СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЭКОЛОГИИ

Тезисы докладов
4-й Международной научной конференции,
посвящённой памяти профессора Г.Г. Винберга

11–15 октября 2010 г.
Россия, Санкт-Петербург

MODERN PROBLEMS OF AQUATIC ECOLOGY

Book of abstracts
4th International Scientific Conference
to commemorate Professor G.G. Winberg

11–15 October 2010
St.Petersburg, Russia

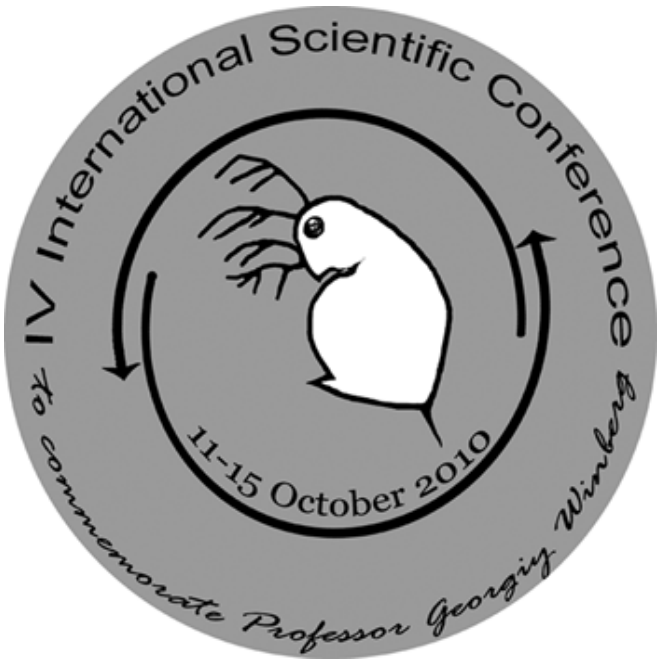
Zoological Institute of Russian Academy of Sciences
Russian Hydrobiological Society
St.Petersburg Scientific Centre of Russian Academy of Sciences
Scientific Council of Hydrobiology and Ichthyology of Russian Academy of Sciences
Russian Foundation for Basic Research

MODERN PROBLEMS OF AQUATIC ECOLOGY

Book of abstracts

4th International Scientific Conference
to commemorate Professor G.G. Winberg

11–15 October 2010
St.Petersburg, Russia



Edited by Andrey Przhiboro

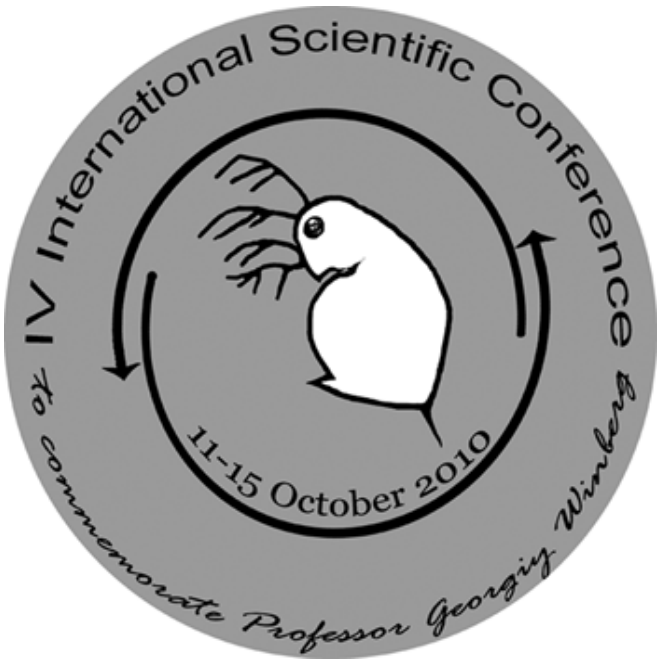
St.Petersburg
2010

Зоологический институт РАН
Гидробиологическое общество при РАН
Научный совет по ихтиологии и гидробиологии ОБН РАН
Санкт-Петербургский научный центр РАН
Российский фонд фундаментальных исследований

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЭКОЛОГИИ

Тезисы докладов
4-й Международной научной конференции,
посвящённой памяти профессора Г.Г. Винберга

11–15 октября 2010 г.
Россия, Санкт-Петербург



Редактор А.А. Пржиборо

Санкт-Петербург
2010

Organizing Committee of the Conference:

Chairman:
Academician, Professor ***Alexander F. Alimov***

Vice-Chairman:
Dr. ***Sergey M. Golubkov***

Scientific Committee:
Academician ***Dmitry S. Pavlov***, Russia
Academician ***Leonid M. Sushchenya***, Belorussia
Corresponding member of RAS ***Yury Yu. Dgebuadze***, Russia
Dr. ***Tamara M. Florinskaya***, Russia
Professor ***Alexander I. Kopylov***, Russia
Professor ***Nikolay V. Maximovich***, Russia
Professor ***Victor V. Bogatov***, Russia
Professor ***Alexander A. Protasov***, Ukraine
Professor ***Vitaly P. Semenchenko***, Belorussia
Professor ***Alexander P. Ostapenya***, Belorussia
Professor ***Ion Toderaş***, Moldova
Professor ***Andris Andrušaitis,*** Latvia
Professor ***Kari Lehtonen***, Finland
Professor ***Peeter Nõges***, Estonia
Professor ***Artūras Razinkovas***, Lithuania
Professor ***Jolanta Ejsmont-Karabin***, Poland

Scientific Secretary:
Dr. ***Nadezhda A. Berezina***

Committee Members:
Dr. ***Victor R. Alekseev***, Dr. ***Victor V. Boulion***, Dr. ***Irena V. Telesh***, Dr. ***Evgenia V. Balushkina***, Dr. ***Mikhail S. Golubkov***, Dr. ***Tamara I. Kazantseva***, Dr. ***Tatyana V. Khlebovich***, Dr. ***Alexey A. Maximov***, Dr. ***Vera N. Nikulina***, Dr. ***Vasily A. Petukhov***, Dr. ***Andrey A. Przhiboro***, Ms. ***Yulia I. Gubelit***

This volume is also available online as a PDF-file at:
www.zin.ru/conferences/winberg2010/

© Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, 2010

Оргкомитет конференции:

Председатель:
Академик РАН, профессор ***А.Ф. Алимов***

Заместитель председателя:
Д.б.н. ***С.М. Голубков***

Научный комитет конференции:
Академик РАН ***Д.С. Павлов***, Россия
Академик РАН ***Л.М. Сущеня***, Белоруссия
Чл.-корр. РАН ***Ю.Ю. Дгебуадзе***, Россия
Д.б.н., профессор ***А.И. Копылов***, Россия
Д.б.н., профессор ***В.В. Богатов***, Россия
Д.б.н., профессор ***Н.В. Максимович***, Россия
К.б.н. ***Т.М. Флоринская***, Россия
Д.б.н., профессор ***А.А. Протасов***, Украина
Д.б.н., профессор ***В.П. Семенченко***, Белоруссия
Д.б.н., профессор ***А.П. Остапеня***, Белоруссия
Д.б.н., профессор ***И.К. Тодераш***, Молдавия
Д-р, профессор ***А. Андрушайтис***, Латвия
Д-р, профессор ***К. Лехтонен***, Финляндия
Д-р, профессор ***П. Ногес***, Эстония
Д-р, профессор ***А. Разинковас***, Литва
Д-р, профессор ***Й. Эйсмонт-Карабин***, Польша

Научный секретарь конференции:
К.б.н. ***Н.А. Березина***

Рабочий комитет конференции:
Д.б.н. ***В.Р. Алексеев***, д.б.н. ***В.В. Бульон***, д.б.н. ***И.В. Телеш***, к.б.н. ***Е.В. Балушкина***, к.б.н. ***Т.И. Казанцева***, к.б.н. ***А.А. Максимов***, к.б.н. ***В.Н. Никулина***, к.б.н. ***В.А. Петухов***, к.б.н. ***А.А. Пржиборо***, к.б.н. ***Т.В. Хлебович***, к.б.н. ***М.С. Голубков***, ***Ю.И. Губелит***

Этот сборник доступен также в виде PDF-файла по адресу:
www.zin.ru/conferences/winberg2010/rus/

© Зоологический институт Российской Академии наук, С.-Петербург, 2010

Член-корреспондент Академии наук СССР, профессор **Георгий Георгиевич Винберг** (1905–1987) является основателем отечественной школы продукционной гидробиологии, одной из ведущих научных школ России. За достижения в области изучения продуктивности внутренних вод Международная ассоциация лимнологов в 1977 г. наградила его медалью Науманна – Тинеманна. С 1967 г. и до конца своих дней Г.Г. Винберг возглавлял лабораторию пресноводной и экспериментальной гидробиологии в Зоологическом институте АН СССР. Он был президентом Всесоюзного гидробиологического общества и идейным вдохновителем широко известного в среде гидробиологов еженедельного научного семинара, выступление на котором считалось честью, как для ученых самого высокого уровня, так и для начинающих исследователей. Г.Г. Винберг стал одним из организаторов и научным руководителем Международного лимнологического конгресса, который состоялся в 1972 г. в г. Ленинграде.

В ознаменование 105-летия со дня рождения этого выдающегося гидробиолога Зоологический институт Российской академии наук (ЗИН РАН) организовал четвёртую международную научную конференцию, на которой предполагается заслушать доклады о современном состоянии гидроэкологии и развитии фундаментальных идей, у истоков которых стоял Г.Г. Винберг и его современники.

Professor **Georgii Georgievich Winberg** (1905–1987) was the founder of the Russian School of Biological Productivity Studies, one of the leading scientific schools in the former USSR. Prof. Winberg is highly appreciated by the international scientific community for his research in the field of productivity of aquatic ecosystems. In 1972, he was the scientific chair and one of the organizers of the International Society of Limnology (SIL) Congress in Leningrad (now St.Petersburg). In 1977, SIL awarded to Prof. Winberg the Naumann – Thienemann Medal, the highest honour that can be bestowed internationally for outstanding scientific contributions to limnology. Till the end of his life Prof. Winberg was the Head of the Laboratory of Freshwater and Experimental Hydrobiology at the Zoological Institute of the Academy of Sciences of the USSR and the President of the All-Union Hydrobiological Society (now the Russian Hydrobiological Society). He also was a chairman of the well-recognized scientific seminar, where the many famous and young hydrobiologists considered as an honour the chance to present and discuss their scientific results.

To commemorate the 105th anniversary of Professor Winberg, the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences has organized the Fourth International Scientific Conference dedicated to his memory. The aim of the conference is to discuss fundamental ideas in aquatic ecology that have evolved from the basic biological knowledge developed by G.G. Winberg and his contemporaries.

СОДЕРЖАНИЕ

Тезисы докладов на русском языке	с. 8
Тезисы докладов на английском языке	с. 217
Фотографии Г.Г. Винберга	с. 279
Указатель авторов	с. 285

CONTENTS

Abstracts in Russian	p. 8
Abstracts in English	p. 217
Photographs of G.G. Winberg	p. 279
Authors index	p. 285

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗООПЛАНКТОНА ОБСКОЙ ГУБЫ

Г.Х. Абдуллина, **В.А. Алексюк**

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГУП "Госрыбцентр"), г. Тюмень, Россия

Зоопланктон Обской губы изучался в июне (подлёдный период) и в августе–сентябре 2009 года. Зоопланктон обследованных участков представлен 82 видами и подвидами. Для Rotatoria отмечено наибольшее число видов и подвидов (40). Cladocera представлены 21 таксоном, Copepoda – 21 таксоном. Все таксоны, определённые нами, характерны для этого региона и ранее отмечались нами и другими авторами.

В июне наибольшей встречаемостью (19–38%) характеризовались из коловраток – *Synchaeta kitina, Keratella quadrata quadrata*, из ракообразных – *Bosmina obtusirostris* и молодь Copepoda. В августе высокой встречаемостью (65–100%) отличались коловратки *Asplanchna herricki*, *Collotheca* sp., *Conochilus unicornis*, *Keratella cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis macracantha*, *Kellicottia longispina longispina*, *Notholca caudata*, *Polyarthra luminosa*, *Trichocerca* (s. str.) *cylindrica*, *Trichocerca (Diurella) porcellus*, ветвистоусые рачки – *Bosmina longirostris*, *B. longispina*, *B. obtusirostris*, *Daphnia cristata*, *D. galeata*, а также науплиальные и копеподитные стадии веслоногих рачков. В сентябре показатели встречаемости изменялись от 50 до 100%. К вышеперечисленным коловраткам добавилась *Notholca acuminata acuminata*, а к ветвистоусым рачкам – *Chydorus latus*, *C. sphaericus*, *Ceriodaphnia affinis*. Из группы Copepoda во все месяцы отбора проб встречаемость была высокой для молоди и науплиусов Cyclopoidae, *Mesocyclops* (s. str.) *leuckarti*, а в сентябре возросла доля Calanoida за счёт *Eudiaptomus gracilis* и *E. graciloides*. Наибольшим разнообразием отличаются семейства Brachionidae (15 видов) и Synhaetidae (9 видов), а среди ветвистоусых ракообразных – представители сем. Daphnidae и Bosminidae. Среди веслоногих ракообразных наиболее разнообразен подотряд Cyclopoida (12 видов). Calanoida представлены 9 видами. Среди циклопов наибольшим числом видов (5) представлен род *Cyclops*.

В июньском зоопланктоне определено 18 видов. Плотность организмов по станциям изменялась от 10 до 2020 экз./м^3, а биомасса – от 0.01 до 4.67 мг/м^3, в среднем – 146 экз./м^3 и 0.47 мг/м^3, соответственно. Веслоногие ракообразные преобладали и по численности (82%), и по биомассе (71%). Массового развития достигали науплиальные стадии Cyclopoida (74% численности и 52.4% биомассы).

В августе зоопланктон был представлен 64 видами и подвидами. Численность варьировала от 740 до 15200 экз./м^3, в среднем – 3964 экз./м^3, биомасса – от 1.20 до 301.23 мг/м^3, в среднем – 41.44 мг/м^3. Основу численности составляли веслоногие ракообразные (41%) и коловратки (39%). Массовыми были науплиусы и молодь Cyclopoidae, а из коловраток – виды рода *Notholca*. По биомассе доминировали веслоногие ракообразные (73.1%), при этом Calanoida составляли 55%, прежде всего за счёт реликтового рачка *Limnocalanus macrurus*, который в пробах составлял от 44.4% до 97.6% от общей биомассы.

Видовой и подвидовой состав зоопланктона в сентябре разнообразен и представлен 74 таксонами. Численность зоопланктона по станциям колебалась от 650 до 54300 экз./м^3, в среднем составила 16281 экз./м^3. Доминировали коловратки – от 37 до 87% (за счёт видов из родов *Keratella*, *Polyarthra*, *Euchlanis*, реже – *Asplanchna* и *Collotheca*), и веслоногие рачки – от 37 до 87% (массовыми были молодые особи Cyclopoida). Биомасса изменялась от 10.24 до 288.42 экз./м^3, в среднем составляла 135.33 мг/м^3 и создавалась в основном ветвистоусыми рачками *Leptodora kindti* (от 51.5 до 75%) и *Bosmina*, и частично – веслоногими рачками (до 96.2%); массовыми среди них были *Acanthocyclops americanus*, *Senecella calanoides*, *Limnocalanus macrurus*, а также копеподитные стадии Cyclopoida.

Таким образом, качественные и количественные показатели зоопланктона согласуются с данными прошлых лет.

ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ (*CARASSIUS AURATUS GIBELIO*) В ЦИМЛЯНСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

М.И. Абраменко, **И.В. Недвига**

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

О наличии *Carassius auratus gibelio* как вида, редко встречающегося в Цимлянском водохранилище, было указано в период формирования ихтиофауны нового водоема в 1951–1952 гг. из фауны рыб реки Дон (Сыроватская, Светличная, 1955). Но и через 15 лет после становления водохранилища серебряный карась не образовал популяции со значительной численностью. И.И. Лапицкий (1970) объяснял это неудовлетворительными экологическими условиями для размножения данного вида.

По данным промысловой статистики, в 70-х годах XX века уловы серебряного карася составляли 0.2% от общего вылова рыб по водоему. Стремительное увеличение численности серебряного карася отмечено с весны 1986 г., когда через рыбоподъемник Цимлянского гидроузла в водохранилище было пересажено до 500000 производителей *C. a. gibelio* (Архипов, Хоружая, 2002), мигрировавших из низовьев Азово-Донской поймы и представленных доминирующей бисексуальной генoформой (Абраменко и др., 1989; Абраменко, 1994).

До 1986 г. доля самцов в цимлянской популяции серебряного карася не превышала 1.2–2.0% (Хоружая, 1997), и популяция была представлена однополо-женской гиногенетической формой. В нижнедонском проходном нерестовом стаде доля самцов составляла около 30%. После смешения двух генетически различных групп частота встречаемости самцов в локальных популяциях *C. a. gibelio* сначала возросла до 9–15%, а в 1995–1996 гг. достигла 22–25% (Абраменко, 2003).

С появлением большого количества особей бисексуальной формы исчезла зависимость, регулировавшая размножение ранее доминировавшей гиногенетической формы серебряного карася посредством прямой связи с численностью и сроками нереста ценных видов карповых рыб – сазана (*Cyprinus carpio*), леща (*Abramis brama*) и других (Абраменко и др., 1997).

Резкое повышение уловов серебряного карася с 1987 г. определило выделение этого вида в разряд промысловых. В 1995–1998 гг. серебряный карась занимал четвертую позицию среди промысловых рыб водохранилища, в 1999–2006 гг. – уже третье место, а в 2007–2009 гг. вышел на первое место, превысив объемы вылова основного промыслового вида – леща.

Отличительной особенностью цимлянской популяции серебряного карася являются низкий линейный и весовой темпы роста при множественной возрастной структуре (3+ – 19+) с доминированием 5–8-летних рыб. Высокая плотность популяции обусловила острую внутривидовую пищевую конкуренцию, что и отражается в настоящее время на темпе роста этого вида (Абраменко, 2009а).

За 58 лет существования водохранилища шли закономерные процессы эволюции его кормовой базы и всего ихтиокомплекса, состоящего в текущий период из 53–55 видов (Бандура и др., 2000). В настоящее время Цимлянское водохранилище находится на начальной стадии перехода в малопродуктивный водоем озерно-болотистого типа (Архипов, Хоружая, 2002).

Одним из факторов стабильного увеличения численности серебряного карася является его повышенная неспецифическая резистентность к газовому режиму и поллютантам антропогенного происхождения по сравнению с другими видами азово-донских рыб (Абраменко и др., 1998).

Можно заключить, что в Цимлянском водохранилище серебряный карась уже является основным компонентом ихтиоценоза. В этом случае могут возникнуть автоматические колебания численности двуполой и однополо-женской форм *C. a. gibelio*, поддерживающие общую численность популяции на уровне, который соответствует размеру экологической ниши и пищевым ресурсам. Данный процесс связан с саморегуляцией, предотвращающей этот вид с очень высоким репродуктивным потенциалом от биологического вырождения в карликовую морфу *humilis*. Но при этом остальные промысловые виды рыб могут быть вытеснены из данного ихтиоценоза (Абраменко, 2009б).

ФАУНА *EURYTEMORA* (COPEPODA, CALANOIDA) ВОДОЕМОВ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЛЕНЫ: СОСТАВ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ЭКОЛОГИЯ

Е. Абрамова[1], **И. Вишнякова**[2], **А. Четверова**[2], **А. Абрамова**[2]

[1] *Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», пос. Тикси, Республика Саха (Якутия), Россия*
[2] *Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

Около двадцати видов рода *Eurytemora* известны в настоящее время для мировой фауны. Большинство из них населяют солоноватые воды и в меньшей степени характерны для морских и пресноводных водоемов (Кос, 1977). Ранее, шесть видов *Eurytemora* (*E. canadensis*, *E. raboti*, *E. gracilis*, *E. bilobata*, *E. lacustris* и *E. affinis*), входили в список зоопланктона озёр, проток и эстуарной зоны вокруг дельты р. Лены (Абрамова, 1996). Три других вида этого рода, *E. gracilicauda*, *E. arctica* и *E. foveola*, впервые встречены нами в пресноводных водоемах о. Самойловский (южная часть дельты р. Лены), в период с 2001 по 2009 гг. *E. gracilicauda* была описана из бассейна Колымы и позднее обнаружена на северном побережье Камчатки и на западе Аляски. Два других вида, *E. arctica* и *E. foveola*, ранее никогда не встречались в Евразии и упоминаются в литературе только для пресных и солоноватых водоемов Аляски (Боруцкий и др., 1991).

Известно много примеров фаунистического сходства между северной Аляской и Западной Сибирью. Возможно, на формирование ареалов отдельных видов в Арктике оказало влияние последнее оледенение, когда свободные ото льда области оказались очень важными для выживания и сохранения этих видов (Samchyshyna et al., 2008). Появление новых видов *Eurytemora* в районе наших исследований, которые проводятся с 1987 г., может быть связано с их пассивным заносом в озёра дельты речными водами из более южных районов. В разные годы острова первой надпойменной террасы в той или иной степени находятся под влиянием речных вод во время весеннего половодья. В то же время, существует большая вероятность заноса покоящихся стадий Copepoda мигрирующими птицами из других арктических районов. Тот факт, что *E. arctica* и *E. foveola* на сегодняшний день обнаружены только в водоемах Аляски и дельты р. Лены, возможно, связан также с малой изученностью планктонной фауны циркумполярных районов.

В дельте Лены численность взрослых экземпляров *E. arctica* не превышала 120 экз./м^3 (в пробах из неглубоких мерзлотных трещин). В то же время, *E. foveola* и *E. bilobata* являются одними из массовых видов Copepoda в глубоких (до 15 м) старичных озерах о. Самойловский. Общая численность копеподитной части популяций обоих видов в конце июля – начале августа достигала в некоторые годы 24360 экз./м^3 при температуре воды 14–15°C. В среднем, 10% от общей численности популяций составляли самки со сперматофорами и яйцевыми мешками. Кроме зоопланктонных сборов, в озёрах проводились измерения температуры, ионного состава воды, концентраций кислорода, биогенов и хлорофилла *a*.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ В ПРИБРЕЖНЫХ И ЛАГУННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ

С.В. Александров

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Прибрежные зоны и лагуны характеризуются сложной экологической структурой и имеют высокую чувствительность к воздействию факторов среды, включая процессы, наблюдаемые при антропогенном эвтрофировании и изменении климата. В XX веке происходило интенсивное загрязнение и эвтрофирование Балтийского моря, прежде всего, в прибрежной зоне. Проанализированы многолетние собственные и литературные данные по гидрохимическим и гидробиологическим (хлорофилл, первичная продукция, фитопланктон) показателям, полученные при проведении сезонных (2003–07 гг.) и ежемесячных (2008–09 гг.) исследований в Юго-Восточной Балтике, включая прибрежную зону, и сезонных (1991–94 гг.) и ежемесячных (2005–09 гг.) наблюдений в Вислинском и Куршском заливах.

В современный период воды открытой части Балтийского моря, включая юго-восточный район (Гданьский бассейн) по содержанию биогенов, хлорофилла, биомассе и продукции фитопланктона можно характеризовать как мезотрофные. Увеличение обилия и продукции фитопланктона наблюдается в прибрежных зонах (например, район вдоль Самбийского полуострова, Куршской и Вислинской кос), что объясняется их мелководностью, поступлением биогенных элементов и загрязняющих веществ с побережья. Гидрохимический режим свидетельствует об азотном лимитировании фитопланктона, что стимулирует летнее «цветение» синезелёных водорослей, способных к азотфиксации. Как следствие, для прибрежных зон характерен эвтрофный статус и более низкое качество вод, по сравнению с открытой частью Балтики.

Наибольший уровень биологической продуктивности и загрязнения вод характерен для полузакрытых водоёмов, отделенных от моря. Куршский и Вислинский заливы – крупнейшие лагуны Балтики, существенно различающиеся по величине материкового стока и солёности и относящиеся к лагунам «закрытого» и «полуоткрытого» типа. Многократное снижение внешней биогенной нагрузки в 1990–2000-х гг. не привело к улучшению экологической ситуации в лагунах, которые можно отнести к самым высокопродуктивным водоёмам. В отличие от многих внутренних и морских водоёмов, эвтрофирование лагун продолжается, что отражается, прежде всего, на обилии и продукции фитопланктона. Возможная причина продолжающегося эвтрофирования – потепление климата, которое в сочетании с азотным лимитированием и высоким содержанием фосфора стимулирует «цветение» синезелёных водорослей.

Куршский залив можно оценить как гипертрофный водоём. Практически ежегодно в летне-осенний период наблюдается длительное «гиперцветение» пресноводных синезелёных водорослей. Продукция фитопланктона превышает разложение органического вещества, в среднем на 50% за период 2001–09 гг. В лагуне «закрытого» типа, где наблюдается слабый водообмен (1 год$^{-1}$), такое соотношение ведёт к накоплению органики в воде и донных осадках и к дальнейшей вторичной эвтрофикации. Среднемноголетняя первичная продукция в начале XXI века составляет около 490 гС / (м^2 × год), что примерно на 60% выше, чем в середине 1970-х гг. Это свидетельствует о значительном эвтрофировании «закрытой» лагуны в условиях «гиперцветения» и слабого водообмена. "Гиперцветение" синезелёных водорослей оказывает значительное неблагоприятное воздействие на экосистему: ухудшение гидрохимических показателей, замор рыб и загрязнение альготоксинами, симптомы воздействия которых отмечаются в зоопланктоне и ихтиофауне.

Эвтрофирование Вислинского залива не достигает максимально возможного уровня, и этот водоём характеризуется состоянием, переходным между эвтрофным и гипертрофным. Высокая проточность и солоноватоводность препятствует длительному "гиперцветению" пресноводных синезелёных водорослей, хотя в отдельные годы в июле–августе наблюдается кратковременное «гиперцветение» видов, устойчивых к солоноватоводным условиям. Продукция фитопланктона также превышает разложение органического вещества, в среднем – на 60% за период 2001–09 гг. Однако, в лагуне «полуоткрытого» типа значительная часть органики выносится через морской пролив, способствуя эвтрофикации прибрежной акватории Балтики. Первичная продукция в начале XXI века (410 гС / (м^2 × год)) примерно на 30% меньше, чем в середине 1970-х гг., следовательно, скорость эвтрофирования «полуоткрытой» лагуны ниже. Таким образом, природные факторы (температура воды, интенсивность водообмена, заток морских вод) определяют уровень обилия и продукции фитопланктона и эвтрофирование лагун, тогда как влияние антропогенных факторов, определяющих внешнюю биогенную нагрузку, значительно меньше.

ДЫХАНИЕ И ТЕРМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ СТИГОБИОНТНЫХ БОКОПЛАВОВ *CRANGONYX CHLEBNIKOVI* BORUTZKY, 1928 (CRANGONYCTIDAE) ИЗ БАБИНОГОРСКОЙ ПЕЩЕРЫ (ПЕРМСКИЙ КРАЙ)

А.И. Андреев, **О.С. Старова**, **В.М. Шустов**, **А.С. Малеев**, **Н.Н. Паньков**

Пермский государственный университет, г. Пермь, Россия

Стигобионтные бокоплавы *Crangonyx chlebnikovi* Borutzky, 1928, как и другие специализированные обитатели пещер, представляют собой весьма интересный объект для научных исследований. Однако, многие особенности жизнедеятельности крангониксов изучены еще недостаточно. К их числу принадлежат скорость потребления кислорода (СПК), позволяющая судить об интенсивности метаболизма этих рачков, и их отношение к температуре.

Для измерения СПК применялся метод непроточных респирометров. В качестве таковых использовались кислородные склянки объемом 30 мл. Респирометры помещались в термостатированные аквариумы. Концентрация кислорода измерялась при помощи амперометрического датчика растворенного кислорода с термоэлектрическим преобразователем ДКТП–02 в комплекте с мультиметром «Эксперт–001М». В эксперименте использовались крангониксы (44 экз.) с массой тела от 8 до 72 мг. Для снижения «эффекта сосуда» рачки предварительно выдерживались в респирометрах в течение одного часа. Продолжительность эксперимента составляла два часа. Концентрация кислорода в воде за это время снижалась на 11.7–28.8%. Опыты проводились при температуре 5.0°C. При расчете температурных поправок коэффициент Q_{10} принимался равным 2.25.

Термические предпочтения крангониксов определялись при помощи термоградиентной установки (ТГУ) оригинальной конструкции. Ее основой служил алюминиевый жёлоб с плоским дном шириной 10 см. ТГУ обеспечивала близкий к линейному градиент температур в придонном слое воды в диапазоне от нуля до 21.2°C на участке протяженностью 2.0 м. Крангониксы (30 экз.) помещались компактной группой на «холодный» участок ТГУ (с температурой 5.5–6.4°C). Изменение положения рачков на ТГУ фиксировалось каждые два часа на протяжении суток. Для статистического анализа данных использовались пакеты Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0.

Как известно, СПК пойкилотермных животных (Q, мг O_2 / ч) связана степенной зависимостью с их массой (W, грамм сырого веса). Многочисленными экспериментами показано, что для ракообразных при 20°C эта зависимость описывается уравнением:

$$Q=0.18W^{0.75}, \quad (1).$$

Анализ результатов оригинальных опытов позволил установить, что зависимость СПК крангониксов от массы тела, приведённая к 20°C, описывается уравнением:

$$Q=0.165\pm0.038W^{0.75}, \quad (2).$$

Таким образом, интенсивность обмена крангониксов Хлебникова практически не отличается от уровня, характерного для ракообразных в целом.

Прямые наблюдения за поведением крангониксов показали, что рачки, помещенные в ТГУ, начинают энергично двигаться в различных направлениях. При этом, на фоне хаотичных перемещений проявляется тенденция к постепенному смещению области максимальной плотности крангониксов к «теплой» зоне. Через 14 часов после начала эксперимента положение участка их наибольшей плотности стабилизируется. В последующие 10 часов опыта наблюдаются ритмичные «пульсации» скопления крангониксов (более 85% их численности) в пределах 15.5–19.2°C, сопровождающиеся циклическим движением центра их наибольшей плотности возле 18.7°C с амплитудой 0.5–1.1°C. По-видимому, такие «пульсации» связаны, с одной стороны, с реакцией избегания рачками друг друга при их непосредственном контакте, с другой стороны – с их стремлением попасть в область предпочитаемых температур.

Таким образом, крангониксы Хлебникова предпочитают более высокие температуры, чем те, при которых они обитают в естественных условиях (не выше 5.5°C). Принимая во внимание, что их предки обитали в поверхностных водах с другим температурным режимом, можно предположить, что «генетическая память» крангониксов сохранила иные представления об оптимальном для вида диапазоне температур по сравнению с теми, которые предоставляет им подземная среда обитания в настоящее время.

ДИНАМИКА ИХТИОФАУНЫ БАССЕЙНОВ РЕК МОКШИ И СУРЫ (ВОЛЖСКИЙ БАССЕЙН) НА ПРОТЯЖЕНИИ XIX–XXI ВЕКОВ

О.Н. Артаев, **А.Б. Ручин**

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия

Исследование бассейнов рек Мокши и Суры началось в конце XVIII века с экспедиций П.С. Палласа. Однако, первые наиболее значительные сведения по ихтиофауне были получены в конце XIX века. Мы выделяем три категории присутствия рыб на рассматриваемой территории: (1) исчезнувшие, (2) появившиеся и (3) с неопределённым статусом.

К категории исчезнувших видов в бассейне Суры можно отнести каспийскую миногу, которая достоверно отмечалась в начале XX века до 1927 г. Из-за строительства плотин ГЭС на Волге она исчезла вместе с другими анадромными рыбами – белорыбицей, русским осетром и белугой. Белорыбица встречалась в Суре редко, последняя зарегистрированная поимка – в 1967 г. у с. Большие Березники (Мордовия). Русский осётр также встречался редко, поднимался до г. Пензы. Последние поимки были в 1960–1980 гг. Белуга также была редка, фиксировались одиночные поимки (последняя – в 1968 г.). В Мокше из проходных рыб были известны белуга и русский осётр, причём в нижнем течении. В Рязанской области осётр был известен рыбакам, но ловился редко; в Мордовии последняя достоверная поимка была в 1968 г. Таким образом, проходные рыбы исчезли из обоих бассейнов к началу XXI века.

К появившимся видам в бассейне Суры можно отнести черноморско-каспийскую тюльку, которая к 1968 г. поднялась по руслу Волги до устья Суры и встречается в русле реки до устья Медяны (в пределах Нижегородской области и Чувашии). Угорь отмечен в приустьевом участке реки. Бычок-кругляк отмечен в нижнем течении Суры. Ротана в бассейне Мокши впервые поймали в 1979 г. в Мордовском заповеднике; в 1979–1981 гг. он был впервые отмечен в Присурье (Мордовия, Пензенская область). Озёрный гольян является новым видом для Мокшанского бассейна, впервые он был пойман в 1978 г. в пруду центральной усадьбы Мордовского заповедника. Пелядь, белый и чёрный амуры, белый и пёстрый толстолобики выпускались в некоторые пруды (преимущественно в пруды рыбных хозяйств), но самостоятельное воспроизводство этих видов не было зафиксировано. Серебряного карася также можно считать интродуцентом, так как, скорее всего, он появился в 1940–1950-х годах в ходе акклиматизационных работ. Украинская минога впервые была указана в начале XXI века для Сурского бассейна (выше Пензенского водохранилища в русле Суры и ее притоков).

К видам с неопределённым статусом можно отнести ручьёвую и украинскую миногу, белопёрого пескаря и сибирскую щиповку (для обоих бассейнов) и ручьёвую форель (для Сурского бассейна). В Мокшанском бассейне ручьёвая минога отмечена в реках Атмис и Мокша у с. Пурдошки. Однако указания этого вида основывались на поимках пескороек, которые не диагностируются от украинской миноги. Ручьёвая форель для Сурского бассейна отмечена в лесных речках с холодной водой и каменистым дном, в реках Айве и Вежь-Няньга (Кесслер, 1870). Нахождение её в настоящий момент возможно, поскольку остались подходящие биотопы, а также имеется устное сообщение об обитании ручьёвой форели в Ульяновской области в реке Урень. Белопёрый пескарь и сибирская щиповка были идентифицированы нами для обоих бассейнов в конце 1990-х годов. Предположительно, эти виды обитали в реках и ранее, но не диагностировались исследователями ввиду их небольших отличий от близких видов – обыкновенного пескаря и обыкновенной щиповки.

РЕНАТУРАЛИЗАЦИЯ РЕКИ ПОСЛЕ ЛЕСОРАЗРАБОТОК В ЕЁ БАССЕЙНЕ

С.А. Афанасьев, **Е.Н. Летицкая**, **А.Е. Усов**, **Е.В. Савченко**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

Лесоразработки являются типичным видом хозяйственной деятельности в бассейнах малых рек Карпат. Рубка леса на водосборной площади, а особенно транспорт лесоматериалов по руслам малых рек, приводят к практически полному разрушению речных биотопов. Биотические сообщества страдают еще и потому, что многие виды гидробионтов не могут выжить в условиях жёстких механических и гидродинамических нагрузок, высокой мутности на фоне изменений химического состава воды. Отметим, что природное восстановление, как биотической структуры, так и качества воды, после негативного воздействия лесоразработок происходит весьма медленно. Последствия этой деятельности при отсутствии мероприятий по восстановлению отслеживаются на протяжении десятков лет.

Исследования влияния лесоразработок на биоту рек были проведены в 2008–2009 гг. на трёх малых притоках реки Тисы в районе г. Рахова. Также были проведены работы по восстановлению одного из них – р. Поток Скородний. Для всех обследованных рек было характерно спрямление русла с полной деградацией его естественной биотопической структуры, а также сильное загрязнение древесиной, щепой и хвоей. Физико-химические показатели водной среды показывали уменьшение растворённого в воде кислорода на 30–70% относительно ненарушенных рек региона. Отмечены повышенное содержание в воде органических веществ, а также фенольных соединений. Значение pH воды было сдвинуто в кислую сторону. В той из рек, где работы проводились в момент наших исследований, гидробионты не были обнаружены. В реке, на водосборе которой рубка леса была завершена на год ранее, численность беспозвоночных составила 150–200 экз./м^2, при этом отмечены лишь гаммариды, изредка пиявки и единично личинки хирономид.

Работа по ренатурализации состояла из расчистки реки от остатков древесины, восстановления природной извилистости русла и заселения гидробионтов. Биотопическая структура была воссоздана путём построения из местного камня порогов, кос, мысов, а также создания перепадов глубин и участков с разными скоростями течения и турбулентностью. После этого было проведено заселение потока беспозвоночными и рыбой. Гидробионты для заселения были отловлены в ненарушенной реке, сходной по размерам, подстилающей породе и по высоте над уровнем моря. Интродукцию проводили на 5 участках по руслу, в равных долях. Всего было выпущено около 1500 экземпляров нимф веснянок, 3000 личинок ручейников, 5000 нимф поденок и более 12000 других беспозвоночных. Кроме того, было проведено зарыбление ручьевой форелью, бычками-подкаменщиками и гольяном.

