бульон из консервов «Сельдь иваси натуральная»	10,3	1,05
Кета натуральная (1)	41,7	0,75
Кета натуральная (2)	91,7	0,98
Кета натуральная (3)	89,3	0,91
Горбуша натуральная (1)	98,0	0,56
Горбуша натуральная (2)	73,5	0,73
Сайра натуральная	22,7	0,48
Треска вареная*	500,0	
Камбала вареная*	500,0	
МахЕРА*	3,0	

* По материалам работы Акмана (Akman, 1988).

В отличие от сельди иваси, где соотношение ЭПК и ДГК близко к 1, в липидах сайры доля ДГК почти в 2 раза выше, чем ЭПК, что свидетельствует о сравнительно более низкой диетологической ценности консервов «Сайра натуральная».

Таким образом, полученная достаточно полная информация о жировом компоненте натуральных консервов из рыб позволит рекомендовать их использование в соответствующих диетах в качестве функционального продукта.

При разработке технологии консервов из хрящевой составляющей осетра впервые обратили внимание на ее биологически активные компоненты участвующие в восстановлении функций хрящевой ткани при поражениях суставов. Созданный из хрящевой ткани препарат «Артротин» содержит глюкозамин (не менее 2 %), растворимый коллаген, аминокислоты и микроэлементы (Суховеркова, 2006). Учитывая уникальный состав хрящевой ткани, на ее основе нами разработана композиция консервов «Плов из осетра «Диетический»», которые характеризуются высокими органолептическими показателями, содержат порядка 0,5 % глюкозамина и 14 мг% оксипролина, что позволяет рекомендовать использование этого продукта в качестве функционального.

Известно, что гидробионты являются важным источником белков, которые в организме синтезируются из наиболее ценных элементов питания — аминокислот.

Анализ аминокислотного состава белков натуральных консервов из морских гидробионтов (крабов, кальмаров, креветки), отличающихся высоким содержанием белка, показывает, что после

стерилизации аминокислотный скор по основным незаменимым аминокислотам (НАМ) превышает шкалу ФАО/ВОЗ. В то же время белки кукумарии, широко используемой в технологии консервов, являются неполноценными (табл. 3).

Таблица 3

Аминокислотный скор белков натуральных консервов

Аминокислота	ФАО/ВОЗ (1973 г.)	Креветка натуральная		Кальмар натуральный		Крабы натуральные		Кукумария натуральная	
	мг/г белка	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%	мг/г	%
Изолейцин	40	56,4	141,0	56,4	141,0	39,8	99,5	2,6	68,0
Лейцин	70	78,2	112,0	111,6	159,4	72,6	103,7	5,3	75,7
Лизин	55	79,0	144,0	66,5	120,9	42,7	77,6	1,4	25,5
Метионин + цистеин	35	1,53	43,7	60,8	173,7	30,3	86,5	0,8	22,9
Фенилаланин + тирозин	60	86,9	145,0	33,4	55,7	73,6	122,7	2,8	46,7
Треонин	40	38,6	97,0	11,7	29,25	4,49	112,25	4,5	112,5
Триптофан	10	18,0	180,0	11,3	113,0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Валин	50	52,3	105,0	67,7	135,4	4,27	85,4	3,4	68,0

При разработке сбалансированных по аминокислотному составу пищевых композиций из этих объектов учитывается содержание лимитирующих, что позволяет получить в конечном итоге продукт полноценный по набору аминокислот. На этой основе разработана технология консервов «Скоблянка из кукумарии и рыбы» (Швидкая, 2001). Медико-биологические исследования показали, что использование в рационе этих консервов повышает антиоксидантную защиту организма (Исаченко и др., 2005).

С точки зрения содержания питательных веществ белки некоторых гидробионтов имеют даже некоторое преимущество перед белками мяса домашних животных, так как в них содержится таурин — аминокислота, участвующая в метаболизме холестерина. Полагают, что таурин выступает в качестве регулятора кровяного давления, снижает количество нейтральных жиров в крови, препятствует сужению артерий, улучшает «ночное зрение». Таурин необходим при лечении диабета, так как он стимулирует выделение инсулина и регулирует содержание сахара в крови, является также тонизирующим средством. Наибольшее его количество содержится (мг%): в осьминоге (около 1000) кальмаре (более 300), крабе (более 400), анадаре (более 200), что позволяет отнести эти объекты к потенциальным продуктам функциональной направленности. Таурин термостабилен, поэтому в стерилизованных консервах он сохраняется почти полностью (Аюшин, 2001), и консервы «Крабы натуральные», «Кальмар натуральный», консервы из анадары и спизулы (табл. 4) могут быть его источником.

Таблица 4

Содержание витаминов и таурина в многокомпонентных консервах из мяса клем

Витамин	Плов из анадары		Паштет из двустворчатых моллюсков		Анадара в морковно-абрикосовом соусе	
	мг%	%*	мг%	%*	мг%	%*
B ₁	0,006	0,35	0,04	2,35	0,0024	0,14
B ₂	0,053	2,65	0,07	3,50	0,26	13,0
C	2,63	3,75	1,92	2,75	5,73	8,18
PP	0,50	2,63	0,69	3,63	0,27	1,42
E	4,44	111,0	3,20	80,0	0,81	20,0
α и β — каротин	0,089	4,45	0,091	4,55	0,137	6,85
Содержание таурина, мг%	166		250		110	

* В 100 г продукта от суточной потребности человека.

В последние годы наиболее пристальное внимание уделяется изучению минерального состава и витаминов в объектах морского промысла. Согласно формуле сбалансированного питания

(Нечаев, 2003), организму человека в сутки требуется (в мг): калия — 2500–5000, натрия — 4000–6000, кальция — 800–1000, магния — 300–500, железа — 15, цинка — 10–15, меди — 2. Разработаны нормы суточной потребности человека в витаминах: В₁ — 1,7 мг, В₂ — 2, С — 70, РР — 19 мг. По данным И.М. Скурихина, М.Н. Волгарева (1987), если содержание витаминов превышает 5 % от суточной потребности, то такие продукты могут являться их источником.

Исследование содержания макро- и микроэлементов, витаминов на примере новых ассортиментов консервов из анадары и спизулы показало, что они являются источником макро- и микроэлементов (табл. 5), витаминов В₂, С, Е (см. табл. 4) (Гришин и др., 2004).

Таблица 5

Содержание макро- и микроэлементов в многокомпонентных консервах из мяса клем

Макро- и микроэлемент	Плов из анадары		Паштет из двустворчатых моллюсков		Анадара в морковно-абрикосовом соусе	
	мг%	%*	мг%	%*	мг%	%*
Калий	492,80	19,70	668,60	26,8	748,50	30,0
Натрий	262,80	5,25	1087,70	21,9	349,30	7,0
Кальций	51,30	6,40	53,40	6,9	69,80	8,7
Магний	62,40	15,60	122,70	30,7	84,80	21,2
Железо	5,0	33,30	15,50	103,5	7,60	50,5
Цинк	2,60	17,50	2,30	15,2	4,40	29,2
Медь	0,13	6,50	0,74	36,8	0,19	9,5

* В 100 г продукта от суточной потребности человека.

Результаты исследований содержания витаминов в консервах из гидробионтов, показали, что все консервы содержат витамин РР в количествах, превышающих нормируемые 5 % (от 6 до 25 %), что позволяет рассматривать их в качестве его источника (табл. 6).

Таблица 6

Содержание водорастворимых витаминов в консервах из гидробионтов

Наименование консервов	В ₁		В ₂		С		РР	
	мг%	%*	мг%	%*	мг%	%*	мг%	%*
Мойва в желе	0,002	0,12	0,07	3,50	1,92	2,74	0,49	2,58
Сельдь тихоокеанская в желе	0,010	0,35	0,03	1,50	0,37	0,53	1,26	6,63
Кета натуральная	0,020	1,29	0,02	1,05	0,74	1,06	1,65	8,68
Горбуша натуральная	0,020	1,18	0,02	1,18	0,29	0,41	2,10	11,05
Сельдь иваси копченая в масле	0,047	2,76	0,20	10,0	–	–	3,67	19,32
Салат из морской капусты «Приморский»	0,010	0,59	0,01	0,50	1,31	1,87	0,18	0,95
Кукумария натуральная	0,003	0,18	0,05	2,50	1,10	1,57	4,39	23,11
Салат из кукумарии с морской капустой	0,003	0,15	0,01	0,60	1,26	1,80	2,50	13,16
Скоблянка из кукумарии и рыбы	0,006	0,35	0,19	9,50	3,52	5,03	2,30	12,11

* От суточной нормы потребления.

Все исследуемые виды консервов, являются источниками витамина РР, а «Скоблянка из кукумарии и рыбы» — витаминов В₂ (9,5 %) и С (5,03 %), так как содержание этих функциональных ингредиентов находится в количестве более 5 % от суточной потребности в них человека.

Морская капуста (ламинария японская) широко используется в технологии консервов как в качестве основного, так и вспомогательного компонента.

Морская капуста является источником пищевых волокон (Нечаев, 2003), микроэлементов, в основном стронция и железа (Барашков, 1972). Ее уникальные альгиновые кислоты способны связывать в организме ионы тяжелых металлов и радионуклидов (Hang et al.,

1984). При исследовании консервов «Салат из морской капусты «Дальневосточный» и «Салат из морской капусты «Приморский» установлено, что после стерилизации количество альгиновых кислот сохраняется на довольно высоком уровне (до 12–18 %), что позволяет рекомендовать их использование в качестве источника этих веществ.

Таким образом, анализ представленного ассортимента консервов позволяет рекомендовать их не только в питании общего назначения, но и для восполнения дефицита ПНЖК, НАК, витаминов, альгиновых кислот, макро- и микроэлементов, что позволит успешнее использовать их в качестве продукта функциональной направленности.

ЛИТЕРАТУРА

Акулин В.Н., Блинов Ю.Г., Швидкая З.П., Попков А.А. Состав липидов натуральных консервов из некоторых видов рыб и беспозвоночных // Изв. ТИНРО. — 1995. — Т. 118. — С. 48–53.

Акулин В.Н., Швидкая З.П., Блинов Ю.Г. и др. Консервированные продукты из лососевых — источник полиненасыщенных жирных кислот в питании человека // Изв. ТИНРО. — 1999. — Т. 125. — С. 131–138.

Аюшин Н.Б. Таурин: фармацевтические свойства и перспективы получения из морских организмов // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 129. — С. 129–145.

Барашков Г.К. Сравнительная биохимия водорослей. — М.: Пищ. пром-сть, 1972. — 292 с.

ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения.

Гришин. А.С., Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В. и др. Оценка качества многокомпонентных консервов из двустворчатых моллюсков (клем) // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 10. — С. 48–50.

Исаченко Е.Г., Дроздова Л.И., Иванова Г.К., Швидкая З.П. Возможности коррекции оксидативного стресса у крыс при белковой недостаточности // Здоровье. Медицинская экология. Наука. — 2005. — № 1. — С. 30–34.