Уже через месяц после вселения, на фоне всё еще низкой численности, отмечается сходство состава донного сообщества с контрольной рекой, индекс Сёренсена равен 0.78. При этом доминирующее положение сохраняется за гаммаридами.

Таким образом, можно заключить следующее. Механическая деструкция биотопов и чрезмерное количество древесины приводит к тому, что в реках, подверженных влиянию интенсивных лесоразработок, происходит замена литореофильной фауны ксилофильно-пелофильной. Процесс формирования ксилофильно-пелофильных сообществ эволюционно оправдан и направлен на восстановление речных сообществ в биотопах, которые локально загрязняются древесиной. После значительного развития ксилофилов-измельчителей – гаммарид, появляются эврибионтные хищники – пиявки, затем собиратели – личинки хирономид и т.д. Но в условиях, когда страдает всё русло реки, даже после прохождения ряда паводков такие «дефектные» сообщества могут существовать годами. При этом, общие показатели обилия, биоразнообразие и функциональная активность донной фауны остаются весьма низкими. В то же время, даже небольшие усилия по ренатурализации приводят к быстрому восстановлению речной биоты.

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЗАЛПОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В БАССЕЙНЕ ВЕРХНЕЙ ТИСЫ

С.А. Афанасьев[1], **А.И. Цыбульский**[1], **А.Е. Усов**[1], **Е.Н. Летицкая**[1], **Э.И. Осийский**[2]

[1] *Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина*
[2] *Закарпатское областное производственное управление мелиорации и водного хозяйства, г. Ужгород, Украина*

Оценка последствий загрязнения водных экосистем – сложная комплексная задача. Еще более трудным является изучение динамики экологического состояния в условиях часто повторяющихся залповых загрязнений. Именно такая ситуация сложилась в бассейне Верхней Тисы на украино-румынской границе: загрязнённые тяжёлыми металлами воды из шахтного комплекса Байа Борша периодически попадают в реку Вишеу и затем на территорию Украины в реку Тису.

Проведены гидробиологические и гидрохимические исследования на участке Тисы от места впадения р. Вишеу у с. Деловое (Украина) до выхода Тисы за пределы Украины возле г. Вилок. Исследования проводились как в момент аварийных загрязнений, так и эпизодически на протяжении нескольких сезонов с 1999 по 2009 гг. Кроме того, в апреле–июле 2009 г. была исследована р. Вишеу и её притоки. Отбор проб проводили стандартными методами, широко используемыми в Евросоюзе. В качестве критериев гидрохимической оценки использованы значения концентраций веществ, регламентированные требованиями Международной Комиссии по защите реки Дунай.

В результате аварии на шахте в марте 2000 г. в реки Вишеу и Тису попало 1 млн. тонн высококонцентрированных сточных вод и 20 тыс. тонн ила, содержащих тяжелые металлы. При этом в Тисе отмечено превышение рыбохозяйственных ПДК: по цинку – в 27 раз, по меди – в 60, по марганцу – в 34, по свинцу – в 3.4 раза. В момент аварии отмечалась гибель беспозвоночных и рыб вплоть до г. Вилок. Даже в периоды отсутствия загрязнений – летом 2005 г., летом и осенью 2008 г., индексы TBI и BBI в Тисе ниже впадения Вишеу равнялись 2–4 баллам. Личинки поденок и ручейников встречались эпизодически, а личинки веснянок отсутствовали. В апреле 2009 г. после очередного выброса загрязненных вод, несмотря на меньший масштаб аварии, вся донная фауна р. Вишеу до впадения наибольшего притока р. Руськова была уничтожена. По украинскому берегу Тисы гибель донных организмов прослеживается до г. Тячев, а упрощение структуры донных группировок – до г. Хуст. На закосьях, где были аккумулированы загрязнители и отсутствует возобновление организмов за счет дрифта, донная фауна отсутствовала. В этот период был зафиксирован массовый заход рыбы в устьевые участки притоков.

В составе и показателях количественного развития донных беспозвоночных последствия загрязнения четко прослеживались и через месяц. В русле реки Вишеу появились личинки хирономид первых возрастов. В устьевом участке встречались личинки ручейников, поденок и веснянок старших возрастов, при этом характерно полное отсутствие личинок 1–3-го возрастов с короткими жизненными циклами (1–3 месяца) и старших возрастов для видов с длинным жизненным циклом. Присутствие олигосапробных насекомых – результат дрифта из чистых притоков, причем младшие возраста не выдерживают загрязнения и вымирают. Следует отметить, что индексы TBI и BBI, учитывающие только наличие/отсутствие видов-индикаторов, дают высокие значения, и общая картина по результатам биоиндикации выглядела обманчиво «успокаивающей».

На основе результатов гидрохимического анализа и изучения биотических компонентов произведена количественная оценка экологических рисков (Афанасьев, Гродзинский, 2004), возникающих вследствие залповых загрязнений в бассейне Верхней Тисы. Вероятность неблагоприятных последствий для экосистем по гидрохимическим показателям и биотическим индексам в месте впадения Вишеу составляет 100%. В районе выхода Тисы за пределы Украины отмечено снижение значения экологического риска до 50–75%.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭСТУАРИЯ Р. НЕВЫ В 1982–1983 И В 1994–2009 гг.

Е.В. Балушкина

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

В 70-е годы прошлого столетия при создании Гидрометеослужбы сотрудники нашей лаборатории под руководством Г.Г. Винберга принимали участие в разработке методов биологического анализа качества воды, которые до середины 1970-х годов в нашей стране практически отсутствовали. Многие параметры и индексы были созданы на основе обследования водоёмов Европы. Они были тестированы в отдельных водоёмах нашей страны и лишь частично могли быть рекомендованы к использованию в связи с различиями в индикаторной значимости животных. Возникла необходимость в разработке новых адекватных методов оценки качества вод в водоёмах нашей страны.

В 1975 г. для оценки качества вод мной был разработан индекс Kch, основанный на соотношении численности отдельных подсемейств хирономид. Тридцать лет применения индекса Kch Гидрометеослужбой для оценки качества вод водоёмов разного типа показали его высокую корреляцию с рядом гидрохимических показателей.

Несмотря на это, для адекватной оценки качества вод и состояния экосистем в 1990-е годы возникла необходимость разработки нового интегрального показателя, учитывающего как специфику сообществ донных животных, так и загрязнения.

Оценка качества вод эстуария р. Невы регулярно проводилась с 1994 по 2009 гг. Кроме того, состояние Невской губы оценивали по данным, полученным в исследованиях, проведённых под руководством Г.Г. Винберга в 1982–1983 гг.

Исследования эстуария р. Невы в период 1994–2009 гг. позволили наблюдать процесс восстановления видового разнообразия и качества вод в Невской губе в 1994–1997 гг., происходившие на фоне спада промышленности. В устье р. Невы и в зоне наибольшей проточности Невской губы состояние экосистемы и качество вод улучшилось на один класс (с четвёртого до третьего). В последующие годы возрождение промышленности приостановило этот процесс. Средняя оценка качества вод всей акватории Невской губы на протяжении 12 лет (до 2006 г.) оставалась достаточно постоянной: воды оценивались как “загрязнённые” (четвертый класс), а состояние экосистемы – как “критическое”. Средние для Невской губы значения IP' снижались с 64.5% в 1994 г. до 58.6% в 1997 г., затем с некоторыми колебаниями возрастали до 66% в 2005 г., что фактически соответствует границе с четвёртым-пятым классом вод.

В последующие годы (2006–2009) проведение работ по благоустройству морского фасада Санкт-Петербурга привело к резкому снижению средней биомассы донных животных в Невской губе от 95.16 г/м^2 в 2005 г. до 17.05 г/м^2 в 2006 г. Видовое богатство и видовое разнообразие донных животных на большей части Невской губы снизились в 2006–2007 гг., но в 2008–2009 гг. эти показатели возросли до уровня, наблюдаемого в 2005 г.

Состояние экосистемы Невской губы в 2006 г. было наихудшим за период наблюдений и оценивалось как «кризис». В последующие годы (2007–2009) происходило восстановление экосистемы. Сравнение состояния экосистемы Невской губы в 1982–1983 гг. и в 1994–2009 гг. показало отсутствие существенных различий в эти два периода.

Состояние курортной зоны восточной части Финского залива более неблагополучно. В курортной зоне в 1994–2009 гг. наблюдалось снижение видового разнообразия, численности и биомассы бентоса, т.е. отмечались все признаки деградации сообществ донных животных. Воды большую часть периода наблюдений оценивались как «загрязнённые-грязные», а состояние экосистемы – как кризис.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА НА РАЗНООБРАЗИЕ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ВОСТОЧНОГО СРЕДИЗЕМНОМОРЬЯ

София Баринова[1], **Алексей Петров**[2]

[1] *Institute of Evolution, University of Haifa, Haifa, Israel*
[2] *Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Украина*

Территория Израиля в летнее время находится на границе зон влажного и сухого климата, что делает растительные сообщества чувствительными к изменениям не только антропогенной нагрузки, но и климатических факторов – таких, как гидрология бассейна, осадки и сезонность. Бассейны рек Яркон, Александр, Хедера, Кишон и Орен ориентированы с востока на запад; эти реки впадают в Средиземное море. Река Иордан стока в море не имеет и течёт с севера на юг через оз. Киннерет, которое разделяет её на две гидрологически отличающиеся реки – Верхний и Нижний Иордан. Река Цинн – уникальная, бессточная, расположена в центре пустыни Негев. Целью работы было выявить основные климатические и антропогенные факторы, влияющие на формирование видового состава в речных сообществах.

Сравнительный анализ разнообразия водорослей в реках Израиля был проведён на основе наших данных, полученных в период 2002–2009 гг. Список водорослей и цианопрокариот составил 671 таксон видового и внутривидового ранга, которые относятся к девяти отделам. Для сравнения альфа-разнообразия использовались различные статистические методы.

Биоиндикация на основе состава сообществ показала, что наиболее обильными были диатомовые бентосные и планктонно-бентосные виды, предпочитающие медленно текущие щелочные воды с низкой минерализацией и низким до среднего органическим загрязнением. Сравнительно-флористический подход показал, что по таксономическому разнообразию выделяются две группы флор – с преобладанием диатомовых и зеленых водорослей. Высокое видовое богатство в р. Верхний Иордан может быть результатом некоторого антропогенного воздействия, но может быть связано и с природными факторами. Традиционные статистические методы демонстрируют высокое сходство флор в сходных по гидрологии и антропогенному воздействию парах рек (Александр и Хедера, Яркон и Кишон), а также реках рифтовой долины Верхний и Нижний Иордан. Сообщества р. Орен, наиболее отличающейся от всех, с гидроботанической точки зрения можно считать референтными, соответствующими ненарушенным условиям. Расчеты по методу плеяд Терентьева показывают сходство наиболее крупных и антропогенно нагруженных костальных рек Яркон и Кишон. Флористический дендрит отделяет сообщества наиболее антропогенно трансформированных рек Хедера и Нижний Иордан.

Новый статистический анализ позволяет разделить воздействие климатических и антропогенных факторов на разнообразие водорослей, когда в анализ включается таксономическая структура сообществ на родовом, видовом и внутривидовом уровнях. Число одновидовых таксонов выше в условиях антропогенного стресса (Mouliott et al., 2005), когда индекс *средней таксономической отличительности* AvTD ($\mathbf{\Delta}^+$) больше среднего по региону**.** Индекс *вариабельности таксономической отличительности* VarTD ($\mathbf{\Lambda}^+$) отражает отклонение от среднего ожидаемого для всего множества под влиянием долговременных факторов естественной природы.

Расчёты показывают, что изменение видовых индексов $\mathbf{\Delta}^+$ в р. Хедера связано с импактным воздействием антропогенного загрязнения, в то время как сходство внутривидовых индексов $\mathbf{\Lambda}^+$ в сообществах рек Александр, Хедера и Кишон связано с долговременными природными причинами, такими, как гидрология и климат. Для рек рифтового разлома Верхнего и Нижнего Иордана индекс $\mathbf{\Lambda}^+$ колеблется вблизи среднего для региона и отражает формирование их альгофлор под воздействием долговременных климатических факторов.

В качестве наиболее общего фактора, регулирующего видовое богатство в сообществах рек, можно отметить природно-климатическое положение бассейна, поскольку число видов коррелирует с широтой, резко убывая с севера на юг. Таким образом, в условиях полузасушливого климата влияние антропогенных факторов усиливает климатическое воздействие, снижая видовое богатство сообществ водорослей в реках.

РОЛЬ *LEPTODORA KINDTI* FOCKE В ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ОЗЕРА АЗАБАЧЬЕ (КАМЧАТКА)

Л.А. Базаркина

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Сообщество пелагических ракообразных мезотрофного лососевого озера Азабачье представлено небольшим количеством форм, характерных для северных озёр. Во все сезоны года *Cyclops scutifer* Sars является ведущим по численности видом. В летне-осенние месяцы в водоеме присутствуют *Eurytemora kurenkovi* Borutzky, *Daphnia galeata* Sars и *Leptodora kindti* Focke. При средней многолетней численности планктонных ракообразных в озере 92 тыс. экз./м^3 (1981–2009 гг.), плотность популяции *L. kindti* невысока (230 экз./м^3), но, как активный представитель хищного зоопланктона, она может оказывать существенное воздействие на динамику численности своих жертв – Rotatoria, молоди Cladocera, науплиев Copepoda. В годы низкой численности диатомового фитопланктона *L. kindti* может создавать напряженные пищевые взаимоотношения с популяцией *C. scutifer.*

Науплиусы *E. kurenkovi* в оз. Азабачье не подвергаются выеданию *L. kindti*, поскольку кратковременно существуют в планктоне в июне, после вскрытия водоёма, когда лептодора, как и дафния, еще находится в стадии зимних яиц. Массовое вылупление науплиусов *C. scutifer* и интенсивное развитие *D. galeata* и Rotatoria в августе–сентябре совпадают с периодом доминирования в популяции *L. kindti* взрослых особей. Суточный рацион питания *Leptodora* в среднем составляет 0.019 мг. При данном рационе одна лептодора за сутки способна истребить 6–7 молодых дафний либо 30–35 мелких коловраток, или 10–13 науплиусов Copepoda.

Основным видом пищи *L. kindti* в пелагиали озера является молодь *D. galeata* (0.20–0.60 мм), о чём свидетельствует достоверная положительная корреляция между суточными рационами популяции *Leptodora* и биомассой элиминированной молоди дафний в июле–сентябре ($r = 0.796$; $P > 0.95$). В течение летне-осенних месяцев популяция *L. kindti* может уничтожить в среднем 85% от количества молоди *Daphnia* в водоёме, что указывает на мощный пресс этого хищника на популяцию дафний. В годы невысокой плотности *D. galeata* (менее 4 тыс. экз./м^3) лептодора дополняет свой рацион беспанцирными коловратками и науплиусами циклопов. Исходя из средней численности популяции *C. scutifer* (87 тыс. экз./м^3) и Rotatoria (60 тыс. экз./м^3) в оз. Азабачье, популяция *L. kindti* способна потребить только 5% науплиусов циклопов, составляющих 3% от общей численности вида, и 16% количества коловраток. При сопоставлении биомассы элиминированных науплиусов *C. scutifer* и Rotatoria с суточными рационами популяции *L. kindti*, достоверных корреляционных связей не установлено.

Величину возможной пищевой конкуренции между *C. scutifer* и *L. kindti* в годы, когда оба вида ракообразных потребляли коловраток, оценивали по количеству пищи, необходимой для каждого вида рачков, и по биомассе беспанцирных коловраток в летне-осенние месяцы. Установлено, что циклопы в течение лета–осени в среднем потребляют 40% имеющейся в водоёме биомассы коловраток, а лептодора – 9%. Это означает, что хищники не оказывают серьезного воздействия на популяции коловраток и пищевой конкуренции между ними за этот вид корма не возникает.

При крупных размерах тела в оз. Азабачье (2.5–6.3 мм), *L. kindti* легко доступна молоди нерки и другим планктонофагам, нагуливающимся в пелагиали водоёма. Тем не менее, из-за низкой численности лептодоры, её встречаемость в пище рыб не превышает 5%. В других озёрах долины р. Камчатка, где численность *Leptodora* высока, её доля в пищевых комках рыб составляет 45% (Бугаев, Николаева, 1989).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗЁРНОГО ПЛАНКТОНА РЕЧНЫМ МАКРОЗООБЕНТОСОМ ПОРОЖИСТОЙ РЕКИ

И.А. Барышев[1], **В.И. Кухарев**[2], **А.Н. Круглова**[1], **С.Ф. Комулайнен**[1], **Ю.Л. Сластина**[2]

[1] *Институт биологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*
[2] *Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*

Известно, что ниже проточных озёр речной зообентос отличается большой биомассой из-за обильного поступления лимнического аллохтонного вещества, в частности, зоопланктона (Illies, 1956; Oswood, 1979; Richardson, Mackay, 1991). Для озёрно-речной системы Лижма (бассейн Онежского озера) определяли, какую долю энергии от поступающей в водоток из проточного озера в виде аллохтонного вещества усваивают организмы речного макрозообентоса. Работы проведены в период наиболее стабильного водного режима во второй половине лета, 06.08.2007 и 23.07.2009. Исследовали видовой состав и количественные характеристики зообентоса, зоопланктона и фитопланктона на 8 станциях, из которых одна находится выше озёр (контрольная точка), одна в оз. Кедрозере вблизи истока реки, одна в месте перехода озера в реку и 5 – в водотоке на различном удалении от озера. Расход воды в реке составил порядка 5 $м^3/с$. Калорийность сырого вещества зоопланктонных организмов принята равной 2500 Дж/г. Траты на обмен рассчитаны отдельно для организмов различных таксонов с учётом температуры воды и коэффициентов из литературных источников. Продукция макрозообентоса определена по величинам удельной продукции (Голубков, 2000); рацион хищников рассчитывали на основе данных по их спектрам питания (Комулайнен, Хренников, 1993).

Ниже проточного озера зоопланктон экспоненциально элиминируется, его биомасса снижается на 50% за 47 м. На расстоянии 500 м от истока представители лимнического зоопланктона отсутствуют. Численность и биомасса фитопланктона на протяжении 700 м снижаются менее чем в два раза. Таким образом, энергия, которая может быть усвоена макрозообентосом, в основном поступает в водоток с зоопланктоном. Содержание зоопланктона в воде озера составило 21530 экз./$м^3$ и 1.63 г/$м^3$, поступление в водоток – 704 кг/сут., что составляет 177×10^7 Дж./сут.

Состав зообентоса ниже озера постепенно меняется – от доминирования фильтрующих форм до преобладания собирателей и соскребателей. Биомасса зообентоса в истоке из озера многократно превышает таковую на контрольном участке, ниже по течению постепенно снижается. На расстоянии 700 м ниже озера донные сообщества по составу и количественным характеристикам сопоставимы с таковыми в контрольной точке. Таким образом, основное потребление энергии, вносимой из оз. Кедрозера с аллохтонным веществом происходит на участке длиной около 700 м. Суммарная биомасса зообентоса на этом участке составила 374 кг, траты на обмен – 6.8×10^7 Дж/сут., продукция – 2.9×10^7 Дж/сут. Поток энергии через сообщество на 700-метровом отрезке реки составил 9.7×10^7 Дж/сут., что в среднем соответствует 4559 Дж/сут./$м^2$.

На контрольном участке вне влияния озёр траты макрозообентоса на обмен составили 360 ± 97.9 Дж/сут./$м^2$, продукция сообщества – 192 ± 21.8 Дж/сут./$м^2$, поток энергии – 553 Дж/сут./$м^2$. Разница между потоками энергии на исследуемом и контрольном участках составила 4559–553 = 4006 Дж/сут./$м^2$. Полученная величина отражает количество энергии, полученной при потреблении зоопланктона макрозообентосом. В пересчёте на весь 700-метровый участок она составляет 8.5×10^7 Дж/сут. При сопоставлении этой величины с энергией, поступающей в водоток с зоопланктоном (177×10^7 Дж/сут.) получаем, что макрозообентос усвоил 4.8% от энергии, поступающей в реку с лимническим зоопланктоном. Таким образом, на исследованном участке речной макрозообентос усвоил около 5% энергии, поступающей с зоопланктоном из проточного озера, что привело к увеличению на порядок биомассы и продукции донных сообществ.

Работа проведена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых ученых – кандидатов наук МК-1020.2010.4.

КЛЕТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССОВОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ У БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД ИЗ КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЙ ОБИТАНИЯ

Д.С. Бедулина[1,2], **В.В. Павличенко**[1,2], **М.В. Протопопова**[1,2], **Д.С. Аксёнов-Грибанов**[1,2], **Е.А. Сапожникова**[1,2], **Ж.М. Шатилина**[1,2], **М.А. Тимофеев**[1,2]

[1] *Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*
[2] *Байкальский исследовательский центр, г. Иркутск, Россия*

Температура является ключевым фактором среды обитания, обеспечивая жизнедеятельность организмов на всех уровнях. В ходе эволюции организмы выработали комплекс адаптивных механизмов, позволяющих поддерживать определенный диапазон термотолерантности. Наиболее важными из этих механизмов, в особенности для гидробионтов, являются клеточные механизмы адаптации, которые обеспечивают быструю адаптивную реакцию при смене температуры. В свете последних данных о глобальном изменении климата возросла необходимость оценки устойчивости экосистем к повышению температуры. Это особенно актуально для древних озер, население которых представлено в основном узкоадаптированными видами-эндемиками. Одним из таких озер является озеро Байкал, которое характеризуется 80% эндемизма фауны и огромным уровнем биоразнообразия. Амфиподы – наиболее многочисленная по видовому составу группа байкальских эндемиков, представленная в озере 350 видами и подвидами. Амфиподы обитают в широком спектре экологических условий, представлены большим количеством форм и размеров. Таким образом, байкальские амфиподы могут быть использованы в качестве модели для изучения адаптивных возможностей в пределах одной группы.

Целью исследования была оценка степени участия и активности основных биохимических и клеточных механизмов адаптации к температурному стрессовому воздействию у амфипод из контрастных по температуре условий обитания. Для этого амфипод подвергали кратковременному воздействию максимальных температур их среды обитания. Оценивали содержание и синтез белков теплового шока, а также активность трёх ферментов антиоксидантной системы – пероксидазы, каталазы и глутатион S-трансферазы.

Показано, что конститутивное содержание белков теплового шока БТШ70, а также степень повышения их концентрации при температурном стрессовом воздействии зависит от терморезистентного статуса вида. Также обнаружены различия в температурно-индуцированных изменениях активности ферментов антиоксидантной системы, связанные с резистентными способностями видов. У глубоководных амфипод выявлено отсутствие выраженной реакции антиоксидантной системы на тепловой шок, а также задержка синтеза БТШ. Таким образом, прослежена зависимость функционирования ключевых клеточных и биохимических механизмов адаптации к температурному стрессовому воздействию в пределах одной таксономической группы в озере Байкал. Полученные результаты важны для понимания роли исследованных механизмов в распространении и эволюции видов. Помимо этого, результаты исследования могут найти применение в разработке клеточных биомаркеров для мониторинга состояния уникальной экосистемы озера Байкал.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-04-00398-а, 10-04-00611-а, АВЦП «Высшая школа» (РОСОБРАЗОВАНИЕ) №2.1.1/982, ФЦП «Кадры» (РОСОБРАЗОВАНИЕ) НК-267/2, НК-366/14, 2010-1.5-501-003-017 и гранта Президента РФ МК-351.2009.4.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МАЛЫХ ВОДОТОКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОМАРКЕРОВ

Л.А. Беличева

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Экосистемы малых водотоков урбанизированных территорий чаще других подвергаются загрязнению в результате деятельности человека. Промышленные, бытовые и ливневые стоки, являющиеся главными компонентами загрязнения урбанизированных рек, обычно содержат широкий спектр органических и неорганических поллютантов, которые сбрасываются в эти водотоки без соответствующей очистки. Такая антропогенная нагрузка вызывает ухудшение качества вод и негативно влияет на жизнедеятельность гидробионтов, в частности рыб.

В настоящее время, гистопатологические изменения органов рыб широко используются как биомаркеры загрязнения при исследовании водоёмов. Преимущества использования этого метода состоят в том, что гистологический анализ позволяет констатировать факт воздействия загрязняющих веществ, судить о характере и тяжести патологических процессов, а также оценивать состояние здоровья всей популяции в исследуемой экосистеме. Кроме того, гистопатология позволяет интегрировать влияние на организм как абиотических, так и биотических факторов.

По территории г. Петрозаводска протекают две малые реки – Лососинка и Неглинка, впадающие в Онежское озеро, которое используется для централизованного водоснабжения города. Обе реки являются местом отдыха горожан. На протяжении многих лет экосистемы данных водотоков подвергаются комплексному антропогенному воздействию, что ведёт к ухудшению качества воды, нарушению структуры биоценозов и снижению видового разнообразия. Цель настоящего исследования – оценка экологического состояния данных рек на основе использования гистологических биомаркеров.

Объектом исследования был выбран усатый голец (*Barbatula barbatula* (L.)). Этот вид широко распространён в изучаемых водоёмах. У рыб для гистопатологического исследования отбирали жабры, печень, почки. Анализ выявил широкий спектр патологических изменений, которые могут быть разделены на 5 групп: пролиферативные, дегенеративные, воспалительные и неопластические изменения, а также нарушения кровообращения. В жабрах наиболее часто диагностировались следующие изменения: гиперплазия респираторного эпителия, кровоизлияния, стаз кровеносных сосудов, некроз респираторного эпителия, укорочение и искривление респираторных ламелл. У рыб из р. Неглинка, помимо вышеперечисленных изменений, также с большой частотой отмечались отеки и аневризмы. Для печени наиболее характерными повреждениями были стаз кровеносных сосудов, гиперваскуляризация органа, пикноз и некроз гепатоцитов, признаки регенерации печеночной ткани. В печени рыб из р. Неглинка был высок процент неопластических изменений. В почках у большинства рыб отмечались признаки гломерулонефрита и дегенеративных изменений клубочков. Изменения дегенеративного характера были выявлены и при исследовании канальцев (вакуолизация клеток канальцевого эпителия, отложения в просвете канальцев). Для этого органа также были характерны очаги скопления макрофагов, некроз гемопоэтической ткани и гемолиз эритроцитов.

Кроме того, у рыб обнаружены случаи множественной паразитарной инвазии. Нами были выявлены цисты плоских червей из класса Trematoda, представители классов Nematoda и Monogenea, инфузории рода *Trichodina*, различные виды паразитов, относящиеся к типу Myxosporidia. Следует также отметить, что особи, выловленные в р. Лососинке, в большей степени были подвержены паразитарной инвазии.

Выявленные повреждения являются показателем того, что организм рыб демонстрирует ответную реакцию как на присутствие в воде загрязняющих веществ, так и на достаточно сильную паразитарную нагрузку. Большая часть диагностированных патологических изменений указывает на то, что гидробионты в данных водоёмах подвергаются хроническому сублетальному воздействию. Однако, ряд патологий свидетельствует об острой реакции организма рыб, вызванной, по-видимому, недавними залповыми выбросами загрязняющих веществ в водоём.

ВИДОВОЙ СОСТАВ ПЛАНКТОННЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ОЗЕРА КОТОКЕЛЬСКОГО (БУРЯТИЯ) В ПЕРИОД ТОКСИЧНОГО «ЦВЕТЕНИЯ» 2009 г.

О.И. Белых[1], **Е.Г. Сороковикова**[1], **О.В. Калюжная**[1], **Г.А.Федорова**[1], **Э.В. Данилова**[2]

[1] *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*
[2] *Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия*

Оз. Котокельское – эвтрофный водоём, расположенный на побережье Байкала, имеет большое промысловое и рекреационное значение. Ранее было показано, что в составе фитопланктона оз. Котокельского доминируют диатомовые и синезелёные водоросли (цианобактерии). Летом 2008–2009 гг. на озере выявлена Гаффская болезнь, которая, по некоторым данным, может быть вызвана токсичным «цветением» цианобактерий. Целью данной работы было исследование видового состава цианобактерий и поиск среди них токсичных видов для выявления источника и природы токсинов.

Пробы фитопланктона были отобраны в августе 2009 г. по всей акватории озера сетью и в центральной части озера батометром с глубин 0, 6.5 и 13 м. Батометрические пробы фиксировали раствором Утермеля и концентрировали с помощью осадочного метода. Сетные пробы фиксировали 2%-ным формалином для микроскопического наблюдения и 70%-ным этанолом для генетического анализа, а также концентрировали и замораживали для химического анализа. Определение видов проводили по определителям (Komárek, Anagnostidis, 1999, 2005; Голлербах и др., 1953).

В фитопланктоне оз. Котокельского обнаружено 26 видов цианобактерий. Среди них к доминирующим (численность свыше 50 тыс. клеток на литр) относятся 12 видов: *Aphanocapsa holsatica*, *A. incerta*, *A. delicatissima*, *Snowella rosea*, *Romeria* sp., *Microcystis viridis*, *M. aeruginosa*, *Pseudanabaena voronichinii*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Aphanocapsa conferta*, *Planktolyngbya contorta* и *Chroococcus limneticus.* Численность и биомасса цианобактерий в слое 0–13 м составили 7.13×10^9 клеток/л и 3.87 мг/м^3, соответственно. Среди цианобактерий доминировали виды рода *Aphanocapsa* (98.5% от их общей биомассы); максимальный вклад отмечен для космополитного нетоксичного вида *A. holsatica* (97%, биомасса 3763 мг/м^3, численность 7.10×10^9 клеток/л). Численность и биомасса 6 выявленных потенциально-токсичных видов цианобактерий была невысокой. Биомасса *Microcystis viridis* составляла 14.3 мг/м^3 (численность 771 тыс. клеток/л), *Microcystis aeruginosa* – 7.15 мг/м^3 (численность 77 тыс. клеток/л). Численность *Anabaena lemmermannii* достигала 30 тыс. клеток/л, биомасса – 1.25 мг/м^3. Биомасса и численность *Aphanizomenon flos-aquae* составляли 0.52 мг/м^3 и 5.7 тыс. клеток/л. Виды *Anabaena circinalis* и *Microcystis wesenbergii* встречались единично и только в сетных пробах.

ПЦР-анализ суммарной ДНК фитопланктона с использованием универсальных праймеров к *mcyE*-гену микроцистинсинтетазы был положительным. В результате клонирования и секвенирования ампликонов получено 4 последовательности *mcy*E-гена, три из которых принадлежали цианобактериям рода *Microcystis*, а один – *Anabaena*. Последовательности *Microcystis* sp. K6, K7, K8 имели высокую степень сходства (98–99%) с последовательностями штаммов *M. aeruginosa*, *M. viridis* и *M. wesenbergii*, изолированных во время токсичных «цветений» водоемов Японии, Европы, США и Канады. Последовательность *Anabaena* sp. K1 была идентична последовательностям 5 штаммов *A. lemmermannii*, выделенных из Скандинавских озёр.

Анализ метанольного экстракта фитопланктона с помощью ВЭЖХ-МС выявил наличие 3 вариантов микроцистинов: MCYST-LR (m/z 995.6), MCYST-RR (m/z 519.8) и MCYST-YR (m/z 1045.6). Общее содержание микроцистинов в пробе составило 53 мкг/г при соотношении: MC-RR – 49%, MC-LR – 42.5%, MC-YR – 8.5%.

Наличие токсичных цианобактерий в оз. Котокельском представляет собой определенную угрозу для жителей Байкальского региона. Учитывая рекреационную важность озера, наблюдавшиеся здесь случаи массового отравления людей и животных, а также учитывая прямую водную связь этого озера с Байкалом, следует проводить в данном регионе регулярные исследования по выявлению токсичных цианобактерий.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №09-04-90420-Укр_ф_а, СО РАН «Комплексная эколого-биологическая экспедиция …» и МК-1239.2010.4.

ПИТАНИЕ РЕОФИЛЬНЫХ РЫБ В ЛОСОСЕВЫХ РЕКАХ БАССЕЙНА ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Е.Н. Белякова, **Ю.А. Шустов**

Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия

Многие притоки Онежского озера (несколько десятков) относятся к рекам, где происходит нерест пресноводной формы атлантического лосося (*Salmo salar* L. *morpha sebago*) и озерной кумжи (*Salmo trutta* L. *morpha lacustris*). Здесь же на порогах и перекатах совместно с молодью лососёвых рыб обитают такие реофильные рыбы, как обыкновенный подкаменщик (*Cottus gobio*), усатый голец (*Barbatula barbatula*), обыкновенный гольян (*Phoxinus phoxinus*), европейский хариус (*Thymallus thumallus*) и молодь налима (*Lota lota*), причём первые два вида встречаются наиболее часто. Естественно, что в этот речной период жизни лососевых рыб между ними и другими реофильными видами возникают пищевые отношения, степень конкуренции которых может быть достаточно напряжённой. Этот вопрос практически не изучен, поэтому цель работы – исследовать питание и оценить уровень пищевой конкуренции обыкновенных подкаменщиков и усатых гольцов с молодью лососевых рыб рода *Salmo* в нерестовых реках Онежского озера в разные сезоны года.

Пробы по питанию рыб отбирались нами в трёх притоках Онежского озера – в реках Большая Уя, Лососинка и Шуя, с помощью ранцевого электролова норвежского производства. Пробы сразу фиксировались, а дальнейшая обработка проводилась в лабораторных условиях согласно традиционным методикам (Методическое пособие…., 1974). При обработке проб рассчитывался общий индекс наполнения желудков, подсчитывалось количество организмов – общее и для основных кормовых объектов.

Наши исследования особенностей питания молоди лосося и кумжи, а также основных потенциальных конкурентов лососёвых рыб за пищу и пространство в речных условиях – обыкновенных подкаменщиков и усатых гольцов – показали, что притоках Онежского озера в течение года напряжённость пищевых отношений между рыбами неодинакова. Летом пищевые спектры лососёвых и реофильных рыб сильно различаются: если подкаменщики и гольцы питаются исключительно водными объектами – личинками, куколками и нимфами насекомых (хирономиды, мошки, ручейники, поденки, веснянки), то у пестряток лосося и кумжи не менее чем половину рациона составляют воздушные, наземные насекомые, а также субимагинальные и имагинальные стадии амфибиотических насекомых. В зимний период, несмотря на полное совпадение пищевых спектров, в силу низкой пищевой активности конкуренция за пищу также явно несущественна. И только осенью, по-видимому, у рыб могут сложиться наиболее напряжённые конкурентные пищевые отношения, так как в это время лёт насекомых завершается, и все речные рыбы, в том числе и лососёвые, имеющие достаточно высокую пищевую активность, переходят на питание донными беспозвоночными. Именно в этот период года, при высокой численности потенциальных конкурентов за пищу и пространство, у молоди лососёвых могут сложиться напряжённые конкурентные отношения с реофильными рыбами, в результате чего у пестряток лосося и кумжи могут наблюдаться как слабо наполненные пищей желудки, так и даже совсем пустые. В свою очередь, и темп роста лососёвых рыб на таких участках рек, по-видимому, также может снижаться.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ НАСЕЛЕНИЯ МОЛЛЮСКОВ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПЫМ-ВА-ШОР (БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКАЯ ТУНДРА) В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Ю.В. Беспалая

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, Россия

Горячие источники представляют собой уникальные экологические системы. Вместе с тем, фауна моллюсков гидротермальных источников в настоящее время остаётся недостаточно изученной (Хмелева и др., 1985). Термальные источники Пым-Ва-Шор расположены в юго-восточной части Большеземельской тундры (N 67°9´42.6", E67°51´10.2"), вблизи р. Адзьвы – правого притока р. Усы.

Исследования структуры населения пресноводных моллюсков урочища Пым-Ва-Шор проводились в ноябре 2009 года. Температура варьировала в зависимости от источника – от 19.5°C до 28.5°C; в холодном источнике температура воды составила 1.6°C. Отбор проб осуществляли по стандартным методикам (Методика изучения…, 1975). В общей сложности было отобрано 57 бентосных проб. При определении моллюсков использованы таблицы Н.Д. Круглова (2005), а также ключи А.В. Корнюшина (1996) и Я.И. Старобогатова (2004).