Левачев М.М. Соотношение n 6 и n 3 полиненасыщенных жирных кислот рациона как фактор регуляции обменных процессов организма // Симпоз. ПНЖК n 6 и n 3 семейств: медико-биологические, биохимические и биотехнологические ...: Тез. докл. — Владивосток, 1995. — С. 31.

Нечаев А.П. Пищевая химия. — СПб.: Гиорд, 2003. — С. 561–605.

Нилова Д.Ю., Некрасова Т.Э. Современное состояние и тенденции функциональных продуктов питания // Пищ. ингредиенты. — 2005. — № 2. — С. 28–29.

Самсонов М.А., Исаев В.А. Новое в профилактике и лечении атеросклероза, ишемической болезни сердца гиперлипидемии и других заболеваний // Вопр. питания. — 1995. — № 4. — С. 33–34.

Скурихин И.М., Волгарев М.Н. Химический состав пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 224 с.

Суховеркова Г.Ю. Биохимическая характеристика хрящевой ткани гидробионтов и технология БАД к пище: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2006. — 24 с.

Тутельян В.А. Современные приоритеты науки о питании // Вопр. питания. — 1994. — № 3. — С. 3–4.

Тутельян В.А., Суханов Б.П., Австриевских А.Н., Позняковский В.М. Биологически активные добавки в питании человека. — Томск, 1999. — 294 с.

Шатнюк Л.Н. Пищевые микроингредиенты в создании продуктов здорового питания // Пищевые ингредиенты. — 2005. — № 2. — С. 18–22.

Швидкая З.П. Консервы из гидробионтов — источник биологически активных веществ в питании человека // Материалы 3-й Междунар. конф. «Повышение качества рыбной продукции — стратегия развития рыбопереработки в XXI веке». — Калининград, 2001. — С. 130–132.

Шримптон Дерек Х. Теоретические и практические проблемы диетического питания // Вестн. Санкт-Петербургской гос. мед. акад. им. И.И. Мечникова. — СПб., 2007. — С. 95–96

Akman R.G.Mc., Leod C. Total lipid and nutritionally impotent fatty acids of same Nova Scotia fish and shellfish food products // Journ. Food Sci. — 1988. — Vol. 21, № 4. — P. 391–398.

Hang N.D., Cseke E., Vas M., Szabolcsi G. Processed protein foods characterised by in vitro digestion rates // Journ. Food Sci. — 1984. — Vol. 49, № 6. — P. 1543–1546.

Sinronoulos A.P., Kifer R.R., Martin R.E. Nutritional evaluation of polyunsaturated fatty acid in sea food. — N.Y.: Acad. Press, 1986.

РАЗРАБОТКА ПРОДУКТОВ ГЕРОДИЕТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ГИДРОБИОНТОВ

С.И. Шнейдерман

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный
университет, г. Владивосток, Россия

Рыбная отрасль имеет большие возможности организации производства продуктов профилактического, диетического, лечебного и геродиетического питания. Во многом это связано с наличием больших резервов белкового и жирового сырья, обладающего высокой биологической ценностью за счет сбалансированности amino- и жирнокислотного состава и специфики метаболизма макропитательных веществ в организме потребителей (Харитонов, 1997).

Создание новых видов продуктов для группы населения старше 50 лет возможно за счет одновременного использования нескольких направлений: сбалансированность продуктов, коррекция питания и профилактика. Пища пожилых должна быть разнообразной, легкоусвояемой, биологически ценной, в ней должны присутствовать вещества, улучшающие метаболизм продуктов в организме, в частности пищевые волокна, углеводы, антиоксиданты, минеральные вещества и витамины.

В рационе пожилых людей содержание белка не должно превышать 1,0–0,8 г на 1 кг массы тела, или 13 % энергетической ценности продукта. Употребление повышенного количества белка приводит к избыточной нагрузке жизненно важных органов, связанных с выведением из организма метаболитов; особое значение с возрастом приобретает качественный состав белков.

Особый интерес, с точки зрения анализа долгожительства, представляет содержание триптофана в пище. Дефицит продукта по триптофану приводит к снижению уровня серотонина во многих отделах головного мозга и к старению. Вместе с тем количество серотонина в мозговой ткани может быть снижено не только при дефиците триптофана в пище, но и при нормальном его содержании на фоне повышения уровня его конкурентов (лейцин, изолейцин, тирозин, фенилаланин) (Григоров, Коркушко, 1985).

Согласно требованиям геродиетики в отношении жирового компонента пищи предусматривается: снижение содержания жира в пище до 60–55 г/сут, или 25–30 % общей энергетической ценности рациона; оптимальное содержание насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот в пределах 0,6 по 10 % суточной энергетической ценности; содержание наиболее активной линолевой кислоты — 7 % энергетической ценности; употребление холестерина в пожилом возрасте следует ограничивать до 250–300 мг/сут. Особая роль в регуляции холестеринového обмена принадлежит эйкозапентаеновой и линолевой кислотам (Касьянов и др., 2001; Петров и др., 2001).

Увеличение в питании людей старших возрастов доли простых углеводов (пищевой и рафинированный сахар) приводит к нарушению углеводного и липидного обмена.

Противоположным эффектом обладают углеводы, представляющие собой полисахариды и пищевые волокна, к которым относят пектиновые вещества, гемицеллюлозу, лигнин, клетчатку и другие слабopевариваемые в кишечнике полисахариды. Связывая холестерин пищи, они нормализуют липидный обмен в целом (Мартинчик и др., 2000). Одним из принципов организации питания людей пожилого и преклонного возраста является создание продуктов, в которых соотношение компонентов белок : жир : углеводы должно составлять 1,0 : 0,8 : 3,5 (Самсонов, Мещеряков, 1979).

Используя методы проектирования пищевых продуктов, на основании рекомендуемых суточных норм физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии (табл. 1) для людей пожилого и преклонного возраста, можно подобрать такие варианты сырья, которые обеспечат и повысят аминокислотную сбалансированность продукта.

Химический состав морских и океанических видов рыб указывает на то, что они являются богатым источником полноценных белков, жиров, витаминов и минеральных веществ, играющих важную роль в организме, как регуляторы обмена веществ (Кизеветтер, 1973).

Суточные нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для людей пожилого и преклонного возраста

Пищевое вещество	Единица измерения	Суточная потребность	
		Лица пожилого возраста (61–74 лет)	Лица преклонного возраста (75 лет и старше)
Энергия	кДж/ккал	9610/2300	7940/1900
Белки	г	85	75
в т.ч. животные	г	44	38
Незаменимые аминокислоты	г/100 г белка		
Лейцин		7	7
Изолейцин		4	4
Лизин		5,5	5,8
Метионин + цистин		3,5	3,8
Фенилаланин + тирозин		6	6
Треонин		4	4
Триптофан		1,0	0,8
Валин		5	5
Жиры	г	65	60
Полиненасыщенные жирные кислоты	г/100 г липидов	10	10
Углеводы	г	298	262
Минеральные вещества:	мг		
Кальций		1000	1200
Фосфор		1700	1700
Магний		450	400
Железо		10	13
Цинк		15	15
Йод		0,15	0,15
Калий		2500	2650
Кобальт		0,2	0,2
Марганец		7	7
Селен		0,5	0,6
Медь		1	1
Фтор		0,7	0,7
Хром		2,5	2,5
Витамины:			
Витамин С	мг	80	93
Витамин А	мкг	1000	1200
Витамин Е	МЕ	15	17
Витамин D	МЕ	100	100
Тиамин (В ₁)	мг	1,4	1,6
Рибофлавин (В ₂)	мг	1,6	1,4
Пантотеновая кислота	мг	2,2	2,2
Ниацин	мг	18	15
Цианкобаламин	мкг	3	3
Пиридоксин (В ₆)	мг	2,2	2,2
Фолацин	мкг	200	200
Витамин К	мкг	300	300
Холин	мг	800	800

Использование в рационе питания морских водорослей позволяет осуществить оздоровительное питание населения, обогащая его дефицитными веществами, такими как витамины, минеральные вещества, клетчатка, йод, полиненасыщенные жирные кислоты. Ведущее место среди «оптимизаторов» пищевого рациона занимает ламинария японская, известная под названием «морская капуста» (Аминина, 2003).

В этой связи разработка рецептур и технологий геродиетических продуктов на рыбной основе является весьма актуальной проблемой, способствующей становлению нового промышленного направления — производства рыбных продуктов для людей пожилого и преклонного возраста.

Целью работы являлось создание ингредиентной структуры продуктов геродиетического питания, с необходимыми соотношениями белков, липидов и углеводов, а также сбалансированных по аминокислотному и жирнокислотному составу.

Основой для создания продукта геродиетического назначения выбраны котлеты из фарша рыб, приготовленные в соответствии с действующей ТИ с применением различных видов термообработки. Выбор этих продуктов обусловлен простотой приготовления как в домашних, так и в производственных условиях, возможностью вариативности рецептур, сочетанием различных компонентов, возможности придания изделию заданной формы и размера.

Выбранные продукты, были проанализированы на сбалансированность по содержанию белков, жиров, углеводов. В соответствии с требованиями геродиетического питания соотношение белок : жир : углеводы для лиц пожилого и преклонного возраста должно составлять 1,0 : 0,8 : 3,5, однако полученные результаты показали, что эти соотношения несколько отличаются, и для котлет-полуфабрикатов, жареных, приготовленных из маложирного сырья, составляют 1,00 : 0,15 : 0,90, а для жареных в томатном соусе — 1,00 : 0,15 : 0,80. Для этих же групп котлет, но приготовленных из среднежирного сырья, указанное соотношение составляет соответственно 1,0 : 0,4 : 0,8 и 1,0 : 0,4 : 0,7. Как видно, количество белка, содержащегося в продукте, соответствует установленным требованиям, а недостаток жира и углеводов необходимо восполнить. Исследование аминокислотного состава белков сырья, используемого для приготовления котлет, показало, что сумма незаменимых кислот в изделиях (полуфабрикат, жареные, жареные в томатном соусе) зависит только от вида рыб, взятых для приготовления фарша. При использовании белковых рыб эта сумма составляет для котлет-полуфабрикатов (мг/100 г) — 5807,9; для жареных — 7433,5; для жареных в томатном соусе — 6123,0. При включении в состав рецептуры высокобелковых рыб эта сумма значительно возрастает и составляет соответственно 7133,0; 9138,0 и 7522,0 мг/100 г. Кроме того, повышается количество таких аминокислот, как валин, метионин, триптофан, фенилаланин. Жир, содержащийся в составе продукта, включает в себя фосфолипидные фракции, холестерин и жирные кислоты. Количество насыщенных и мононенасыщенных кислот практически одинаково, а полиненасыщенных значительно больше. Количество углеводов в продуктах составляет 15,3 и 19,8 %. В основном это углеводы, вносимые за счет растительных компонентов рецептуры и в большей степени за счет хлеба пшеничного.