В процессе исследований нами выявлено, что зимнее население пресноводных моллюсков включает 7 видов, принадлежащих к 3 семействам, 4 родам. Установлено, что в термальных источниках Пым-Ва-Шор формируются специфические сообщества гастроподного типа с упрощенной структурой и низким видовым разнообразием на фоне высокой численности и плотности моллюсков. Отличительной особенностью гидротермальных сообществ моллюсков урочища Пым-Ва-Шор является определённый набор видов, доминирующих в специфических условиях среды – это брюхоногие лёгочные моллюски *Lymnaea ovata, L. lagotis* и *L. fontinalis.* В зимний период в источниках Пым-Ва-Шор население моллюсков было представлено главным образом молодыми особями. Для данного урочища характерно сохранение активности моллюсков при экстремально низких температурах воздуха. В изученных нами горячих источниках наблюдается резкое сокращение размеров лимнеид по сравнению с другими регионами, что можно рассматривать как результат реализации адаптивных стратегий видов (Хмелева и др., 1985; Берёзкина, Старобогатов, 1988). В гидротермальных экосистемах Северной Евразии (Байкал, Камчатка) формируются аналогичные сообщества, которые образованы брюхоногими лёгочными моллюсками семейств Lymnaeidae и Planorbidae и приурочены преимущественно к обильно разрастающимся в горячих водах водорослевым матам и моховым дернинам. Поселения моллюсков термальных источников характеризуются резко повышенной плотностью и биомассой по сравнению с обычными водотоками тундровой зоны. Сообщества гидротермальных источников в условиях Субарктики можно рассматривать как очаги биопродуктивности. Моллюски из горячих источников в зимний период составляют основной ресурс для питания бентосоядных рыб реки, принимающей воды гидротерм.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ №10-04-00897, междисциплинарного проекта УрО РАН «Ландшафтно-зональные условия и видовое разнообразие беспозвоночных животных на Европейском Севере» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ СВИНЦА ОРГАНАМИ И ТКАНЯМИ РАСТИТЕЛЬНОЯДНЫХ РЫБ

О.Н. Бичарева, **Э.И. Мелякина**

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Свинец является постоянной нормальной составной частью органов и тканей рыб. Он влияет на энзиматические процессы и в норме встречается в организме рыб и теплокровных животных в микроколичествах. Избыточные дозы свинца, попадая в организм, приводят к его отравлению или гибели. Попав в организм, свинец чаще всего не подвергается каким-либо существенным превращениям, и, включившись в биохимический цикл, крайне медленно покидает его.

Нами были проведены исследования содержания свинца в некоторых органах и тканях двух видов растительноядных рыб – белого амура и белого толстолобика, выращенных в прудах ООО «Надежда» Камызякского района Астраханской области. Исследования проводились на протяжении 2005–2007 гг. У рыб отбирались образцы проб жабр, мышц и печени, которые затем исследовались методом атомно-адсорбционной спектрометрии на спектрофотометре фирмы «Hitachi» 180-50. Нами была проанализирована половая, возрастная, видовая и сезонная динамика свинца у исследуемых видов, а также особенности его накопления в отдельных органах и тканях.

Концентрация свинца в органах и тканях исследуемых особей варьировала от 1.82 ± 1.04 до 49.96 ± 15.77 мг/кг сухого вещества. Значительные концентрации свинца были обнаружены в жабрах белого амура – максимальный средний показатель составил 49.96 ± 15.77 мг/кг сухого вещества. У амура очень высокое содержание свинца было отмечено также и в печени, наравне с жабрами – около 40 мг/кг сухого вещества. Ряд содержания свинца в исследуемых органах по убыванию выглядел следующим образом: жабры > печень > мышцы.

Толстолобик отличался меньшими концентрациями свинца во всех исследованных органах, по сравнению с белым амуром. Наиболее значимы и достоверны эти различия были у самцов исследуемых видов ($P > 0.05$). Так, в жабрах и мышцах самцов амура содержание свинца было в 2 раза выше, чем у самцов толстолобика; в печени этот показатель был равен 10. У самок данных видов не наблюдалось достоверных различий в содержании свинца.

Самое высокое содержание свинца в органах белого амура было отмечено нами осенью 2005 года. Затем, вплоть до весны 2007 года наблюдалось снижение концентраций свинца у исследуемых особей амура. Аналогичная картина была отмечена у белого толстолобика. Очевидно, это связано с содержанием свинца в воде прудов – местообитаний исследуемых видов.

Анализ содержания свинца у самок и самцов растительноядных рыб показал, что во всех случаях более высокими концентрациями свинца в органах отличались самцы рыб. Наиболее достоверные половые различия были отмечены в органах белого амура ($P < 0.05$).

Возрастным изменениям наиболее подвержено содержание свинца в жабрах исследуемых видов. Количество свинца в органах белого амура с возрастом снижалось. Самые высокие концентрации свинца были отмечены у сеголеток амура (115–120 мг/кг), у годовиков наблюдалось очень резкое снижение данного показателя во всех исследованных органах – в 5–30 раз. У последующих возрастных групп содержание свинца не претерпело значимых изменений по сравнению с годовиками; небольшое повышение содержания свинца было отмечено лишь у четырехлеток амура.

Особи толстолобика характеризовались довольно стабильными концентрациями свинца в мышцах и печени у всех исследованных возрастных групп. Содержание свинца в жабрах толстолобика имело резкий динамичный характер, снижаясь в период от годовика к двухгодовику, а затем постепенно повышаясь у последующих возрастных групп, вплоть до пятилеток.

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЧНОГО КОНТИНУУМА

В.В. Богатов

Биолого-почвенный институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В речных системах по мере продвижения водной массы от истоков к устью происходят закономерные изменения среды обитания гидробионтов, которые отражаются на структурных и функциональных особенностях сменяющих друг друга сообществ. В соответствии с концепцией речного континуума (Vannote et al., 1980), в верховьях рек (зона кренали), водосборы которых покрыты лесом, речное русло затенено пологом деревьев и получает мало света. Отношение продукции (P) к деструкции (R) органического вещества здесь значительно меньше 1, что указывает на гетеротрофный тип метаболизма сообщества. Ниже по течению (зона ритрали) река становится шире, изменяется её температурный режим, русло не затенено деревьями, и сообщество гидробионтов меньше зависит от аллохтонной органики. Считается, что речная экосистема здесь автотрофна, а отношение P/R близко к 1. На равнинных участках рек (зона потамали) течение замедляется, появляются планктонные организмы. Вода становится мутной, что ослабляет процессы фотосинтеза, и сообщество вновь становится гетеротрофным.

В продольном профиле реки наиболее низкое видовое разнообразие фито- и зообентоса отмечается в пределах верхнего гетеротрофного участка, а наиболее высокое – в центральной части автотрофного участка. Однако значения индекса Шеннона водорослевых сообществ максимальны на гетеротрофном участке, а донных беспозвоночных – на автотрофном. Таким образом, наблюдаемое на данном отрезке речного континуума увеличение количества видов беспозвоночных сопровождается усложнением структуры зообентосного сообщества, тогда как увеличение таксономического разнообразия фитобентоса происходит на фоне возрастания степени доминирования ограниченного числа видов водорослей. В области перехода зоны ритрали в потамаль происходит снижение общего таксономического разнообразия водорослей и беспозвоночных, что, очевидно, связано с замедлением скорости течения и с увеличением температуры воды в реке. Эти факторы, несомненно, ограничивают распространение в нижней части ритрали холодолюбивых реофильных видов, в то время как для потамофилов эта зона, являясь верхней границей их обитания, остается пока еще недостаточно привлекательной. На типично равнинных участках рек видовое разнообразие бентосных сообществ остается низким, несмотря на полную замену реофильных организмов потамофильными, в то время как число планктонных видов становится максимальным.

ВЛИЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ГИПЕРГАЛИННОГО РАЧКА *ARTEMIA*

Е.Г. Бойко

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГУП «Госрыбцентр»), ФГОУ ВПО «Тюменская ГСХА», г. Тюмень, Россия

Гипергалинный рачок *Artemia* распространён по всему миру, в том числе в пределах аридной зоны Западной Сибири. Артемия адаптирована к экстремальным условиям существования (высокая солёность, низкое содержание кислорода и т.д.). Диапазон солёности среды обитания рачка очень широк и варьирует от 10 до 340 г/л (Литвиненко и др., 2009). Настоящее исследование является частью мониторинговых работ лаборатории промысловых беспозвоночных ФГУП «Госрыбцентр» и выполнено с целью изучения влияния основных экологических факторов на рост и функционирование артемии в озёрах юга Западной Сибири. Морфометрический анализ половозрелых самок из озёр Сиверга (Тюменская обл.), Малое и Большое Медвежье, Вишняковское, Невидим, Ново-Георгиевское и Актобан (Курганская обл.), Эбейты (Омская обл.) и Солёный Кулат (Челябинская обл.) был проведён по 11 морфометрическим признакам, из которых 9 пластических (длина тела, длина абдомена, ширина абдомена, расстояние между глазами, диаметр глаз, длина фурки, длина первой антенны, ширина головы, индекс длины абдомена) и два меристических (число щетинок на правой и на левой фурках). На основании полученных морфометрических данных был проведён анализ зависимостей показателей роста артемии от общей минерализации, концентрации основных ионов (CO_3^{2-}, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^++K^+) и их соотношений ($Cl^-/(CO_3^{2-}+HCO_3^-)$, Cl^-/CO_4^{2-}, $SO_4^{2-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^-)$, Mg^{2+}/Ca^{2+}, $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/(Na^++K^+)$, $Cl^-/(Mg^{2+}+Ca^{2+})$, $Cl^-/(Na^++K^+)$). В результате сопоставления среднесезонных значений морфометрических признаков половозрелых самок артемии за вегетационный сезон 2006 года и вышеперечисленных экологических факторов, были получены коэффициенты корреляции между солёностью, содержанием и соотношением основных ионов и морфометрическими характеристиками рачка. Степень корреляции признаков определяли по Г.Ф. Лакину (1990). Такие показатели, как содержание карбонатов и гидрокарбонатов, концентрация ионов кальция, а также соотношения Mg^{2+}/Ca^{2+}, $(Mg^{2+}+Ca^{2+})/(Na^++K^+)$, $Cl^-/(Mg^{2+}+Ca^{2+})$, $Cl^-/(Na^++K^+)$ не оказали достоверного влияния на параметры рачка. Не обнаружена достоверная связь рассматриваемых факторов с такими параметрами, как длина тела, длина абдомена, длина первой антенны и ширина головы. Наибольшее влияние на рост рачка оказали общая минерализация и ионы, определяющие солевой состав – хлориды, сумма ионов натрия и калия, и соотношение Cl^-/CO_4^{2-} и $SO_4^{2-}/(CO_3^{2-}+HCO_3^-)$. Число щетинок на фурках и длина фурки наиболее подвержены влиянию рассматриваемых факторов. Более наглядно влияние солёности на рост рачка продемонстрировали кластерный и дискриминантный анализы. Дифференцированное группирование изученных популяций рачка осуществлялось главным образом по основному лимитирующему фактору существования рачка – солёности. Таким образом, обнаружена взаимосвязь между изученными морфометрическими характеристиками артемии и общей суммой ионов, концентрацией основных ионов и их соотношениями в период исследований. Отмечена разная степень корреляции – от 0.00 (длина тела и концентрация карбонатов), что означает отсутствие связи, до 0.89 (число щетинок на фурках), что означает наличие сильной корреляции. Наблюдались в основном отрицательные корреляции, т.е. при увеличении солёности групповые средние морфометрических характеристик уменьшаются.

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ЭКОСИСТЕМ КРУПНЫХ ОЗЁР ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ИНДИКАТОР ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТЕРРИТОРИИ

Н.Л. Болотова[1], **М.Я. Борисов**[1], **Н.В. Думнич**[2], **А.Ф. Коновалов**[2], **Е.В. Лобуничева**[2]

[1] *Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда, Россия*
[2] *Вологодская лаборатория ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Вологда, Россия*

Уязвимость северных водных экосистем к изменению климата определяет актуальность оценки их состояния в условиях глобального потепления. Первоочередной задачей становится выявление биологических индикаторов климатических изменений на региональном уровне. Анализ многолетних изменений сообществ мелководных крупных озёр на территории Вологодской области, расположенной на Северо-Западе России, подтвердил, что они могут служить адекватными объектами мониторинга происходящих нежелательных процессов. Озёрные экосистемы как накапливающие элементы ландшафтов отражают состояние территории в целом, а водосборы крупных озёр относятся к её ключевым функциональным единицам.

Особенности теплового и температурного режимов рассматриваемых равнинных озёр (Белое, Кубенское, Воже) с обширными водосборами, зависимость от синоптической обстановки, оказывают значительное влияние на условия обитания гидробионтов, включая рыб. Высокая прогреваемость водной толщи мелководных озёр и ускорение процессов эвтрофирования стимулируют цветение и зарастание акватории. Наблюдается ухудшение газового режима, расширяется зарослевая зона для зоопланктона и площадь нерестилищ для фитофагов. Эти явления можно отнести к триггерным механизмам, запускающим каскад изменений в структуре сообществ мелководных озер при потеплении климата. Последнее подтверждается тем, что на территории Вологодской области в последнее десятилетие отмечается повышение температуры в среднем на 2 градуса, соответствующее тренду увеличения среднегодовой температуры на европейской части России.

Более наглядными индикаторами климатических флуктуаций могут служить зоопланктон и рыбное население, в структуре которых выделяются тепловодные и холодноводные комплексы. Через анализ динамики соотношения этих комплексов возможно оценить прошлое (связанное с формированием сообществ и с историческими изменениями климата), настоящее (трансформация условий обитания при изменении климата) и будущее сообществ (прогноз последствий потепления). Зоопланктон и рыб можно рассматривать и как функционирующую подсистему сообществ, так как они связаны кормовыми отношениями. Кроме того, использование этих звеньев водных экосистем для мониторинга позволяет сочетать оперативность слежения за счет ситуационного отклика зоопланктона на изменение температурного режима с долгосрочным прогнозом, благодаря интегральному характеру реакции рыбного населения на долговременные сдвиги условий обитания и воспроизводства.

В настоящее время в зоопланктоне тепловодный комплекс доминирует по числу видов, особенно среди ветвистоусых ракообразных (до 67%), и значительную долю составляют зарослевые формы. Для рыбного населения также характерно преобладание представителей теплолюбивых видов, прослежена тенденция возрастания доли понто-каспийского фаунистического комплекса, особенно в последнее десятилетие. Помимо озёр Кубенского и Воже, которые стали типичными «лещевыми» водоёмами, наблюдается превращение «снетково-судачьего» озера Белого в «лещевый» водоем.

Проникновение южных чужеродных видов относится к числу важных факторов, которые могут повлиять на сдвиги в структуре рыбного населения озёр. Специфичность территории Вологодской области создает благоприятные условия для миграции организмов. Это связано с густой гидрографической сетью, большой протяжённостью рек, а также с расположением области на водоразделе трех морей (Белого, Балтийского и Каспийского), бассейны которых соединены Волго-Балтийской и Северо-Двинской транспортными системами. Природные особенности мелководных водоемов, связанные с их прогреваемостью, также способствуют развитию тепловодных комплексов, и могут быть неблагоприятны для холодноводных рыб. Наибольшее число мигрантов появляется из Понто-Каспийского бассейна, что соответствует истории заселения водоемов на данной территории в периоды потепления. Проникновению тепловодных видов в дальнейшем будет способствовать и глобальное потепление климата.

Работа выполнена в рамках тематического плана Рособразования «Пространственно-временная трансформация водосборов таёжной зоны в условиях потепления климата».

СПЕКТР ПИТАНИЯ *DAPHNIA LONGIREMIS* SARS В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА КУРИЛЬСКОГО (КАМЧАТКА)

Т.В. Бонк, **Е.В. Лепская**

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия

В озере Курильском *Daphnia longiremis* является вторым по значимости видом пелагического зоопланктона и составляет от 10 до 25% биомассы рачкового планктона. Проведённые ранее исследования питания *Cyclops scutifer* Sars – доминирующего вида зоопланктонного сообщества (Носова, 1972; Лепская, Бонк, 2007; Lepskaya, Bonk, 2007), показали, что диатомовые водоросли составляют основу питания этого рачка, что также подтверждается биохимическим анализом состава жирных кислот зоопланктона оз. Курильское (Гладышев и др., 2010). Трофические отношения между фильтратором *D. longiremis* и фитопланктоном ещё не были изучены для данного водоёма. Однако, при непосредственных наблюдениях содержимого кишечников только что отловленных дафний были отмечены водоросли: *Stephanodiscus*, *Cyclotella* и фрагменты колоний *Aulacoseira* в 2–3 клетки. Если потребление первых двух видов отмечается в литературе, то о встречаемости *Aulacoseira* в пище дафний сведений нет. Питание *D. longiremis* в оз. Курильском изучалось в 2008 г. Были отобраны 4 пробы планктона по сезонам; они различались по видовой структуре фитопланктона. Всего были исследованы 82 взрослые особи дафний приблизительно одного размера (1.1–1.3 мм). При исследовании питания дафний методом прямого просчёта пищевых частиц, большинство створок диатомей в кишечниках были учтены в виде мелких обломков, что делало невозможным просчёт количества потреблённых организмов. Однако это не мешало таксономической идентификации микроводорослей, которых было обнаружено 20 таксонов. Бесструктурная масса была определена как детрит. Постоянным компонентом пищи в кишечниках дафний были диатомовые водоросли: *Aulacoseira subarctica*, *Stephanodiscus alpinus* и *Cyclotella tripartita.* Частота встречаемости *A. subarctica* была максимальной в июле, когда этот вид численно доминировал в фитопланктоне. Наибольшая частота встречаемости *S. alpinus*, напротив, была отмечена при его низкой численности в апреле и августе. У 16% дафний *S. alpinus* был обнаружен и в сентябре, когда его доля в фитопланктоне не превышала 2%. *Cyclotella tripartita* присутствовала в кишечниках у 80% дафний в августе и в сентябре, в момент численного доминирования этого вида. В апреле и июле частота встречаемости *C. tripartita* у дафний была заметно меньше – 11 и 51%, соответственно. В течение всего периода наблюдений дафнии потребляли водоросли из родов *Fragilaria* и *Synedra*; кроме того, у 8–30% рачков был обнаружен детрит. Наиболее разнообразный в фитопланктоне в апреле, *Stephanodiscus* sp. был отмечен у 25% дафний, а в другие сезоны этот вид диатомовых в кишечниках у рачков не встречался. Сезонный характер носило также потребление дафниями *Diatoma elongatum*. Этот вид был найден у 29% рачков в июле (когда в планктоне его не отмечали) и в августе (при численности 48 клеток на мл). Количество таксонов микроводорослей в пище дафний изменялось в течение сезона наблюдений. Максимальное количество видов в пище было отмечено в августе, когда разнообразие фитопланктона было наибольшим. Минимум таксонов микроводорослей в пище дафний был отмечен в середине сентября, при достаточно высоком видовом разнообразии фитопланктонного сообщества. В это же время биомасса бактериопланктона была максимальной. Следует отметить, что при незначительном многообразии фитопланктона в пище дафний помимо массовых для этого времени таксонов были найдены редко отмечаемые в пробах диатомовые водоросли из родов *Cocconeis*, *Navicula* и *Amphora.* Таким образом, спектр питания *D. longiremis* оз. Курильского отражает изменения видовой структуры фитопланктона.

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ АССИМИЛЯЦИИ ФОСФОРА МИКРОПЛАНКТОНОМ ОТ ТРОФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ОЗЁРАХ

В.В. Бульон

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

С помощью радиоактивного изотопа ^{33}P определялось содержание в воде биологически доступного фосфора (BAP) и скорость его ассимиляции микропланктоном в озёрах разных регионов (Монголия, Карелия, Псковская область), различающихся по трофическому статусу.

Эксперименты проводились по единой схеме – с использованием радиоактивного изотопа ^{33}P (в виде ортофосфорной кислоты) и дифференциальной фильтрации для разделения планктона на размерные фракции: >0.23 мкм – микропланктон в целом, >1.5 мкм – условно фитопланктон, 0.23–1.5 мкм – условно бактериопланктон. Для описания зависимости накопления ^{33}P микропланктоном и его размерными фракциями от времени экспозиции (t) использовались три модели – линейная, экспоненциальная или биноминальная. В каждом конкретном случае подбиралась функция, наиболее точно отражающая экспериментальные точки на графике. Значения констант ассимиляции фосфора определялись как первые производные выбранных функций при t = 0.

Концентрация BAP определялась радиобиологическим методом – по ассимиляции ^{33}P микропланктоном при разных добавках нерадиоактивного $P–PO_4$. В направлении от олиготрофных озёр к более продуктивным озёрам концентрация BAP увеличивалась от 1 до 25 мкг/л, время оборота BAP – от 65 до 1200 мин. Относительное участие фитопланктон и бактериопланктона в ассимиляции фосфора зависело от продуктивности озёр. В олиготрофных озёрах вклад бактерий в поток фосфора достигал 76–90%. С повышением трофического статуса озёр доля участия бактерий в потоке фосфора снижалась до 10–12%, и соответственно возрастала ассимиляционная активность фитопланктона. Это свидетельствует о сильной конкуренции за фосфор со стороны мелких организмов (0.23–1.5 мкм) в олиготрофных озёрах и о доминировании потока фосфора через микробиальные организмы.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ Т4-БАКТЕРИОФАГОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ И ОЗЕРА КОТОКЕЛЬ

Т.В. Бутина, **С.А. Потапов**, **О.И. Белых**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

За последние 20 лет накоплено большое количество информации, касающейся численности, распространения и разнообразия бактериофагов в морских экосистемах и их роли в функционировании биоты. Пресноводные водоёмы до сих пор остаются малоизученными. Одним из наиболее информативных способов исследования природных вирусных сообществ является генетическая идентификация известных таксономических групп вирусов.

Целью данной работы стало сравнительное изучение генетического разнообразия Т4-бактериофагов семейства Myoviridae в озёрах различной трофности – олиготрофного озера Байкал и эвтрофного озера Котокель, расположенного вблизи Байкала. Исследования g23-генов некультивированных Т4-бактериофагов морских и почвенных биоценозов выявили большое разнообразие и широкое распространение этих вирусов *in vivo*. Недавно нами получены первые данные о наличии и разнообразии Т4-бактериофагов, в том числе Т4-цианофагов, в озере Байкал (Бутина, Белых, 2009).

Озеро Байкал – один из самых крупных пресноводных водоемов, уникальный по своим свойствам и видовому разнообразию. Недавние исследования вириопланктона озера Байкал (Белых, Беликов, 2003; Дрюккер, Дутова, 2006, 2009) выявили высокую численность, разнообразие и сезонную динамику вириопланктона озера Байкал и показали, что, как и в других водных экосистемах, наибольшее количество вирусов в озере составляют хвостатые бактериофаги трёх семейств: Siphoviridae, Podoviridae и Myoviridae. Озеро Котокель – мелководный высокопродуктивный водоем, подверженный значительному антропогенному влиянию. В этом озере ежегодно в летний период наблюдается "цветение" воды, вызванное массовым развитием токсичных цианобактерий родов *Anabaena* и *Microcystis* (Белых и др., 2010). Как известно, цианофаги являются одним из природных факторов, регулирующих численность цианобактерий и предотвращающих "цветение" воды (Brussard, 2004). В отличие от озера Котокель, в Байкале в большом количестве развиваются пикоцианобактерии размером менее 3 мкм, которые, как и нанопланктонные цианобактерии, не содержат генов синтеза цианотоксинов (Тихонова и др., 2006).

В августе 2009 г. были отобраны пробы воды из озера Котокель с глубины 2 м. Для учета численности бактерий и цианобактерий фиксированные пробы фильтровали через поликарбонатные фильтры «Millipore» с диаметром пор 0.45 мкм и наблюдали в флуоресцентный микроскоп Axiovert 200. Для выявления Т4-бактериофагов пробу воды фильтровали через фильтры с различными диаметрами пор для удаления зоо-, фито- и бактериопланктона и осаждали полиэтиленгликолем (6000). ДНК полученных концентратов выделяли с помощью набора ДНК-сорб («ИнтерЛабСервис»). Идентификацию и анализ Т4-бактериофагов проводили с использованием молекулярных маркеров-праймеров к гену g23, кодирующему основной капсидный белок Т4-группы бактериофагов. Условия ПЦР соответствовали рекомендованным авторами (Filee et al., 2005). Амплифицированные фрагменты в диапазоне от 300 до 600 пар нуклеотидов клонировали с помощью набора InsTAclone («Fermentas») и определяли нуклеотидные последовательности на автоматическом секвенаторе CEQ 8800 Beckman Coulter (США).

В результате работы определены нуклеотидные последовательности 20 фрагментов гена g23 Т4-бактериофагов семейства Myoviridae из пробы воды из озера Котокель. Проведен сравнительный анализ сообществ Т4-бактериофагов озера Котокель и озера Байкал. На основе выведенных аминокислотных последовательностей фрагмента g23 проведен филогенетический анализ. Кроме того, показано различие видового состава, структуры и количественных показателей фито- и бактериопланктона этих озёр.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №10-04-01613-а и 09-04-90420-Укр_а.

МИКРОПЕРИФИТОН И ЗООПЛАНКТОН В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С ГИДРОФИТАМИ

С.Н. Быкова, **С.А. Курбатова**, **И.Ю. Ершов**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Влияние погруженных растений – роголистника (*Ceratophyllum demersum*) и пузырчатки (*Utricularia vulgaris*) – на развитие микроперифитона и зоопланктона было исследовано в экспериментальных экосистемах. Пластиковые лотки заливали до объёма 300 л речной водой, отфильтрованной через газ № 76. Плотность гидрофитов составляла 1 г сырой массы на литр. Формирование микроперифитонного сообщества происходило на искуственных субстратах (предметных стеклах, закрепленных на пенопластовых поплавках). Зоопланктон предварительно отлавливали в прудах и концентрировали в одной ёмкости, а затем вносили в лотки. Пробы отбирали еженедельно. Эксперимент длился 13 недель и захватывал период активной вегетации гидрофитов – с конца июня по середину сентября.

В микроперифитоне численность автотрофных организмов преобладала над численностью гетеротрофных. В контроле доминировали диатомовая водоросль *Navicula pupula* var. *pupula* и зелёная водоросль *Coleochaete scutata*. В варианте с роголистником доминировали зелёная водоросль *Stigeoclonium* sp. и диатомовая *Cocconeis placentula*. В варианте с пузырчаткой в доминирующий комплекс входило большее число видов – *Aphanizomenon flos-aquae*, *Stigeoclonium* sp., *Coleochaete scutata*, *Cocconeis placentula* и *Navicula pupula* var. *pupula*, степень доминирования которых менялась. Отмечено увеличение видового разнообразия жгутиконосцев и инфузорий в присутствии гидрофитов, особенно в варианте с пузырчаткой. В экосистемах с растениями микроперифитонные сообщества были более сложно организованы: таксономическое разнообразие (по Шеннону) в варианте с пузырчаткой было выше, чем в контроле, на 40%, а в варианте с роголистником – на 22%. Общая численность организмов была ниже по сравнению с контролем, на 68% в варианте с пузырчаткой (из-за невысокого количества водорослей) и на 40% – с роголистником (из-за малого количества гетеротрофов).

Общая численность зоопланктона в экосистемах с роголистником превышала контрольную в течение всего периода наблюдений. В среднем за сезон её значения были в 1.5 раза выше. Происходило увеличение численности всех групп зоопланктона, но биомасса ракообразных была ниже на 4–8% по сравнению с контролем. В присутствии пузырчатки уменьшалась и численность, и биомасса ракообразных (на 20–40% за сезон). В экосистемах с гидрофитами изменялась динамика доминирующего в контроле рачка *Daphnia longispina* и происходило более массовое развитие видов семейства Chydoridae. В лотках с пузырчаткой наблюдали быстрое снижение численности *D. longispina* (при отсутствии дафний в ловушках пузырчатки) и достоверно более массовое развитие хидорид, несмотря на активное их изъятие при хищном питании растения. В присутствии роголистника, при общей тенденции к снижению численности *D. longispina* за сезон, во второй половине июля, на фоне превышения по сравнению с контролем содержания хлорофилла в воде, количество этого рачка было выше контрольного значения. В экосистемах с гидрофитами происходило увеличение численности коловраток. Средние за опыт индексы видового разнообразия зоопланктона были выше в вариантах с растениями (наибольшие – в варианте с пузырчаткой).

В экосистемах без гидрофитов отмечается высокий коэффициент прямой корреляции численности Chydoridae и ювенильных Copepoda с численностью водорослей микроперифитона (r = 0.62 и r = 0.77). В вариантах с гидрофитами связи между хидоридами и водорослями перифитона ослабевали, и отмечались более тесные связи с численностью простейших (r = -0.6, r = 0.5). Корелляционные связи численности Copepoda с численностью водорослей и простейших микроперифитона не установлены.

Таким образом, в экосистемах с гидрофитами в сообществах как микроперифитона, так и зоопланктона отмечается (1) более высокое таксономическое разнообразие, (2) низкие значения численности в экосистемах с пузырчаткой и (3) снижение количества значимых корреляционных связей между отдельными характеристиками.

ОСОБЕННОСТИ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ГУБЫ МОНЧЕ (ОЗ. ИМАНДРА, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С.А. Валькова

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия

Цель работы – выявить структурно-функциональные особенности сообщества макрозообентоса губы Монче (оз. Имандра, Мурманская обл.), в которую сбрасываются сточные воды медно-никелевого комбината «Североникель» и хозяйственно-бытовые стоки г. Мончегорска. Образцы зообентоса отбирали дночерпателем Экмана–Берджа (площадь захвата грунта 289 см^2) на разном удалении от источника загрязнения. Обработка проб и необходимые расчёты проводились согласно общепринятым методикам гидробиологического мониторинга (Руководство…, 1992).

По составу и структуре сообществ, макрозообентос на выходе из Монче-губы (на расстоянии > 10 км от источника загрязнения) сходен с макрозообентосом профундальной зоны плёса Большая Имандра. Зообентос представлен малощетинковыми червями, двустворчатыми моллюсками, личинками хирономид, пиявками и водными клещами. Численность беспозвоночных составляла 2600 экз./м^2, биомасса – 10 г/м^2. В сообществе доминировали ракообразные, представленные бокоплавом *Monoporeia affinis*, который на 90% определял уровень численности и биомассы бентоса. Отмечена тенденция возрастания численности амфипод и снижения численности хирономид и двустворчатых моллюсков. Впервые после 30-летнего отсутствия бокоплавы были обнаружены у выхода из Монче-губы в открытый плёс в 1996 г. (Ильящук, 2002). За прошедшие 13 лет численность этой группы возросла от 129 экз./м^2 в 1996 г. до 2350 экз./м^2 в 2009 г. Кроме того, в 2009 г. бокоплавы были отмечены на расстоянии 5–6 км от источника загрязнения, что ранее не наблюдалось.

Возрастание уровня загрязнения вод приводит к сокращению таксономического разнообразия, снижению количественных показателей и перестройкам в структуре бентосных сообществ. На расстоянии 2–4 км от источника загрязнения бентос представлен олигохетами и хирономидами (подсемейство Chironominae), на долю которых приходилось до 95% от общего количества и биомассы беспозвоночных. Численность макрозообентоса не превышала 140 экз./м^2, а биомасса – 2 г/м^2.

Анализ многолетней динамики (1973–2009 гг.) разнообразия и обилия зообентоса внутренней части губы Монче (на расстоянии 1–5 км от источника загрязнения) показал, что структура бентосных сообществ за прошедший период существенно не изменилась. На протяжении всего периода наблюдений в составе зообентоса доминировали личинки хирономид и, в то же время, отмечено снижение количественных показателей макрозообентоса от 3000 экз./м^2 и 14.5 г/м^2 в 1973 г. до 70–138 экз./м^2 и 0.3–1.9 г/м^2 в 2009 г., что может свидетельствовать о дальнейшем ухудшении экологической ситуации на данном участке губы Монче.

Таким образом, бентосные сообщества внутренней части губы Монче качественно и количественно обеднены. Основным фактором, определяющим структурно-функциональную организацию бентофауны на этом участке Монче-губы, является уровень загрязнения среды стоками медно-никелевого производства. По мере удаления от источника загрязнения закономерно возрастает таксономическое разнообразие и количественные показатели бентосных сообществ. Это обусловлено снижением уровня антропогенной нагрузки и сочетанием разнотипного загрязнения (токсического и органического), что обеспечивает возникновение комплекса благоприятных условий для отдельных групп бентосных организмов.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ОПТИМУМ ЭКТОТЕРМОВ: СТАТИКО-ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ПРОЛОНГИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ

В.Б. Вербицкий, **Т.И. Вербицкая**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

В естественных биотопах нормой существования подавляющего большинства организмов является переменная температура. Наряду с достаточно большим числом работ, демонстрирующих преимущества ритмических колебательных режимов факторов по сравнению с постоянными, эффект непериодических температурных изменений, однако, редко исследовался, несмотря на тот факт, что организмы как в нетронутых, так и в термально изменённых водных системах могут подвергаться быстрым и иногда непредсказуемым изменениям температуры.

С использованием модельных микро- и мезокосмов, нами были проведены сравнительные исследования воздействия стабильных и непериодических (ступенчатых) температурных режимов на динамику численности популяций видов зоопланктонных Cladocera, доминирующих в бассейне Верхней Волги.

Было выявлено, что на экспериментальные популяции эвритермного вида *Daphnia longispina* сильный стимулирующий эффект оказывало как охлаждение воды на 8.8°C от исходной температуры, равной 24.6 ± 0.7°C, так и нагрев на 8.8°C от 16.3 ± 0.8°C. При этом, численность ещё на протяжении 10–11 суток после прекращения воздействия сохранялась на высоком уровне, т.е. отмечался пролонгированный во времени стимулирующий эффект. При постоянных терморежимах, независимо от температуры, к концу эксперимента (63-и сутки) средние значения численности достоверно не различались как между собой, так и от исходных величин, т.е. они практически вернулись к исходному уровню. Более стенотермный термофильный вид *Diaphanosoma brachyurum* получал максимальное развитие только при стабильной повышенной температуре (24.5 ± 0.9°C). Любые перепады в диапазоне 15.5–25.1°C или ингибировали развитие диафаносом, или не оказывали на них значимого воздействия. При этом, во всех вариантах с ингибированием наблюдалось пролонгированное воздействие.

Экспериментальные популяции мелководного фитофильного вида *Simocephalus vetulus*, обитателя заросших прибрежий озёр и водохранилищ, а также временных водоёмов, достигали максимального развития после снижения температуры воды на ~5°C от исходных величин 24.3±0.7°C и 19.9±0.8°C. При этих же режимах наблюдался эффект пролонгированного во времени стимулирующего воздействия.

Максимальная численность популяций теплолюбивого, но адаптированного к значительным суточным перепадам температур вида *Ceriodaphnia quadrangula* достигалась при поддержании температуры воды на уровне ~24.0°C с однократным прогревом до 24.7–25.3 °C в течение 5–8 суток.

Таким образом, впервые экспериментально показано, что рост численности Cladocera может стимулироваться разнонаправленными непериодическими ступенчатыми изменениями температуры. Эти результаты подтверждают выдвинутое нами ранее предположение (Вербицкий, 2008), что при определении реального экологического оптимума вида по конкретному фактору среды наряду с определением диапазона оптимальных значений фактора на шкале толерантности и его “дозы”, обеспечивающей наиболее благоприятные условия для жизни (“статический” оптимум), необходимо учитывать оптимальные параметры динамических изменений фактора (“динамический” оптимум), в том числе и наличие или отсутствие стимулирующего влияния ступенчатых изменений фактора в пределах толерантной зоны, а также возможность проявления эффектов последействия (в применении к температурному фактору – эффекта пролонгированного воздействия температуры).

ВИДОВОЙ СОСТАВ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ПЕЛАГИЧЕСКОГО ЗООПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ

Н.М. Вецлер, **Т.В. Бонк**

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Озеро Дальнее расположено на юго-востоке Камчатского п-ва в бассейне р. Паратунка, впадающей в Авачинскую губу. Длина водоёма составляет 2.5 км, средняя ширина – 0.54 км, максимальная ширина – 0.66 км, площадь зеркала – 1.39 км^2, средняя глубина – 31.5 м. Максимальная глубина (60.5 м) находится в центральной части озера.

Основными группами зоопланктонного сообщества оз. Дальнего являются ракообразные и коловратки. Видовой состав коловраток включает 12 видов: *Asplanchna priodonta priodonta* Gosse, *Kellicottia longispina* (Kellicot), *Keratella quadrata reticulata* Carlin, *K. cochlearis hispida* (Lauterborn), *K. irregularis* (Lauterborn), *Filinia terminalis* (Plate), *Conochilus unicornis* Rousselet, *Polyarthra remata* Scorikov, *P. minor* Voigt, *Synchaeta kitina* Rousselet, *Bipalpus hudsoni* (Imhof) и *Trichocerca multicrinis* (Kellicott). В планктоне наиболее многочисленны *Kellicottia*, *Filinia*, *Asplanchna* и *Keratella*; чаще всего доминирует круглогодичный вид *K. longispina.* К основным видам ракообразных относятся *Cyclops scutifer wigrensis* Kozminski и *Daphnia longiremis* Sars. Оба вида встречаются в планктоне круглогодично и являются основными компонентами питания молоди нерки (Марковцев, 1972; Тиллер, 1978; Крогиус и др., 1987). В летне-осенний период в озере развиваются *Bosmina longirostris* (O.F. Müller) и *D. galeata* Sars. В 1981–1990 гг. в планктоне круглогодично встречался крупный, но малочисленный рачок *Leptodiaptomus angustilobus* Sars.