Таким образом, на основании проведенного анализа установлено, что выбранный продукт — котлеты из фарша рыбы — является полноценным в белковом отношении и содержит все незаменимые аминокислоты, а по количеству жира и углеводов уступает требованиям, предъявляемым геродиетическому питанию. В связи с этим предпринята попытка увеличить в продукте массовые доли указанных компонентов за счет обогащения рецептур продуктами, богатыми углеводами и липидами.

Достижение рекомендуемого соотношения в продуктах питания белок : жир : углеводы (1,0 : 0,8 : 3,5) возможно при изменении рецептур котлет за счет внесения в состав рецептуры пищевых волокон и сырья, обогащенного жиром и углеводами. В качестве такого сырья выбраны отруби пшеничные, морская капуста, гречневая крупа и шпик. Такая композиция ингредиентов позволяет увеличить массовое соотношение углеводов в 1,5–2,0 раза, а жира в 1,5 раза и получить продукты, в которых изменены соотношения липидно-углеводных состав-

ляющих. В зависимости от вида используемого сырья (маложирное или среднежирное) соотношение белок : жир : углеводы для котлет жареных составило в пределах 1,0 : 0,3 : 1,4÷1,0 : 0,5 : 1,3; полуфабрикатах — 1,0 : 0,5 : 1,4÷1,0 : 0,3 : 1,5. При приготовлении котлет в томатном соусе эти соотношения изменяются в пределах 1,0 : 0,5 : 1,3÷1,0 : 0,7 : 1,2. Количественное определение белка, липидов, углеводов и минеральных веществ в модельных образцах продуктов (табл. 2) показывает, что массовая доля этих компонентов в продуктах, приготовленных из объектов разной жирности, составляет практически одинаковые величины. То же самое касается липидов, углеводов и минеральных веществ.

Таблица 2

Химический состав пищевых изделий в зависимости от используемого сырья (массовая доля), %

Вещество	Наименование котлет								
	Полуфабрикат мороженый			Жареные			В томатном соусе		
	Сырье								
	Мало-жирное	Средне-жирное	Смешанное	Мало-жирное	Средне-жирное	Смешанное	Мало-жирное	Средне-жирное	Смешанное
Вода	56,05	53,30	55,07	48,96	42,66	41,92	57,80	54,97	63,73
Белок	14,00	13,42	14,57	16,08	16,16	16,06	14,25	15,57	9,29
Липиды	6,80	8,14	6,59	15,04	14,96	13,02	9,70	11,27	10,22
Углеводы	21,20	22,40	22,60	26,80	25,10	27,30	17,20	16,40	15,50
Мин. в-ва	1,95	2,74	1,17	1,24	1,12	2,70	1,05	1,79	1,26

В связи с этим для унификации расчетов пищевой и энергетической ценности приняты средние значения этих нутриентов с учетом вариабельности использования рыбного сырья в рецептурах котлет (табл. 3).

Таблица 3

Усредненный состав котлет из рыбного сырья, %

Котлеты	Белок	Липиды	Углеводы
Полуфабрикат	14,30	7,4	22,1
Жареные	16,07	15,0	26,4
В томатном соусе	15,00	10,4	16,4

Таким образом, изменение рецептуры котлет позволило приблизить соотношение белок : липиды : углеводы к значениям, установленным в геродиетике и в изготовленных продуктах достичь значений 1,0 : 0,3 : 1,5, при использовании маложирного сырья, и 1,0 : 0,5 : 1,4 — среднежирного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

- Аминина Н.М. Ламинария японская — основное сырье для производства лечебно-профилактических продуктов // Реферативный журнал. — 2003. — № 9. — С. 30.
- Григоров Ю.Г., Коркушко О.В. Показатели здоровья у пожилых людей при различном содержании углеводов в пище // Вопр. питания. — 1985. — № 2. — С. 26–30.
- Касьянов Г.И., Запорожский А.А., Юдина С.Б. Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста. — Ростов-на-Дону: Издат. центр «Март», 2001. — 192 с.
- Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. — М.: Пищ. пром-сть, 1973. — 423 с.
- Мартинчик А.Н. и др. Физиология питания, санитария и гигиена. — М.: Высш. шк., 2000. — 438 с.
- Петров А.Н., Григоров Ю.Г., Козловская С.Г., Ганина В.И. Геродиетические продукты функционального питания. — М.: Колос-Пресс, 2001. — 96 с.
- Самсонов М.А., Мещеряков В.А. Питание людей пожилого возраста. — М.: Медицина, 1979. — 80 с.
- Харитонов В.Д. К вопросу о перспективах развития технологий продуктов геродиетического профиля / В.Д. Харитонов, А.Н. Петров // Первая Междунар. конф. «Научные и практические аспекты совершенствования качества продуктов детского и геродиетического питания»: Тез. докл. — М.: Пищепромиздат, 1997. — С. 247–248.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КОНСЕРВИРУЮЩИХ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК НА РЫБНЫЕ ПРОДУКТЫ

Л.В. Шульгина¹, Л.Ю. Лаженцева², Г.И. Загородная¹

¹ ФГУП «Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр», г. Владивосток, Россия, e-mail: shulgina@tinro.ru

² Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток, Россия

В последние десятилетия в технологии рыбных продуктов стали широко применяться пищевые добавки различного назначения, которые не имеют пищевой ценности и являются чужеродными веществами для организма человека (Голубев, 2003). Их использование обусловлено необходимостью стабилизации роста микроорганизмов в продуктах из рыбы или нерыбных объектов, повышения водосвязывающей и эмульсионной способности белков мышечной ткани, снижения потерь влаги при дефростации объектов, замедления скорости гидролитических и окислительных процессов. Зачастую применение их связано с необходимостью сокрытия пороков сырья или необратимых изменений в продукте, возникающих из-за несоблюдения и нарушения установленных технологических регламентов и санитарно-гигиенических правил на этапах производства. При этом не всегда оценивается полезное или отрицательное физиологическое воздействие пищевых добавок на организм человека, степень опасности допустимых уровней и возможный биологический или токсический эффект (как сочетанный, так и пролонгированный) при использовании в технологиях различных продуктов, возможность участия их в образовании антиалиментарных соединений в процессе обработки сырья под действием различных физико-химических факторов.

В последние годы в литературе появляются сведения о выраженном вредном влиянии некоторых пищевых добавок, широко используемых в пищевых технологиях, в том числе в рыбной промышленности (Воробьев, 2007). Пищевые добавки не остаются инертными в полуфабрикатах, готовых продуктах, а также в организме человека. Они, будучи относительно нетоксичными в используемых концентрациях, нередко вступают во взаимодействие с другими веществами или подвергаются превращениям, в том числе метаболической кумуляции, приобретая тем самым токсичные свойства.

Одним из достоверных методов, определяющих суммарное физиологическое воздействие различных продуктов или отдельных компонентов, является биологический метод с использованием живых организмов — высших животных или альтернативных моделей, в том числе с использованием простейших.

Целью работы явилась биологическая экспресс-оценка влияния на качество и безопасность рыбных продуктов пищевых добавок, обладающих выраженным антимикробным действием.

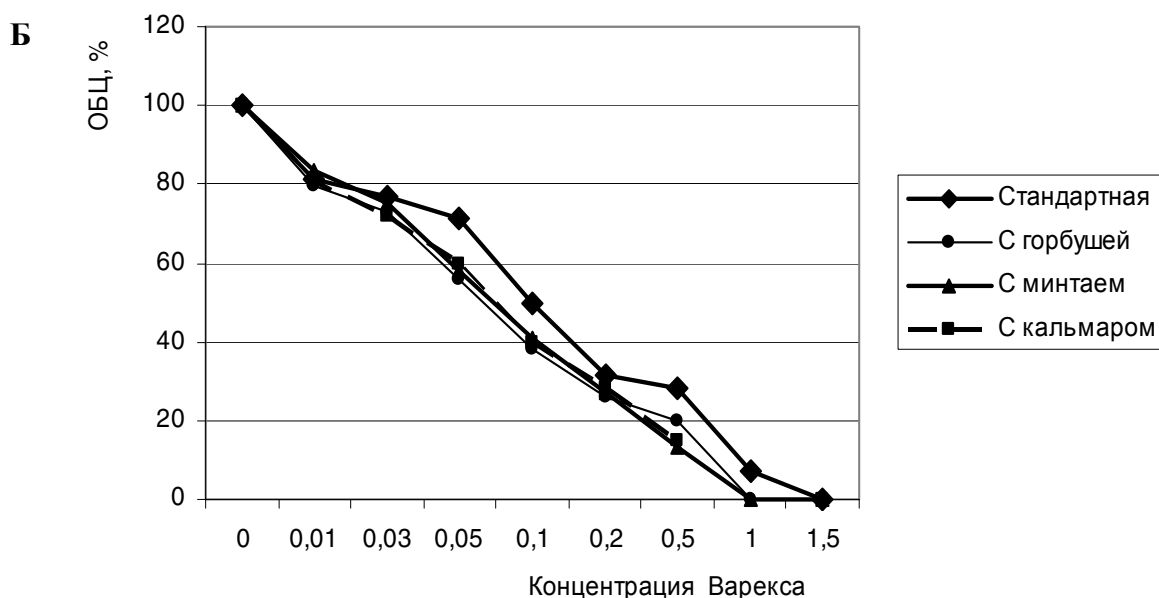
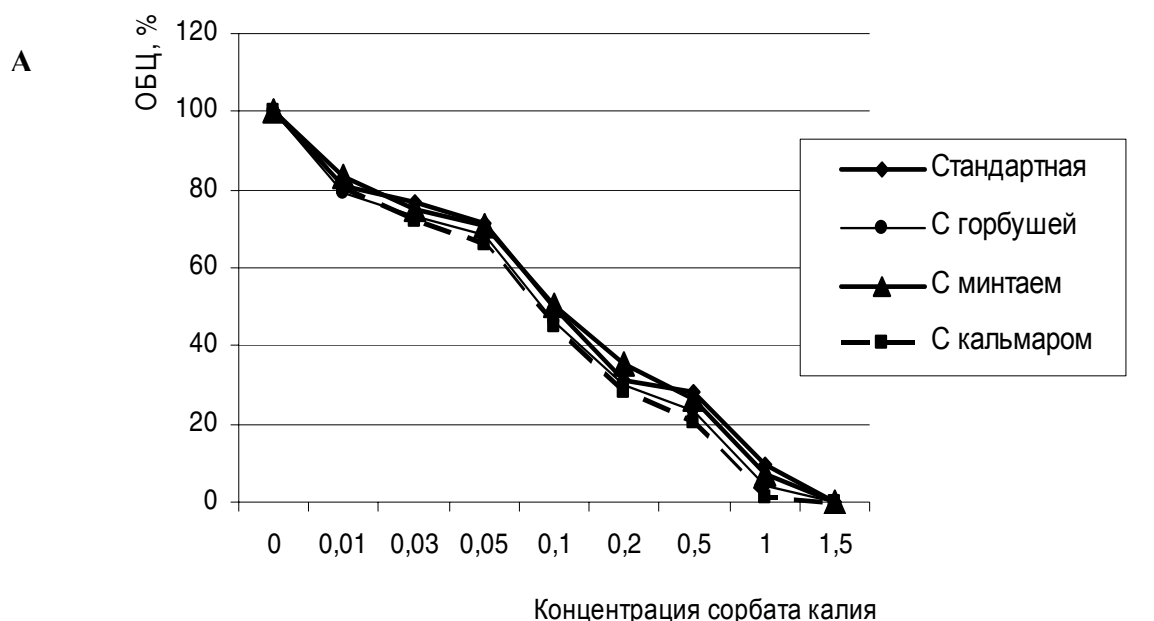
Для оценки влияния пищевых добавок в различных концентрациях на физиологическое воздействие продуктов и определения их рационального содержания были проведены исследования методом биотестирования с использованием в качестве индикаторного объекта инфузорий *Tetrahymina pyriformis* (Шульгин и др., 2006). Выбор последнего был обусловлен тем, что по основным показателям обмена веществ инфузории приближены к таковым высших организмов, быстро и достоверно показывают суммарное физиологическое воздействие продукта или отдельных его компонентов.