В 1981–2009 гг. были отмечены существенные изменения в видовом составе зоопланктона: исчезновение *L. angustilobus*, появление *D. galeata* и трёх новых видов коловраток: *S. kitina*, *K. irregularis* и *P. minor*. Увеличение заходов производителей нерки в озеро в середине 1980-х гг. обусловило рост обилия коловраток и выедание *L. angustilobus* многочисленными поколениями нагуливающейся молоди. Происходящий в 1999–2003 гг. процесс потепления озёрных вод способствовал появлению в водоёме *D. galeata.*

Зоопланктонные организмы расселены во всей водной толще от поверхности до дна. Сезонные изменения вертикального распределения зоопланктонных организмов регулируются факторами среды, среди которых основное значение имеют пищевые и температурные условия, освещённость и содержание кислорода. Ракообразные в основном сосредоточены в наиболее тёмных слоях озера (ниже 30 м), что служит приспособлением для снижения выедания рыбами-планктонофагами. Мелкие зоопланктонные организмы, менее поедаемые рыбой, предпочитают освещённые, богатые фитопланктоном, наиболее аэрированные верхние слои озера. Повышение численности ракообразных в поверхностных горизонтах происходит в период летней стратификации, за счёт роста численности ветвистоусых рачков и их концентрации в эпи- и металимнионе. Оптимальное соотношение пищевых, температурных и кислородных условий в металимнионе в летний период способствует максимальному скоплению гидробионтов в этом слое. Зимой зоопланктон сосредоточен в двух полярных горизонтах водной толщи и избегает области перепада температур. Наиболее тесную связь с изменениями термического режима водоёма в течение года демонстрируют коловратки: *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *P. remata* и *B. hudsoni* предпочитают наиболее тёплые слои озера; *K. longispina*, *K. quadrata* и *F. terminalis* зимой и в периоды гомотермии находятся в верхних горизонтах, а летом концентрируются в основном в более холодных водах гиполимниона.

Простая морфометрия озера определяет сходство структуры и плотности биоценозов отдельных районов. Синхронность темпов развития и идентичность видового состава зоопланктона характерна для всей акватории пелагиали. Наиболее плотные скопления ракообразных отмечены в глубоководной части водоёма. С уменьшением глубины численность ракообразных снижается, а количество коловраток, напротив, возрастает.

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ МОЛОДИ НЕРКИ В ПЕЛАГИАЛИ ОЗЕРА ДАЛЬНЕЕ

Н.М. Вецлер, **Т.К. Уколова**, **В.Д. Свириденко**

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Озеро Дальнее является нерестово-нагульным водоёмом, обеспечивающим естественное воспроизводство одного из стад тихоокеанского лосося – нерки (*Oncorhynchus nerka* Walb.). Гидрохимический режим озера в основном формируется за счёт притока биогенных элементов с поверхностным и грунтовым стоком и их поступления после минерализации отнерестовавшей нерки.

Весенняя и осенняя циркуляции воды в озере обеспечивают достаточно высокое содержание кислорода в водной толще в течение всего года. Сезонные колебания концентрации кислорода в слое 0–50 м составляют 2 мг/л (8.9–10.9 мг/л). Наиболее насыщен кислородом поверхностный и верхний 20-метровый слой воды. Дефицит кислорода отмечен только в придонном горизонте в периоды зимней и летней стратификации. Скорость потребления кислорода увеличивается в полноводные годы и при высоких заходах половозрелой нерки на нерест (более 40 тыс. шт.), что связано с затратами кислорода на дыхание рыб и на окисление органического вещества, поступившего со стоковыми водами и образующегося в результате разложения тел отнерестовавшей рыбы.

Доминирующей формой азота в озере в основном является аммоний. На его долю приходится в среднем 62% всего минерального азота.

Содержание аммония в слое 0–50 м в 2000–2008 гг. составило 0.08 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.). Количество нитратов в озёрных водах было достаточно стабильным и колебалось от 0.02 до 0.09 мг N/л. Повышение концентрации нитратного азота в озере происходило в 2006 г., снижение – в 2002 г. Нитриты являются промежуточной формой окисления азота и содержатся в озере в небольшом количестве. В 2000–2008 гг. межгодовые колебания концентрации нитритного азота не превышали тысячной доли мг и в среднем составили 0.003 мг N/л.

Содержание железа в исследуемые годы в среднем составляло 0.05 мг/л, с максимумом концентрации 0.07 мг/л в 2001 г. В 2000 и 2006–2008 гг. железо в озёрной воде было отмечено в следовых количествах.

Воды оз. Дальнего характеризуются повышенным содержанием кремния. Его количество в слое 0–50 м варьировало от 3.0 мг/л (2000 г.) до 5.0 мг/л (2007 г.). Средняя концентрация кремния за 2000–2008 гг. составила 4.1 мг/л.

Многолетние изменения содержания минерального фосфора связаны с динамикой нерестовых заходов нерки. В соответствии с периодом водообмена – 3.6 года (Крогиус и др., 1969), поступивший с рыбой фосфор участвует в круговороте в течение трёх лет. Концентрация фосфатов в придонном слое и во всей водной толще (0–50 м) зависит от суммарного притока фосфора с телами отнерестовавшей нерки за предшествующие три года.

Наибольшее накопление фосфатов в слое 0–50 м происходило в период высоких заходов нерки на нерест (1988–1991 гг.). Начиная с 1992 г., подходы производителей нерки в озеро снизились, и количество фосфора, циркулирующего в экосистеме, постепенно стало уменьшаться. В последние годы происходил процесс постепенной олиготрофизации водоёма. В 2000–2008 гг. средняя концентрация минерального фосфора в слое 0–50 м не превышала 0.028 мг P/л и была ниже среднемноголетнего показателя, рассчитанного для периода 1981–2008 гг. (0.033 мг P/л).

ЗООПЛАНКТОН РАЗЛИЧНЫХ ВОДОЁМОВ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ Р. ЛЕНА

И.И. Вишнякова[1], **Е.Н. Абрамова**[2]

[1] *Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Государственный природный заповедник «Усть-Ленский», г. Тикси, Республика Саха (Якутия), Россия*

Обширнейшая, площадью около 32 тыс. км^2, дельта реки Лена богата различными водоёмами термокарстового и пойменного происхождения (Антонов, 1967). Здесь насчитывается около 60 тыс. озер, и в среднем на каждые 1000 км^2 приходится 2120 озер (Мостахов, 1973). Целью настоящей работы явилось изучение особенностей пелагических сообществ в различных водоёмах южной части дельты реки Лены. Материалом послужили около 600 проб зоопланктона, собранные из 30 водоёмов различного типа: протоки реки, аласы, старичные, большие термокарстовые и мелкие полигональные озёра. Кроме зоопланктонных сборов, проводились батиметрические измерения озёр, измерения температуры воды, ионного состава, концентраций кислорода, биогенов и хлорофилла *a*.

Пелагическая фауна озёр исследуемого района представлена 107 видами, относящимися к двум типам: Arthropoda и Rotifera. В основном это эвритопные формы, имеющие широкий ареал распространения (*Keratella cochlearis*, *Notholca acuminata*, *Acanthocyclops vernalis*, *Cyclops strenuus*, *Daphnia pulex*), но встречаются также формы, распространение которых ограничено северными широтами (*Cyclops kolensis*, *Heterocope borealis*, *Leptodiaptomus angustilobus*). Видовой состав и количественные характеристики зоопланктона в различных типах водоёмов имеют свои особенности.

Зоопланктон старичных, больших термокарстовых озёр, аласов и проток реки носит ротаторно-копеподный характер. Коловратки здесь составляют более 60% от общего числа видов и достигают численности 17 тыс. экз./м^3 в реке и 50 тыс. экз./м^3 в термокарстовых озёрах. Как правило, биомасса зоопланктона в этих водоемах низкая, не превышает 0.2–0.3 г/м^3. По качественному составу зоопланктон полигональных озёр также можно отнести к ротаторно-копеподному (47% от общего количества видов, обнаруженных здесь – коловратки). Однако в количественном отношении зоопланктон, безусловно, носит копеподно-кладоцерный характер. Коловратки не играют заметной роли в планктонных сообществах полигональных озёр, так как они представлены единичными экземплярами.

Несмотря на относительно низкую температуру воды (в среднем от 3.4 до 12.5ºС в летние месяцы) и резкие колебания температуры (до 10ºС за неделю), невысокие концентрации биогенных элементов и низкий уровень первичной продукции (средняя концентрация хлорофилла *a* – 0.76 мг/л; для сравнения, в старичных озёрах – 1.87 мг/л, в реке – 2.13 мг/л), количественные характеристики зоопланктона в полигональных озерах значительно превышают таковые в других водоемах тундры. Численность планктонных организмов в этих озёрах в отдельные годы достигала 210 тыс. экз./м^3, биомасса – 12.6 г/м^3. Обилие и сезонная динамика зоопланктона в исследуемых типах водоёмов в большой степени зависят от температурных условий конкретного года и от особенностей жизненных циклов массовых видов. Все представители веслоногих ракообразных в исследуемых водоёмах имеют одну генерацию в год. Сокращение числа генераций, дающих потомство, до одной, в высоких широтах определяется крайне непродолжительным безлёдным периодом, низкой температурой воды и малыми концентрациями корма, что приводит к замедлению метаморфоза (Вехов, 1982). Ветвистоусые обычно имеют 2–3 генерации в течение лета. С наступлением неблагоприятных условий все зоопланктеры, обитающие в озёрах, промерзающих зимой до дна, формируют покоящиеся стадии.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЫБ РАЗЛИЧНЫХ ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП

И.В. Волкова

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

В процессе эволюции возникли виды рыб, адаптированные к локальным условиям существования и имеющие специфические особенности поиска, добычи, потребления и переваривания пищи. Естественно предполагать, что у представителей столь разнообразной группы животных, наряду с общими закономерностями функционирования пищеварительной системы, можно обнаружить некоторые различия. Ферментативный аппарат желудочно-кишечного тракта рыб, относящихся к различным трофическим группам, в значительной мере влияет на эффективность питания, а, следовательно, и на скорость трансформации веществ в конечных звеньях трофических цепей. Информация об особенностях состояния ферментативного аппарата желудочно-кишечного тракта является важной для понимания эволюции живых организмов, механизмов их адаптаций к разнообразным условиям существования, для разработки проблем эволюции функций, а также для решения многих задач, связанных с искусственным разведением хозяйственно ценных видов рыб.

В сравнительном аспекте, в онтогенезе, проведено комплексное исследование ферментных систем, осуществляющих белковый и углеводный гидролиз компонентов пищи, у рыб из разных таксономических групп (осетровые, лососевые, карповые, сиговые), относящихся к различным трофическим группировкам. Данное исследование позволило выявить как общие черты, так и различия в пищеварительной функции. Показано, что свойства пищеварительных ферментов у исследованных групп рыб свидетельствуют об их значительной адаптированности к условиям функционирования, что обеспечивает оптимальную реализацию пищеварительной функции. При этом динамика активности пищеварительных ферментов носит стадиеспецифичный характер. Выявлено, что характер питания оказывает значительное влияние на структурную организацию пищеварительной системы рыб, а также на её функциональные особенности. Темп и сроки формирования структуры пищеварительной системы, становление её функций обусловлены также и видовыми особенностями рыб. Филогенетическая диссоциация ферментов выявляется на самых ранних этапах онтогенеза – в период перехода рыб на внешнее питание. Описаны как адаптивные перестройки разных ферментных систем, так и адаптации в пределах одной ферментативной цепи, обусловленные изменением спектра питания и биохимического состава пищи рыб. У исследованных видов рыб при развитии пищеварительной системы обнаружена этапность в функционировании различных ферментных систем, связанная с этапами в морфологическом строении рыб. У рыб, относящихся к различным таксономическим и трофическим группам, удалось выявить особенности возрастных изменений ферментной организации, которые лежат в основе эволюции формулы сбалансированного питания организма от его рождения до глубокой старости. Проведённые исследования показали, что эффективность функционирования ферментных систем зависит не только от их генетически обусловленных потенций, но и от условий окружающей среды, включающих абиотические факторы (гидрохимические показатели прудов, морфометрические показатели) и биотические факторы (показатели, характеризующие питание, биомасса фито- и зоопланктона в прудах), способные в значительной мере влиять на активность различных пищеварительных гидролаз. Полученные результаты наглядно иллюстрируют тесную, возникшую в процессе эволюции связь между характером питания и биохимической конституцией клеток тканей и организма рыб в целом. Эти взаимоотношения имеют ферментативную природу, а их изучение в значительной мере может способствовать более целенаправленному проведению научных работ по исследованию закономерностей пищеварения, входящего в систему процессов экзотрофии.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОБЕНТОСА В ПРИБРЕЖНО-ДЕЛЬТОВЫХ ВОДОЁМАХ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н.Е. Вотякова

Байкальский музей Иркутского НЦ СО РАН, пос. Листвянка, Иркутская обл., Россия

Изучался фитобентос прибрежно-дельтовых водоёмов оз. Байкал: дельты реки Селенги, Ангаро-Кичерской дельты и водоёмов Баргузинской котловины Флора водорослей прибрежно-дельтовых водоёмов оз. Байкал насчитывает 944 таксона водорослей, относящихся к 7 отделам, в том числе Cyanophyta – 76 (8%), Chrysophyta – 15 (1.6%), Bacillariophyta – 573 (60.7%), Xanthophyta – 4 (0.4%), Pyrrophyta – 21 (2.2%), Euglenophyta – 46 (4.9%), Chlorophyta – 209 (22.2%). Наиболее многочисленны диатомовые водоросли – 573 вида, которые представлены 2 классами, 3 порядками, 9 семействами и 36 родами. В систематическом отношении наиболее разнообразны зелёные водоросли – они представлены 5 классами, 11 порядками, 30 семействами и 69 родами, хотя по видовому составу они уступают диатомовым. Флора представлена донными видами, хотя есть типичные планктеры и типично донные формы. Обрастатели представлены 284 таксонами (30%); 43 вида встречены в планктоне, в обрастаниях и в бентосе, т.е. имеют широкий спектр биотопов. Флора представлена индифферентными видами, как по отношению к солёности воды, так и к pH; большинство видов (48.7%) – космополиты. По географическому распространению известна характеристика 624 видов (66.1%), из них 304 (48.7%) северо-альпийские, 66 (10.6%) бореальные, 177 (28.4%) редкие, 54 видов (8.6%) впервые найдены в Байкале.

По санитарно-биологическому составу флору можно охарактеризовать как бета-мезасапробную, а прибрежные воды – как слабозагрязнённые. Группировки водорослей рассматриваются как альгосинузии, где эдификаторами являются высшие водные растения. Коэффициент флористической общности (КФО) обрастаний для различных пар высших водных растений от 48.9 до 59.6%. Средние значения КФО – 50.02%. Всего выявлено 14 группировок и 250 вариантов водорослей.

Выявлен комплекс факторов, обусловливающих фитоценотические отношения в ценозах обрастаний: это физико-географические условия района, экологические условия и влияние организмов, входящих в биоценоз. Видовой состав водорослевых обрастаний определяется видом субстрата – высшего водного растения. Межгодовые сукцессии водорослей зависят в основном от климатических и гидрологических условий. Наблюдалась следующая сезонная динамика доминирующих групп водорослей: мелкие диатомовые, диатомовые-обрастатели; диатомовые – зелёные нитчатки; диатомовые – зелёные нитчатки – колонии синезелёных водорослей; массовое развитие синезелёных в сообществе с диатомовыми и зелёными; зелёные нитчатки – диатомовые.

Средняя валовая продукция обрастаний – 432.8 мгO_2/100 $см^2$ субстрата, эффективная продукция – 306.3 мгO_2, деструкция – 192.4 мгO_2. P/B коэффициент равен 0.03. Интенсивность продукционных процессов существенно отличается на естественных (для водного растения – 74.3 мгO_2) и на искусственных субстратах (0.91 мгO_2). Средние показатели продукционно-деструкционных процессов обрастаний более чем в 3 раза превышают эти же показатели для микрофитобентоса. Так, продукция обрастаний – 74.3 мгO_2 на 100 $см^2$ поверхности водного растения, деструкция – 31.02 мгO_2; продукция и деструкция микрофитобентоса – 20.0 и 8.24 мгO_2, соответственно. Водные растения – более благоприятный субстрат для развития водорослей-обрастателей по сравнению с грунтом. Средние значения P/B-коэффициента для обрастаний 0.04, для искусственных субстратов – 0.048, для микрофитобентоса – 0.03, т.е. скорость возобновления органического вещества выше в обрастаниях и на искусственных субстратах. Время оборачиваемости биомассы для обрастаний равно 25 суткам, а для микрофитобентоса – 33 суткам.

При сравнении продуктивности микрофитобентоса на различных типах грунтов выяснилось, что илы – самые продуктивные (их продукция – 20.7 мгO_2 на 100 $см^2$ поверхности), камни менее продуктивны (16.9 мгO_2), и самые бедные грунты – это песок с илом (8.9 мгO_2). Средняя продукция для микрофитобентоса илистых грунтов – 2065 мгO_2 на 1 $м^2$ дна, для камней – 1692 мгO_2 и для песчано-илистых грунтов – 892 мгO_2. Таким образом, за вегетационный период, равный в среднем 120 дням для Северного Байкала, обрастания могут возобновиться 5 раз, а микрофитобентос – 3.6–4 раза.

Фотосинтетическая активность планктонных видов водорослей в микрофитобентосе не превышает 0.35% (при их доле в биомассе до 5%), а в обрастаниях их доля в продукции составляет 0.5% (при доле в биомассе – 14.7%). По биомассе и по интенсивности продукционно-деструкционных процессов сообщество водорослевых обрастаний физиологически более активно, нежели сообщество донных водорослей. Сообщества планктонных и бентосных водорослей являются звеньями взаимозаменяемой цепи в целостной экосистеме любого водоёма. Водорослевые обрастания в проточных и слабопроточных дельтовых водоёмах имеют настолько высокую биомассу, что в благоприятные годы их доля находится почти на одном уровне с биомассой высших водных растений (от 76 до 97%).

СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА РЯДА РАЗНОТИПНЫХ ОЗЁР О. ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО) И О. БОЛЬШОЙ СОЛОВЕЦКИЙ (БЕЛОЕ МОРЕ)

Е.Ю. Воякина

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Изучение планктонных сообществ – одно из важнейших направлений гидробиологии. Видовой состав, численность и биомасса фитопланктона – показатели, позволяющие оценить трофический уровень и степень загрязнения водных объектов, определить их экологическое состояние в целом и выявить направление происходящих в них процессов.

Цель работы – дать сравнительный анализ структуры фитопланктона разнотипных озёр, находящихся на о. Валаам и ряда озёр на о. Большой Соловецкий. Работа проводилась на озёрах Валаамского архипелага в период с мая по октябрь с 1997 по 2008 гг. На 15 озёрах о. Большого Соловецкого было проведено две съемки в июле 2007 и 2009 гг. Параллельно с отбором проб проводились исследования основных лимнологических параметров.

Валаамский архипелаг расположен в северо-восточной части Ладожского озера. Общая площадь архипелага – 36 км^2. На архипелаге находится 11 малых разнотипных озёр. Все исследованные озёра значительно различаются по площади зеркала (0.3–80.5 га) и по средней глубине (0.7–7.5 м). Для озёр выявлен широкий диапазон лимнологических параметров.

Соловецкий архипелаг расположен в юго-западной части Белого моря. Площадь архипелага – 295 км^2. По разным литературным источникам, число озёр на Соловецком архипелаге колеблется от 300 до 500. В последних работах принято считать, что общее количество озёр на архипелаге – 376. В исследованных озёрах глубина в точках отбора проб варьировала от 5.5 м до 19.0 м. Так же, как и в водоёмах Валаамского архипелага, в изученных озёрах о. Большого Соловецкого гидрофизические и гидрохимические параметры колебались в широких пределах. Прозрачность воды в озёрах за период исследования варьировала от 0.7 до 5.1 м, значения активной реакции среды – от 4.7 до 6.9.

В составе фитопланктона озёр Валаамского архипелага определено 343 таксона рангом ниже рода, принадлежащих к 9 отделам. По числу видов на всех участках акватории Валаамского архипелага превалировали зелёные (31%), диатомовые (22%), эвгленовые (18%) и синезелёные (11%) водоросли. В водоемах архипелага отмечено высокое видовое богатство зелёных и диатомовых водорослей. В тоже время, высокое видовое богатство Euglenophyta, установленное в целом для водной системы Валаамского архипелага, нетипично для данного региона. Наибольшее число видов эвгленовых водорослей было обнаружено в малых гумифицированных озёрах архипелага. Всего было обнаружено 11 общих видов (3%), характерных для всех озёр Валаамского архипелага.

Во всех озёрах был отмечен значительный диапазон численности (от 0.1 до 676.6 млн. клеток на л), биомассы (от 0.1 до 82.3 мг/л), значения коэффициента видового разнообразия (от 0.2 до 4.3 бит). В большинстве озёр в таксономической структуре доминировали Raphidophyta.

В составе фитопланктона 15 озёр на о. Большой Соловецкий было обнаружено 100 таксонов водорослей рангом ниже рода, принадлежащих к 8 отделам. По числу видов доминировали зелёные (32%), диатомовые (17%) и синезелёные (17 %) водоросли.

В исследованных озерах о. Большого Соловецкого были выявлены значительные диапазоны численности (от 0.5 до 37.4 млн. клеток на л), биомассы (от 0.3 до 17.1 мг/л) и видового разнообразия фитопланктона (от 0.4 до 3.3 бит). По биомассе в большинстве озёр доминировали диатомовые, криптофитовые, зелёные и золотистые водоросли.

В озёрах Валаамского архипелага отмечено более высокое видовое богатство фитопланктона по сравнению с Соловецкими озёрами. В исследованных озёрах как Валаамского, так и Соловецкого архипелагов, было отмечено достаточно высокое видовое богатство зелёных, диатомовых и синезелёных водорослей, что типично для большинства озёр Фенноскандии. Кроме того, для озёр Валаамского архипелага характерно значительное видовое богатство эвгленовых водорослей. Фитопланктон Валаамских озёр отличался высокими показателями обилия. Среднемноголетние значения биомассы фитопланктона в озёрах изменялись от 4.4 до 23.5 мг/л.

ДИНАМИКА СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *GONYOSTOMUM SEMEN* DIESING В МАЛЫХ ЛЕСНЫХ ОЗЁРАХ О. ВАЛААМ (ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО)

Е.Ю. Воякина

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Целью работы было проанализировать сезонную и межгодовую динамику структурных показателей *Gonyostomum semen* Diesing в малых лесных озёрах о. Валаам.

Работа проводилась на десяти озёрах о. Валаам, сохраняющих естественный режим функционирования. Все озера различались по происхождению, глубине, особенностям гидрохимического и гидробиологического режимов. Пробы фитопланктона отбирали один–два раза в месяц, с мая по октябрь в 1997–2008 гг. Параллельно с отбором проб проводились измерения основных лимнологических параметров.

Для озёр был выявлен широкий диапазон лимнологических параметров, таких как прозрачность (0.3–2.2 м), активная реакция среды (4.0–8.6), цветность воды (55–296° по Cr–Co шкале), содержание общего органического вещества (13.3–63.8 мгО/л) и минерального фосфора (0.001–0.646 мг/л). Для ряда озёр были характерны высокие концентрации аммонийного азота в придонных горизонтах (0.7–9.4 мг/л).

Структура фитопланктона существенно варьировала от озера к озеру. По показателям обилия в большинстве малых озёр доминировали синезелёные водоросли (по численности) и рафидофитовые водоросли (по биомассе). В ацидных полигумозных озерах было отмечено упрощение структуры фитопланктона. В этих озёрах в течение всего сезона доминировали представители отдела зеленых водорослей (хлорококковые, вольвоксовые и улотриксовые). Для сезонной динамики фитопланктона был характерен один пик, приходившийся в различные годы на разные месяцы, чаще всего на июнь или на сентябрь.

Отличительная черта фитопланктона малых озёр архипелага – высокие значения биомассы *Gonyostomum semen*. В летний период в большинстве озёр *G. semen* присутствовал практически постоянно. За счёт активной вегетации *G. semen* чаще всего формировался осенний пик биомассы. В период открытой воды в разные годы значения биомассы варьировали от 0.2 до 61.1 мг/л. Максимальная биомасса рафидофитовых водорослей была отмечена в полигумозных нейтральных водоёмах. В ацидных озёрах *G. semen* встречался единично и не входил в состав доминантного комплекса. В 2004 и 2005 гг. *G. semen* не был обнаружен в этих озёрах.

Для выявления факторов, определяющих варьирование структурных показателей фитопланктона, были рассчитаны корреляции между структурными показателями фитопланктона и основными лимнологическими параметрами. Было показано, что варьирование структурных показателей фитопланктона малых озёр определялось удельной площадью водосбора, глубиной водоёма, прозрачностью воды, цветностью, электропроводностью и содержанием биогенных элементов. В значительной степени определяла уровень вегетации фитопланктона и активная реакция среды. Оказалось, что она опосредованно связана с основными характеристиками водосборной площади. Интенсивность влияния водосбора на озёрные процессы менялась год от года и зависела, в том числе и от количества осадков.

В озёрах Фенноскандии массовую вегетацию *G. semen* чаще всего связывают с процессом ацидификации водоемов. Считается, что этот вид хорошо приспособлен к водам с высоким содержанием гуминовых соединений и к низким значениям pH. По данным, полученным для фитопланктона малых озёр о. Валаам, показано, что именно в полиацидных водоемах *G. semen* практически не встречался. В тоже время, максимальная вегетация этого вида была отмечена в полигумозном нейтральном озере Витальевском. По-видимому, более важными факторами для вегетации *G. semen* оказываются низкая минерализация воды и накопление биогенных элементов в гиполимнионе.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ГИДРОБИОНТОВ ПО СОПРЯЖЁННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

В.П. Гандзюра[1], **Л.А. Гандзюра**[2]

[1] *Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, г. Киев, Украина*
[2] *Международный центр экобезопасности, г. Киев, Украина*

Проблема оценки качества среды обитания зачастую нивелируется и подменяется иным понятием – состоянием экосистемы. Неоднократно обращалось внимание на то, что качество среды обитания можно оценивать исключительно по степени её адекватности особенностям системы, для которой оно оценивается. Оценка любых изменений в экосистеме может быть дана в энергетических, вещественных или информационных показателях. Многолетние исследования вещественно-энергетических и информационных процессов в гидроэкосистемах с разной степенью токсического загрязнения позволили нам установить зависимость между уровнем загрязнения экосистемы и её основными структурно-функциональными показателями, что позволяет выйти на количественный уровень оценок качества среды для гидробионтов, их популяций и сообществ, и предложить качественно новые подходы в этой сфере. В частности, установлено, что наиболее показательными и информативными являются не сами по себе показатели вещественно-энергетических и информационных процессов или степень отклонения их от нормы, а в первую очередь степень их сопряжённости. Во главу угла нашего подхода положена оценка степени благополучия системы, по изменению которой можно судить о соответствии среды обитания её особенностям. Существенным моментом любых оценок является сравнение соответствующих показателей с референционными условиями. Каждой экосистеме присущи свои структурно-функциональные особенности, вещественно-энергетические и информационные характеристики, поэтому адекватная оценка любых изменений параметров экосистемы должна осуществляться по отклонению соответствующих показателей от референционных, причем с учётом временных аспектов динамики всех показателей (недостаточное внимание к особенностям суточной, сезонной, годовой динамики соответствующих показателей влечет за собой существенные погрешности).

Установлены закономерности изменений сопряженности вещественно-энергетических и информационных процессов у гидробионтов разных групп в условиях токсического загрязнения среды: резкое возрастание уровня стандартного обмена (в 3–5 раз) и снижение соотношения "общий обмен / стандартный обмен" обусловлено значительным увеличением энергетических трат на поддержание жизнедеятельности в токсической среде. При этом остаётся всё меньше ресурсов на рост, развитие и размножение (пропорционально уровню загрязнения среды); на порядок и более возрастает амплитуда колебаний значений удельной скорости роста, эффективности трансформации вещества и энергии (у гетеротрофов) и величины чистой и валовой продукции, дыхания и других параметров (у автотрофов); происходит нарушение экскреторно-абсорбционных процессов (в частности, резкое возрастание экскреции фосфора, что в большинстве случаев приводит к снижению его содержания в теле); наблюдаются значительные изменения показателей роста и эффективности трансформации вещества и энергии, нарушение поведенческих реакций и др. Таким образом, для количественной оценки качества среды обитания гидробионтов помимо вещественно-энергетических и информационных показателей необходимо учитывать степень их сопряженности, что наиболее информативно и адекватно отображает степень соответствия среды обитания особенностям и природе биосистем и может служить интегральным показателем качества среды обитания.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕНОСА НЕЗАМЕНИМЫХ ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫХ ЖИРНЫХ КИСЛОТ И ОБЩЕГО ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПО ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ В ЭВТРОФНОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

М.И. Гладышев[1,2], **Н.Н. Сущик**[1,2], **О.В. Анищенко**[1,2], **О.Н. Махутова**[1], **В.И. Колмаков**[2], **Г.С. Калачёва**[1], **О.П. Дубовская**[1], **А.А. Колмакова**[1]

[1] *Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия*
[2] *Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*

Согласно одной из основных парадигм экологии, лишь около 10% органического углерода, продуцируемого на нижнем трофическом уровне, переходит в продукцию организмов следующего трофического уровня. Однако, некоторые энергоёмкие органические вещества, выполняющие важнейшие структурные и регуляторные функции, не могут быть синтезированы консументами *de novo* и являются незаменимыми, т.е. они могут быть получены только с пищей. Возникает вопрос: действительно ли энергоёмкие незаменимые вещества передаются по трофической цепи с той же эффективностью, что и общий органический углерод? Для ответа на данный вопрос нами в течение двух полевых сезонов была измерена валовая продукция фитопланктона и продукция зоопланктона в небольшом водохранилище, а также содержание в биомассе органического углерода и незаменимых полиненасыщенных жирных кислот семейства ω3 с 18–22 атомами углерода (ПНЖК). Эффективность переноса между двумя трофическими уровнями, фитопланктоном (продуценты) и зоопланктоном (консументы), рассчитывалась как отношение первичной и вторичной продукции углерода и ПНЖК. Установлено, что эффективность переноса незаменимых ПНЖК была в два раза выше эффективности переноса общего органического углерода. Для сравнения была рассчитана эффективность переноса полиненасыщенных жирных кислот с 16 атомами углерода, синтезируемых исключительно фитопланктоном, но не имеющих существенного физиологического значения для зоопланктона. Обнаружено, что эффективность переноса С-16 кислот была достоверно ниже, чем эффективность переноса общего углерода. Таким образом, концепция трофической пирамиды, подразумевающая по умолчанию, что все энергоёмкие соединения органического углерода передаются с одного трофического уровня на другой с одинаковой эффективностью около 10%, должна быть пересмотрена в отношении веществ, незаменимых для консументов.

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ И БИОМАССЫ ВЕСЛОНОГИХ РАКООБРАЗНЫХ (CRUSTACEA, COPEPODA) В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

А.А. Глазунова

Атлантическое отделение института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград, Россия

Вислинский залив – одна из самых крупных лагун Балтийского моря. Зоопланктон залива представлен главным образом коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. Последние составляют основу зоопланктона в заливе, внося в общую численность и биомассу голопланктона 64% и 80%, соответственно (Науменко, 2004). Сезонная и межгодовая динамика копепод рассмотрена на материале из 330 проб, отобранных ежемесячно или ежесезонно лабораторией морской экологии АО ИО РАН на 6–30 станциях в 1996–2006 гг.

Веслоногие ракообразные Вислинского залива представлены 22 видами из 13 родов. Средняя многолетняя численность Copepoda в заливе составляет 46.1 тыс. экз./м^3, биомасса – 7.6 г/м^3. Доминируют солоноватоводная *Eurytemora affinis* Poppe и морские виды рода *Acartia*. Летом 75% численности и 40% биомассы составляют их науплиальные и копеподитные стадии.

Средняя многолетняя численность веслоногих ракообразных в апреле – 38,8 тыс. экз./м^3. В мае численность рачков возрастает в 2 раза, составляя 81.1 тыс. экз./м^3. Весенний пик численности связан с доминированием копеподитных стадий ракообразных и *Eurytemora affinis*. В июне численность снижается в 2.7 раза и может быть ниже показателей, наблюдаемых в апреле. Второй пик численности копепод в заливе отмечен в августе – 96.5 тыс. экз./м^3. Его образуют преимущественно копеподитные стадии веслоногих ракообразных. С сентября численность уменьшается и в декабре не превышает 6.3 тыс. экз./м^3. Сезонная динамика биомассы Copepoda имеет сходный характер. Максимальные величины биомассы отмечены в мае и августе (14.6 и 15.4 г/м^3, соответственно).

Eurytemora affinis отмечена во все сезоны года, достигая максимальной численности в мае и августе; динамика численности сходна с таковой всего зоопланктона. Максимальное развитие *Acartia* spp. приходится на август и имеет один пик численности, что связано с теплолюбивостью видов данного рода.

В межгодовом аспекте (1996–2006 гг.) отмечено (недостоверно) снижение средней за вегетационный сезон численности Copepoda с 80.5 до 60.4 тыс. экз./м^3. Численность доминирующего вида *Eurytemora affinis* изменяется согласованно с общей численностью зоопланктона, в то время как численность *Acartia* spp., напротив, возрастает за этот период. С 1996 по 2006 гг. в Вислинском заливе отмечен положительный тренд температуры воды +2˚С (Стонт, 2007), который, вероятно, по-разному отразился на численности доминантных организмов. Виды рода *Eurytemora* относятся в основном к арктическому и бореально-арктическому комплексам. Надо полагать, что повышение среднегодовых и среднесезонных температур неблагоприятно для *Eurytemora affinis*, что и привело к уменьшению численности данного вида и общей численности копепод в межгодовом аспекте. Отмеченное возрастание численности бореальных теплолюбивых *Acartia* spp. хорошо согласуется с положительным температурным трендом.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-БИОТОПИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗООПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ЗОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КАНАРСКОГО И МЕЖПАССАТНОГО ТЕЧЕНИЙ

О.Г. Глушко

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Район исследования расположен в водах исключительной экономической зоны (ИЭЗ) Мавритании. Гидрологический режим района определяется интенсивностью апвеллинговых процессов на шельфе и положением Сенегало-Мавританской фронтальной зоны (СМФ), развивающейся в результате взаимодействия Канарского течения и северной ветви Межпассатного противотечения (СМПТ).

Цель работы – оценить структуру и пространственно-биотопическое распределение сообществ зоопланктона.

В основу работы положены материалы, собранные в августе 2001, 2004 и 2007 гг. в пределах ИЭЗ Мавритании. Сбор проб зоопланктона осуществляли на стандартных горизонтах 100, 50, 35, 25, 10 и 0 м сетью "Бонго-20" (сито № 38, диаметр ячеи 170 мкм). Дальнейшую обработку материала проводили по общепринятой методике (Носков и др., 1983). Объем проанализированного материала составил 86 проб. Выделение сообществ и расчёт индекса видового разнообразия Шеннона проведены с использованием программы PRIMER 6.

В зоопланктоне доминировали веслоногие ракообразные. Их доля колебалась по годам от 69 до 74%. Основу численности формировали *Paracalanus* spp., *Pseudodiaptomus nudus*, *Penilia avirostris* и представители Appendicularia; основу биомассы составляли представители родов *Temora*, *Paracalanus* и *Eucalanus*.

В период с 2001–2007 гг. интенсивность подъема вод у побережья Мавритании ослабевала. Одновременно снижались основные показатели развития зоопланктона: видовой состав (со 152 видов/таксонов в 2001 г. до 114 видов/таксонов в 2007 г.), численность и биомасса (с 16.9 тыс. экз./м^3 и 1.10 г/м^3 в 2001 г. до 7.8 тыс. экз./м^3 и 0.44 г/м^3 в 2007 г.).

Лето 2001 г. характеризовалось отсутствием выраженного апвеллинга, а также интенсификацией СМПТ, в связи с чем СМФ располагался севернее акватории исследуемого района.

Положение СМФ летом 2004 и 2007 гг. совпадало. В эти годы его южная граница (изотерма 24ºС) находилась у 20º с.ш., а северная граница (изотерма 21ºС) – у 22º с.ш. Наряду с СМФ, в летний период 2007 г. в районе мыса Кап-Блан отмечен незначительный подъём глубинных вод.

Методом кластерного анализа выделены три зоопланктонных сообщества, два из которых стабильны во времени, а третье отмечено только в 2004 и 2007 гг.

Первое прибрежное сообщество, биотопически приуроченное к водам шельфа, характеризовалось доминированием неритических видов (*Paracalanus parvus*, *Penilia avirostris* и *Pseudodiaptomus nudus*) и относительно высоким значением индекса Шеннона (2.82 нат/экз.). Сообщество пространственно располагалось южнее мыса Тимирис и только в 2004 г. занимало небольшую прибрежную часть акватории от 16 до 18º с.ш. Средняя численность сообщества составляла 28.2 тыс. экз./м^3, биомасса – 1.84 г/м^3.

Во втором, океаническом сообществе, значительно удалённом от береговой линии, преобладали неритическо-океанические копеподы – *Oncaea media*, *Clausocalanus furcatus* и *Oithona plumifera*. Для него характерны относительно невысокие значения численности и биомассы. Средние величины составили 7.4 тыс. экз./м^3 и 0.39 г/м^3, соответственно, а индекс Шеннона – 2.96 нат/экз.

Третье сообщество биотопически приурочено к водам СМФ и занимало небольшую часть акватории на севере в районе мыса Кап-Блан. Доминировали неритические виды – *Paracalanus parvus* и *Temora longicornis*. Значения численности варьировали в пределах от 25.2 тыс. экз./м^3 в 2004 г. до 6.9 тыс. экз./м^3 в 2007 г., значения биомассы – от 1.42 г/м^3 в 2004 г. до 0.46 г/м^3 в 2007 г. Индекс видового разнообразия составил 2.56 нат/экз.

ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ОПТИМУМ И ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГРАНИЦЫ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

В.К. Голованов

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Понятие эколого-физиологического оптимума жизнедеятельности водных животных широко распространено в научной литературе. Различают оптимум статический и динамический. Вместе с тем, известно отсроченное действие экологических факторов на оптимум беспозвоночных (Вербицкий, Вербицкая, 2007). Ряд публикаций посвящен вопросу астатичности оптимума у рыб (Зданович, Константинов, Пушкарь, 1988–2009). Широко распространена специфическая адаптация в форме терморегуляционного поведения – самопроизвольный выбор оптимальных температур в предоставленном градиенте действия этого фактора (Голованов, 1996; Golovanov, 2006). На примере рыб установлено наличие нескольких оптимальных уровней температур в пределах диапазона жизнедеятельности (Голованов, 1984, 1996; Свирский, Голованов, 1991, 1997; Golovanov, 2006). Характерный пример динамики оптимальных условий – суточные вертикальные миграции гидробионтов (Brett, 1971; Малинин и др., 1996).

Методы определения оптимальных условий существования разнообразны. Кроме стандартных условий содержания и выращивания в диапазоне действия фактора, часто используют метод, основанный на определении конечных избираемых температур (КИТ или «final thermoreferendum»). Значения КИТ практически совпадают с температурами эколого-физиологического оптимума водных организмов, их эффективного роста и успешного питания (Brett, 1971; Jobling, 1981; Golovanov, 2006). На основе экспериментальных данных по термопреферендуму животных количественно определяют их термальные ниши (Magnuson, 1979; Golovanov, 2006).

Для животных, обитающих в водной среде, не менее значим и диапазон температур жизнедеятельности, в котором они обитают. У пресноводных и морских гидробионтов диапазон ограничен верхними летальными (~43–45°C) и нижними летальными температурами (–1.5°C). Помимо зон оптимального функционирования, возле границ существования есть области сублетальных значений фактора. В них животные обитают, но лишь непродолжительный отрезок времени (Шмидт-Ниельсен, 1982; Бигон и др., 1989).

В сравнении с нижней границей более изучена верхняя температурная граница жизнедеятельности водных организмов. Существует несколько основных методов определения верхних летальных температур. Среди них – метод пороговых летальных температур или «температурного скачка» (Fry, 1947; Elliott, 1981), метод критического термического максимума и метод конечных летальных температур («chronical thermal method») (Becker, Genoway, 1979; Лапкин и др., 1990; Beitinger at al., 2000; Михайленко, 2002; Смирнов, Голованов, 2004; Голованов, Смирнов, 2007). Летальную температуру определяют с помощью всех методов, но её значения при этом часто не совпадают и несут различную смысловую нагрузку (Beitinger et al., 2000).

Количественные характеристики, полученные при исследовании оптимума и пессимума у рыб и беспозвоночных, служат критериями для определения допустимых тепловых нагрузок на водоёмы и их обитателей. Современная ситуация в пресных и морских водоёмах характеризуется не только загрязнением окружающей среды. Существует опасная тенденция потепления климата и тренда повышения температур водной среды. Увеличивается число биотопов, подверженных «термальному загрязнению» под влиянием подогретых вод атомных и тепловых электростанций, а также крупных промышленных предприятий. В аборигенных водоёмах появляются новые виды-вселенцы, последствия чего часто непредсказуемы. Вполне очевидно, что данные о температурных оптимумах и температурных границах жизнедеятельности должны быть востребованы в целях «оптимального сосуществования» гидробионтов и людей.

Наиболее актуальным в данный момент представляется расширение количества видов, для которых необходимо получение объективных экспериментальных данных. Такая информация, в особенности для отечественных видов рыб и беспозвоночных, в настоящее время явно недостаточна. Необходима унификация методов анализа оптимальных и пессимальных критериев. Важна также систематизация уже имеющихся результатов в виде электронных баз с последующей публикацией.

Работа выполнена в рамках Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

ТЕРМОПРЕФЕРЕНДУМ РЫБ: НОВЫЕ ДАННЫЕ И ПОДХОДЫ

В.К. Голованов, **А.К. Смирнов**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Термопреферендум – традиционное направление исследований водных экологов, ихтиологов и гидробиологов. В первую очередь потому, что терморегуляционное поведение (или термопреферендум), как одна из форм температурной адаптации, широко распространено среди животных различных классов от беспозвоночных до млекопитающих. Около 300 видов рыб из 60 семейств, как тепло-, так и холодолюбивых, включая антарктических, тропических, а также обитателей умеренных широт, обнаруживают явление «самопроизвольного выбора» в гетеротермальных условиях зоны температур. Эту зону ассоциируют с оптимальной температурой питания, роста и поведения гидробионтов (Reynolds, Casterlin, 1979; Голованов, 1996), т.е. с диапазоном их эколого-физиологического оптимума (Brett, 1971; Jobling, 1982).

Традиционно термопреферендум рыб и некоторых беспозвоночных был объектом изучения и последующего анализа в США и Канаде. Только в течение 50–90-х гг. прошлого века здесь было опубликовано не менее 350 работ (Голованов, 1996; Golovanov, 2006; Cherry, Cairns, 1982; Reynolds, Casterlin, 1978). В России аналогичных исследований проводилось существенно меньше. Только в Институте биологии внутренних вод РАН, а также на кафедре ихтиологии биофака МГУ отдельные группы сотрудников проводили (и проводят в настоящее время) изучение термопреферендума рыб и беспозвоночных. В последнее время круг исследователей, которых интересуют температурные адаптации, в том числе термопреферендум водных животных, существенно расширился. Учёные из стран Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, Испании, Норвегии, ряда малых европейских стран, «открыли» для себя явление самопроизвольного выбора оптимальных температурных зон животными в градиентной среде.

В течение нескольких последних лет нами выполнен ряд исследований, представляющих существенный интерес. Исследовано распределение и поведение в градиенте температур у молоди карпа и плотвы (Смирнов, Голованов, 2008; Смирнов, 2009), у взрослых особей гольяна, у молоди окуня и щуки (Голованов, 2009; Капшай, Голованов, 2009), а также у стерляди (Смирнов, 2009). Определено соотношение конечных избираемых температур (КИТ или конечного термопреферендума) у рыб наиболее теплолюбивых (карп и серебряный карась), теплолюбивых эвритермных (лещ, плотва, окунь, щука) и холодолюбивых (радужная форель и атлантический лосось). Уточнена классификация рыб Рыбинского водохранилища и Северо-Запада России по термопреферендуму, летальным температурам и амплитуде температурного диапазона жизнедеятельности (Голованов, 2009, 2010; Капшай, Голованов, 2009).

На примере сеголетков окуня показано влияние распределения корма в термоградиентной среде на уровень избираемых температур и КИТ рыб (Смирнов, 2010). Выявлены особенности суточного ритма термопреферендума у молоди и взрослых рыб (Голованов, Капшай, 2010). Показано, что в условиях градиента температур личинки (а затем и мальки) плотвы на первом месяце развития устойчиво избирают всё более высокую температуру (25–26°С), в сравнении с температурой предварительной акклимации. Определён диапазон температур, используемых особями рыб при длительном содержании (10–40 суток) в градиенте для поиска пищи. Оценена взаимосвязь группового, территориального, поискового, социального и пищедобывательного поведения с термопреферендумом. Выполнена модернизация термоградиентных установок с возможностью автоматической регистрации избираемых температур и непрерывного слежения за поведением рыб.

Наиболее важные направления дальнейших исследований – соотношение разных форм поведения в градиенте температур, роль температурного и трофического факторов в выборе оптимальных условий, суточная ритмика термопреферендума, термопреферендум в раннем онтогенезе рыб, эколого-физиологические и биохимические механизмы выбора температур в градиенте фактора, а также расширение числа исследованных видов рыб.

Работа выполнена в рамках Программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России».

ПОЛИХЛОРБИФЕНИЛЫ И ГИДРОЛИЗ УГЛЕВОДОВ У ЛЕЩА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

И.Л. Голованова

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Рыбинское водохранилище – одно из крупнейших в волжском каскаде. Развитие промышленного комплекса г. Череповца в северо-восточной части водохранилища и особенно крупномасштабная авария на металлургическом комбинате (1986–1987 гг.) привели к химическому загрязнению региона. Среди комплекса загрязняющих веществ, обнаруженных в донных отложениях Шекснинского плёса, принимающего сточные воды г. Череповца, ведущая роль в негативном влиянии на гидробионтов принадлежит полихлорированным бифенилам (ПХБ) (Флеров и др., 1990). В настоящее время установлено наличие ПХБ во всех основных компонентах экосистемы не только Шекснинского, но и нижележащих Центрального, Волжского и Моложского плёсов Рыбинского водохранилища (Козловская, Герман, 1997; Chuiko et al., 2007). Содержание ПХБ в донных отложениях, бентосе и рыбе Шекснинского плёса было на 1–2 порядка выше по сравнению с Волжским или Моложским плёсом (Чуйко и др., 2008; Герман и др., 2010).

В водных объектах первичным накопителем ПХБ служат донные отложения, из которых ПХБ передаются бентосным организмам. Коэффициент накопления ПХБ в биоте очень высок, а рыбы могут аккумулировать их в концентрациях, в тысячи раз превышающих концентрации в воде. Поступая в организм гидробионтов с водой и пищей, ПХБ даже в крайне малых дозах оказывают токсическое, мутагенное и канцерогенное действие (Niimi, 1996). Они изменяют пищевое поведение рыб, снижают выживаемость молоди, вызывают замедление и остановку полового развития, нарушения гормонального баланса, обмена витаминов и минеральных элементов, изменение запасов гликогена в печени, а также различные морфологические патологии (Nakayama et al., 2005). Предыдущие исследования выявили зависимость активности гидролаз кишечника рыб от уровня ПХБ, поступающих с пищей и грунтом (Голованова и др., 2008). Однако, данные по влиянию накопленных в печени ПХБ на активность пищеварительных ферментов отсутствуют.

Цель работы – изучение активности, а также кинетических и температурных характеристик гликозидаз, гидролизующих углеводы в кишечнике леща (*Abramis brama* (L.)) с различным содержанием ПХБ в печени.

Общее содержание ПХБ в печени леща (масса 680 г) из Моложского и Шекснинского плесов составило 24 и 796 нг/г сырой массы, соответственно. В условиях in vitro определяли амилолитическую активность, активность мальтазы и сахаразы в гомогенатах слизистой оболочки кишечника в широком диапазоне температуры (0–70°C). Общее содержание ПХБ в печени леща из Шекснинского плёса в 33 раза выше, чем у рыб из Моложского плёса. Однако, активность гликозидаз и температурный оптимум ферментов (50°C) у рыб из указанных районов достоверно не различались. Величины энергии активации ($E_{акт}$) в диапазоне температур жизнедеятельности у леща из более чистого района достоверно ниже (эффективность процесса выше). В то же время, у леща из Шекснинского плёса отмечено снижение значений константы Михаэлиса (Км) гидролиза углеводов, свидетельствующее об увеличении фермент-субстратного сродства по сравнению с рыбами из Моложского плёса. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о значительном сходстве уровня активности и кривых температурной зависимости гликозидаз кишечника леща с разным уровнем накопления ПХБ. Более высокие значения $E_{акт}$ гликозидаз у леща из Шекснинского плёса свидетельствуют о снижении эффективности гидролиза углеводных компонентов корма, а увеличение фермент-субстратного сродства – об адаптивных изменениях этого показателя с ростом накопления ПХБ в печени рыб.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 08-05-00805).

ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ АВТОТРОФОВ В ВОДОЁМАХ С РАЗЛИЧНОЙ СОЛЁНОСТЬЮ

М.С. Голубков

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Исследования величины первичной продукции и скорости деструкции органического вещества с использованием метода светлых и тёмных склянок в кислородной модификации были проведены на семи солёных озерах Крымского п-ва в течение двух лет. Экспедиции проходили в марте, августе и декабре. Солёность исследованных озёр варьировала от 24 до 340‰. Все озёра имели небольшую глубину – от 0.15 до 1.45 м. Из-за столь малой глубины донные отложения данных озёр подвержены сильной ветровой ресуспензии, вследствие чего концентрация взвешенных частиц в воде континентальных озёр достигала очень высоких величин – 7326 г/м^3. Для исследованных водоёмов вследствие антропогенных причин была характерна очень высокая концентрация общего фосфора (до 5626 мг/м^3). По концентрации хлорофилла *a* и по уровню первичной продукции эти водоёмы относятся к эвтрофному и гиперэвтрофному типам. Сообщества фитопланктона данных озёр имеют относительно бедный видовой состав – от 4 до 11 видов. По биомассе в наиболее солёных озерах (131–340‰) доминировали зелёные водоросли *Dunaliella salina*, а в умеренно солёных (24–61‰) – динофитовые и диатомовые. В оз. Тобечикском во второй год исследования наблюдалось массовое развитие нитчатых водорослей *Cladophora albida* и *C. vadorum*, биомасса которых летом в среднем составляла 396 г/м^2. Это привело к уменьшению ресуспензии донных отложений и к увеличению прозрачности воды. При этом первичная продукция фитопланктона сильно упала по сравнению с первым годом исследования, когда развития кладофоры не наблюдалось. Таким образом, в оз. Тобечикском в течение двух лет в результате изменения погодных условий произошёл переход экосистемы от гидробиологического режима с доминированием фитопланктона к другому гидробиологическому режиму – с доминированием донных продуцентов. Это было связано с глобальными климатическими колебаниями, а именно, с межгодовым изменением северо-атлантической циркуляции, о котором можно судить, например, по индексу северо-атлантической циркуляции (NAO). Из-за высокой солёности воды озера не замерзали в зимний период. В наиболее солёных озёрах в течение всего года доминировали специфические виды зелёных водорослей, такие, как *Dunaliella salina*, которые способны не только выдерживать высокую солёность, но и вегетировать при низких температурах воды. В зоопланктоне наиболее солёных, но не подверженных евтрофированию озёр Тобечикского и Кояшского был отмечен рачок артемия. В летний период при его массовом развитии наблюдалось угнетение фитопланктона за счёт выедания, о чём свидетельствует полученная отрицательная связь первичной продукции фитопланктона с биомассой артемии. В результате, в наиболее солёных озерах в осеннее-зимний период создавалась значительная или даже большая часть годовой первичной продукции фитопланктона. В то же время, деструкция органического вещества была более зависима от температуры воды, чем первичная продукция, и в зимний период её величина значительно снижалась. В результате этого, во всех озёрах, кроме оз. Марфовского, в зимний период создавалось больше органического вещества, чем разлагалось, т.е. в исследованных солёных озёрах зимой происходило накопление органических веществ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 08-04-00101 и 08-04-92217-ГФЕН-а).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВНЕШНЕЙ БИОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ И ПЕРВИЧНУЮ ПРОДУКЦИЮ ПЛАНКТОНА В ЭСТУАРИЯХ НА ПРИМЕРЕ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА И ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Ю.А. Горбунова[1], **С.В. Александров**[2]

[1] *Атлантическое отделение института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград, Россия*
[2] *Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия*

Биогенные вещества, поступающие в эстуарную систему с водосборной площади, в значительной степени определяют гидрохимический режим и первичную продукцию. Их антропогенное поступление значительно менялось за последние десятилетия: интенсификация сельского хозяйства 1970–80-х гг. сопровождалась увеличением внешней биогенной нагрузки, которая в 1990-е гг. значительно уменьшилась. Проанализированы изменения гидрохимического режима и первичной продукции планктона в дельте Волги и Вислинском заливе – в разнотипных эстуариях, значительно отличающихся по гидрологическому режиму.

Дельта реки Волги – одна из наиболее крупных в мире, характеризуется высокой скоростью водообмена благодаря речному стоку. Во второй половине XX века происходило увеличение внешней биогенной нагрузки и увеличение концентрации в воде минерального азота (в 2 раза с середины 1960-х гг.) и фосфора (в 3 раза), достигшее максимума к концу 1980-х гг. В 1990-е годы резко сократилось применение удобрений, и, как следствие, в дельте Волги значительно снизилась концентрация азота (в 3 раза), тогда как содержание фосфора уменьшилось незначительно. Первичная продукция планктона в дельте Волги повышалась с начала 1960-х, достигнув к концу 1980-х гг. 110–130 гС/(м^2×год), т.е. эвтрофного уровня. В 1990–2000 гг. в дельте Волги, характеризующейся высокой скоростью водообмена, наблюдаются процессы деэвтрофирования. Отмечено снижение частоты «цветения» водорослей и уменьшение первичной продукции планктона до уровня 1960–70-х гг. (110–130 гС/(м^2×год). В современный период для дельты Волги характерно мезотрофное состояние.

Вислинский залив относится к крупнейшим лагунам Балтийского моря и к самым высокопродуктивным водоёмам Европы. До конца 1980-х гг. внешняя биогенная нагрузка многократно превышала допустимые величины. В 1990-е годы произошло многократное снижение биогенной нагрузки (в 5 раз по азоту и в 2 раза по фосфору), что привело к многократному уменьшению в заливе концентраций фосфора (в 3–4 раза) и стабилизации на этом уровне в середине 1990-х гг. Содержание азота в воде имеет значительную многолетнюю изменчивость, в среднем сохраняясь на одном уровне. Концентрации фосфора в мелководной лагуне, несмотря на многократное снижение, сохраняются на уровне, способствующем “цветению” азотфиксирующих синезелёных водорослей при благоприятном сочетании других природных условий. Природные факторы (температура воды, заток морских вод и солоноватоводность) определяют уровень обилия и продукции фитопланктона и эвтрофирование в данной лагуне, тогда как влияние антропогенных факторов, определяющих внешнюю биогенную нагрузку, значительно меньше. Вислинский залив характеризуется состоянием, переходным между эвтрофным и гипертрофным. Солоноватоводность препятствует длительному «гиперцветению», хотя в отдельные годы в июле–августе наблюдалось кратковременное «гиперцветение» видов синезелёных водорослей, устойчивых к солоноватоводным условиям, и водоём переходил в гипертрофное состояние. Продукция фитопланктона превышает разложение органического вещества, в среднем – на 60% за период 2001–09 гг., что способствует вторичному эвтрофированию. Однако, благодаря водообмену с морем, значительная часть органики выносится через морской пролив, способствуя эвтрофикации прибрежной акватории Балтики. Первичная продукция в начале XXI века (410 гС/(м^2×год)) примерно на 30% выше, чем в середине 1970-х гг.

Таким образом, в дельте Волги, характеризующейся доминированием речного стока, уменьшение внешней биогенной нагрузки привело к её деэвтрофированию – к снижению содержания биогенных веществ в воде и к уменьшению продукции фитопланктона. В Вислинском заливе, где скорость водообмена ниже, чем в дельте Волги, трофический статус остается стабильным, несмотря на значительное снижение внешней биогенной нагрузки.

ВЛИЯНИЕ ПХБ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАНКТОННЫХ И БЕНТОСНЫХ РАКООБРАЗНЫХ

В.А. Гремячих, **И.И. Томилина**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) и ПХБ-содержащие препараты производились в 1939–1995 гг. в бывшем СССР в массовом количестве. Они использовались преимущественно при производстве диэлектрических жидкостей, выпускавшимся под марками "Совол" и "Совтол" и на 80% состоящими из ПХБ. Они относятся к группе стойких органических загрязнителей, опасных для окружающей среды и здоровья населения. Мониторинг ПХБ является обязательным в развитых индустриальных странах. Главная опасность ПХБ для человека и животных заключается в хронических токсических эффектах. Они оказывают иммунотоксическое и тератогенное действие, нарушают репродуктивную и пищеварительную функции, поведение.

Цель работы – оценить токсическое действие ПХБ-содержащего продукта химической промышленности “Совтол-10” на биологические параметры планктонных (*Ceriodaphnia affinis* Lillieborg) и бентосных (*Hyalella azteca* Saussure) ракообразных.

Расчётная концентрация маточных растворов ПХБ и ДМСО – 3.0 и 0.5 мг/л, соответственно, так же, как и в смеси веществ. В связи с плохой растворимостью, реальная концентрация ПХБ в чистом растворе составила 0.3 мкг/л, а в присутствии растворителя ДМСО – 160 мкг/л. Градиент необходимых концентраций получали путём последовательного разведения маточных растворов ПХБ, ДМСО, а также их смеси с отстоянной водопроводной водой в соотношении 1:10, 1:100, 1:1000 и 1:10000.

Эксперименты проводили по стандартным методикам. При тестировании на *Ceriodaphnia* регистрировали выживаемость, среднюю индивидуальную плодовитость за неделю, размеры животных в первом и четвёртом–пятом поколении, продолжительность жизненного цикла, индивидуальную плодовитость за весь жизненный цикл; на *Hyalella* – выживаемость, линейные размеры, плодовитость и эффективность потребления корма.

Дозозависимые реакции рачков *C. affinis* на воздействие токсикантов отмечены только для растворов смеси ПХБ и ДМСО. Выявлена достоверная отрицательная зависимость показателей средней продолжительности жизненного цикла и суммарной плодовитости цериодафний от концентрации токсического вещества: $r = -0.50$, $p < 0.000$ и $r = -0.42$, $p < 0.001$, соответственно.

Достоверное снижение выживаемости амфипод отмечено на 45-е сутки во всех растворах и разведениях, за исключением раствора ПХБ в разведении 1/1000, ДМСО – 1/100 и смеси ПХБ и ДМСО – 1/10000. Смесь ПХБ и ДМСО без разведения оказывала острое токсическое действие. Значимые корреляционные связи установлены между выживаемостью амфипод и содержанием ПХБ ($r = -0.70$, $p < 0.02$), между выживаемостью амфипод и содержанием смеси ПХБ и ДМСО ($r = -0.91$, $p < 0.003$). В растворах ПХБ и смеси с увеличением концентрации снижалась эффективность потребления корма.

По показателям жизнедеятельности ракообразных установлены минимально действующие концентрации водного раствора ПХБ для цериодафний и амфипод – менее 0.00003 мкг/л; при растворении ПХБ в ДМСО – 0.016 мкг/л.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-05-00805.

РОСТ МУТНОСТИ У КАВКАЗСКИХ БЕРЕГОВ ЧЁРНОГО МОРЯ ВЕДЁТ К ДЕГРАДАЦИИ ФИТОБЕНТОСА И ЕГО БИОЦЕНОЗОВ

В.В. Громов

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

На основе анализа натурных гидробиологических съёмок в 80-х годах XX века и съёмок, выполненных в 2000–2009 годах на северокавказском шельфе, установлено появление дигрессионных процессов в фитобентосе и связанных с ними биоценозов на нижних горизонтах сублиторали. Гидробиологические съемки в 1980-х годах проводились в Новороссийской бухте и на побережье от мыса Кадош до мыса Анапского, на базе Новороссийской морской научно-исследовательской биологической станции с применением аквалангов. Аналогичные исследования были проведены на тех же станциях на базе Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и кафедры ботаники Ростовского госуниверситета в начале 2000-х годов.

Складывается впечатление, что появление дигрессионных процессов связано с увеличением мутности водной среды и с уменьшением прозрачности в Чёрном море с 14 м до 6 м (Александров, 1987). Наблюдается разрушение уникального природного комплекса, имеющего экономическое и социально-курортное значение.

Если в прежние годы (1970–80-е гг.) нижняя граница сообществ цистозиры (бурая водоросль, доминант сообществ) проходила по изобате 25–30 м, то в настоящее время, их нижняя граница отступила к берегу на отметку 15 м, а на некоторых участках – даже на глубину 8 м. Таким образом, оголилась широкая полоса шельфа на глубинах от 15 до 30 м, где появилась бентическая пустыня. Пропала важная глубинная часть экосистемы шельфа, так как заросли цистозиры насыщены беспозвоночными. Это бокоплавы, идотея, моллюски (битиум, ризойя, мителястр и др.), всего 59 видов (Маккавеева, 1979), которыми питаются многочисленные представители ихтиофауны (62 вида; Гордина, 1974). Многие рыбы нерестятся в зарослях водорослей, включая такие промысловые виды, как сельдь, сарган, мерланг. Детритом из водорослей питается пелингас, который приобрёл статус промыслового вида. Молодь всех видов рыб находит укрытие в зарослях, особенно на ранних стадиях своего онтогенеза. Сокращение ареала цистозиры и исчезновение её зарослей неизбежно влекут утрату промысловой ихтиофауны, а также потерю генетического и фитоценотического потенциала, утрату биологического разнообразия на северокавказском шельфе.

Заросли водной растительности ценны и тем, что в процессе фотосинтеза выделяют в водную среду значительный объём кислорода, который необходим для аэрации морской среды и окисления попадающих в воду загрязнений (Гаркавая и др., 1987).

Заросли цистозиры ценны и сами по себе, так как содержат в своих талломах ценные лекарственные и пищевые вещества, такие, как йод, альгинат натрия и другие.

Учитывая, что в настоящее время идёт бурная колонизация северокавказского побережья, и происходит нарастание перевозок углеводородного сырья из кавказских портов, естественно, будет расти эвтрофирование и загрязнение водной среды с увеличением мутности. Чтобы сократить возможные риски и потери бентосных организмов, следует перейти к созданию искусственных рифов. Это один из путей увеличения зарослей макрофитов и для увеличения численности связанных с ними беспозвоночных, в благодатной прибрежной зоне моря, а также возможная кормовая база для развития марикультуры.

РОСТ И ПРОДУКЦИЯ *MACOMA BALTHICA* (LINNAEUS, 1758) (CARDIIDA: TELLINIDAE) В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

А.А. Гусев[1], **Е.М. Юргенс-Маркина**[2]

[1] *Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия*
[2] *Департамент рыболовства правительства Фолклендских островов, г. Стэнли, Фолклендские острова*

Район исследования был разделён на два участка. Мелководный участок (глубины 9–40 м) характеризовался значительными колебаниями температуры в течение года (2.7–20.7°C, по данным 2001 г.) и солёностью 6.6–7.3‰, глубоководный участок (41–80 м) – стабильной температурой воды (3.4–5.2°C, по данным 2001 г.) и солёностью 7.0–10.8‰. Естественной границей между участками служила глубина залегания постоянного термоклина в конце лета (изобата 40 м). Нижней границей глубоководного участка был галоклин (около 80 м). Он являлся барьером между дном, заселённым организмами макрозообентоса, и "бентической" пустыней. Грунты на глубинах до 40 м были представлены в основном песками; алевриты и илы обычно залегали глубже.

Пробы отбирали дночерпателем Ван-Вина с площадью раскрытия 0.1 м^2, промывали через сито с размером ячеи 0.5 мм и затем фиксировали 4% раствором формалина. У моллюсков определяли длину раковины (L, мм) и общую сырую массу (W_{tot}, мг). Соматическая годовая продукция рассчитана по однократной выборке (Алимов и др., 1990). Расчёты были выполнены в пакетах программ GraphPad Prism 5.0 и Statistica 6.0.

Длина раковины и возраст *M. balthica* варьировали на мелководном участке от 0.4 до 23.5 мм и от 0+ до 13+ лет, на глубоководном – 0.5–20.0 мм и 0+ – 11+ лет.

Линейный рост описывается уравнением Берталанффи:
для мелководного участка $L_\tau = 23.99 \pm 1.22\,(1 - e^{-0.1293 \pm 0.0124(\tau - (-0.9578 \pm 0.1053))})$,
для глубоководного участка $L_\tau = 20.61 \pm 0.61\,(1 - e^{-0.1813 \pm 0.0133(\tau - (-0.5608 \pm 0.1240))})$.

Изменения общей сырой массы по отношению к длине раковины характеризуются отрицательной аллометрией ($b < 3$): для мелководного участка $W_{tot} = 0.1911 \pm 0.0185\, L^{\,2.956 \pm 0.0359}$ и для глубоководного $W_{tot} = 0.2966 \pm 0.0399\, L^{\,2.782 \pm 0.0491}$.

Снижение обилия в отдельных возрастных группах было аппроксимировано уравнениями: на мелководном участке $N_\tau = 1.55 \pm 0.38\,(95.96 \pm 1.65\, e^{-0.4606 \pm 0.0659\tau})$ и на глубоководном участке $N_\tau = 3.90 \pm 1.01\,(78.63 \pm 2.05\, e^{-0.3705 \pm 0.1035\tau})$.

Годовая продукция на мелководном участке (18.40 ± 1.25 г/м^2) была в 2.5 раза меньше, чем на глубоководном (51.74 ± 3.26 г/м^2). Если принять, что калорийность сухой массы мягких тканей тела *M. balthica* составляет 5.39 ккал/г, а для сырой общей массы – около 0.33 ккал/г (Szaniawska, 1984), то продукцию моллюсков можно выразить в энергетических единицах 6.05 ± 0.41 ккал/м^2 и 17.00 ± 1.07 ккал/м^2, соответственно. На мелководном участке P/B-коэффициент равен 0.44, на глубоководном – 0.38.

Полученные нами продукционные характеристики весьма приблизительны. Однако, сравнение наших данных с литературными источниками (Arntz, 1971; Bergh, 1974; Ostrowski, 1976; Cederwall, 1977; Ankar, 1980) показывает адекватность использованного способа для расчёта продукционных характеристик *M. balthica* в юго-восточной части Балтийского моря.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ В 2001–2007 гг.

А.А. Гусев

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Район исследования расположен в юго-восточной части Балтийского моря. Цель данной работы – описать распределение обилия и биомассы макрозообентоса в зависимости от глубины и типа грунтов.

Материалом послужили пробы макрозообентоса, собранные в экологических рейсах в Балтийском море. Пробы отбирали в конце лета – начале осени. Сборы выполнялись на 28 станциях, регулярно в течение 2001–2007 гг. На каждой станции отбирали по три пробы дночерпателем Ван-Вина с площадью захвата 0.1 м^2. Пробы промывали в бентосном мешке с размером ячеи 0.5 мм. Сбор и первичную обработку проб бентоса проводили по общепринятым методикам (Dybern et al., 1976; HELCOM, 1988, 2001). Вес моллюсков определяли вместе с раковиной, но при этом удаляли из мантийной полости воду. Средние межгодовые значения (*M*), стандартную ошибку (*SE*) численности и биомассы, а также различия в распределении по глубинам и грунтам рассчитывали при помощи однофакторного анализа ANOVA. Индекс Шеннона (логарифм по основанию 2) вычислен в подпрограмме DIVERSE статистического пакета программ PRIMER 6.

Было обнаружено 37 видов/таксонов макрозообентоса; 19 таксонов были определены до видового уровня. Состав доминантных по численности и биомассе видов в 2001–2007 гг. в целом совпадал.

Средние годовые значения численности и биомассы колебались от 3500 до 5100 экз./м^2 и от 70 до 100 г/м^2, соответственно.

Значительные межгодовые колебания численности наблюдались на глубинах 8–40 м, и в меньшей степени на глубинах более 40 м. Численность была максимальна на глубинах 8–20 м. С увеличением глубины она снижалось. Колебания биомассы были ощутимы во всём диапазоне глубин. Для биомассы было отмечено два пика – на глубинах 8–20 и 41–60 м. Биомасса была относительно высокой (более 50 г/м^2) в диапазоне глубин 8–70 м.

Существенные межгодовые колебания численности и биомассы были отмечены на твёрдых грунтах и песках. Наибольшие значения численности зафиксированы на мелкозернистых песках, биомассы – на твердых грунтах. Высокие значения биомассы (более 80 г/м^2) были обнаружены на песках и илах.

Статистически значимые различия численности и биомассы определяются глубиной ($F_{(8,54)} = 14.294$, $p < 0.001$; $F_{(8,54)} = 10.809$, $p < 0.001$) и типом грунта ($F_{(6,41)} = 22.244$, $p < 0.001$; $F_{(6,41)} = 14.530$, $p < 0.001$).

На фоне статистически значимых различий между распределением численности и биомассы макрозообентоса по различным диапазонам глубины и по типам грунтов были выявлены следующие особенности. Для средних значений численности было характерно их уменьшение с увеличением глубины, а для биомассы – наличие пика на глубине 41–60 м. На мелкозернистых песках численность была максимальной, а высокие значения биомассы отмечены на различных грунтах – от твердого грунта до мелкоалевритовых илов.

СОСТАВ ЗООПЛАНКТОНА КАК КОРМОВОГО РЕСУРСА РЫБ В РАЙОНЕ ДАМПИНГА В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

Н.Е. Демерецкиене

Департамент морских исследований, г. Клайпеда, Литва

С точки зрения оценки биоресурсов водоёма, зоопланктон – кормовая база молоди рыб и постоянная пища планктоноядных рыб (Ривьер, 2007). В литовской зоне Балтийского моря регулярно происходит отвал грунта и ведётся промысловый и любительский лов рыбы в местах, где нерестятся многие виды рыб, в том числе и ценные виды, такие как лосось, кумжа и треска, и откармливается их молодь. В этих местах возникает проблема уменьшения численности ракообразных, тесно связанная с проблемой сохранения рыбных запасов.

Район дампинга находится на расстоянии 10.4 морских милей (или 19.2608 километров) от береговой линии, а фоновая станция – на расстоянии 9.1 морских милей (16.8532 километров). При изучении зоопланктона этих районов с 1998 по 2009 гг. в весенне-летний период было отмечено, что доминанты и общее количество видов в изучаемых районах практически одинаковы. Небольшое различие в сообществе зоопланктона по количеству структурообразующих видов наблюдалось при использовании функции ni / N (см. таблицу) (Демерецкиене, 2008; Demereckienė, 2010).

Исходя из таблицы, выявлена ведущая роль коловраток в зонах, испытывающих техногенное загрязнение, что свидетельствует о снижении интенсивности процесса самоочищения и о меньшей кормовой ценности зоопланктона. Роль коловраток как естественного биофильтра по своей мощности несравнима с ролью ракообразных (Вандыш, данные в интернете: alphais.inep.ksc.ru/tezis5/html). В условиях воздействия тяжелых металлов при сопутствующем процессе эвтрофирования и повышенной мутности воды, наиболее устойчивыми являются коловратки *Asplanchna priodonta* (50% от общей численности зоопланктона), *Keratella quadrata* и ветвистоусый рачок *Bosmina* (таблица). В районе отвала грунта коловратки доминируют. Численность коловраток в районе дампинга в годы исследований достигала 236863 экз./м^3. Плотность ветвистоусых и веслоногих рачков в районе дампинга за все годы исследований не превышала 9000 экз./м^3. Только в 2005 и 2009 гг. плотность Cladocera достигала 55000 экз./м^3, а в 2007 году – 236353 экз./м^3.

Перестройка в таксономической структуре сообщества сводится к замещению наиболее чувствительных к эвтрофированию "грубых" фильтраторов из группы Calanoida "тонкими" фильтраторами из группы Cladocera (*Bosmina*) и коловратками, не способными изымать крупные частицы взвешанных органических веществ, что приводит к снижению фильтрационной активности первичных консументов и ухудшению качества воды, а также к оскуднению кормовой базы рыб.

Таблица. Общие показатели зоопланктона в районе дампинга и фоновой станции.
Примечание. Прочерк – отсутствие экспедиций.