В качестве антисептика для оценки влияния консервантов на фактическую биологическую ценность рыбных продуктов были использованы соль сорбиновой кислоты — сорбат калия (добавка Е 202) и консервант «Варекс», состоящий из сорбата калия и парааминобензойной кислоты пропилового эфира (добавка Е 216).

Постановку эксперимента осуществляли следующим образом. В ряд пробирок со стандартной средой для культивирования простейших, а также со средой на основе мяса лососевых рыб, минтая и кальмара, вносили пищевые добавки в различных концентрациях, вклю-

чая допустимые дозы употребления для организма человека и обеспечивающие выраженный антимикробный эффект. Контролем служили аналогичные пробы без добавок. По истечении 4 сут учитывали прирост инфузорий. Результаты опытных проб сравнивали с таковыми контрольных посевов.

При добавлении сорбата калия в стандартную среду для культивирования индикаторного организма и в среды на основе рыбы и кальмара было установлено, что, начиная с концентрации 0,01 %, сорбат калия значительно влияет на усвояемость белковых субстратов (см. рисунок, А). Независимо от вида пищевого объекта и от исходного значения биологической ценности, снижение последней имело общую закономерность. При допустимой в рыбной продукции концентрации антисептика (0,1 %) отмечалось снижение усвояемости веществ до 46–50 %. Аномального развития клеток простейших в средах с консервантом не наблюдалось. Это указывает на то, что сорбат калия в данных концентрациях проявляет только цитостатические свойства.



Влияние сорбата калия (А) и консерванта «Варэкс» (Б) на относительную биологическую ценность сред на основе рыбы и кальмара

Добавление «Варэкс» в опытные пробы (см. рисунок, Б) снижали доступность клеткам простейших питательных веществ более интенсивно, чем в присутствии сорбата калия. При

концентрации консерванта 0,05 % в средах усвояемость питательных субстратов снижалась на 40 %, а при допустимой концентрации (0,10 %) — на 60 %. Кроме этого, в присутствии в среде «Варэкса» были отмечены нарушения морфологических признаков клеток простейших, а именно, образование аномальных форм клеток инфузорий в сравнении с исходной культурой (по величине, внешнему виду, степени и характеру вакуолизации, интенсивности окрашивания клеточных структур). Последнее говорит о проявлении тератогенных и мутагенных свойств исследуемой пищевой добавки.

Таким образом, на основании полученных результатов исследований установлено, что используемые в технологии продуктов из рыбы и нерыбных объектов антимикробные пищевые добавки значительно снижают доступность питательных веществ организму даже в концентрациях, допустимых для применения в пищевых продуктах. Пищевая добавка Е 216 при концентрации 0,05 % и выше проявляет токсичные свойства.

Результаты биотестирования по влиянию изученных пищевых добавок на биологическую ценность и безопасность продукции коррелируют с данными медико-биологических исследований, опубликованных в научной литературе (Воробьев, 2005, 2007).

Таким образом, метод биотестирования с использованием в качестве индикаторного организма инфузорий *Tetrahymena pyriformis* может быть рекомендован для выбора пищевых добавок и их рациональных концентраций в технологии продуктов из водных биоресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

Воробьев В.В. Качество и безопасность лососевой икры // Материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. «Производство рыбных продуктов: проблемы, новые технологии, качество». — Калининград, 2005. — С. 89–92.

Воробьев В.В. Влияние пищевых добавок на безопасность и качество морепродуктов // Гигиена и санитария. — 2007. — № 1. — С. 51–54.

Голубев В.Н. Пищевые и биологически активные добавки. — М.: Издат. центр «Академия», 2003. — 208 с.

Шульгин Ю.П., Шульгина Л.В., Петров В.А. Ускоренная биотис оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов. — Владивосток: ТГЭУ, 2006. — 131 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫЧКОВ СЕМЕЙСТВА КЕРЧАКОВЫХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

А.В. Югай

НОУ ВПО ИТиБ, г. Находка, Россия, e-mail: alu_shka@rambler.ru

В 90-е гг. прошлого века рыбный промысел в открытых районах Мирового океана сократился в 10 раз. Объем производства в отрасли в целом за это время уменьшился почти в 3 раза (Студенцова и др., 2007). Существенное сокращение в 2002 г. промысловых квот вылова многих традиционных объектов промысла (минтая, трески) обусловило общее снижение их потребления. В целом это привело к неадекватному уменьшению потребления рыбы и морепродуктов на душу населения — с 22,4 кг в 1980 г. до 10,0 кг в 2002 г. Поэтому в последнее время в условиях конкуренции среди производителей рыбной продукции остро встает вопрос улучшения качества, расширения ассортимента, ориентированного на потребителя с различными вкусами. Анализ структуры питания населения России свидетельствует о постоянно растущем дефиците животных белков, особенно наиболее ценных белков гидробионтов (Цифры и факты ..., 2006). Промысел рыбы имеет тенденцию к постоянному сокращению объемов вылова особенно ценных в пищевом отношении видов, вследствие чего актуальным является разработка технологии пищевой продукции из гидробионтов, в настоящее время не вовлеченных в сферу пищевой обработки.

В связи с вышеизложенным целью работы было обоснование комплексного использования бычков семейства керчаковых (рогатковых) для производства пищевой продукции.

Ранее (Югай, 2006а, б, 2007) установлены размерно-массовые соотношения частей тела бычков этого семейства. Результаты исследования химического состава бычков (табл. 1) показывают, что они относятся к «столовым» рыбам из-за невысокого содержания липидов.

Таблица 1

Химический состав тканей бычка, %

Наименование ткани	Вода	Белки	Липиды	Мин. в-ва
Мышечная ткань	78,20–81,38	15,52–16,10	1,10–1,50	1,40
Желудочная ткань	80,10–84,90	12,77–14,20	1,20–1,37	1,43
Печень	70,80–72,30	15,70–17,40	8,90–20,90	1,30

Так, содержание липидов в мышечной ткани рыб достигало 2,1 %, белкововодный коэффициент — 0,13–0,18, что характерно для среднебелковых рыб.

С целью выявления пищевой и биологической ценности мышечной ткани был проведен аминокислотный анализ. Результаты показывают, что ткани бычков содержит все незаменимые аминокислоты (табл. 2).

Анализируя представленные данные, можно заключить, что качественный состав аминокислот во всех частях бычка практически одинаков, а в количественном отношении разница очевидна. Так, по содержанию незаменимых аминокислот икра бычков содержит их больше, чем мышечная и желудочная ткани, печень.

На долю фенилаланина приходится 4,7 %, лейцина — 8,6, валина — 5,8, треонина — 5,7 %. Мышечная ткань содержит больше метионина — 1,52 % и лизина — 9,50 %. Из заменимых аминокислот в желудочной ткани больше по сравнению с другими частями глицина, его значение в пределах 10,8, что в два раза больше, чем в мышечной ткани, и почти в три раза больше, чем в икре и печени. В мышечной ткани больше по сравнению с другими глутаминовой кислоты — 18,0 %, аргинина — 6,4, аланина — 6,2 %. Большое количество пролина и оксипролина — аминокислот, характерных для белков соединительной ткани, в частности, коллагена, содержится в желудочной ткани бычков. Незначительное количество оксипролина — 3,5 % обнаружено в мышечной ткани бычков.

Сравнение содержания аминокислот в мышечной ткани других рыб (Баль, 1980; Байдалинова и др., 2006) показывает, что количественное содержание аминокислот в тканях быч-

ка, минтая и трески достаточно схоже. Содержание метионина в бычке меньше, чем в других рыбах в среднем на 2 %. Среди незаменимых аминокислот в бычке преобладают валин, изолейцин, треонин и фенилаланин. Их количество лежит в пределах 41 %, на долю заменимых аминокислот приходится около 57 %.

Таблица 2

Содержание аминокислот в тканях бычка, % к содержанию белка

Кислота	Объект исследования			
	Мышечная ткань	Печень	Ткань желудка	Икра
Аспарагиновая кислота	7,87	5,86	6,09	6,55
Треонин	5,50	4,97	4,44	5,74
Серин	4,51	4,17	4,97	6,21
Глутаминовая кислота	17,99	12,12	12,99	13,24
Глицин	5,01	4,45	10,77	3,47
Аланин	6,20	4,93	5,96	6,08
Цистин	0,27	0,92	0,62	1,17
Валин	5,47	4,64	3,72	5,84
Метионин	1,52	0,35	0,95	0,92
Изолейцин	4,68	3,71	3,13	5,21
Лейцин	8,33	6,74	5,42	8,57
Тирозин	3,49	2,85	2,31	4,37
Фенилаланин	4,51	4,02	3,27	4,66
Лизин	9,50	7,34	5,36	6,94
Гистидин	1,91	2,09	1,58	2,41
Аргинин	6,42	5,46	6,16	5,59
Оксипролин	0,25		1,94	
Пролин	3,46	3,42	5,47	5,02

Содержание липидов в мышечной ткани бычка невысоко: липидная фракция характеризуется высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, которые являются биологически активными веществами, проявляя свою активность как в выделенном виде, так и в составе препаратов (Воробьев, 2005).

В тканях бычков обнаружено около 25 жирных кислот, из них 21,5 % приходится на долю предельных, количество мононенасыщенных и полиненасыщенных 54,9 и 23,5 % соответственно. Среди полиненасыщенных жирных кислот обнаружены в большом количестве омега 3 ЖК — 39,8 % (14,2 % эйкозапентаеновой, 1,9 % докозапентаеновой, 21,8 % докозагексановой, 0,5 % линоленовой).

Среди предельных, которые составляют пятую часть всех жирных кислот, преобладает пальмитиновая — 15,8 %, в небольших количествах содержится миристиновая и маргаритиновая. Липиды печени так же представляют определенный интерес, так как содержат большое количество омега 3 ненасыщенные жирные кислоты. Среди полиненасыщенных жирных кислот обнаружены в большом количестве омега 3 ЖК — 20,1 % (7,3 % эйкозапентаеновой, 1,3 % докозапентаеновой, 9,9 % докозагексановой, 0,5 % линоленовой).

Это позволяет предположить, что в процессе обработки печень бычка будет меньше подвержена окислительным процессам, в отличие от печени минтая, что, в свою очередь, значительно упростит технологию ее переработки. Большое количество омега 3 ЖК позволяет использовать печень в качестве источника биологически активных веществ.

При исследовании минерального состава тканей бычков установлено (табл. 3), что пределы содержания всех тяжелых металлов лежат ниже предела допустимого уровня, согласно действующих СанПиН 2.3.2.1078-01.

Таким образом, можно сделать вывод, что бычок семейства керчаковых является ценным в пищевом отношении сырьем. По показателям безопасности содержания тяжелых металлов бычок может быть направлен на производство пищевой продукции.

Количество ионов металлов в тканях бычка, мкг/кг сухого

Наименование металла	Желудок	Икра	Мясо	Печень
Ртуть	0,002	0,002	0,003	0,004
Мышьяк	0,06	0,05	1,05	0,19
Кадмий	0,0045	0,0717	0,027	5,031
Кобальт	0,048	0,177	–	0,237
Хром	0,128	0,057	0,058	0,015
Медь	2,99	8,37	2,92	13,60
Железо	63,4	155,5	46,7	295,9
Марганец	1,08	2,39	0,58	2,37
Свинец	0,120	0,028	0,002	0,013
Цинк	47,8	153,1	70,1	127,8

Примечание. Количество ртути представлено в микрограммах на грамм сырой массы.

В свете вышеизложенного следует, что печень, икра, мышечная ткань и желудок бычков обладают высокой пищевой ценностью, т.е. могут использоваться в качестве сырья для производства пищевой продукции.

Из литературных данных (Диденко и др., 1983) известно, что мышечная ткань бычков использовалась при производстве консервов, данных по производству пищевой продукции из печени, желудков и икры бычков в литературе нами не обнаружено.

С учетом проведенных исследований были разработаны рецептуры на пищевую продукцию из печени, желудка, икры керчаковых, а также — отходов от разделки (голова, плавники).

Как установлено, изготовление паштета из печени бычков должно предусматривать ее предварительное бланширование, внесение компонентов в соотношении, указанном в табл. 4, куттерование.

Таблица 4
Рецептура паштета из печени бычков, %

Наименование компонента	Количество
Печень	86
Соль	3
Томат-паста	1
Лук репчатый	5
Растительное масло	5

Таблица 5
Рецептура салата из желудков рыб, %

Наименование компонента	Количество
Желудок	75
Соль	3
Соевый соус	2
Лук репчатый	5
Растительное масло	5
Свекла	10

При изготовлении салата из желудков бычков основными операциями были: варка в течение 5 мин, измельчение на мясорубке с диаметром отверстий 4 мм, добавление компонентов (табл. 5), термообработку.

Пищевые отходы измельчали, добавляли воду в соотношении 2 части воды и 1 часть отходов, перемешивали и варили при температуре 90–95 °С в течение 80 мин. После термической обработки бульоны фильтровали, в профильтрованный горячий бульон (температура 70 °С) добавляли растительное масло и эмульгировали. Полученную эмульсию использовали для приготовления соуса типа майонез.

Для производства соленой икры бычка ястыки после промывки, помещали в тузлучный раствор на 5 мин, после стекания измельчали на мясорубке; затем добавляли растительное масло.

Дегустационная оценка полученных кулинарных продуктов была высокой.

Таким образом, на пищевые цели можно использовать не только мышечную ткань керчаковых, но и печень для производства паштетов, икру для изготовления соленой пробойной икры, а также отходы от разделки для получения соусов.

Проведенная работа расширяет возможности пищевого использования бычков на основе их комплексной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

- Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Мезенова О.Я. и др. Биотехнология морепродуктов. — М.: Мир, 2006. — 550 с.
- Баль В.В. Технология рыбных продуктов. — М.: Пищ. пром-сть, 1980. — 232 с.
- Воробьев В.В. Полиненасыщенные жирные кислоты гидробионтов — БАВ для лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний // Тез. докл. науч.-практ. конф. — М.: Макс Пресс, 2005.
- Диденко А.П., Боровская Г.А., Дроздова Л.И., Лаврова Н.А. Технохимическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков // Изв. ТИНРО. — 1983. — Т. 108. — С. 13–19.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования и пищевая ценность пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. — М.: ИнтерСЭН, 2002. — 168 с.
- Студенцова Н.А., Мазкин А.В., Киселева К.Н. Стратегия развития рыбной отрасли и рыбопереработки в 21 веке // Изв. вузов. Пищ. технология. — 2007. — № 1. — С. 5–9.
- Цифры и факты (по данным ФАО) // Рыбоводство. — 2006. — № 1. — С. 14–15.
- Югай А.В. Возможные пути использования бычков // Четвертая науч.-техн. конференция-выставка с международным участием «Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации». — М., 2006. — С. 234–239.
- Югай А.В. Технохимическая характеристика бычков Приморья // Регион. науч.-практ. конф. «Современные проблемы бизнеса и технологий в Дальневосточном регионе». — Находка, 2006. — С. 45–46.
- Югай А.В. Технохимическая характеристика печени дальневосточных бычков // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы бизнеса и технологий в Дальневосточном регионе», — Находка, 2007. — С. 43–46.

Содержание

Акулин В.Н. Станислав Максимович Коновалов — самый молодой директор ТИНРО	3
СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЯ И РЕСУРСЫ МОРСКИХ И ПРЕСНОВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ»	9
Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л. Современное состояние запасов и перспективы промысла минтая в северной части Охотского моря	9
Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Фигуркин А.Л. Особенности и условия нереста минтая у южных Курильских островов в 2007 г.	13
Авдеев С.В., Дробязин Е.Н. Плодовитость <i>Sclerocrangon salebrosa</i> и <i>Sclerocrangon boreas</i> в водах зал. Петра Великого и северного Приморья	18
Астахов М.В. Материалы по кормовой базе ихтиоцена реки Кедровой (южное Приморье) ...	22
Белова Г.В. Первые сведения по плодовитости массовых мезопелагических рыб Охотского моря и сопредельных вод северо-западной части Тихого океана	26
Бобовский А.О. Видовой состав и количественное распределение закапывающихся двусторчатых моллюсков в прибрежных водах Приморья	30
Бонк А.А. Особенности воспроизводства корфо-карагинской сельди в современный период ...	33
Борилко О.Ю., Кобликов В.Н., Деминов А.Н. Современное состояние ресурсов камчатского краба (<i>Paralithodes camtschaticus</i>) на шельфе Приморья (Японское море)	37
Гадинов А.Н., Долгих П.М. Пространственно-видовая структура ихтиоценоза и факторы, влияющие на распределение рыб р. Енисей	41
Галышева Ю.А., Христофорова Н.К. Состав и количественное распределение макробентоса сублиторали бухты Троицы залива Посъета	45
Гасанова А.Ш., Гусейнов К.М. Некоторые сведения о планктонных сообществах дагестанского района Каспия в современных условиях	51
Дворецкий В.Г. Оценка биологического разнообразия сообществ зоопланктона Баренцева моря	54
Дворецкий А.Г., Кузьмин С.А. Некоторые особенности биологии камчатского краба <i>Paralithodes camtschaticus</i> в прибрежье Баренцева моря	57
Дворянкин Г.А., Кулида С.В., Портнов В.В. Биология и рыбохозяйственное значение ряпушки Кенозерского национального парка	61
Деминов А.Н., Борилко О.Ю., Архипов А.А. О плодовитости японского краба-стригуна (<i>Chionoecetes japonicus</i>) в северо-западной части Японского моря	64
Долганова Н.Т., Колпаков Н.В. Трофический статус и пищевые отношения молоди рыб и креветок в эстуариях залива Петра Великого	67
Дробязин Е.Н. Размерная структура и численность шримса-медвежонка (<i>Sclerocrangon salebrosa</i>) по данным двух учетных орудий лова и распределение в заливе Петра Великого	72
Дулупова Е.П., Дулепов В.И. Сравнительный анализ структурно-функциональных показателей планктонных и бентосных сообществ дальневосточных морей в современный период	77
Дьяков Ю.П. Особенности динамики популяций и формирования численности поколений западнокамчатских камбал	80
Епур И.В., Вышкварцев Д.И., Лебедев Е.Б. Ихтиопланктон мелководных бухт залива Посъета Японского моря	86
Завертанова Ю.В. Качественная и количественная характеристика ихтиопланктона бухты Алексеева (залив Петра Великого, Японское море) в 2006–2007 гг.	90
Заволокин А.В. Динамика обилия медуз в Охотском море	95
Заволокин А.В., Глебов И.И., Косенок Н.С. Медузы Берингова моря: видовой состав, распределение, обилие и питание	99
Зуев М.А. Гигантский кальмар <i>Archuteuthis dux martensi</i> в северо-западной части Тихого океана	104
Иванова М.Б., Цурпало А.П. Биота литоральной зоны острова Русского (Японское море)	106
Калинина М.В., Колпаков Н.В. Особенности репродуктивного цикла Японского мхнаторукого краба (<i>Eriocheir japonica</i>) в водоемах Приморья	112
Катугин О.Н., Дакус А.В. Различия между крупно- и мелкоразмерной группировками северного кальмара (<i>Boreoteuthis borealis</i>) по форме статолитов	115
Кобликов В.Н., Корнейчук И.А. Об эффективности запрета промышленного лова глубоководных креветок в южной части подзоны Приморье	122