Годы	Район	Общее количество видов		Виды-доминанты	Виды-доминанты	Число структуро-образующих видов	
		Весна	Лето	Весна	Лето	Весна	Лето
1998	Дампинг	9	11	*Asplanchna priodonta*	*Centropages hamatus*	2	8
	Фоновая ст.	11	11	*Asplanchna priodonta*	*Centropages hamatus*	2	8
1999	Дампинг	10	11	*Asplanchna priodonta*	*Keratella quadrata*	3	4
	Фоновая ст.	10	11	*Asplanchna priodonta*	*Keratella quadrata*	1	4
2000	Дампинг	7	10	*Asplanchna priodonta*	*Asplanchna priodonta*	4	3
	Фоновая ст.	7	10	*Asplanchna priodonta*	*Asplanchna priodonta*	4	4
2001	Дампинг	-	10	-	*Keratella quadrata*	-	3
	Фоновая ст.	-	10	-	*Keratella quadrata*	-	2
2002	Дампинг	7	11	*Asplanchna priodonta*	*Cercopagis pengoi*	1	4
	Фоновая ст.	7	11	*Asplanchna priodonta*	*Cercopagis pengoi*	1	8
2003	Дампинг	8	8	*Asplanchna priodonta*	*Keratella quadrata*	3	3
	Фоновая ст.	10	9	*Asplanchna priodonta*	*Cercopagis pengoi*	4	3
2004	Дампинг	8	15	*Asplanchna priodonta*	*Acartia longiremis*	5	6
	Фоновая ст.	8	14	*Asplanchna priodonta*	*Acartia longiremis*	5	6
2005	Дампинг	9	7	*Asplanchna priodonta*	*Bosmina maritima*	3	1
	Фоновая ст.	8	-	*Asplanchna priodonta*	-	3	-
2006	Дампинг	9	11	*Asplanchna priodonta*	*Bosmina maritima*	5	6
	Фоновая ст.	8	8	*Asplanchna priodonta*	*Bosmina maritima*	3	6
2007	Дампинг	7	7	*Asplanchna priodonta*	*Bosmina maritima*	1	1
	Фоновая ст.	8	9	*Asplanchna priodonta*	*Bosmina maritima*	1	1
2008	Дампинг	6	7	*Synchaeta monopus*	*Bosmina maritima*	2	1
	Фоновая ст.	10	4	*Synchaeta monopus*	*Bosmina maritima*	2	1
2009	Дампинг	8	10	*Asplanchna priodonta*	*Acartia longiremis*	1	6
	Фоновая ст.	6	11	*Asplanchna priodonta*	*Acartia longiremis*	1	6

СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АМФИПОД (AMPHIPODA: GAMMARIDEA) В РАЙОНЕ НЕФТЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМЫ МОЛИКПАК (СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПОБЕРЕЖЬЕ О. САХАЛИН)

Н.Л. Демченко, **В.В. Ивин**

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Амфиподы или разноногие раки являются одной из доминирующих групп макробентоса на шельфе восточного побережья о. Сахалин (Фадеев, 2003; Надточий и др., 2004; Мощенко и др., 2005). Видовому составу и количественному распределению амфипод на шельфе Восточного Сахалина посвящена лишь одна работа (Будникова, Безруков, 2003). Известно, что амфиподы очень чувствительны к нефтяному загрязнению и другим нарушениям среды (Guerra-Garcia, Garcia-Gomes, 2004). Их количественные характеристики и видовое разнообразие могут быть использованы для биоиндикации экологического состояния. В последнее десятилетие, в связи с интенсивным освоением нефтяных и газовых месторождений, усилился интерес к изучению биоты шельфа северо-восточного Сахалина (Лабай и др., 2008; Фадеева, Масленников, 2009). Целью настоящей работы является изучение видового состава и количественного распределения амфипод в районе нефтедобывающей платформы Моликпак (Пильтун-Астохское месторождение).

Материалом послужили гидробиологические сборы, выполненные Институтом биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН в октябре 2004 г. в районе нефтедобывающей платформы Моликпак. Пробы были отобраны на четырех трансектах. Станции находились на удалении 125, 250, 500, 1000 и 3000 м от платформы в направлении на север, юг, запад и восток на глубинах 23–33 м. На каждой из 25 станций, с применением дночерпателя Ван Вина (площадь захвата 0.2 м^2), отобрано по 4 пробы. Данные по биомассе и плотности поселения амфипод пересчитывали на 1 м^2 площади дна. Пробы грунта для гранулометрического анализа и для анализа содержания нефтяных углеводородов (НУ) отбирали из общей пробы с применением тефлоновых пробоотборников и замораживали.

Для выделения таксоценов амфипод применены методы непараметрического многомерного статистического анализа. Сходство станций по видовому составу оценивалось при помощи коэффициента Брея-Кертиса. Построение дендрограммы осуществляли методом средней связи. Все расчёты выполнены в пакете статистических программ PRIMER V5 (Clarke, Gorley, 2001).

В районе исследования обнаружено 26 видов амфипод, относящихся к 16 родам и 9 семействам. Из них только 8 видов имели высокую частоту встречаемости (>50%) – *Anonyx nugax* (88%), *Anonyx lilljeborgi* (84%), *Pleusymtes* sp. (64%), *Psammonyx kurilicus* (56%), *Protomedeia fasciata* (52%), *Pacifoculodes zernovi* (52%), *Orchomenella minuta* (52%) и *Bathymedon* sp. (52%).

По числу видов наиболее представительными оказались семейства Oedicerotidae (7 видов), Lysianassidae (5), Uristidae (3) и Corophiidae (3).

Средняя биомасса амфипод в октябре 2004 г. составляла 23.90 ± 4.94 г/м^2. По биомассе доминировали только четыре вида: *Anonyx nugax* (45% от общей биомассы амфипод), *Anisogammarus pugettensis* (32%), *Anonyx lilljeborgi* (9%) и *Eogammarus schmidti* (4%).

Изучено распределение амфипод в зависимости от типа грунта. Анализ гранулометрического состава позволил выделить 4 типа грунта (гравийный, гравийно-песчаный, песчано-гравийный и песчаный). Максимальная биомасса разноногих раков отмечена на гравийном грунте (49.49 ± 9.68 г/м^2), а минимальная – на песчаном (7.71 ± 1.25 г/м^2). Показано, что количественное распределение отдельных видов на разных грунтах различно. Например, *Psammonyx kurilicus*, *Eogammarus schmidti* и виды из родов *Eohaustorius* и *Grandifoxus* предпочитают песчаный хорошо сортированный грунт. *Protomedeia fasciata*, *Pleusymtes* sp. и *Ischyrocerus* sp. характерны для гравийного грунта. Доля видов амфипод, не связанных с типом грунта, составляет 50%. Среди них три вида доминируют или субдоминируют на всех грунтах – *Anisogammarus pugettensis*, *Anonyx nugax* и *Anonyx lilljeborgi*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ СООБЩЕСТВ ЗООБЕНТОСА ПО ИНДЕКСУ «РАЗНОСТИ ВЫРАВНЕННОСТЕЙ» (D_E')

С.Г. Денисенко[1], **М.А. Барбашова**[2], **В.В. Скворцов**[3], **В.П. Беляков**[2], **Е.А. Курашов**[2]

[1] *Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*
[3] *Государственная полярная академия, г. Санкт-Петербург, Россия*

Индекс *(D_E' – difference of evenness)* представляет собой разницу выравненностей по Пилоу (1970), рассчитанных отдельно по численности и биомассе видов для количественных проб: $D_E' = H'_{spB} : H'_{spBmax} – H'_{spA} : H'_{spAmax} = (H'_{spB} – H'_{spA}) : Log(N)$,
где H'_{spB} – информационное разнообразие видов (индекс Шеннона) по биомассе, H'_{spA} – информационное разнообразие видов (индекс Шеннона) по количеству особей, H'_{max} – максимальное информационное разнообразие видов в рассматриваемой совокупности, равное $Log(N)$, где N – количество видов в выборке.

D_E' был предложен как формализованная альтернатива (Денисенко, 2004, 2007) хорошо зарекомендовавшего себя ABC метода (*abundance-biomass curves*; Warwick, 1986), который многократно апробировался на морских сообществах зообентоса (Clarke, Warwick, 2001). Будучи безразмерным, индекс изменяется от -1 до +1, в зависимости от отсутствия или наличия стресса, испытываемого сообществом.

Работоспособность индекса проверена на двух массивах данных, полученных разными исследователями для разных водоёмов. Один массив включает результаты ежегодных наблюдений в период с 1987 по 2009 гг. на четырех станциях в Ладожском озере в районе Щучьего залива, где до закрытия целлюлозно-бумажного комбината в 1986 г. сообщества зообентоса практически отсутствовали. Другой массив представлен разовыми наблюдениями, выполненными в 1998 г. на реках Новгородской области выше и ниже крупных населенных пунктов вдоль течения рек и в оз. Ильмень.

Как и ожидалось, реки в большинстве своем оказались более загрязненными ниже по течению относительно расположенных на них населенных пунктов. Выше по течению загрязнение, как правило, было меньше или почти отсутствовало. Наши результаты позволяют заключить, что оценки состояния зообентоса рек, полученные с помощью индекса D_E' на 85% и более совпадают с оценками по индексу Вудивисса (Woodiwiss, 1964) в случае простой индикации типа «отсутствие-наличие экологического стресса». При этом D_E' показывает самую большую корреляцию ($r = 0.323$, $p = 0.19$) с общим стандартизированным уровнем химического загрязнения водной среды. Другие показатели качества водной среды (количество видов, индекс Шеннона, индекс Вудивисса) вообще не коррелируют с результатами аналитической оценки уровня химического загрязнения.

В Ладожском озере на станции напротив Щучьего залива индекс показал хорошие условия существования зообентоса только в 1991 г. В дальнейшем ситуация оставалась вполне благополучной, если не считать кратковременных негативных тенденций в развитии донных сообществ.

На выходе из залива, где наблюдения начались только в 1992 г., состояние бентоса было близким к таковому в открытой части озера, но постепенно к 1997 г. оно ухудшилось, после чего начало медленно улучшаться, и в настоящее время его можно расценивать как стабильно удовлетворительное. В центре Щучьего залива экологическая обстановка улучшалась до 1991 г., но к 1995 г. она ухудшилась, и далее, после некоторого улучшения, варьировала на околокритическом уровне ($D_E' = 0$), не доходя до него, вплоть до 2009 г. Вблизи дамбы, отделяющей бывший накопитель сточных вод завода от залива, восстановление макробентоса наблюдалось уже в 1991 г., однако сообщество бентоса по-прежнему находится в условиях экологического стресса и его состояние может рассматриваться как достаточно устойчивое околокритическое.

Значения D_E' хорошо коррелируют ($r = -0.644$, $p = 0.000$) с индексом Вудивисса в модификации Яковлева (Яковлев, 1988) для всего рассматриваемого массива данных по Ладожскому озеру. Корреляция с интегральным показателем качества вод (Балушкина, 1997) – почти вдвое ниже, но также значимая ($r = -0.375$, $p = 0.011$).

Таким образом, полученные результаты, наряду с положительными итогами исследований морского зообентоса, позволяют надеяться на расширение использования «разности выравненностей» при оценках качества водной среды и на дальнейшее изучение работоспособности индекса.

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛОВ И БИОМАССА ФИТОПЛАНКТОНА В РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЕМАХ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Д.Б. Денисов

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия

Проведено исследование содержания хлорофиллов в планктоне разнотипных малых озёр тундровых, лесотундровых, таёжных и горных ландшафтных комплексов Кольского полуострова. В водах с ярко выраженными процессами антропогенной эвтрофикации, концентрации хлорофиллов, особенно хлорофилла *a*, могут на порядки превосходить фоновые величины. Трофический статус изученных озёр определяется как мезотрофный; статус отдельных водоёмов – эвтрофный и гиперэвтрофный (OESD, 1982).

Было показано, что при интенсивном загрязнении рудничными водами апатитовой промышленности водоросли развиваются в условиях постоянно доступных биогенных элементов. Концентрации хлорофилла *a* в фитопланктоне на порядки превышают его содержание в фоновых водоёмах, может наблюдаться «цветение» воды в отдельных участках акватории. Доминирующие в течение всего сезона диатомовые водоросли находятся в зависимости от концентрации кремния, а от также значений pH (Денисов, Кашулин, 2007; Кашулин и др., 2009). Многолетняя динамика концентрации хлорофиллов показала, что в разные годы наблюдалось неодинаковое влияние различных гидрохимических характеристик на развитие водорослевых сообществ. В фоновых водоемах наблюдается «классическая» картина зависимости водорослей от биогенных элементов, которые находятся в дефиците. При этом массового развития диатомовых водорослей не происходит, что подтверждается отсутствием зависимости от содержания кремния.

Было установлено, что продолжительные осадки вызывают перестройку видового состава водорослей, а также стимулируют возрастание концентраций хлорофиллов *a* и *b* до максимальных значений. Содержание хлорофилла *c* в большей степени определяется температурой. Интенсивная прямая солнечная радиация угнетает развитие водорослей, что наблюдается в период полярного дня.

Озёра фоновых районов характеризуются более высоким отношением концентраций хлорофиллов c / a, чем эвтрофируемые озёра. По содержанию хлорофилла *a* все озёра фоновых районов, за редким исключением, относятся к олиготрофным и ультраолиготрофным. Водоемы таёжной зоны наиболее сильно отличаются между собой по уровню биомассы и концентрации хлорофиллов, что определяется наличием широкого спектра локальных условий, включая проточность, батиметрию, связь с болотами и др. Антропогенно-модифицированные водные экосистемы характеризуются экстремально высокими значениями сапробности (до 3.5) и содержанием хлорофилла *a* (до 32 мг/м^3). В то же время, наличие токсического загрязнения и минеральной взвеси угнетает развитие водорослей, что требует проведения дальнейших исследований в области нормирования антропогенной нагрузки и оценки качества вод на основе показателей водорослевых сообществ.

ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В КАРСТОВЫХ ОЗЁРАХ

О.Ю. Деревенская, **О.В. Палагушкина**, **Н.М. Мингазова**

Казанский государственный университет, г. Казань, Россия

Взаимоотношения между фито- и зоопланктоном во многом определяют тип экосистемы. Зоопланктонные фильтраторы, потребляя водоросли определенного вида и размера, могут существенно изменить структуру сообществ фитопланктона. В связи с важностью и недостаточной изученностью взаимоотношений фито- и зоопланктона были проведены исследования на двух карстовых озёрах – Большой и Малый Яльчик (Республика Марий Эл). Фитопланктон был разделен на три размерные группы; в зоопланктоне были выделены группы коловраток, тонких фильтраторов, грубых фильтраторов, факультативных и облигатных хищников.

Средняя за вегетационный период биомасса фитопланктона оз.Б.Яльчик составляла 0.265–0.269 мг/л, достигала пиковых значений в течение июля и формировалась динофитовыми водорослями *Ceratium hirundinella* (17.3%), *Peridinium cinctum* (32.8%) и зелёной водорослью *Coenochloris fottii* (18.9%). Средняя за вегетационный период биомасса фитопланктона в оз. М. Яльчик колебалась от 0.268 до 0.309 мг/л, достигая пиков во второй декаде мая и сентября. Весной в биомассе доминировали диатомовые водоросли *Stephanodiscus minutulus* (53%) и *Cyclotella radiosa* (16%), осенью – динофитовая водоросль *Ceratium hirundinella* (60%) и диатомовая – *Fragillaria crotonensis* (10%). Средняя за вегатационный период биомасса зоопланктона в оз. Б. Яльчик составляла 1.58–1.76 г/м^3; наиболее высокие значения отмечались в июне–июле. Доминировали *Eudiaptomus graciloides*, *Asplanchna priodonta* и *Ceriodaphnia quadrangula*. В оз. М. Яльчик биомасса составляла 0.81–0.93 г/м^3; доминировали *E. graciloides*, *A. priodonta* и *Daphnia cucullata.*

Результаты исследований показали взаимосвязанность планктонных сообществ. В 1997 г. в оз. Б. Яльчик биомасса водорослей 1-й размерной группы (< 30 мкм) отрицательно коррелировала с биомассой коловраток и факультативных хищников (R = -0.6, P = 0.05). Биомассы коловраток и фитопланктона 1-й группы в большинстве случаев находились в противофазе. Биомасса водорослей 2-й группы (30–70 мкм) отрицательно коррелировала с биомассой коловраток и положительно – с биомассой ракообразных – тонких фильтраторов (Cladocera). Практически отсутствовала корреляция между биомассой водорослей 3-й группы (> 70 мкм) и биомассой зоопланктона. Вероятно, эти водоросли плохо потребляются зоопланктоном в силу их размерных характеристик, несъедобности или пространственного распределения (приурочены к нижним слоям гиполимниона). Регрессионный анализ позволил предположить, что на биомассу водорослей 1-й и 2-й групп наибольшее влияние могли оказывать тонкие фильтраторы, главным образом Rotatoria. Возможно, между коловратками и ветвистоусыми ракообразными существовали конкурентные отношения. В 1998 г. была выявлена положительная корреляция между коловратками и водорослями 1-й и 2-й размерных групп в эпилимнионе, отрицательная между Cladocera и водорослями 3-й группы в металимнионе и между грубыми фильтраторами и водорослями 2-й и 3-й групп в гиполимнионе.

Для оз. М. Яльчик регрессионная модель выявила значимую зависимость между биомассой водорослей 1-й группы и биомассой коловраток и Cladocera в 1997 г.. Коэффициенты корреляции имеют отрицательные значения, что, возможно, связано с выеданием водорослей. Линии тренда динамики биомасс Rotatoria и фитопланктона 1-й группы находятся в противофазе. Биомасса водорослей 3-й группы отрицательно коррелирует с биомассой факультативных хищников. Корреляционный анализ Спирмена выявил отрицательную зависимость между биомассами Rotatoria и Cladocera (R = -0.62, P = 0.024). Отрицательная корреляция между биомассами зоопланктона и фитопланктона может отражать эксплуатационную конкуренцию, а отрицательная корреляция между биомассами различных групп зоопланктона может указывать на прямую интерференционную конкуренцию между ними. В 1998 г. была выявлена положительная корреляция между водорослями 1-й группы и Cladocera (в эпилимнионе), отрицательная между водорослями 2-й группы и факультативными хищниками и между водорослями 3-й группы и коловратками, в гиполимнионе – отрицательная зависимость между водорослями 1-й группы и факультативными хищниками.

ТРОФИЧЕСКИЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ФИТО- И ЗООПЛАНКТОНА В КУРШСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

О.А. Дмитриева, **А.С. Семенова**

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Куршский залив, расположенный в юго-восточной части Балтийского моря, представляет собой мелководный (средняя глубина 3.8 м), малопроточный (водообмен около 1 год$^{-1}$), хорошо прогреваемый водоём с высоким содержанием биогенных элементов в воде и илистых грунтах. В результате процесса эвтрофирования в последние десятилетия в Куршском заливе отмечается увеличение первичной продукции и содержания хлорофилла *a* в воде (Александров, 2009). Процесс эвтрофирования в Куршском заливе оказывает влияние как на состав и количественные характеристики сообществ фито- и зоопланктона, так и на трофические взаимоотношения между ними. Показатели фито- и зоопланктона Куршского залива исследованы на стандартной мониторинговой станции прибрежной зоны Куршского залива в апреле–октябре 2007–2009 гг. Всего было выполнено 49 комплексных гидробиологических съемок.

В составе сообществ фитопланктона прибрежной зоны доминировали диатомовые и синезелёные водоросли, составляя 31–36% и 27–57% от суммарной биомассы, соответственно. Средняя за сезон биомасса фитопланктона варьировала от 24.57 до 44.53 г/м^3. Ежегодно в заливе отмечались «цветения» синезелёных водорослей. Интенсивность «цветения» в 2007 г. была низкой. В составе сообществ доминировали *Actinocyclus normanii* (Greg) и *Plankothrix agardhii* (Gomont). В 2008 и 2009 гг. в составе сообществ помимо *A. normanii* интенсивно развивались *Microcystis aeruginosa* Kutz и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.), формируя «гиперцветение» воды, в результате которого биомасса фитопланктона в августе 2009 г. достигала 213 г/м^3.

Во все годы исследований, в зоопланктоне прибрежной зоны по численности доминировали коловратки (50–59% от численности), по биомассе – ветвистоусые ракообразные (59–74% от биомассы). В 2008–2009 гг. наблюдалось увеличение количественных показателей коловраток и ветвистоусых, и уменьшение численности и биомассы веслоногих. В 2008–2009 гг. в составе сообществ зоопланктона возрастала доля *Asplanchna herricki* Guerne, *Eubosmina coregoni* Baird, *Daphnia galeata* G.O. Sars и *Diaphanosoma mongolianum* Ueno. Средняя за сезон численность зоопланктона варьировала от 291 до 341 тыс. экз./м^3, биомасса – от 2.3 до 4.0 г/м^3. Отношение биомасс разных трофических уровней в пределах сообщества используется для характеристики его трофической структуры, связанной с трофическим типом водоёма. Известно, что отношение биомассы зоопланктона к биомассе фитопланктона (B_z / B_{ph}) закономерно снижается по мере увеличения продуктивности водоёма. В эвтрофных озёрах $B_z / B_{ph} \leq 0.5 : 1$ (Андронникова, 1996). В среднем за вегетационный сезон 2007–2009 гг., отношение B_z / B_{ph} в Куршском заливе варьировало от 0.05 : 1 до 0.09 : 1 и в среднем составило 0.08 : 1, что было гораздо ниже известного из литературы для эвтрофных озёр. В 1974–1982 гг. B_z / B_{ph} в Куршском заливе было 0.26 : 1 (Крылова, 1984). По сравнению с семидесятыми годами это соотношение снизилось более, чем в три раза, что, возможно, обусловлено увеличением уровня трофии Куршского залива. В процессе эвтрофирования биомасса фитопланктона увеличивается существенно быстрее, чем биомасса зоопланктона, что меняет величину отношения $B_z / B_{ph.}$ в сторону её уменьшения (Андроникова, 1996). Было установлено, что в среднем за вегетационный сезон исследованных лет зоопланктоном могло потребляться до 6–14% от суммарной биомассы фитопланктона (Методические..., 1984). Ранее в Куршском заливе потребление фитопланктона зоопланктоном составляло до 60% (Крылова, 1984). Снижение соотношения B_z / B_{ph} и процента потребления биомассы фитопланктона свидетельствует об усилении процесса эвтрофирования Куршского залива, и может негативно сказываться на состоянии его экосистемы. Слабая утилизация труднодоступных для потребления колониальных синезелёных водорослей приводит к вторичному загрязнению водоёма, ухудшению качества среды и условий для существования гидробионтов.

МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ЮЖНОГО БАЙКАЛА ПОД ВЛИЯНИЕМ СТОЧНЫХ ВОД БЦБК

Э.А. Ербаева, **Г.П. Сафронов**

Научно-исследовательский институт биологии
при Иркутском государственном университете, г. Иркутск, Россия

Режимные наблюдения за состоянием зообентоса южного Байкала проводились в 1968–2004 гг. в районе Утулик – Мурино, куда поступают промышленно-очищенные сточные воды (ПОСВ) Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК). О.М. Кожова (1974) предложила принцип группировки проб зообентоса по степени загрязнения: (1) сильно загрязнённые грунты, в которых содержится слой осадка из хлопьев целлюлозы и разного рода слизи (условно называемый «с осадком»); (2) менее загрязнённые, содержащие тонкий налёт слизи и хлопья и характеризующийся резким специфическим запахом («с запахом»); (3) условно чистые, где загрязнения визуально не отмечаются.

Проведённые наблюдения показали, что перестройка донных сообществ локализована, а коренная перестройка сообществ, вплоть до их полного разрушения, отмечается на грунтах «с осадком», что выявилось уже в первые годы поступления ПОСВ БЦБК (1968–1971 гг.). В районе сброса на разных биотопах отмечаются изменения донных сообществ, которые, в зависимости от степени загрязнения, проявляются в снижении численности и биомассы, в изменении роли разных таксонов беспозвоночных и в исчезновении ряда видов. В первые годы работы БЦБК (1968–1971) на наиболее загрязненном грунте («с осадком») биомасса снизилась на глубинах 5–20 м в 10 раз, а на глубинах 20–50 м и 50–100 м – в 3–5 раз, по сравнению с контрольным участком. Изменилось и количественное соотношение в общей биомассе доминирующих групп – амфипод, моллюсков и олигохет. Снижение биомассы зообентоса на грунтах «с осадком» произошло в зоне глубин 5–20 м в основном за счёт исчезновения и существенного уменьшения биомассы моллюсков и олигохет, а в зоне 20–100 м – за счёт олигохет. На условно чистом грунте и на грунте «с запахом» изменения биомассы были незначительны.

Сравнение биомассы макрозообентоса на контрольном разрезе и в зоне сброса ПОСВ показало, что в 1980-е, 1990-е и 2000-е годы практически для всех сравниваемых биотопов биомасса на контрольном разрезе была существенно выше, чем в зоне сброса, что отмечалось и в предшествующие годы. Наиболее заметные различия в биомассе зообентоса проявляются на всех типах донных отложений в зоне глубин от 50 до 120 м, т.е. наиболее выраженное влияние сточных вод проявляется глубже места их поступления.

В крайне редких случаях, на фоне общего снижения разнообразия, численности и коренной перестройки структуры зообентоса иногда отмечается высокая численность отдельных видов. Например, эндемик *Sergentia flavodentata* встречен в 1970-е годы в количестве 600 экз./м^2 на заиленном песке «с осадком» на глубине более 120 м, и в 1990-е годы – в количестве 400 экз./м^2 на заиленном песке «с запахом» на глубине 420 м.

На комбинате с момента его запуска постоянно проводились мероприятия по изменению технологии производства целлюлозы и по улучшению очистки сточных вод. Тем не менее, увеличилась площадь загрязнения дна трудногидролизуемыми углеводами и лигнино-гумусовым комплексом с 1995 по 1999 гг. с 7.4–13.9 до 16.8 км^2 и несульфатной серой с 1995 по 2003 гг. с 2.3–3.2 до 15.2 км^2 (Государственный…, 1995–2006). В 2000-е годы грунты «с запахом» и «с осадком» стали встречаться редко. В эти годы грунт «с осадком» встречен один раз на глубине 194 м, где найдены единичные экземпляры амфипод, хирономид и олигохет. Биомасса зообентоса (0.72 г/м^2) была в 11.4 раза ниже, чем в контроле. Данные за 2000-е годы свидетельствуют, что сообщества донных беспозвоночных в районе сброса ПОСВ продолжают находиться в угнетенном состоянии.

СУКЦЕССИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ГОРНЫХ ОЗЁРАХ ЮЖНОГО УРАЛА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЭВТРОФИРОВАНИЯ

Т.В. Еремкина[1], **М.И. Ярушина**[2]

[1] *Уральский научно-исследовательский институт метрологии, г. Екатеринбург, Россия*
[2] *Институт экологии растений и животных УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

В работе представлены результаты изучения состава, структуры, сезонной и межгодовой динамики (1991–2006 гг.) альгоценозов оз. Иткуль (олиготрофно-мезотрофного), оз. Синара (мезотрофно-эвтрофного) и оз. Силач (гипертрофного) в условиях антропогенного эвтрофирования. В горных озёрах Южного Урала антропогенное воздействие проявляется увеличением доли сульфатов и хлоридов в ионном составе воды, повышением pH (от олигоацидно-нейтральных до полищелочных вод), снижением прозрачности и повышением TSI-индекса, ухудшением газового режима, повышением цветности, перманганатной окисляемости, $БПК_5$, увеличением содержания в воде минерального азота, минерального фосфора и органического вещества (Еремкина, 2010).

В планктоне оз. Иткуль, Синара и Силач выявлено 596 видов водорослей (714 видов, разновидностей и форм), относящихся к 203 родам, 92 семействам, 42 порядкам, 15 классам и 8 отделам. Наибольшее разнообразие обнаружено для зелёных, диатомовых и синезелёных водорослей, что соответствует флористическому составу планктона внутренних водоёмов умеренной зоны. При антропогенном эвтрофировании в структуре изученных альгофлор увеличивается относительное богатство зелёных и эвгленовых водорослей, и снижается относительное богатство диатомовых и динофитовых. С повышением трофического статуса водоёма увеличивается индекс Chlorophyta : Cyanophyta.

Установлено, что по мере увеличения трофического статуса возрастают среднемноголетние численность и биомасса фитопланктона. В гипертрофных условиях индекс видового разнообразия Шеннона снижается. Своеобразие горных озёр Южного Урала состоит в том, что при сохранении черт олиготрофии в них встречаются заметные отклонения гидрохимического и гидробиологического режима от типологических норм. Так, в оз. Иткуль в отдельные годы наблюдается массовое развитие *Gloeotrichia echinulata* (J.E. Smith) P. Richt с формированием практически одновидового альгоценоза. Для оз. Синара характерны кратковременные вспышки развития *G. echinulata* в конце июля – начале августа и «цветение» *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs с июля по сентябрь. С 2002 г. почти ежегодно в сентябре–октябре отмечено массовое развитие *Oscillatoria agardhii* Gom. и *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. Именно на этой стадии эвтрофирования возникают проблемы качества питьевой воды. Сезонная динамика популяций водорослей в планктоне оз. Силач соответствует таковой для высокотрофных озер умеренной зоны и имеет ярко выраженный растянутый летний максимум биомассы и численности, обусловленный развитием синезелёных водорослей, преимущественно *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. и *Microcystis wesenbergii* (Kom.) Kom. in Kondrateva. Выявлено, что с увеличением трофического статуса изменяется вклад ведущих отделов водорослей в структуру сообщества, что отражает общий ход процесса эвтрофирования в водоёме. В оз. Иткуль отмечено снижение относительной биомассы синезелёных водорослей. В оз. Синара и Силач уменьшаются относительная численность и биомасса диатомовых, и увеличивается доля синезелёных в структуре альгоценозов.

Известно, что под влиянием антропогенного эвтрофирования происходит не только увеличение общей продуктивности фитопланктона, но и смена состава массовых видов водорослей в планктоне озёр (Трифонова, 1979; Петрова, 1990; Влияние ..., 2003). При этом сукцессия массовых видов в каждом водоёме носит индивидуальный характер и зависит, в том числе, от географических и морфологических факторов. Установлено, что за период исследований в оз. Иткуль произошло увеличение относительной численности и биомассы *A. granulata* и *Microcystis pulverea* (H.C. Wood) A. Forti. В оз. Синара снизился вклад *A. granulata* в численность и биомассу фитопланктона, уменьшилась роль *M. pulverea* в формирование численности. Обилие *O. agardhii* постепенно снижалось до 1998 г., а затем снова стало увеличиваться. В оз. Силач за многолетний период отмечено снижение относительной биомассы *A. granulata*. Уменьшился и вклад *M. aeruginosa* в общую численность и биомассу сообщества. Значение *M. wesenbergii*, наоборот, увеличивается. Этот вид, по-видимому, постепенно вытесняет *M. aeruginosa* в биоценозе данного водоёма.

Таким образом, состав и структура альгоценозов исследованных водоёмов отражают экологическое состояние озёрных экосистем на современном этапе и могут служить основой для проведения фитомониторинга.

ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ У САМОК В ЮЖНОБАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ *EPISCHURA BAICALENSIS* SARS

Е.Л. Ермаков, **О.О. Русановская**

Научно-исследовательский институт биологии
при Иркутском государственном университете, г. Иркутск, Россия

Несмотря на подробное и всестороннее изучение эндемичного байкальского зоопланктонта *Epischura baicalensis* Sars, 1900 (Copepoda, Calanoida), популяционная морфология этого рачка и её временная динамика исследованы очень слабо. Чтобы восполнить этот пробел, мы предприняли исследование сезонной динамики популяционных показателей мерных количественных морфологических признаков у самок 6-й, 5-й и 4-й копеподитных стадий.

Материалом для данного исследования стали зоопланктонные пробы, которые были отобраны в 2004 г. в пос. Большие Коты, на расстоянии 2.7 км от берега в слое 0–250 м над глубиной 800 м. Исследовано по 50 самок 6-й и 5-й копеподитных стадий, а также 20 самок 4-й стадии, из проб, собранных в течение 4 сезонов: весна (28 мая), лето (21 июля), осень (14 ноября) и зима (2 декабря). Всего было измерено 280 особей. Морфологический анализ включал оценку трёх мерных признаков: длина головогруди (ДГ), длина фуркальной нити (ДФН) и длина 5-й пары плавательных ног (ДН). Признаки ДФН и ДН измерялись с левой и правой сторон тела; за варианту принимали сумму измерений признака на особь. ДФН у взрослых самок не учитывали.

Обнаружено, что ДГ у самок всех исследованных стадий в весенне-летний период увеличивается. В летне-осенний период у самок 6-й и 4-й стадий существенных изменений не происходит, а у самок 5-й стадии ДГ существенно снижается. В осенне-зимний период существенных изменений не происходит, при этом у самок 6-й и 4-й стадий ДГ остаётся высокой или промежуточной, а у самок 5-й стадии – низкой.

Сезонная динамика ДФН обнаруживает возрастную специфичность. У самок 5-й стадии происходит последовательное снижение ДФН от весны к лету и далее – к осени; зимой ДФН резко увеличивалась. У копеподитов 4-й стадии происходит последовательное снижение ДФН при чередовании сезонов года, при этом максимальные значения наблюдаются в начале года (весной), а минимальные – в конце года (зимой); летом и осенью значения ДФН были промежуточными. Признак ДФН зависит и от возраста – чем старше рачок, тем его ДФН больше.

Сезонная динамика ДН у взрослых самок имеет циклический характер, при этом минимальные значения наблюдаются в начале года (весна) и в конце года (осень); максимальные значения наблюдаются летом, а промежуточные – осенью. У самок 5-й стадии ДН значительно выше весной и летом, чем осенью и зимой; у самок 4-й стадии высокие ДН наблюдаются весной, летом и осенью, а низкие – зимой. Общая картина сезонной динамики характеризуется большой ДН в весенне-летний период и малой – в осенне-зимний. При этом, максимальные значения характерны для летней выборки, а минимальные – для зимней.

Итак, в ходе проведённых исследований выяснилось, что максимальные значения ДГ наблюдаются летом, а минимальные – в начале года (весной) или в конце года (зимой). Весной и осенью в популяции преобладают рачки с высокой ДФН, летом и осенью – с низкой или промежуточной ДФН. *Epischura* характеризуется большими значениями ДН в весенне-летний период и малыми – в осенне-зимний.

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ СООБЩЕСТВ ПОГРУЖЁННЫХ ГИДРОФИТОВ НЕВСКОЙ ГУБЫ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

Л.В. Жакова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

В ходе исследований 2001–2009 гг. выявлены изменения состава, продуктивности и распространения водной и воздушно-водной растительности в Невской губе, происходящие в результате эвтрофикации и повышения мутности воды. Эвтрофирование вызывает ускорение естественных сукцессионных процессов, которые в сочетании с наносами песка и долговременными понижениями уровня воды в весенне-летний период ведут к заболачиванию и смене сообществ водных растений на воздушно-водные. От мутности также больше всего страдают заросли погружённых водных растений, так как их фотосинтетическая активность напрямую связана с прозрачностью воды.

В Невской губе многочисленные сообщества из группы формаций погружённой растительности *Aquiherbosa immersa* развиваются на глубинах до 0.6 м на открытых пространствах воды среди разреженных мозаичных зарослей гелофитов, гигрогелофитов и гигрофитов под прикрытием тростников и камышей. Кроме того, погружённые гидрофиты входят в состав пояса фитобентоса, который формируется вдоль песчаных или каменисто-песчаных пляжей и зарослей тростника. В этом поясе доминирует зелёная нитчатая водоросль *Cladophora glomerata*, но на глубинах от 0.3 до 1.4 м встречаются пятна зарослей сообществ водных сосудистых растений из формации *Potamogetoneta perfoliati*.

Анализ литературы и собственных данных подтвердил связь изменений видового состава высшей водной растительности и структуры водных сообществ с проведением различных работ в акватории губы. Высокая мутность воды в 2005–2006 гг. и осаждение взвеси в 2007–2008 гг. вызвали деградацию многих сообществ погружённых гидрофитов. На северном берегу Невской губы больше всего пострадала формация рдеста пронзеннолистного (*Potamogetoneta perfoliati*). Бордюрный пояс *P. perfoliatus*, расположенный вдоль большого массива гелофитов (плавни Лисьего Носа) полностью исчез, а в других сообществах этот вид с 2006 года встречается только единично. Повышение трофности привело к обильному разрастанию кладофоры и к гипоксии в придонных слоях, что также создало условия, малопригодные для развития рдестов и другой высшей водной растительности.

Изменения также прослежены в широко распространенных сообществах, образуемых урутью колосистой (*Myriophyllum spicatum*) с содоминантами, наблюдения за которыми производились с 2001 по 2008 гг. на северном и южном берегах Невской губы на площадках с разной степенью рекреационной, биогенной и техногенной нагрузки. Так, например, на пробных площадках в районе ст. Морская при обследовании в 2001–2002 гг. присутствовало 12 видов; плотность зарослей достигала 100%, доминировали *Ceratophyllum demersum* и *M. spicatum*, сухая фитомасса доходила до 358 г/м^2. В момент максимального загрязнения летом 2006 года повсеместно сократилось количество видов на площадках (до 2–5) и их фитомасса. Из некоторых биотопов полностью исчезли мелколистные виды *M. spicatum*, *C. demersum*, *Utricularia vulgaris* и *Potamogeton perfoliatus*. В 2007 г. в районе ст. Морская остались отдельные редко расположенные пятна зарослей погружённой растительности с максимальной фитомассой 135 г/м^2. В 2008 г. освободившиеся пространства стали обильно зарастать осоками, тростниками, стрелолистом, водными листостебельными мхами, харовыми водорослями и элодеей канадской; фитомасса на площадках поднялась до 890 г/м^2. В зарослях чаще стали встречаться рдесты (*P. natans*, *P. gramineus*, *P. crispus*), в массе появились колонии синезелёной водоросли *Nostoc pruniforme*.