Королева Т.Н. Некоторые особенности биологии <i>Alaria angusta</i> Kjellm. в прикамчатских водах	127
Костина Е.Е. Видовой состав и распространение актиний (<i>Athenaria</i>) на шельфе восточного Сахалина	130
Коцюк Д.В. Структура ихтиофауны и динамика запаса основных промысловых рыб Зейского водохранилища	133
Крупнова Т.Н., Турабжанова И.С. Способы стабилизации восстановленных полей ламинарии японской (<i>Laminaria japonica</i>) при проведении добычи	138
Кулепанов В.Н., Жильцова Л.В. Прогноз промысловых запасов ламинарии японской по оценке состояния зарослей растений первого года вегетации в прибрежье северного Приморья	141
Кулик В.В. Стохастические и детерминированные процессы в динамике доминирования видов в нектонных сообществах пелагиали дальневосточных морей с 1980-х гг.	143
Левенец И.Р. Литоральная флора острова Русский залива Петра Великого	148
Лепская Е.В., Коломейцев В.В., Шагинян А.Э., Заочный И.А., Свириденко В.Д. Фитопланктон на юго-западном участке камчатского побережья Охотского моря в 2005–2006 гг. ...	152
Литвинцев А.А. Водные биоресурсы Аяно-Майского района: современное состояние и перспективы промышленного освоения	157
Лобода С.В. Современное состояние запасов тихоокеанской сельди в северной части Охотского моря	161
Лужняк В.А., Балыкин П.А. Современное состояние рыбных ресурсов Азовского и Каспийского морей	164
Мирошников В.В. Особенности распространения и батиметрического распределения японского краба-стригуна (<i>Chionoecetes japonicus</i> Rathbun, 1932) в северо-западной части Японского моря	169
Михеев П.Б. Рост и некоторые показатели биологии нижеамурского хариуса <i>Thymallus tugarinae</i> sp. nova (<i>Thymallidae</i>) р. Кур	176
Надточий В.А., Безруков Р.Г. Состав и количественные характеристики сообществ макробентоса Амурского залива (Японское море)	181
Насибулина Б.М., Истелюевой А.А., Колесниченко А.М. Современное экологическое состояние донных сообществ дельты Волги	187
Наумова Т.Н. Некоторые черты биологии мойвы восточной части Охотского моря	189
Некрасова М.И., Некрасов Д.А. Особенности сезонной и межгодовой динамики многощетинковых червей (<i>Polychaeta</i>) залива Восток (залив Петра Великого, Японское море)	193
Николенко Л.П. Морфологическая дифференциация черного палтуса (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i> (Walbaum), (<i>Pleuronectidae</i> , <i>Pleuronectiformes</i>) в Охотском море в период полового созревания	195
Нуждин В.А. О популяционном статусе осенне- и весеннерестующего минтая в водах южного Приморья	200
Овсянникова И.И. Усоногие раки в литоральной биоте острова Русский (залив Петра Великого)	205
Османов М.М., Алигажиев М.М., Амаева Ф.Ш. Особенности распределения веслоногих раков (<i>Soropoda</i>) дагестанского района побережья Каспия в современных условиях	210
Павлова Л.В. Питание молоди камчатского краба в естественных условиях (Кольский залив, Баренцево море)	215
Павлова Л.В. Условия обитания, распределение и некоторые особенности биологии камчатского краба в Кольском заливе (Баренцево море)	218
Павлючков В.А., Попов А.В. Возрастная структура черного морского ежа (<i>Strongylocentrotus nudus</i>) в южной части Приморья	221
Панченко В.В., Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Измятинский Д.В., Антоненко Д.В. Результаты исследования биоресурсов рыб в подзоне «Приморье» в 2007 г.	224
Паутова Л.А., Силкин В.А., Микаэлян А.С., Титов В.Б., Буренков В.И. Особенности структуры и механизмы формирования современных планктонных фитоценозов северо-восточной части Черного моря: полевые и экспериментальные исследования	229
Пряхин Ю.В. Состояние популяции акклиматизанта пиленгаса в Азовском море и ее промышленное освоение	232
Ревенко Е.В., Кулепанов В.Н. Исследования зарослей бурой водоросли <i>Laminaria japonica</i> Aresch. у побережья северного Приморья в осенний период. Подходы к прогнозу промыслового запаса	236
	969

Савин А.Б. Изменчивость сезонных распределений тихоокеанской трески (<i>Gadus macrocephalus</i> , Gadidae) в Анадырском заливе и прилегающих водах в связи с ее сезонными миграциями ...	240
Седова Л.Г., Соколенко Д.А. Распределение и ресурсы плоских морских ежей в прибрежье Приморья	244
Семенченко Н.Н. Гидрологический режим р. Амур и численность промысловых пресноводных рыб	246
Сидяков Ю.В. Распределение мидии Грея в северо-западной части Татарского пролива (октябрь 2007 г.)	251
Скрипцова А.В. Биология и экология <i>Undaria pinnatifida</i> (Phaeophyta) в зал. Петра Великого Японского моря	254
Смирнов А.А., Марченко С.Л. О смешиваемости североохотоморских сельдей в нагульный период в северной части Охотского моря	259
Соколенко Д.А. Ресурсы спизулы сахалинской в водах северного Приморья	262
Соломатов С.Ф. Вертикальная зональность распределения донных рыб в водах северного Приморья (Японское море)	266
Суханов В.В., Иванов О.А. Динамика видовой структуры пелагического нектона северо-западной части Японского моря	271
Токранов А.М., Орлов А.М. Особенности распределения и динамика уловов рогатковых рыб рода <i>Hemilepidotus</i> Cuvier, 1829 (Cottidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки	277
Тупоногов В.Н., Очеретянный М.А. Современное состояние ресурсов донного ярусного промысла в Западно-Беринговоморской зоне и новая методика расчетов ОДУ на основе сблокированных квот	281
Услонцев А.А., Хованский И.Е. Основные водно-биологические ресурсы Тугуро-Чумиканского района: пути и возможности рационального освоения	287
Филатов В.Н. Особенности распределения скоплений и промысла тихоокеанской сайры в районе Курильских островов в период с 2004 по 2007 г.	292
Цурпало А.П. Состав и распределение макробентоса на литорали бухты Крабовой острова Шикотан (Курильские острова)	298
Черниенко И.С. О формировании запаса аяно-шантарской популяции камчатского краба	302
Шаповалов М.Е. Особенности размножения верхогляда <i>Chanodichthys erythropterus</i> bas. оз. Ханка	306
Шаповалов М.Е. Промысел и состояние популяции верхогляда (<i>Chanodichthys erythropterus</i> , Serranidae, Pisces) озера Ханка	311
Шедько М.Б., Асеева Н.Л. Микроспоридии рода <i>Muxobolus bütschli</i> (<i>Muxobolidae</i> : <i>Muxosporaea</i>) — паразиты кефалевых рыб (<i>Mugilidae</i>) юга Дальнего Востока России	316
Щербакова Н.В. Плотность и распределение личинок японского мохнаторукого краба (<i>Eriocheir japonicus</i>) в планктоне Амурского залива (Японское море)	321
Юрко А.С. Колебания численности и возрастного состава эвфаузиид Баренцева моря в условиях теплых лет	324
Юсупов Р.Р., Каика А.И. Состояние запаса и эффективность промысла трески <i>Gadus macrocephalus</i> (Gadidae) в северо-охотоморском промысловом районе	329
Янченко И.Н., Амельченко Ю.Н. Сравнительная биологическая характеристика малоротой корюшки <i>Hypomesus olidus</i> , <i>H. japonicus</i> бухты Оссора и залива Корфа	333
СЕКЦИЯ «ТИХООКЕАНСКИЕ ЛОСОСИ В ПРЕСНОВОДНЫХ, ЭСТУАРНО-ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ»	334
Базаркин В.Н. Особенности экологии воспроизводства симы <i>Oncorhynchus masu</i> (Brevoort) нижнего Амура и западной Камчатки	334
Бачевская Л.Т., Агапова Г.А. Генетическая и фенетическая дифференциация кеты <i>Oncorhynchus keta</i> и горбуши <i>O. gorbuscha</i> северо-востока России	338
Введенская Т.Л., Травина Т.Н. О роли сненки в трофической цепи лососевых рек Камчатки (западное побережье, река Большая)	342
Голубь Е.В. Пространственное распределение и численность нерки в водоемах Чукотки	344
Горяинов А.А., Лысенко А.В. Воспроизводство кеты в малых водотоках Приморского края	349
Горяинов А.А., Шатилина Т.А., Никитин А.В. Осеннее потепление в северной части Японского моря и состояние запасов приморской кеты в начале 21-го столетия	351

Есин Е.В. Зимние места обитания молоди и взрослых жилых рыб в бассейне малой лососевой реки Начилова (западная Камчатка)	355
Заволокин А.В., Слабинский А.М., Ефимкин А.Я., Косенок Н.С. Кормовая база тихоокеанских лососей в российских водах Берингова моря в 2002–2006 гг.	360
Золотухин С.Ф., Козлова Т.В. Надпопуляционные группировки тихоокеанских лососей побережья Хабаровского края	363
Иванков В.Н., Иванкова Е.В., Кульбачный С.Е. Популяционная организация тихоокеанских лососей: иерархия темпоральных рас и популяций	366
Каев А.М., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А., Малинина Т.В., Шитова М.В., Борзов С.И., Федорова Л.К., Животовский Л.А. О генетической дифференциации кеты речного и озерного экотипов на о. Итуруп (Курильские острова)	372
Кляшторин Л.Б. Изменения климата и долгопериодная динамика запасов тихоокеанских лососей	375
Крупяно Н.И. Распространение и современное состояние запасов гольцов в Приморском крае	378
Кульбачный С.Е., Балушкин В.А., Золотухин С.Ф. Новая ловушка для учета молоди кеты и горбуши	382
Куренкова Е.В. Молодь горбуши в нектонных сообществах южной части Охотского моря ...	385
Марченко С.Л., Голованов И.С. Особенности покатной миграции североохотоморской горбуши	390
Найденко С.В. Роль тихоокеанских лососей в трофической структуре эпипелагиали прикурильских вод северо-западной части Тихого океана в летний период	393
Островский В.И., Пономарев С.Д. Закономерности воспроизводства и стратегия эксплуатации кеты Охотского района	396
Паренский В.А., Каев А.М. Описание динамики численности и формирования возвратов горбуши залива Анива	402
Паренский В.А., Шевляков Е.А. Модель динамики численности горбуши реки Камчатка ...	406
Пустовойт С.П. Анализ генетического разнообразия российских и японских популяций симы	411
Таразанов В.И., Денисенко Е.В. Особенности нерестового хода лососей в реках Охотского района (Хабаровский край): динамика, сроки, численность	414
Хованский И.Е., Литвинцев А.А., Крушанова А.С., Шукшина Н.К. Современное состояние нерестового фонда кеты в границах государственных рыбохозяйственных заказников бассейна Амура и методические вопросы обследования нерестилищ	419
Шитова М.В., Рубцова Г.А., Афанасьев К.И., Животовский Л.А., Малинина Т.В. Дифференциация заводских популяций кеты (<i>Oncorhynchus keta</i> Walbaum) Сахалинской области по микросателлитным маркерам	423
СЕКЦИЯ «УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ»	427
Абросимова А.А., Жабин И.А., Дубина В.А. Расчет динамических характеристик стоковой линзы реки Амур в Сахалинском заливе Охотского моря на основе гидрологических и спутниковых данных	427
Аракелова Е.С. Физиологические аспекты продуктивности <i>Littorina saxatilis</i> (Gastropoda, Prosobranchia)	429
Багрянцева У.П., Жилин А.Ю. Алифатические углеводороды в воде и донных осадках Баренцева моря в районах рыбного промысла	433
Бойченко Т.В., Христофорова Н.К., Бузолева Л.С. Микробиологическая индикация загрязнения прибрежных вод Амурского залива	438
Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Хлорорганические пестициды в морских, пресноводных и эстуарных видах рыб зал. Петра Великого и оз. Ханка	443
Бугаев Л.А., Катаскова С.И., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Оценка токсической опасности действующих веществ пестицидов в воде Азовского моря	447
Бугаев Л.А., Смыр Т.М., Жердев Н.А., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Исследование уровня пестицидной интоксикации промысловых рыб Азовского моря	452
Бурик В.Н. Особенности распространения амурской ихтиофауны в бассейне реки Урми ...	457