Многолетние наблюдения за продуктивностью и составом сообществ погруженных гидрофитов позволяют предложить в качестве видов-индикаторов изменений уровня и характера антропогенной нагрузки такие широко распространённые, легко узнаваемые и собираемые виды, как *P. perfoliatus*, *M. spicatum*, *C. demersum* и *Elodea canadensis*.

РЕЖИМ ФОСФОРА В НАРОЧАНСКИХ ОЗЕРАХ: МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА И ФАКТОРЫ, ЕЕ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ

Т.В. Жукова

УНЦ «Нарочанская биологическая станция им. Г.Г. Винберга» Белорусского государственного университета, пос. Нарочь, Беларусь

Наблюдения за режимом фосфора в Нарочанских озёрах проводятся с 1978 года. За это время озёра претерпели существенные изменения, со сменой антропогенного эвтрофирования на деэвтрофирование в результате существенного сокращения внешней биогенной нагрузки в 1980-х годах и со стимуляцией процессов бентификации вследствие вселения моллюска *Dreissena polymorpha* Pallas в 1990-е годы.

В 1970-е годы трофический статус озёр характеризовался как высокоэвтрофный (Баторино), слабоэвтрофный (Мястро) и мезотрофный (Нарочь). Начиная с конца 80-х годов трофический статус всех трёх водоемов, составляющих единую экосистему, заметно снизился. Концентрация общего фосфора в период эвтрофирования составляла соответственно 0.091 ± 0.012, 0.060 ± 0.012 и 0.033 ± 0.007 мг Р/л, в период перестройки – 0.068 ± 0.020, 0.050 ± 0.012 и 0.025 ± 0.014 мг Р/л, а в период стабилизации – 0.038 ± 0.006, 0.034 ± 0.004 и 0.016 ± 0.002 мг Р/л.

Важнейшим фактором, остановившим процесс эвтрофирования, стал комплекс природоохранных мер на водосборной территории, позволивший снизить внешнюю фосфорную нагрузку примерно на 1/3 (с 9.2–28.9 до 4.8–10.3 т Р/год), при этом наиболее сильные изменения претерпел частный водосбор верхнего в цепочке озера Баторино.

Вторым важным фактором явилось вселение дрейссены в конце 80-х годов. В отличие от деэвтрофирования, обусловленного снижением внешней нагрузки, здесь происходило перераспределение потоков веществ между водной толщей и придонным экотоном. В период стабилизации популяции (середина 90-х годов) численность моллюсков в озерах Баторино, Мястро и Нарочь составляла соответственно 262, 645 и 1521 экз./м^2, а биомасса – 100.1, 288.0 и 107.3 г/м^2. Процессы бентификации оказались наиболее выраженными в оз. Мястро. Здесь в биомассе дрейссены аккумулировалось 36.7% фосфора от его запаса в воде в 1978–1990 гг. против 14.2 и 15.5% в озёрах Баторино и Нарочь. Скорость осаждения взвеси в озёрах Баторино, Мястро и Нарочь составила соответственно 797, 771 и 164 г/м^2 за сезон, что обусловило оборачиваемость взвеси 16, 24 и 10 сезон$^{-1}$. Вклад дрейссены в аэробную деструкцию составил соответственно 7, 23 и 25% от деструкции планктона в летнее время. Экскреция фосфатов оценена в 0.123, 0.330 и 0.285 г Р/м^2 за сезон, что сопоставимо с внешней нагрузкой (соответственно 0.22–0.76, 0.10–0.30 и 0.03–0.08 г Р/м^2 в год).

В наблюдаемых изменениях режима фосфора общим для всех трёх озёр является снижение запаса соединений фосфора в воде и ускорение его круговорота за счёт вида-вселенца. Однако имеются и отличия, особенно в оз. Мястро. Различаются абсолютные величины и динамика C:N:P-соотношения. При близкой динамике отношений C:N (в среднем для вегетационного сезона в озёрах Баторино, Мястро и Нарочь это отношение равно 8.5, 7.2 и 6.5) и N:P (соответственно, 27, 26 и 43), отношение C:P (средние величины 310, 251 и 346) в оз. Мястро в последние годы изменилось более, чем в двух других озёрах. В последние годы наблюдается сближение концентраций общего фосфора в воде озёр Мястро и Баторино (хотя по продукционным показателям эти озёра, несмотря на снижение трофического уровня, по-прежнему значительно различаются между собой). Концентрация фосфатов в воде Нарочанских озёр практически всегда находилась на пределе чувствительности определения (ниже 0.005 мг Р/л). И только в воде оз. Мястро, начиная с 1988 года, в конце вегетационного сезона регистрируются концентрации до 0.010–0.030 мг Р/л, т.е. фосфор перестаёт быть элементом, лимитирующим первичную продукцию.

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГРУПП ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS* В АДАПТАЦИИ К КАДМИЮ

А.Ф. Жуковская, **Н.Н. Бельчева**, **В.П. Челомин**

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

Исследованы возрастные особенности функционирования биохимической системы адаптации к кадмию у морского двустворчатого моллюска приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*.

Результаты работы показали, что способность к аккумуляции кадмия ($CdCl_2$ 300 мкг/л, 5 дней) тесно связана с возрастом приморского гребешка. Так для двухгодовалых особей субклеточное фракционирование пищеварительной железы позволило обнаружить, что в водорастворимой фракции клетки локализовано 5 мкг кадмия, что характерно для контрольных особей, и 30 мкг – для экспериментальных особей *M. yessoensis*. У пятилетних особей приморского гребешка в водорастворимой фракции сосредоточено до 80 мкг кадмия. При аккумуляции кадмия у пятилетних особей количество кадмия в цитозольной фракции клетки достигало 100 мкг.

Нами было обнаружено, что у контрольных особей на долю термостабильных, устойчивых к органическим растворителям кадмий-связывающих белков приходится 0.2 мкг кадмия (4% от кадмия, обнаруженного в цитоплазматической фракции клетки), а у особей, испытывающих нагрузку кадмием, 2 мкг кадмия (7%). Однако, у пятилетних особей приморского гребешка на долю фракции, обогащённой кадмий-связывающими белками, приходится 25 мкг кадмия, что составляет около 30–40% от всего кадмия, обнаруженного в цитоплазматической фракции клетки. Интересно, что такое распределение характерно как для контрольных, так и для аккумулировавших кадмий особей *M. yessoensis.*

Разделение кадмий-связывающих белков гель-хроматографией (FPLC, Superosa 6) показало, что в пищеварительной железе *M. yessoensis* присутствуют два кадмий-связывающих белка с молекулярной массой в области 72 и 43 кДа. При этом, у двухгодовалых особей приморского гребешка основное участие в связывании кадмия принимает белок 72 кДа, который иммобилизует в 14 раз больше кадмия в условиях повышенного содержания металла в среде. У пятилетних особей приморского гребешка кадмий связывается с двумя обнаруженными белками.

Основываясь на результатах данного исследования, можно сделать вывод о том, что у приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* хорошо развиты механизмы адаптации к кадмию. Возрастные особенности биохимического аппарата адаптации исследуемого представителя двустворчатых моллюсков определяются синтезом высокомолекулярных МТ-подобных белков, которые, по нашему мнению, обеспечивают повышенную устойчивость приморского гребешка к высоким концентрациям токсичного кадмия в окружающей среде. Для понимания особенностей механизмов детоксикации и депурации кадмия *M. yessoensis* необходимо дальнейшее выяснение функций обнаруженных кадмий-связывающих белков.

ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИДА-ВСЕЛЕНЦА *VALLISNERIA SPIRALIS* L. В ВОДОЁМЕ-ОХЛАДИТЕЛЕ БЕЛОВСКОЙ ГРЭС (КЕМЕРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Е.Ю. Зарубина, **М.И. Соколова**

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

Проблема биологических инвазий чужеродных видов в последние 50 лет стала одной из ключевых в исследованиях водных экосистем (Павлов, Дгебуадзе, 2008). Для оценки степени трансформированности водных экосистем при проникновении в них чужеродных видов необходимо изучение видов-вселенцев в новых для них местообитаниях (Курашов, Барбашова, 2009).

Валлиснерия спиральная (*Vallisneria spiralis*) – один из видов-вселенцев, в настоящее время она довольно часто отмечается в водоемах-охладителях Сибири, Зауралья и Европы (Журавель, 1974; Волобаев, 1989; Протасов, Здановски, 2001). Это растение относится к группе термофильных евросубтропических видов. Ареал валлиснерии значительно расширился в связи с распространением на участках водоемов-охладителей, подверженных влиянию теплых сбросных вод.

Вселение валлиснерии в Беловское водохранилище, созданное в 1964 г. зарегулированием стока р. Иня у г. Белово Кемеровской области, произошло, вероятно, ещё в первое десятилетие его существования. Так, если ещё в 1972 г. В.М. Катанской (1979) валлиснерия не была обнаружена, то уже в 1978–1979 гг. В.В. Кириллов с соавторами (1983) отмечают её массовое развитие в сбросном канале – зоне максимального подогрева воды.

В 2002–2008 гг. валлиснерия была отмечена не только в сбросном канале, но и на отдельных участках водохранилища в зоне умеренного подогрева, где она образует моновидовые сообщества или заросли с примесью *Ceratophyllum demersum* L., *Potamogeton crispus* L. и *Lemna minor* L., при проективном покрытии 80–95%.

Температура воды для валлиснерии является наиболее значимым экологическим фактором (Korschgen, Green, 1988). В подогреваемых водоёмах в летний период температурный оптимум для неё находится в пределах 22–25ºС (Hutorowicz, Hutorowicz, 2008). Валлиснерия, как и другие термофильные элементы биогидроценозов, может быть перспективным индикатором термического загрязнения водоёмов (Безносов, Суздалева, 2001).

В сбросном канале Беловского водохранилища валлиснерия существует при температуре воды в августе 24–29ºС. В 1978–1979 гг. (Кириллов и др., 1983) и в 2002 г. валлиснерия была отмечена в сбросном канале только в 1.5–2.0 км ниже истока, где она образовывала полосы шириной до 1 м вдоль берегов вплоть до устья. В 2006 и 2008 гг. валлиснерия обнаружена и непосредственно в истоке сбросного канала – в месте максимального подогрева вод, и ниже по всему каналу вдоль берегов, образуя заросли шириной до 3–5 м.

Возросла и продуктивность сообществ. Средние значения фитомассы валлиснерии в августе 2008 г. составляли 744 ± 405.9 г/м^2 в абсолютно-сухом весе, что значительно превышало эти же показатели в 1978 г. (98.5 ± 68.5 г/м^2).

Значительные колебания биомассы валлиснерии наблюдаются в течение вегетационного сезона. Максимальные значения отмечены в октябре (264–560 г/м^2 в абсолютно-сухом весе), минимальные – в апреле (148–248 г/м^2); в эти периоды наблюдается цветение валлиснерии.

Таким образом, валлиснерия спиральная проходит в водохранилище все стадии развития, цветёт два раза в год (апрель и октябрь) и создаёт высокую биомассу, а, следовательно, приспособилась к специфическим для водоема-охладителя термическим условиям. Несмотря на то, что некоторые эвритермные аборигенные виды встречаются как сопутствующие в её сообществах, валлиснерия, вероятно, не составляет им конкуренции из-за высокой термической нагрузки на данном участке водохранилища. Вселение этого вида в водоём-охладитель связано с комплексом благоприятных факторов, основным из которых является повышенная температура. Однако валлиснерию, по мнению В.М. Катанской (1979), следует рассматривать не только как теплолюбивую, но и как синантропную форму.

УРОВЕНЬ НАКОПЛЕНИЯ И РОЛЬ МОЛЛЮСКОВ В БИОГЕННОЙ МИГРАЦИИ МЕТАЛЛОВ В ЭКОСИСТЕМЕ РЕКИ ДНЕСТР

Е.И.Зубкова[1], **И.К. Тодераш**[1], **С.А. Остроумов**[2], **Л.И. Билецки**[1], **Н.И. Багрин**[1], **Н.И. Бородин**[1]

[1] *Институт зоологии АН Молдовы, г. Кишинэу, Молдова*
[2] *Московский государственный университет, г. Москва, Россия*

Исследовано накопление микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Al, Ti, Mo, V, Ni, Pb, Cd, Ag) в 12 видах моллюсков: *Dreissena polymorpha*, *Sphaeriastrum rivicola*, *Sphaerium corneum*, *Hypanis pontica*, *Unio pictorum* и *Anodonta piscinalis* из Bivalvia, *Theodoxus fluviatilis*, *Lithoglyphus naticoides*, *Bithynia tentaculata*, *Lymnaea peregra*, *Planorbarius corneus* и *Viviparus viviparus* из Gastropoda.

Диапазон колебаний концентраций металлов в моллюсках в экосистемах реки Днестр достаточно велик и обусловлен как природными условиями среды обитания и биологической значимостью микроэлементов, так и видовыми и возрастными особенностями гидробионтов. Максимальные величины отмечены в Днестре ниже крупных городов, в притоках Днестра, в Кучурганском водоёме-охладителе Молдавской ГРЭС, а минимальные – в Дубэсарском водохранилище. К примеру, в моллюсках, отобранных в р. Бык выше г. Кишинеу, концентрации Pb, Ni, Cu, Zn, Cd и Ag в 3–8 раз ниже, чем в черте города, что отражает динамику металлов в воде и илах речки ($r > 0.87$) .

Для оценки влияния среды обитания на уровень накопления металлов проведена серия аквариумных экспериментов с *Dreissena polymorpha*. Установлена функциональная зависимость уровня накопления металлов от их содержания в воде. При этом концентрация микроэлементов в раковине моллюсков находится в более тесной корреляции с содержанием их в воде ($r > 0.98$), чем таковая в мягких тканях моллюсков ($r = 0.84–0.98$). Вероятно, в раковинах превалируют физико-химические процессы накопления над биологическими, а в мягких тканях аккумуляция микроэлементов в большей степени регулируется биологической потребностью в них, и это указывает на наличие у моллюсков выраженного гомеостаза.

Содержание микроэлементов в мягких тканях моллюсков – как в сухом, так и в сыром веществе – всегда выше, чем у других беспозвоночных зообентоса. Так, соотношение концентраций металлов (мкг/г), кроме стронция (у всех видов) и титана (у *Unio pictorum*), в мягких тканях моллюсков составляет более 60% по отношению к таковым в раковинах. Абсолютное содержание микроэлементов (мкг/экз.) в мягких тканях у *Viviparus viviparus* составляет лишь 17–40%, у *Unio pictorum* – 8–42% (Ni > 70%), у *Anodonta piscinalis* – 22–48% (Ni и Cu > 50%), у *Sphaerium corneum* – 18–43% (Pb, Ni и Cu – 63–90%).

На примере Unionidae было установлено, что в мышцах тела и ноги моллюсков содержание всех микроэлементов минимально, а наибольшие концентрации зарегистрированы в жабрах (Mn, Co, Ni, Zn) и в мантии (Al, Pb, Ti, Mo, V, Cu, Cd). Значения концентраций Co, Mn, Zn, Mo и Cu в яйцах моллюсков оказались выше, чем в мягких тканях тела, содержание Ni, Ti, Al и V – ниже, а содержание Pb и Cd – близко к аналитическому нулю. Возможно, существует некий механизма регуляции, защищающий развивающиеся яйца животных от неблагоприятных воздействий металлов.

Установлены параметры функциональной зависимости уровня накопления микроэлементов в донных беспозвоночных от массы их тела. Исследования показали, что в большинстве случаев с увеличением массы тела гидробионтов относительное содержание (мкг/г) падает, а абсолютное (мкг/экз.) растёт.

Мы признательны Высшему Совету по Науке и Инновационным Технологиям Молдовы (проект 07.407.26 INDA) и РФФИ (проект 06.26 CRF) за финансовую поддержку при выполнении части работ.

МАКРОФИТЫ В ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ МАЛЫХ РЕК

Н.В. Зуева

Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Цель настоящей работы состояла в том, чтобы разработать методику оценки качества воды малых рек по структурным параметрам сообществ макрофитов на примере водотоков Ленинградской области и Санкт-Петербурга.

Основой для работы послужили пробы, собранные на 16 реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга. Исследования проводились на реках в июле – начале августа по общепринятым гидробиологическим методикам. Всего было обследовано 34 станции. Для комплексной оценки качества вод по гидрохимическим характеристикам был рассчитан индекс загрязнённости воды.

Для применения характеристик растительного покрова в оценке качества вод малых рек использовался балльно-индексный метод. При этом использовались характеристики, выделенные как наиболее показательные, при совместном анализе гидрохимических и гидробиологических данных: индекс разнообразия Шеннона всей флоры ($H_{в.ф}$), число видов гидрофитов ($N_г$) и суммарное обилие макрофитов (СумОб). Значения перечисленных характеристик, которые были признаны нами нормой для водотоков Ленинградской области, отнесены к 3-му классу качества вод. Классификация качества вод для малых рек Санкт-Петербурга и области представлена в таблице.

Для каждой конкретной станции на водотоке мы располагаем данными о $H_{в.ф}$, $N_г$ и СумОб. Последовательно определяем, какому баллу соответствует каждая характеристика. Затем суммируем 3 полученных балла и получаем индекс Sm. По значению Sm выделяются следующие 4 класса качества воды: 1) “очень грязная” – с суммой индексов от 3 до 4; 2) “грязная” – от 5 до 7; 3) “умеренно загрязнённая” – 8–10; 4) “чистая” – от 11 до 12. Пятый класс (“очень чистая”) не выделен сознательно, так как все исследованные реки характеризуются нарушением химического состава вод.

Разработанный метод оценки качества воды дает результаты, сходные с традиционными гидробиологическими методами (коэффициент корреляции Sm с индексом Вудивисса 0.81, а с индексом сапробности Пантле–Букка в модификации Сладечека 0.78) и может использоваться для определения качества вод на малых реках Ленинградской области и Санкт-Петербурга. После предварительного уточнения характерных значений структурных параметров сообществ макрофитов, используемых при расчётах, предложенная методика может использоваться на водотоках всего Северо-Западного региона.

В связи с тем, что существуют особенности реакций разных групп организмов на различные воздействия, используя предложенную методику совместно с характеристиками макрозообентоса, можно получить более объективную оценку качества среды. Кроме того, она может использоваться самостоятельно.

Таблица. Классификация качества воды малых рек по структурным характеристикам макрофитов.

Характеристика	Баллы			
	1	**2**	**3**	**4**
$H_{в.ф}$, бит/экз.	< 2	2–4	4–5	≥ 5
$N_г$, шт.	0	1	2	≥ 3
СумОб	< 30	30–40	40–50	≥ 50

РОСТ, ЕСТЕСТВЕННАЯ СМЕРТНОСТЬ, БАЛАНС ЭНЕРГИИ, ПИЩЕВЫЕ ПОТРЕБНОСТИ И ПРОДУКЦИЯ БЕЛУГИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Л.А. Зыков

Астраханский филиал Казахского института экологического мониторинга, г. Астрахань, Россия

Численность и уловы белуги в Каспийском море в настоящее время находятся на критически низком историческом уровне, и её запасы могут быть восстановлены только за счёт искусственного воспроизводства. Исследования проводились в рамках проблемы оценки масштабов искусственного воспроизводства каспийских осетровых, обеспечивающих формирование их запасов в соответствии с продукцией кормовой базы (Зыков, 2008). Индивидуальные годовые пищевые потребности белуги рассчитывали на основе уравнения баланса энергии (Винберг, 1956, 1979; Мельничук, 1975, 1986; Алимов, 1986) общепринятыми методами. Групповые пищевые потребности белуги определены для условной популяции, образующейся от 1 млн. особей выращиваемой на заводах молоди (Зыков, 2005). Коэффициенты естественной смертности (элиминации) поколений v_{m_t} в возрасте *t* рассчитывали по уравнению $v_{m_t} = 1 - At^k(T^k - t^k)$ (1), описывающему изменение значений в течение жизненного цикла (Зыков, 1986, 2005). Значения константы *A*, *k*, T^k уравнения естественной смертности определяются исходя из характеристик полового созревания и значений констант уравнений линейно-весового роста рыб степенного типа (Шмальгаузен, 1935; Зыков, 2005). В отличие от других подходов, модель (1) обеспечивает балансовое равенство Бойсен-Йенсена (Винберг, 1979) между валовым годовым приростом биомассы популяции и биомассой особей, погибающих в течение года от действия естественных причин.

Выполненные расчёты показали, что при многолетнем ежегодном выпуске в реку 1 млн. экз. заводской молоди, периодичности нереста производителей 1 раз в 4 года и промысловом изъятии нерестового стада 50%, в море образуется популяция белуги общей численностью 2.054 млн. экз. и биомассой 8.727 тыс. т. При этом, основу биомассы популяции составляют поколения «средних» возрастов, близкие к возрасту полового созревания. Годовой валовый прирост (продукция) ихтиомассы условной популяции составляет 2.812 тыс. т и в течение года расходуется на гибель особей от действия естественных причин (2.396 тыс. т) и на годовой улов (0.416 тыс. т). P/B-коэффициент популяции при этом остаётся близким к 0.322. Проведённые исследования показали, что между годовым рационом *C*, массой тела *W* и возрастом белуги *t* сохраняются соотношения: $C = 24.19w^{0.8098}$; $C = 17.7t^{1.1962}$ (кг). Из этих уравнений следует, что по мере увеличения массы тела относительное потребление белугой корма понижается. В соответствии с этими уравнениями, одна «средняя» особь белуги в возрасте 5 лет с массой тела 7.45 кг в течение года потребляет 121.2 кг рыбного корма (16.2 кг на 1 кг массы). Белуга в возрасте 60 лет с массой тела 300.2 кг потребляет 2380.1 кг кормов (7.9 кг на 1 кг массы). В целом, искусственно сформированная популяция белуги общей биомассой 8.73 тыс. т в течение года утилизирует 122.6 тыс. т сырого корма (14.0 кг на 1 кг массы), 75% которого приходится на рацион неполовозрелых особей. Расчёты показали, что самое большое количество корма (7.2–7.5 тыс. т) потребляют молодые поколения белуги в возрасте 2–4 года. Наибольшая часть годового рациона (77.5%) расходуется белугой на энергетический обмен: $R = 18.47w^{0.81}$ (кг). Кормовой коэффициент популяции белуги составляет в среднем 43.6 и с возрастом увеличивается от 15.2 у годовиков до 318.5 у 60–летних особей. Зная годовые пищевые потребности условной популяции, образующейся от 1 млн. особей выращиваемой на заводах молоди, несложно рассчитать объёмы искусственного воспроизводства, при которых пищевые потребности реально сформированной популяции соответствуют продукции кормовой базы, используемой белугой.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА РЕКИ ХИЛОК БАЙКАЛЬСКОГО БАССЕЙНА

Е.Х. Зыкова, **Г.Г. Иванова**

Читинский государственный университет, г. Чита, Россия

В настоящее время всё более актуальными вопросами становятся фундаментальные исследования и мониторинговые наблюдения водотоков Байкальского бассейна. Река Хилок является одним из крупнейших притоков реки Селенги Байкальского бассейна. Исследования р. Хилок проведены на территории Забайкальского края, по длине реки на протяжении 500 км в мае–сентябре 1999–2004 и 2006 гг.

В планктофауне р. Хилок идентифицировано 110 видов, относящихся к 60 родам из 27 семейств. Основу видового разнообразия зоопланктона составляли коловратки (61 вид). Коловратки представлены 7 отрядами (по Маркевичу, 1990, 1993) – Septiramida, Antrorsiramida, Saltiramida, Transversiramida, Protoramida, Paedotrochida и Bdelloida, и 19 семействами. Наибольшим количеством видов представлены семейства Brachionidae (7), Trichocercidae (5) и Euchlanidae (5).

Ветвистоусые рачки представлены 34 видами из 7 семейств, принадлежащих 2 отрядам – Daphniiformes и Polyphemiformes. Наиболее многочисленным было семейство Chydoridae (19 видов). Веслоногие ракообразные (15 видов) принадлежали подотрядам Cyclopoida и Harpacticoida. Наиболее богатым в видовом отношении был род *Eucyclops* (4). В зоопланктоне наиболее богато представлены обитатели прибрежья и прибрежно-бентические виды (70% общего состава); число истинно планктонных и эвритопных видов было меньше (по 15%). По отношению к температуре большинство отмеченных видов (86%) относятся к эвритермным. Стенотермно-холодноводные виды составили 12%, стенотермно-тепловодные – 2%.

С учётом межгодовой динамики, к структурообразующим видам в сообществе относятся 14–25 видов. Это *Trichocerca longiseta* (Schrank), *Asplanchna priodonta* Gosse, *Lecane luna* (Müller), *Proales* sp., *Trichotria truncata* (Whitelegge), *T. tetractis* (Ehrenberg), *Euchlanis dilatata* Ehrenberg, *E. deflexa* Gosse, *Notholca acuminata* (Ehrenberg), *Testudinella patina* (Hermann), *Dissotrocha aculeata* (Ehrenberg), *Bosmina longirostris* Müller, *Acroperus harpae* (Baird), *Alona rectangula* Sars, *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller), *Disparalona rostrata* (Koch), *Eucyclops serrulatus* (Fischer), *E. macruroides* Lilljeborg, *Diacyclops bicuspidatus* Claus, *Macrocyclops albidus* (Jurine). Такое постоянство видов позволяет говорить о том, что зоопланктонное сообщество р. Хилок является относительно устойчивым.

Анализ данных по видовому богатству планктофауны р. Хилок (Зыкова, Иванова, 2003–2009) и других рек Забайкалья, по публикациям Ф.Ф. Позднуховой (1964) и Н.А. Добрыниной (1996–1998), показал, что по количеству видов коловраток р. Хилок ближе к рекам Селенга Байкальского бассейна (64 вида), Шилка (67) и Ингода (61) Верхнеамурского бассейна. Сопоставление с реками Сибири выявило, что число видов коловраток в р. Хилок ближе к р. Енисей (67) (Шевелева, 1985; и др.) и больше, чем в таких крупных реках, как Лена (28) (Соколова, 1987), Ангара (10) (Васильева, 1956), Обь (49) (Новикова, 1973–1979 и др.), Чулым (49), Кеть (45), Васюган (33), Тым (52) (Новикова, 1971–1980). Сравнение с зоопланктоном Среднего и Нижнего Амура (Бородицкая и др., 2003) выявило сходство по общему количеству видов (93), по количеству видов коловраток (56), кладоцер (20) и копепод (17), и по видовому составу идентифицированных организмов.

Таким образом, зоопланктон р. Хилок на территории Забайкальского края характеризуется значительным видовым богатством. Планктофауна представлена видами, имеющими всесветное (42%), голарктическое (22%), палеарктическое (26%) и бореальное (10%) географическое распространение. Структура сообщества формируется главным образом представителями зарослево-прибрежных и прибрежно-бентических видов. Сообщество зоопланктона р. Хилок имеет определённое сходство как с реками Забайкальского края, так и с некоторыми реками Сибири и Дальнего Востока.

ЕДИНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ВИДОВ-ИНТРОДУЦЕНТОВ СЕВЕРНОЙ ПАЦИФИКИ: РОССИЙСКИЕ ВОДЫ ЯПОНСКОГО МОРЯ

В.В. Ивин, **А.Ю. Звягинцев**

Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В 2005 г. в рамках Северо-тихоокеанской морской научной организации PICES (North Pacific Marine Science Organization) была создана рабочая группа WG-21: Non-indigenous Aquatic Species. Одной из задач группы является создание единой электронной базы данных NISIS (Nonindigenous Species Information System), обобщающей информацию о видах-вселенцах в странах северной Пацифики: Канады, Китая, России, США, Южной Кореи и Японии (www.pices.int/members/working_groups/wg21.aspx). Первое обсуждение проекта такой базы состоялось на заседании рабочей группы WG-21 в рамках 16-го ежегодного Совещания PICES в г. Виктория (Канада) в октябре 2007 г. На этом заседании все работы по созданию оболочки NISIS взяла на себя группа ученых из г. Ньюпорт, США. На заседании WG-21 в г. Пусан (Южная Корея) в марте 2008 г. была представлена первая версия оболочки NISIS, построенная на основе программы Microsoft Access (версия 2003 и выше). База данных NISIS включает возможность стандартизированного ввода и последующего поиска разнообразной информации по биологии, экологии и распространению видов, встречающихся в северной Пацифике. Ввод информации в NISIS будет проводиться в каждой из стран участников PICES отдельно, а затем национальные NISIS будут объединяться в единую базу данных коллективом разработчиков в США. В перспективе планируется создание открытого сайта с обобщённой базой NISIS в Интернете, где будет возможно проведение поиска и получение всей опубликованной и обработанной информации о видах-вселенцах северной Пацифики. Первый вариант такого сайта с объединённой базой данных NISIS представлен на 17-м ежегодном собрании PICES в г. Далянь (Китай) в октябре 2008 г. На этом сайте был представлен список видов-интродуцентов в северо-западной части Японского моря с краткой информацией о месте нахождения и происхождении этих видов. Данный аннотированный список включает более подробную информацию о каждом из видов, и кроме того, он дополнен новыми видами, обнаруженными в 2009 г.

Основателями единой электронной базы данных используется несколько упрощённая классификация видов-интродуцентов на разных стадиях акклиматизации. Эта схема предусматривает выявление всех вариантов видов сомнительного происхождения во избежание критики оппонентов, подвергающих сомнению статус вида-вселенца. Ниже перечислены основные признаки вселенцев по классификации единой электронной базы NISES:

1. Вид-абориген – вид с экологической и эволюционной историей в регионе, образовавшийся в данном регионе или занесённый в регион естественными механизмами расселения.

2. Неместный вид – вид без экологического и эволюционного происхождения в данном регионе или перенесённый в регион посредством деятельности человека.

3. Вид неизвестного происхождения – вид, который не может быть окончательно классифицирован как абориген или неместный, или из-за неопределённости вектора расселения, или из-за невозможности идентификации близких видов.

4. Вид с происхождением переходного типа – вид с временным нахождением вне его естественного ареала из-за необычных климатических условий или периодических заносов.

5. Вид, не поддающийся идентификации.

В работе приводится аннотированный список, насчитывающий 58 чужеродных видов, зарегистрированных в северо-западной части Японского моря и включённых в базу данных NISIS.

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА СЕНЕЖ (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Э.И. Извекова, **А.В. Гончаров**, **М.И. Сахарова**

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Сенеж – мелководный водоём (средняя глубина – 3.7 м, максимальная – 6 м) площадью 900 га, расположенный на северо-западе Подмосковья в бассейне Верхней Волги. Традиционно его называют озером, хотя фактически это водохранилище. Некоторые особенности этого водоёма действительно сближают его с озёрами: малая проточность (коэффициент водообмена 0.43) и незначительные сезонные колебания уровня (обычно не более 0.5 м). Летняя стратификация отсутствует, так как вследствие небольшой глубины водная масса перемешивается до дна. В последние годы даже зимой не бывает заморов. Основным продуцентом являются макрофиты, занимающие в настоящее время около трети дна водоёма. Погруженная растительность (доминирует роголистник) распространена до глубины 3 м.

Сенеж испытывает высокую антропогенную нагрузку. Потенциальными загрязнителями водоёма являются промышленные предприятия и ведомства, занимающие до 75% побережья, а также сельскохозяйственные угодья. На западном берегу озера находится г. Солнечногорск, который подходит почти к урезу воды. По всему периметру озеро окружают многочисленные поселки, садовые участки, рекреационные учреждения. На водосборе озера, в верховьях его притока речки Мазихи, расположен полигон твердых бытовых отходов г. Москвы – Хметьевская свалка.

Первые достаточно полные гидробиологические исследования озера были выполнены в начале 1920-х годов, а наши комплексные обследования были проведены в 1992 и 2006 гг. Выяснилось, что, несмотря на очень высокую антропогенную нагрузку, озеро многие годы продолжает сохранять статус мезотрофного водоёма со средней прозрачностью воды более 2 м. На качество воды в озере положительно влияет развитие подводных зарослей и их богатое и разнообразное население, в том числе моллюск дрейссена, который появился в озере в конце 1980-х годов и теперь поселяется на всех твердых субстратах – бетонных облицовках, сваях, брёвнах и даже на пустых и живых раковинах крупных моллюсков. Пробы зообентоса в озере Сенеж были собраны 15 августа 2006 г. на 7 станциях, равномерно распределённых по акватории. Подобная съемка была проведена нами на озере Сенеж и в 1992 году.

По сравнению с 1992 г. численность донного населения в 2006 г. уменьшилась. Она колебалась от 0.88 до 11.04 тыс. экз./м^2, а в 1992 г. – от 1.68 до 17.84 тыс. экз./м^2. Биомасса, напротив, увеличилась за счёт хирономид, пиявок и брюхоногих моллюсков. Биомасса (без учета дрейссены) колебалась от 2.54 до 41.34 г/м^2 (среднее – 20.46 г/м^2), в то время как в 1992 г. она составляла от 1.11 до 32.08 г/м^2 (среднее – 12.94 г/м^2). Таксономических групп зообентоса при съемке в 2006 г. было обнаружено значительно меньше, чем летом 1992 г. (не было ракообразных и личинок ручейников, подёнок, стрекоз). Хирономид в 2006 г. было всего 14 видов, в то время как в 1992 г. был отмечен 31 вид. Скорее всего, это можно объяснить двумя причинами: во-первых, в 2006 г. было взято больше проб в открытой воде, а не в зарослях, где фауна разнообразнее, а во-вторых – в 2006 г. пропала хара, которая в 1992 г. указывалась в числе доминантов в составе погруженной растительности. Олигохеты семейства Tubificidae, питающиеся захороненным органическим веществом, в обеих съёмках были малочисленны на всех станциях. Это говорит о том, что, несмотря на большое количество макрофитов в озере, органическое вещество не скапливается на дне, а быстро перерабатывается.

РОЛЬ ВОДОРОСЛЕЙ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ЗООТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

М.Д. Иким[1], **К.А. Мелничук**[2]

[1] *Акционерное общество «БИОИНГ» – Институт биоинженерии, биотехнологии и охраны окружающей среды, г. Бухарест, Румыния*
[2] *Институт зоологии АН Молдовы, г. Кишинэу, Молдова*

В работе приведены результаты культивирования шести видов водорослей (*Synechocystis salina*, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus vulgaris*, *Scenedesmus quadricauda*, *Rhizoclonium hieroglyphicum*, *Cladophora fracta*) в лабораторных и частично в естественных условиях. Водоросли культивировались на средах, содержащих различные концентрации сточных вод из комплексов по выращиванию кур-несушек, свиней и крупного рогатого скота. Установлено, что все виды водорослей, исследованных в наших опытах, хорошо развиваются на средах с различными дозами сточных вод, но все они наиболее интенсивно развиваются при концентрациях сточных вод от 10 до 20%. Более высокие концентрации сточных вод заметно снижают интенсивность развития водорослей, и при концентрациях сточных вод в 50% водоросли погибают.

Доказано, что водоросли ассимилируют до 96–98% азота и примерно столько же фосфора из сточных вод, способствуя интенсификации процессов их биологической очистки. Установлено также, что применение в качестве добавки к корму животных, включая птиц, незначительных доз водорослей, выращенных на средах со сточными водами, значительно повышает продуктивность животных и существенно улучшает качество полученной продукции.

В результате проведённых опытов установлено, что биомасса водорослей, выращенных на средах с добавлением сточных водах из животноводческих комплексов по качеству не уступает биомассе водорослей, выращенных на минеральных средах, однако стоимость её во много раз ниже.

ВЕРХОВКА *LEUCASPIUS DELINEATUS* (HECKEL, 1843) В ВОДОЁМАХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.А. Интересова

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Верховка (*Leucaspius delineatus*) в водоёмах юга Западной Сибири появилась в 1962 г. – в прудах Ояшинского рыбопитомника «Зеркальный», куда была случайно завезена из Брянской области вместе с карпом. В настоящее время верховка широко распространена в бассейнах рек Обь, Иня, Томь, Карасук, в Новосибирском и Беловском водохранилищах, в пресноводных участках бассейна оз. Чаны, в озёрах Барабинской лесостепной и Кулундинской степной областях Западно-Сибирской равнины. Она встречается в озёрах, прудах, старицах, заливах, запруженных участках небольших рек и предпочитает прогреваемые мелководья, где её меньше беспокоят хищники.