Ващенко М.А., Hsieh H.L., Радашевский В.И. Состояние гонад устрицы <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg), культивируемой в условиях антропогенного загрязнения	461
Вехова Е.Е., Селин Н.И. Прочность биссусного прикрепления трех видов промысловых митилид (<i>Bivalvia</i>) из Японского моря в связи с особенностями их обитания	466
Вецлер Н.М. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика озера Дальнего (Камчатка) в 2000–2006 гг.	470
Гайко Л.А. Климатические изменения температуры воды и воздуха в зал. Петра Великого (северо-западная часть Японского моря)	475
Галышева Ю.А., Нестерова О.В., Гришан Р.П. Гранулометрический состав и органическое вещество мягких осадков прибрежных морских экосистем северо-западной части Японского моря	479
Гальцова В.В., Алексеев Д.К. Влияние радиоактивного загрязнения на донные сообщества Баренцева и Карского морей	485
Гаретова Л.А. Количественные оценки бактериопланктона лососевых рек Хабаровского края	490
Голубева Е.М., Кондратьева Л.М., Авдеев Д.В. Особенности сезонного содержания тяжелых металлов в рыбе реки Амур	494
Горин С.Л. Гидролого-экологические условия в озере Большой Виллой (эстуарий реки Большой Виллой, восточная Камчатка)	499
Гудимов А.В. Популяция черноморской мидии Карадагского заповедника: причины деградации, функциональная экология	502
Дегтярева В.А., Бузолева Л.С. Оценка санитарно-микробиологического состояния морской воды прибрежных зон г. Владивосток	506
Джуринский В.Л. Фауна амфипод (<i>Amphipoda</i> , <i>Gammaridea</i>) северо-западной части Охотского моря	510
Дуркина В.Б. Изменчивость показателей состояния репродуктивной системы и адаптационных механизмов у полосатой камбалы <i>Pleuronectes pinnifasciatus</i> из Амурского залива (залив Петра Великого Японского моря)	511
Жилин А.Ю., Киреева Л.И. Полициклические ароматические углеводороды в воде и донных осадках Баренцева моря	516
Забелинский С.А., Чеботарева М.А., Шуколюкова Е.П., Аракелова Е.С. Особенности физико-химических свойств жирных кислот фосфолипидов, связанные с экологией моллюсков ...	521
Завертанова Ю.В. Оценка воздействия антропогенных факторов на экосистему реки Артемовка (залив Петра Великого, Японское море) (на примере ихтиопланктона) 2005–2007 гг. ..	525
Задорожный П.А., Калинина М.В., Винникова Н.А. Изменение цветковых характеристик и содержания каротиноидов в яичниках японского мохнаторукого краба <i>Eriocheir japonica</i> на разных стадиях зрелости	527
Зуенко Ю.И., Устинова Е.И., Вдовин А.Н., Нуждин В.А., Долганова Н.Т. Временные сдвиги между изменениями климатических индексов и некоторых биотических компонент экосистемы Японского моря	532
Кикю Д.П., Ковековдова Л.Т. Металлы и металлоиды в промысловых моллюсках залива Петра Великого (Японское море)	537
Киладзе А.Б. Функциональная морфология коллагеновой стромы кожного покрова обыкновенного карпа <i>Cyprinus carpio</i> L., 1758	542
Клочкова Н.Г., Писарева Н.А. Возрастная и экологическая изменчивость анатомо-морфологической организации некоторых многолетних <i>Rhodophyta</i> и диагностическая ценность их таксономических признаков	546
Ковековдова Л.Т. Оценка микроэлементного состава отдельных видов промысловых гидробионтов Японского и Охотского морей	551
Кондратьева Л.М., Стукова О.Ю., Фишер Н.К. Особенности биотрансформации ароматических соединений в морской и пресной воде	556
Косых Н.Э., Мирзаханова З.Г., Пинаев С.К., Савин С.З., Шамов В.В. Геоинформационные модели в исследовании водных ресурсов Амура	561
Косьяненко А.А., Раков В.А. Экология асцидий рода <i>Halocynthia</i> в бухте Алексеева (залив Петра Великого)	566
Кусиди А.Э., Клочкова Н.Г. Стратегия возрастного и сезонного развития у восточной Камчатки <i>Laminaria longipes</i> (<i>Phaeophyta</i> , <i>Laminariales</i>)	568

Левченко Е.В., Бегун А.А., Орлова Т.Ю. Эпифитные диатомовые водоросли на макрофитах в бухте Соболя залива Петра Великого Японского моря	573
Лепская Е.В. Потенциально токсичные и токсичные микроводоросли в планктоне юго-западного участка побережья Камчатки	578
Лукин А.А. Условия обитания молоди кумжи (<i>Salmo trutta</i> L.) и сопутствующих видов в некоторых реках Баренцева моря	582
Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А., Журавель Е.В. Оценка качества вод залива Находка в разные сезоны 2007 г. с помощью гидрохимических методов и биотестирования	586
Марченко А.Л., Христофорова Н.К. Видовые различия в содержании тяжелых металлов в массовых видах рыб из водоемов южного Приморья	591
Нигматулина Л.В. Сравнительная оценка поступления загрязняющих веществ со сточными водами на акваторию Амурского и Уссурийского заливов (Японское море)	595
Никитин А.А., Данченков М.А., Лобанов В.Б., Юрасов Г.И. Поверхностная циркуляция и синоптические вихри Японского моря	601
Никитин А.А., Юрасов Г.И., Вилянская Е.А. Апвеллинг в заливе Петра Великого по судовым и спутниковым данным	604
Новиков М.А. Фронтальные зоны в Баренцевом море как экологическое явление (с позиций концепции экотонных систем)	605
Орлова Т.Ю., Селина М.С., Стоник И.В. Мониторинг токсичных водорослей в заливе Петра Великого как основа биологической безопасности прибрежных акваторий и морепродуктов	607
Петрова А.С., Черняев А.П. Определение содержания 4-нонилфенола в водах Амурского залива и прилегающих акваторий	610
Подгурская О.В., Кавун В.Я., Довженко Н.В. Изменение содержания Fe, Cu и продуктов перекисного окисления липидов в органах двустворчатого моллюска <i>Crenomytilus grayanus</i> при акклиматизации в загрязненном биотопе	614
Пряжевская Т.С. Оценка степени токсичности меди и загрязненных вод залива Петра Великого для мизид и предличинок японского анчоуса	617
Пряхин Ю.В. Условия обитания и современное состояние биоресурсов Азовского моря	622
Раков В.А., Шарова О.А. Изменение условий существования малакофауны в южной части Охотского моря	625
Рогозин Д.Ю., Гаевский Н.А., Зыков В.В., Дегерменджи А.Г. Применение флуоресцентного метода к мониторингу пространственного распределения фототрофных серных бактерий в мезомиктических водоемах	629
Слободскова В.В., Завертанова Ю.В. Современное состояние сообществ зоопланктона, ихтиопланктона и бентоса в зоне радиационной аварии в районе бухты Чажма (Японское море) ..	633
Соколов А.В., Левшина С.И., Базаркин В.Н. Экологическая оценка состояния моллюсков в нижнем течении р. Амур в 2006 г.	635
Сяпина И.Г., Хлопова А.В., Подорожник Е.В., Швед Н.А. Некоторые данные о биологии и состоянии косатки-скрипуна <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> из бассейна Амура	638
Табакова Е.В., Сокольников Ю.Н., Гринченко А.В., Рыбалкина С.М., Бузолева Л.С., Кумейко В.В. Применение методов иммунологического анализа для оценки физиологического состояния двустворчатых моллюсков на примере <i>Modiolus modiolus kurilensis</i>	643
Тихомирова Е.А. Модель для оценки потенциальной первичной продукции фитопланктона залива Петра Великого (Японское море)	647
Тюрнин В.Б. Нерест охотской сельди в бухте Кекра в северо-западной части Охотского моря: взгляд из космоса	650
Хлопкова М.В. Использование морфологических характеристик раковин дидакн для исследования их условий обитания	654
Хлопкова М.В. Распределение каспийских дидакн в зависимости от условий обитания	658
Чайко А.А., Тихонова Л.В. Экологические проблемы реки Лютюга. Степень заражения наваги дальневосточной паразитирующими червями рода <i>Rugamioserphalus phosarum</i>	662
Черкашин С.А., Блинов Ю.Г., Щеглов В.В., Пряжевская Т.С. Влияние загрязнения на рыб и ракообразных залива Петра Великого (Японское море)	664
Чернова Е.Н., Лобас Л.А., Ковалев М.Ю. Содержание микроэлементов в органах гидробионтов и донных осадках из оз. Азабачьего (Камчатка)	669
Чиженкова О.А., Камакин А.М. Современные биотические условия обитания зообентосных организмов западной части северного Каспия	672

Чугайнова В.А. Нефтеуглеводороды в Печорской губе Баренцева моря	676
Чуйко Г.М., Законнов В.В., Герман А.В., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б., Тиллитт Д.Э. Распределение полихлорированных бифенилов в экосистеме Рыбинского водохранилища при их локальном поступлении	680
Шагинян А.Э., Коломейцев В.В., Свириденко В.Д., Воронова Е.С. Биогенные элементы и их соотношения в поверхностном слое моря у юго-западного побережья Камчатки	685
Швед Н.А., Сяпина И.Г. Характеристика гистопатологических изменений в печени камбал из районов с разным уровнем антропогенного загрязнения	686
Шестеркин В.П., Форина Ю.А. Гидрохимия нерестовых рек Советско-Гаванского района ..	690
Щеглов В.В., Нигматулина Л.В., Ковековдова Л.Т., Черняев А.П., Симоконов М.В. Оценка уровня антропогенного воздействия, состояние качества морской среды и отклик биоты на загрязнение Уссурийского залива (Японское море)	693
Яворская Н.М. Бентофауна реки Мачтовая (нижнее Приамурье)	698
СЕКЦИЯ «ИСКУССТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ ГИДРОБИОНТОВ»	700
Алексеев М.Ю., Зубченко А.В., Балашов В.В. Характеристика деятельности Тайбольского рыбозавода по воспроизводству атлантического лосося	700
Белогурова Л.С., Масленников С.И. Мейофауна сообщества обрастания установок марикультуры гребешка на акватории о. Рейнеке (зал. Петра Великого, Японское море)	705
Валова В.Н. Результаты мониторинга оценки физиологического состояния разновозрастной молоди осетровых рыб	709
Вороной Н.О. Некоторые черты биологии и плодовитость серого морского ежа <i>Strongylocentrotus intermedius</i> (Agassis) в бухте Киевка (Японское море)	714
Гаврилова Г.С., Кучерявенко А.В., Косых М.М. Восстановление скоплений дальневосточного трепанга методами марикультуры на примере бухты Суходол (зал. Петра Великого, Японское море)	717
Гайко Л.А. Мариоклиматология — новое направление агрометеорологии, изучающее связи между факторами среды и продуктивностью марихозаев	721
Головин П.П., Головина Н.А., Учьева Н.К., Пузиков П.И. Ихтиопатологический мониторинг лососевых рыбозаводов Магаданской области	724
Григорьев С.С., Седова Н.А. Товарное лососеводство — перспективное направление развития аквакультуры на Камчатке	728
Исаева О.М. Особенности вкусового поведения некоторых видов семейства карповых	732
Кондратьева Л.М., Русинов И.С., Фишер Н.К., Рапопорт В.Л. Исследование качества воды в модельных аквасистемах с различной структурой ихтиоценозов	736
Курганский Г.Н., Марковцев В.Г. Стратегия организации искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Приморье	741
Ляшенко С.А. Материалы к биотехнологии культивирования двустворчатого моллюска <i>Anadara broughtoni</i> (Schrenck, 1867)	746
Минченок Е.Е. Клеточные и тканевые реакции эмбрионов <i>Salmo salar</i> (L.) на действие электрического тока	750
Млынар Е.В., Рыгованова Е.В., Фисенко Д.Г. Перспективы искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Хабаровском крае	752
Мокрецова Н.Д., Сухин И.Ю., Удалов А.Н., Картукова Ю.А. Получение и выращивание молоди дальневосточного трепанга в условиях НПЦМ «Заповедное» (Японское море, бухта Киевка)	755
Некрасова С.О. Анализ перевода молоди осетровых рыб с естественных на искусственные корма	759
Никифоров А.И., Маилкова А.В. Морфологические и товарные качества промышленно выращиваемого клариевого сома <i>Clarias gariepinus</i>	763
Никифоров А.И., Маилкова А.В. Сравнительный морфологический и гистологический анализ скелетной мускулатуры промышленно выращиваемых гибридов осетровых рыб (сибирский осетр х белуга и стерлядь х белуга)	766
Паренский В.А., Скирин В.И., Романов Н.С. Стабильность морфологического облика и наследуемость признаков при гибридизации осетровых рыб	770
Подкорытов А.Г., Масленников С.И. К вопросу оптимизации технологии донного культивирования приморского гребешка для открытых акваторий	775

Рачек Е.И., Скирин В.И. Межродовой гибрид стерляди и калуги как перспективный объект товарного осетроводства	778
Регулев В.Н., Григорьева Н.И. Опыт культивирования приморского гребешка в южно-курильском районе в 2006–2007 гг.	783
Сахарова О.В., Мисаковский А.А., Перебейнос А.В. Совершенствование среды для транспортировки и хранения живых гидробионтов	786
Силкин В.А. Современные представления о механизмах управления ростом морских водорослей	790
Соколов А.С. Результаты экспериментов по культивированию японского мохнаторукого краба (<i>Eriocheir japonicus</i>)	793
Сугралиева А.С., Насибулина Б.М. Условия обитания молоди осетровых пород рыб и их кормовой базы	796
Сухин И.Ю. Опыт получения и выращивания серого морского ежа в заводских условиях ..	798
Трениченко Е.М., Масленников С.И. Обрастание установок марикультуры в бухте Миноноска, залив Посьета, Японское море	802
Тырин Д.В., Ковачева Н.П. Ускоренный запуск биофильтров в системах замкнутого водоснабжения для содержания холодноводных ракообразных	807
Хованский И.Е., Антипова О.Н. Искусственное воспроизводство осетровых в Хабаровском крае и Еврейской автономной области: история, современное состояние и перспективы развития	811
Хованский И.Е., Крушанова А.С. Численность и морфо-биологические показатели осенней кеты в базовых реках рыбоводных заводов — Гур и Анной (бассейн р. Амур)	818
Хованский И.Е., Наумова И.Г., Селютина В.Е., Белянский В.Я. Лососевые рыбоводные заводы в зоне деятельности ФГУ «Амуррыбвод»: этапы становления и перспективы искусственного воспроизводства	823
Шаповалова О.Н. Применение комбикормов на лососевых рыбоводных заводах Камчатского края: опыт прошлых лет, проблемы и перспективы	828
Шатковская О.В., Захарова Е.А. Получение молоди трепанга <i>Apostichopus japonicus</i> в искусственных условиях в бухте Северной (залив Петра Великого)	832
Щербакова Н.В. Плотность и распределение личинок японского мохнаторукого краба <i>Eriocheir japonicus</i> в планктоне Амурского залива (Японское море)	835
СЕКЦИЯ «БИОХИМИЧЕСКИЕ И BIOTEХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ»	838
Аминина Н.М., Кадникова И.А., Вострокнутов А.А. Антиоксидантная активность экстрактов морских водорослей	838
Аюшин Н.Б., Чепкасова А.И., Юрьева М.И. Комплексная технология переработки печени дальневосточных лососей	842
Баштовой А.Н. Возможность использования отходов переработки голов лососевых и кальмара для получения кормовой добавки	845
Гришин А.С., Давлетшина Т.А., Шульгина Л.В. Консервы «Анадара в морковно-абрикосовом соусе»	849
Давидович В.В., Позднякова Ю.М. Исследования эндогенных ферментов гонад гидробионтов	852
Давлетшина Т.А., Паулов Ю.В., Загородная Г.И., Солодова Е.А., Долбнина Н.В. Исследование недоиспользуемых объектов промысла как сырья для производства овощерыбных консервов	856
Дацун В.М. Технология кормовых концентратов из обрастателей	860
Доржиева В.В., Чиркина Т.Ф. Выбор барьерных факторов при создании продукта из мяса пресноводных ластоногих	863
Дроздова Л.И., Орлова М.В., Пивненко Т.Н. Концентраты коллагена из кожи минтая и возможность их применения в формованных изделиях	865
Журавлева С.В., Бойцова Т.М., Прокопец Ж.Г. Влияние <i>LBM. acidophilum</i> на физико-химические свойства рыбного фарша	869
Калиниченко Т.П., Тимчишина Г.Н., Ярочкин А.П. Особенности сельдевой акулы <i>Lamna ditropis</i> и предпосылки ее использования	873
Каравай Л.В., Левочкина Л.В. Применение отходов при переработке риса в технологии рыбных кулинарных изделий	877
	975

Конева Е.Л., Аминина Н.М., Вишневская Т.И. Реологические свойства альгинатсодержащих пищевых систем	882
Кузнецова А.А., Левочкина Л.В. Изучение возможности производства комбинированных фаршевых изделий из малоценных рыб с соевой окарой	886
Купина Н.М., Киселев В.В. Разработка способов регулирования структурно-механических свойств пресервов из измельченного мяса спизулы	889
Лаженцева Л.Ю., Шульгина Л.В., Тимченко Н.Ф., Кузнецов В.Г. Обсемененность морского сырья прибрежного лова бактериями рода <i>Jersinia</i>	893
Лесняк В.В. Роль микроорганизмов в образовании нитрозоаминов в гидробионтах	895
Лихачева Е.В., Лаженцева Л.Ю. Получение белковых пищевых концентратов из гребешка приморского	899
Максимова С.Н., Суровцева Е.В. Хитозан как барьер в технологии рыбных продуктов: взаимосвязь бактерицидной и антиоксидантной активности с молекулярной массой полимера	901
Михеев Е.В., Ковалев Н.Н. Обоснование биотехнологии производства ферментного препарата из зрительных ганглиев кальмаров	904
Моисеева С.А., Моисеев С.И. Сезонная вариабильность концентрации и структуры гемоглобина в гемолимфе камчатского краба (<i>Paralithodes camtschaticus</i>) баренцево-морской популяции ..	908
Моторя Е.С., Пивненко Т.Н., Задорожный П.А. Каротиноиды асцидии пурпурной. Способы выделения и критерии идентификации	914
Орлова М.В., Пивненко Т.Н., Якуш Е.В. Исследование влияния полимеризации мышечных белков на реологические характеристики рыбных фаршей	919
Подкорытова А.В., Вафина Л.Х. Водоросли и их полисахариды в биотехнологии пищевых и лечебно-профилактических продуктах	923
Пономарева М.В., Пономарева Е.В., Новиков Г.Г. Динамика общих липидов мышечной ткани молоди семги (<i>Salmo salar</i> L.) реки Нильма (Белое море)	927
Рыбникова Е.И., Орлова М.В., Паулов Ю.В., Ковалев Н.Н. Масляные экстракты БАВ гидробионтов в технологии мясных изделий	930
Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Карлина А.Е. Биотрансформация отходов с целью получения функциональной пищевой продукции из кукумарии	933
Струпуль Н.Э. Морские беспозвоночные как источник селенизированных аминокислот в питании человека	936
Суровцева Е.В., Максимова С.Н., Вахрушев А.И. Хитозан в технологии аналога крабовых палочек	938
Суховерхова Г.Ю., Чепкасова А.И., Юрьева М.И. Биотехнологическая переработка голов лососевых рыб	940
Табакаева О.В., Каленик Т.К. Обоснование технологии эмульсионной продукции, обогащенной БАВ морского генеза	944
Ткаченко Т.И., Федосеева Е.В. Изучение влияния способа ароматизации масла на качество пресервов (на примере препарата «Жидкий дым»)	947
Тринько Л.В., Лаженцева Л.Ю., Шульгина Л.В., Швидкая З.П. Новые виды деликатесных консервов из осьминога	950
Швидкая З.П., Давлетшина Т.А., Долбнина Н.В. Функциональная направленность стерилизованной продукции из морских гидробионтов	952
Шнейдерман С.И. Разработка продуктов геродиетического питания на основе гидробионтов	957
Шульгина Л.В., Лаженцева Л.Ю., Загородная Г.И. Биологическая оценка влияния консервирующих пищевых добавок на рыбные продукты	961
Югай А.В. Обоснование комплексного использования бычков семейства керчаковых Дальневосточного региона для производства пищевой продукции	964

Научное издание

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ**
Материалы научной конференции

Компьютерная верстка Н.С. Самойловой
Отпечатано с оригинал-макета, минуя редподготовку
Подписано в печать 10.07.2008 г. Формат 84х100/16.
Печ. л. 61,0. Уч.-изд. л. 58,0. Тираж 200.
Заказ № 19.

Отпечатано в типографии издательского центра ФГУП «ТИНРО-Центр»
690990, г. Владивосток, ул. Западная, 10