Изучены 3 популяции верховки: из р. Карасук, из озёра в пойме р. Обь и из мелководного залива Новосибирского водохранилища. Выявлено, что в данных водоёмах верховка достигает длины 85.6 мм и массы тела 8 г. Предельный возраст составляет 5+; нерест осуществляется в июле, индивидуальная абсолютная плодовитость – от 601 до 4464 (в среднем 2341) икринок. В выборках преобладают самцы (от 65 до 92%) и младшие возрастные группы (2+ – 48–89%; 3+ – 10–40%; 4+ – 1–13%; 5+ – не более 1%).

Анализ показателей изменчивости морфологических признаков верховки выявил наличие полового диморфизма: самки имеют бо́льшие размеры тела (общая длина тела, длина тела без хвостового плавника, масса, высота тела), при этом у самцов относительно больше длина головы, высота хвостового стебля, а также грудные, брюшные и анальные плавники.

В спектрах питания верховки преобладает зоопланктон. Учитывая, что во многих водоёмах юга Западной Сибири численность верховки велика, очевидно, что она является пищевым конкурентом молоди аборигенных видов рыб.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЕНТОФАУНЫ РЕК ВЕРХНЕ-АМУРСКОГО БАССЕЙНА

С.М. Казыкина, **Г.Г. Иванова**

Читинский государственный университет, г. Чита, Россия

Изучение бентофауны рек Верхне-Амурского бассейна представляет особый интерес в связи с зоогеографическим своеобразием этого района. По Л.С. Бергу, бассейн Амура относится к отдельной зоогеографической области – Амурской переходной. Фауна этой области чрезвычайно интересна, так как, наряду с эндемичными формами, она содержит элементы соседних областей (Никольский, 1950). К тому же, исследуемый бассейн расположен на стыке трёх различных фаун, и для него отмечается своеобразный гидрологический режим.

В результате исследований в бентофауне Верхне-Амурского бассейна было обнаружено 222 вида и формы, принадлежащих к семи классам, в числе которых нематоды, малощетинковые черви, пиявки, паукообразные, насекомые, брюхоногие и двустворчатые моллюски.

В исследуемых реках на станциях отбора проб наиболее часто были отмечены галечно-каменистые грунты, заселённые в основном литореофильными и лито-псаммореофильными видами. Именно здесь отмечено наибольшее видовое разнообразие бентосных организмов. В местах отложения мелкофракционных осадков преобладают мелкие виды хирономид и олигохеты, поэтому псаммо- и пелореофильный бентос часто уступает литореофильному по биомассе и продуктивности.

Во всех реках, исследованных нами, по видовому разнообразию и численности доминируют личинки хирономид. При анализе зообентоса р. Ингода, преимущественно с литореофильным биоценозом, и р. Аргунь, с преобладанием псаммо-пелофильного и пелофильного биоценозов, отмечено, что в реках и протоках галечно-каменистый грунт заселен личинками хирономид меньше, чем заиленный песок, а последний меньше, чем ил. В литореофильном биоценозе личинки хирономид дают высокую численность. Также было отмечено, что в реках Чита, Ингода, Онон и Шилка личинки хирономид мельче, чем в р. Аргунь и в нижнем течении р. Чита, где отмечается большее заиление из-за сброса сточных вод. По-видимому, на степень развития фауны крупных личинок-детритофагов влияет не только факт большего или меньшего количества илов в воде, но и богатство этих илов органическим веществом, которое благоприятствует развитию хирономид.

Второй группой по видовому разнообразию и численности являются подёнки; они связаны преимущественно с лито-псаммореофильным биоценозом. Личинки подёнок *Ephemera orientalis*, *Ecdyonurus aspersus*, *Ephemerella ignita* и *Ephemerella* sp. постоянно встречались в водотоках с каменистыми, песчаными и глинистыми грунтами. Это даёт основание считать, что данные виды являются ярко выраженными политопными формами. Часто встречаемые виды отмечены также среди ручейников. В частности, *Hydropsyche* sp. встречался исключительно на каменистых грунтах; судя по распространению, *Hydropsyche* sp. является типичным реофилом, что было отмечено ранее для рек Амурского бассейна (Ключарева, 1952; Клишко, 2001; Матафонов, 2005).

Таким образом, региональная особенность структуры зообентосного сообщества заключается в продольном распределении организмов. Видовой состав и количественное развитие зообентоса по течению рек изменяются неравномерно, скачкообразно, что связано с локальными изменениями природного и антропогенного характера. Для рек Чита и Ингода выявлено увеличение численности и биомассы вниз по течению реки, а для рек Аргунь, Онон и Шилка – уменьшение вниз по течению реки. Индекс видового разнообразия бентофауны исследованных рек понижается к нижнему течению. В этом проявляется различие характера распределения гидробионтов по продольному профилю по сравнению с реками Дальнего Востока (Богатов, 1994), для которых показано увеличение видового разнообразия, численности и биомассы зообентоса от истоков вниз по течению. Данная особенность объясняется тем, что исследованные реки Верхне-Амурского бассейна в большей части протекают по равнинной местности. Для этих рек характерны невысокие скорости течения, преобладание каменисто-галечных, песчано-каменистых и местами илистых грунтов, а также наибольшее скопление очагов антропогенного воздействия вдоль нижней части течения.

АМФИПОДНО-ОЛИГОХЕТНЫЙ ИНДЕКС КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ДОННЫХ СООБЩЕСТВ ГЛУБОКОВОДНЫХ УЧАСТКОВ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Н.М. Калинкина, **Н.А. Белкина**, **Т.Н. Полякова**, **М.Т. Сярки**

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Рассмотрена ситуация, которая сложилась в глубоководных участках Онежского озера. Крупные заливы озера (Кондопожская губа, Петрозаводская губа, Повенецкий залив) подвержены разнотипному антропогенному воздействию: поступлению сточных вод целлюлозно-бумажного производства, коммунально-бытовых вод, а также воды из рек, дренирующих сельскохозяйственные территории. Центральная профундальная часть озера сохраняет до сих пор свой олиготрофный статус, хотя в последнее десятилетие отмечаются признаки её загрязнения за счёт выноса вод из заливов. Показатели состояния донных сообществ оказались яркими индикаторами процессов накопления загрязняющих веществ на дне водоёма, особенно в районе заливов. Прослежены основные тенденции изменения количественных показателей макрозообентоса и структуры его сообщества на протяжении последних 20 лет. Рассмотрена статистическая природа гидробиологических показателей (численности основных групп бентоса – амфипод, олигохет и хирономид); дана оценка связи гидробиологических показателей с экспертной оценкой состояния донных ценозов; выполнено зонирование дна Онежского озера по показателям бентоса; рассмотрена связь гидробиологических и физико-химических показателей донных отложений (окислительно-восстановительный потенциал, pH, влажность, содержание углерода, азота, фосфора, марганца, железа). Разработан амфиподно-олигохетный индекс, который позволил с наибольшей точностью дать оценку состояния донных сообществ глубоководных участков Онежского озера в связи с различной степенью их загрязнённости. С использованием индекса выделено пять зон на дне Онежского озера: «мёртвая» зона, область сильного воздействия антропогенного фактора, область среднего воздействия, зона повышенного развития бентоса, относительно незагрязненные участки. Амфиподно-олигохетный индекс может быть внедрён в систему экологического мониторинга за состоянием Онежского озера при автоматизированной обработке результатов наблюдений.

ДИНАМИКА ПОПУЛЯЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНВАЗИОННОГО ВИДА *GMELINOIDES FASCIATUS* В ПЕТРОЗАВОДСКОЙ ГУБЕ ОНЕЖСКОГО ОЗЕРА

Н.М. Калинкина, **А.И. Сидорова**, **Т.Н. Полякова**

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

В последние годы прибрежные биоценозы Онежского озера находятся под воздействием так называемого «биологического загрязнения» – инвазии байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing). Впервые этот вид был обнаружен в юго-западной части Онежского озера в 2001 г. (Березина, Панов, 2003). Байкальская амфипода успешно расселяется в условиях литорали Онежского озера. Инвазивным видом осваиваются различные типы местообитаний. К 2006 г. северная граница ареала *G. fasciatus* в европейской части России продвинулась до 63° с.ш. – до широты северной части Повенецкого залива Онежского озера (Кухарев и др., 2007). В настоящей работе рассмотрена динамика популяционных показателей инвазионного вида в Петрозаводской губе Онежского озера. Наблюдения проводили в летний период 2005 и 2008 гг. Показано, что в мае популяция *G. fasciatus* представлена особями двух генераций – перезимовавшим и новым поколением. Изучена динамика численности и биомассы рачков. Рассмотрена половозрастная структура популяции. Соотношение самцов и самок в популяции было близким к 1 : 1 ($p < 0.05$). Из половозрелых самок доля самок с яйцами составляла 13–71%. Максимальная плодовитость достигала 15 яиц на 1 самку. Средняя плодовитость на протяжении периода наблюдения варьировала в пределах 6.0–10.3 яиц на 1 самку. Показано, что сходные процессы летнего развития популяции наблюдаются на литорали Ладожского озера. Дана предварительная оценка участия *G. fasciatus* в трансформации органического вещества в литоральной зоне Онежского озера. Полученные нами данные о динамике изменения численности популяции амфиподы *G. fasciatus* летом 2005 и 2008 гг. свидетельствуют об активной акклиматизации этого вида в новых для него условиях обитания.

МНОГОЛЕТНИЕ (2001–2009 гг.) КОЛЕБАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ *MNEMIOPSIS LEIDYI* В КАСПИЙСКОМ МОРЕ

А.М. Камакин

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГУП «КаспНИРХ»), г. Астрахань, Россия

Основываясь на многолетних данных о состоянии популяции *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море (таблица) можно предположить, что в 2010 г. часть популяции, обитающая в западной части Северного и Среднего Каспии уже достигла уровня поддерживающей ёмкости среды для данного района моря. Однако, при благоприятных условиях (например, тёплая зима) возможно дальнейшее повышение численности мнемиопсиса. В этот период размерный состав скоплений будет сформирован мелкоразмерными особями, что предопределит невысокие значения биомассы.

У восточного побережья Среднего Каспия зона апвеллинга (и пониженных температур) будет выполнять сдерживающего фактора, поэтому здесь численность скоплений мнемиопсиса, вероятно, будет на порядок ниже, чем на западе.

Межгодовая динамика численности популяции мнемиопсиса подчиняется общим закономерностям флюктуации вселенцев (Карпевич, 1975; Стаут и др., 2009; Жирков, 2010). В различных районах моря, уровень развития популяции неоднороден. Так, с 2004 г. численность популяции *Mnemiopsis leidyi* в Южном Каспии стабилизировалась на низком уровне. В то же время, в Северном Каспии наблюдается высокая численность *M. leidyi* (таблица).

Тенденция развития каспийской популяции *Mnemiopsis leidyi* на 2010–2011 гг. в Каспийском море гребневика следующая. Часть популяции, обитающая в Северном и Среднем Каспии, при благоприятных условиях (отсутствие суровых зим), возможно, достигнет высокой численности. Её состав будет сформирован мелкоразмерными особями, что, в свою очередь, обеспечит невысокие значения биомассы.

В местах максимальных концентраций гребневика в Северном и Среднем Каспии в желудках мнемиопсиса встречались личинки моллюсков. В отдельные годы затяжное лето (например, в 2009 г. – на месяц) повышает трофический пресс северокаспийской части популяции желетелых на зоопланктонные и донные биоценозы Северного Каспия. В 2010–2011 гг. это, возможно, негативно скажется на репродукции, расселении и осаждении на субстрат личинок двустворчатых моллюсков и других донных животных, имеющих в своем развитии планктонную личиночную стадию. В итоге это может привести к уменьшению этой составной части зообентоса Северного Каспия, что скажется на питании не только планктоноядных рыб, но и рыб-моллюскоедов.

Таблица. Средняя численность (экз./м^3) *Mnemiopsis leidyi* по основным районам моря в августе–сентябре («типичный» способ отбора выборочной совокупности).

Год	Район Каспия			Средняя по морю
	Северный	Средний	Южный	
2001	108	207	348	222
2002	102	257	**523**	294
2003	578	305	238	**467**
2004	327	**498**	22	343
2005	153	54	59	89
2006	201	179	40	140
2007	540	314	34	296
2008	**818**	230	33	360
2009	656	195	38	296

ОСФРАДИАЛЬНЫЙ ХЕМОСЕНСОРНЫЙ ОРГАН КАК ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ ЗВЕНО АДАПТИВНОЙ РЕАКЦИИ КАРДИОСИСТЕМЫ МОЛЛЮСКОВ НА ДЕЙСТВИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Н.Н. Камардин, **В.А. Любимцев**, **Е.Л. Корниенко**, **Г.П. Удалова**, **С.В. Холодкевич**

Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Проведено электронно-микроскопическое исследование осфрадиальных органов у представителей 20 семейств Gastropoda. Функционирование разнообразных по строению осфрадиев обеспечивают мультисенсорные, хеморецепторные, механорецепторные, а также опорные клетки. Как правило, осфрадии имеют более или менее развитый нервный ганглий, где осуществляется первичная обработка сенсорной информации и передача её в центральную нервную систему (ЦНС) моллюска. Показано, что осфрадий участвует в осуществлении многих жизненно важных функций, включая дыхание, осморегуляцию, размножение и ориентацию (Камардин, Ноздрачев, 2004).

Особый интерес представляет выяснение значения осфрадиев для формирования реакций со стороны различных физиологических систем гидробионтов, в частности, кардиосистемы, в ответ на вредные абиотические факторы. Известно, что биомаркеры кардиоактивности отчётливо реагируют на различные химические воздействия. Однако, до сих пор недостаточно исследованы физиологические механизмы, обусловливающие взаимосвязь периферических и центральных звеньев химического анализатора с кардиосистемой моллюсков при осуществлении адаптивных реакций организма на токсическое воздействие, в том числе тяжёлых металлов (ТМ). Первым звеном воздействия токсиканта на организм, очевидно, являются периферические рецепторные осфрадиальные органы, находящиеся у большинства классов Mollusca в мантийной полости и непосредственно контактирующие с водной средой. В электрофизиологических экспериментах было показано, что трёхминутное воздействие ионов Cu^{2+} в концентрации 4.0 ммоль/л приводило к снижению на 51% амплитуды суммарного рецепторного потенциала осфрадия у пресноводного моллюска *Viviparus* sp., что указывало на влияние этого токсиканта на рецепторные процессы в осфрадии. У *Lymnaea stagnalis* нейроны осфрадия отвечали возбуждением на аппликацию *L*-аспартата в концентрации 10^{-5} моль/л. Перфузия препарата осфрадия 4.0 ммоль/л раствором Cu^{2+} приводила к модификации этой реакции. В хронических опытах с помощью оригинального неинвазивного метода (Kholodkevich et al., 2008) в течение нескольких суток регистрировали в реальном времени кардиоактивность морского моллюска *Littorina littorea* в чистой морской воде и при инъекции в его мантийную полость 1–1.5 мл^3 воды с ионами Cu^{2+}, что вызывало кратковременное увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС) на 2–7 ударов в минуту. Латентный период реакции колебался от 3 до 5 минут. Степень выраженности кардиореакции зависела от концентрации инъецированного раствора. Длительность реакции в случае раствора Cu^{2+} 5.0 мг/л составила 1.5 часа. Контрольные инъекции чистой морской воды достоверно не изменяли ЧСС. Очевидно, что прямое воздействие ТМ на осфрадии – периферические отделы хеморецептивной нервной системы, инициировало нейрогуморальные регуляторные механизмы ЦНС, вызывающие изменения в деятельности кардиосистемы, а именно запуск кардиорегуляторных возбуждающих механизмов. Длительное нахождение ионов ТМ в гемолимфе вызывает необходимость активизации нервных и биохимических процессов для детоксикации вредного вещества. Важным звеном в этом процессе является изменение деятельности кардиосистемы. Повышение ЧСС в ответ на действие токсиканта способствует усилению фильтрации гемолимфы в полости сердечной сумки, адсорбции ТМ в почечном эпителии с его последующим выведением из организма. Следовательно, при биоиндикации загрязнений ТМ природных биотопов необходимо учитывать участие осфрадиев в адаптивных реакциях моллюсков.

БИОЭНЕРГЕТИКА АРКТИЧЕСКОГО ВИДА – САЙКИ *BOREOGADUS SAIDA* (LEPECHIN, 1774)

Л.И. Карамушко[1], **Й.Ш. Христиансен**[2]

[1] *Мурманский морской биологический институт Кольского НЦ РАН, г. Мурманск, Россия*
[2] *Университет г. Тромсё, Норвегия*

При решении проблемы количественной оценки продукционных процессов у рыб северных морей важное значение имеет выявление основных механизмов регулирования скорости метаболизма под влиянием температуры. Для арктического вида − сайки (*Boreogadus saida* (Lepechin, 1774)), нами были получены зависимости скорости метаболизма от температуры на материале, охватывающем широкие диапазоны размеров и массы тела. Эти результаты были получены в экспериментах, исключающих “острые опыты”, т.е. при нормальном физиологическом состоянии. Они показали закономерное ускорение энергетического обмена с повышением температуры и не дали достоверных доказательств в пользу теории метаболической адаптации полярных видов к низким температурам. Зависимость “метаболизм – температура” достоверно описывалась как экспоненциальным уравнением, так и уравнением Аррениуса. Для выяснения особенностей распределения энергии на продукционные процессы нами были проведены комплексные исследования по определению скорости роста, энергетического обмена (стандартного, рутинного, пищевого и активного) и потребления пищи для отдельных возрастных групп популяции сайки, что и позволило провести расчёты энергетического баланса, как по экспериментальным, так и по натурным данным при различных температурах.

На основе собственных измерений нами была установлена взаимосвязь роста не только с энергетическим обменом (соотношения между dW/dt и Q), но и с интенсивностью питания (рационом) сайки. Полученные данные позволили установить количественные закономерности между количеством потребленной пищи и величиной ассимилированной части энергии ($A = Q + P$), как в экспериментальных, так и в естественных условиях. По нашим данным функция энергии ассимилированной пищи $A = f(W)$ является степенной, то есть имеет тот же вид, что и зависимость энергетического обмена от массы тела. И следовательно, в процессе роста и увеличения индивидуальной массы организма величина энергии пищи, доступная для использования на рост и обмен и выраженная в процентах массы тела, заметно снижается.

При изучении влияния температуры на изменение параметров балансового равенства у сайки было выявлено, что коэффициент использования ассимилированной пищи на рост (K_2), установленный в экспериментальных условиях, был достоверно выше при самых низких температурах. Для сравнения были рассчитаны также энергетические бюджеты некоторых морских рыб, обитающих в более низких широтах. При этом, анализ количественных закономерностей соотношений пластического, генеративного и энергетического обмена показал, что, несмотря на более высокую удельную скорость роста массы тела (C_w) и более раннее половое созревание у рыб средних и низких широт, эффективность использования ассимилированной пищи на рост, характеризуемая коэффициентом K_2, у рыб, обитающих в высоких широтах, выше для всех возрастных групп.

Таблица. Продукционные характеристики сайки при температуре ее обитания.

Возраст, лет	Масса тела, г	Энергосодержание прироста массы тела P^E_s, ккал/год	Энергосодержание генеративного роста P^E_g, ккал/год	Затраты энергии на энергетический обмен Q^E, ккал/год	K_2, %
1	15.5 21.2	11.4	–	70.2	14.0
2	26.9 34.3	14.9	7.4	101.5	18.0
3	41.8 49.5	15.4	10.6	134.4	16.2
4	57.2 65.2	16.1	14.0	165.9	15.4
5	73.3 84.2	21.9	18.1	202.1	16.5
6	95.2				

РАЗВИТИЕ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ОЗЕРА КАРАКОЛЬ В 2009 г.

М.Ю. Карапун[1], **В.Ф. Зайцев**[1], **А.М. Камакин**[2], **Т.Д. Бисекенов**[3]

[1] *Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия*
[2] *Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, г. Астрахань, Россия*
[3] *Атырауский государственный университет им. Х. Досмухамедова, г. Атырау, Казахстан*

Озеро Караколь – обширный искусственно созданный водоём-охладитель с многочисленными островками, расположенный в районе восточного побережья Среднего Каспия, в 40 км южнее города Актау. С 1986 г. озеро Караколь является частью ООПТ «Карагие-Каракольский государственный зоологический заказник республиканского значения», а с 2007 г. Караколь включен в список Ключевых Орнитологических Территорий.

Площадь озера составляет 5270 га, глубина варьирует от 0.5 до 2.0 м. Солёность в озере Караколь более высокая (13.28–13.69‰) по сравнению с морской водой в районе г. Актау (12.81‰). Температура воды в зимний период года варьирует от 0 до +7°C, в весенний период – от +18 до +21°, а в летом поднимается до +27°C. Водная растительность представлена морской травой *Zostera marina* L., тростником обыкновенным *Phragmites australis* (Cav.) и камышом *Scirpus tabernaemontani* (C.C. Gmel.). При этом тростник является доминирующим видом в растительных сообществах по северному, северо-восточному и западному побережьям. Остальные макрофиты распределены по всей акватории водоёма относительно равномерно (Карапун и др., 2009).

В августе в водоеме встречались (в порядке доминирования): моллюски из родов *Mytilaster*, *Cerastoderma*, *Abra* (2–87 экз./м^2), ракообразные из родов *Balanus*, *Niphargoides*, *Palaemon* (1–56 экз./м^2), многощетинковые черви (1–20 экз./м^2), личинки Chironomidae. Соотношение таксономических групп зообентоса представлено на рис. 1 и 2.

В результате наших исследований было установлено, что общая численность зообентосных организмов в августе 2009 г. составляла 832 экз./м^2, а биомасса – 131.77 г/м^2. При этом, двухстворчатый моллюск *Cerastoderma lamarcki* (Reeve), составляя 53% от общей численности, по биомассе уступает *Niphargoides (Pontogammarus) weidemanni* (G.O. Sars), который составляет 22% от биомассы всех бентосных организмов (на долю *C. lamarcki* приходится 20%). Также следует отметить, что резко возросла численность моллюсков *Mytilaster lineatus* (Gmel.) и *Abra ovata* (Philippi) (основного конкурента *C. lamarcki*), которые составили 22 и 16% от общей численности, соответственно.

В результате проведенных исследований выявлено, что в биоценозах озера Караколь преобладающими видами (по D_i – индексу доминирования Палия–Ковнацки) являются 7 азово-черноморских вселенцов: *C. lamarcki* и *A. ovata* (D_i = 15.07 и 11.10 – доминанты), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller), *M. lineatus* и *Theodoxus pallasi* Lindholm (D_i = 9.24, 8.56 и 7.35 – субдоминанты), *Balanus improvisus* Darwin (D_i = 0.67 – субдоминант 1-го порядка) и *Palaemon adspersus* (Rarthke). В августе 2009 г. индекс Шеннона для зообентоса озера Караколь составил 2.72.

Учитывая летние особенности развития основных представителей зообентоса и согласно ныне существующим классификациям, озеро Караколь можно отнести к гипертрофному водоёму с очень высокой продуктивностью, что создает благоприятные условия для обитания морских придонных рыб – бычка-песочника *Neogobius fluviatilis* (Pallas), бычка-цуцика *Proterorhinus marmoratus* (Pallas), а также представителя пелагических рыб из кефалевых – сингили *Lisa aurata* (Risso), а иногда и атерины *Atherina boyeri caspia* (Eichwald).

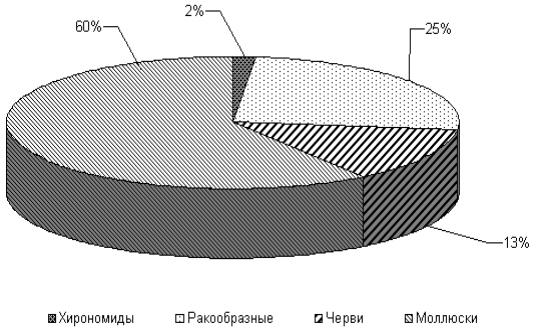


Рис. 1. Численность основных таксонов зообентоса в оз. Караколь (август 2009 г.), %.

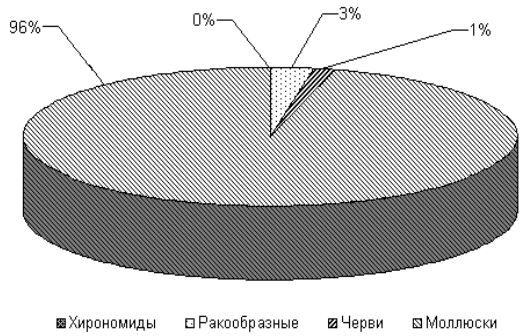


Рис. 2. Биомасса основных таксонов зообентоса в оз. Караколь (август 2009 г.), %.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДНЕПРО-БУГСКОГО ЛИМАНА И УКРАИНСКОГО УЧАСТКА ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ

Л.С. Кипнис[1], **И.Н. Коновец**[1], **М.Т. Гончарова**[1], **А.В. Ляшенко**[1], **А.В. Терлецкая**[2], **М.В. Милюкин**[2]

[1] *Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина*
[2] *Институт коллоидной химии и химии воды НАН Украины, г. Киев, Украина*

Донные отложения являются неотъемлемой компонентой водных экосистем и одним из важнейших факторов формирования качества водной среды. В них накапливаются большие количества загрязняющих веществ, которые при определённых условиях могут стать источником вторичного загрязнения воды. Целью данной работы являлась оценка загрязнения донных отложений Днепро-Бугского лимана и дельты Дуная. Внимание к изучению экологического состояния крупнейших эстуарных экосистем северного Причерноморья обусловлено их важнейшей экологической ролью. Биотестирование проб донных отложений было выполнено на «цельных» донных отложениях и на их водных вытяжках. Пробы были отобраны в сентябре–октябре 2007 г. в рамках выполнения совместного проекта с Агентством по охране окружающей среды США. В экспериментах с «цельными» донными отложениями в качестве тест-объектов использовались *Chironomus riparius* (твёрдая фаза) и *Daphnia magna* (водная фаза), а в тестах на водных вытяжках – *Daphnia magna*, *Lemna minor* и *Allium cepa*. Донные отложения исследуемых эстуариев анализировались также на наличие генотоксического эффекта, критериями которого служило появление клеток с микроядрами и нарушение митоза в клетках апикальной меристемы корешков *Allium cepa*. С целью изучения интенсивности прохождения биодеструкционных процессов в донных отложениях определяли ферментативную каталазную активность.

Как показали полученные данные, донные отложения обоих исследованных водных объектов характеризуются умеренным и достаточно однотипным загрязнением (табл. 1). Суммарная величина превышения пороговой концентрации, усреднённая по каждому водному объекту (PEC – Probable effect concentration, Consensus based sediments quality guidelines for freshwater ecosystems), составляет 2.1 и 2.7 для Днепро-Бугского лимана и для дельты Дуная, соответственно; основной вклад в эти величины вносят тяжелые металлы.

Данные биотестирования подтверждают результаты химического анализа и в целом свидетельствуют об отсутствии токсических свойств у донных отложений (табл. 2), за исключением только некоторых станций отбора проб, находящихся в непосредственной близости к точечным источникам антропогенного загрязнения.

У исследованных водных объектов нами выявлены определённые различия в характере взаимосвязей между уровнем загрязнения донных отложений, их составом и проявлением токсического эффекта на тест-организмы. Для Днепро-Бугского лимана характерны высокие корреляции уровня загрязнения и токсического действия в опытах с цельными донными отложениями, как для хирономид, так и для дафний. В то же время, для дельты Дуная корреляция наблюдалась только в экспериментах с водными вытяжками на дафниях.

Анализ гранулометрического состава, содержания органического углерода, а также каталазной ферментативной активности донных отложений даёт возможность предположить о существовании различий в биодоступности токсических веществ донных отложений этих двух водных систем. При близких уровнях содержания органического углерода, для донных отложений Днепро-Бугского лимана характерна более высокая корреляция между содержанием органического углерода и ферментативной каталазной активностью, что свидетельствует о его большей биодоступности. Полученные результаты дают основание заключить, что разработка нормативов содержания токсических веществ в донных отложениях требует индивидуального подхода к водным объектам. Необходимо учитывать их региональные особенности, в том числе особенности генезиса донных отложений и особенности температурного, гидрологического и гидрохимического режима.

Таблица 1. Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях Днепро-Бугского лимана и дельты Дуная.

Водный объект	ПАУ, мкг/кг	ΣДДТ, мкг/кг	ПХБ, мкг/кг	Тяжелые металлы, мг/кг						
				Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd	Hg
Днепро-Бугский лиман	0.0 – 33293.0 / 3696.6	2.0 – 211.2 / 26.7	0.7 – 41.2 / 20.3	0.3 – 220.0 / 27.5	1.5 – 1481.0 / 155.3	0.7 – 27.6 / 5.2	0.0 – 384.0 / 42.2	1.5 – 100.0 / 31.6	0.0 – 4.7 / 0.6	0.1 – 0.2 / 0.1
Дельта Дуная	0.0 – 2207.0 / 1093.8	0.6 – 209.4 / 43.4	1.0 – 81.2 / 34.4	3.3 – 56.8 / 28.0	28.8 – 138.0 / 81.6	11.3 – 29.8 / 20.3	15.5 – 62.2 / 37.2	26.8 – 71.4 / 47.9	0.1 – 0.6 / 0.3	0.1 – 0.5 / 0.2

Примечание: Здесь и далее – в числителе представлены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средняя величина.

Таблица 2. Результаты биотестирования донных отложений Днепро-Бугского лимана и дельты Дуная.

Водный объект	Тесты с цельными донными отложениями		Тесты с водными вытяжками			Генотоксичность
	Выживаемость *Chironomus riparius* за 10 суток, %	Выживаемость *Daphnia magna* за 72 часа, %	Выживаемость *Daphnia magna* за 72 часа, %	Ингибирование *Lemna minor*, % относительно контроля	Ингибирование роста корешков *Allium cepa*, % отн. контроля	
Днепро-Бугский лиман	46.7 – 97.5 / 81.4	46.7 – 100.0 / 79.2	0.0 – 100.0 / 66.8	4.4 – 100.0 / 30.8	0.9 – 28.9 / 12.3	отсутствует
Дельта Дуная	60.0 – 96.7 / 79.6	65.0 – 93.3 / 78.8	50.0 – 1000 / 91.7	5.5 – 30.1 / 18.3	1.8 – 25.2 / 11.3	отсутствует

ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ АРИДНОГО КЛИМАТА

И.Ю. Киреева, **И.С. Павлюк**

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Информацию о разных аспектах экологических изменений в водных экосистемах можно получить на основе изучения структурных и физиологических характеристик бактериопланктона: его общей численности, динамики развития, биомассы и времени генерации, которые, в свою очередь, зависят от климатических условий и региональных особенностей водоёма, от количества и видового состава зоо- и фитопланктона, и от выедания бактерий. В обследованных прудах Кизанского осетрового рыбозавода численность и структурно-функциональные показатели бактериопланктона определялись по методам, общепринятым в водной микробиологии.

В результате проведённых исследований выявлен диапазон колебаний численности водных бактерий – от 1.65 млн. клеток на мл до 2.58 млн. клеток на мл при среднем значении – 2.12 млн. клеток на мл. Минимальные показатели отмечались в начале периода выращивания рыбы, а максимальные – в конце этого периода, когда в водоёме накопилось большое количество органического вещества, и температура воды достигла 25.3ºС. Динамика общей численности бактериопланктона совпала с динамикой перманганатной окисляемости. Наибольшее значение этого показателя не превысило 12 мл О/л, что соответствует нормативным требованиям для данной категории водоёмов. Анализ данных по биомассе микроорганизмов показал наличие двух типов продуцирования бактериопланктона в рыбохозяйственных водоёмах, изученных А.П. Романовой и Т.Г. Гуринович. В начале и в конце периода выращивания рыбы биомасса бактериопланктона изменялась пропорционально его численности, т.е. рост и размножение бактериальных клеток шли с одинаковой скоростью. В середине вегетационного периода процессы роста клеток преобладали над процессами их размножения, что зависело от температуры воды, содержания кислорода и от количества автохтонного органического вещества. Прослежена чёткая положительная связь времени генерации с температурой воды – максимальная скорость размножения бактерий совпала с наивысшими температурными показателями. Время генерации бактериопланктона варьировало в диапазоне от 3.3 до 18.2 часов. Среднее значение этого показателя составило 9.9 часов. В сезонном аспекте время удвоения числа бактерий увеличивалось от начала к середине периода выращивания рыбы. Морфометрический состав бактериопланктона был представлен палочками, кокками и спорами в соотношении 3 : 2 : 1, соответственно. Сезонные изменения объёмов доминирующих морфологических групп были незначительными. Максимальные размеры характерны для спор – 0.84 мкм^3. Объём палочек не превысил 0.52 мкм^3, объём кокков – 0.67 мкм^3.

В целом, микробиологический режим обследованных рыбохозяйственных водоёмов был благоприятным. Численность и структурно-функциональные показатели бактериопланктона определялись комплексом биотических и абиотических факторов, основными из которых являлись температура и количество аллохтонного органического вещества.

СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА РЫБОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ

И.Ю. Киреева

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Структурные и морфологические показатели бактериальных ценозов водоёмов любой категории тесно связаны с их физико-химическими и биологическими условиями и способны характеризовать как степень обеспеченности гидробионтов пищевыми ресурсами, так и экологическое состояние водоёмов.

Анализ общей численности бактериопланктона в выростном осетровом пруду (Бертюльский осетровый рыбоводный завод, Астраханская обл.) показал достаточно широкий диапазон её варьирования – от 3.2 до 8.19 млн. клеток на мл. Сезонная динамика развития водных бактерий соответствовала 1-му типу по классификации Г.П. Вороновой и характеризовалась одним пиком – в конце периода выращивания рыбы, когда в водоёме накопилось достаточно легкодоступного автохтонного органического вещества, а температура воды достигла 26ºС. Значительное повышение численности бактериопланктона – до 6.61 млн. клеток на мл, отмечалось и через два дня после зарыбления водоема, что было связано с поступлением аллохтонного органического вещества (микрофлора зарыбка, вода ёмкостей для транспортировки) и с процессами взмучивания. В продолжение двух последующих декад общее микробное число в воде снизилось, достигнув минимальных показателей в начале июля, несмотря на достаточно высокие летние температуры воды (23.3ºС), что объясняется активным прессом зоопланктона, биомасса которого в тот период была высокой (5.0 г/мл), так как перед посадкой личинок осетровых в водоём вносилась маточная культура дафний – с целью обеспечения молоди высокоценными и доступными кормовыми организмами при переходе на внешнее питание. Снижение общей численности микроорганизмов в конце июня в 2 раза не вызвало уменьшения их биомассы. В морфологическом составе бактериопланктона выявлены три основные формы клеток: палочки, кокки и споры. Численно превалировали палочки. Их среднее содержание за период наблюдений – 54.9%, кокки составляли 36.8%, споры – 6.8% от общей численности. Рост числа кокков в конце периода выращивания рыбы характеризовал процесс интенсивного разложения автохтонного органического вещества. Размерные показатели бактериальных клеток изменялись в широких пределах. Средний объем палочек – 0.35 μ^3. В конце июня их объём снизился в среднем в 1.3 раза, а объём кокков и спор увеличился в 1.2 раза. Обнаружены 3 размерные группы клеток: маленькие (меньше 0.1 μ), средние (0.1 до 0.2 μ) и относительно крупные (больше 0.2 μ). Численно превалировали кокки средних размеров (80%). Максимальный размер клеток (0.44 μ) был отмечен для палочек. Перед внесением маточной культуры дафний и зарыблением размеры кокков и спор были небольшими (V ср. = 0.19 μ^3), что почти в 2 раза меньше таковых для палочек (V ср. = 0.33 μ^3). При снижении численности бактериопланктона за счёт активного выедания зоопланктоном, размеры кокков и спор достигли максимумов – 0.19 μ и 0.2 μ, соответственно, при уменьшении средних размеры палочек до 0.22 μ.

Таким образом, общая численность бактерий в воде обследованного водоёма была достаточно высокой и лимитировалась наличием консументов (зоопланктона). Отсутствие больших различий в динамике процентного содержания основных клеточных форм бактериопланктона свидетельствует о его стабильном состоянии и об активном участии в процессах самоочищения без накопления органического вещества и ухудшения условий выращивания рыбы, что особенно важно для получения жизнестойкой молоди с целью зарыбления естественных водоёмов Нижневолжского бассейна.

СТО ЛЕТ ТРОФИЧЕСКИХ КЛАССИФИКАЦИЙ В ЛИМНОЛОГИИ

С.П. Китаев

Институт биологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

За сто лет были предложены десятки классификаций по качественному составу фитопланктона, бентоса, рыб и около двухсот количественных трофических классификаций по прозрачности, содержанию хлорофилла *a* и биогенов, по первичной продукции фитопланктона и макрофитов, по биомассе фитопланктона, зоопланктона, бентоса и рыб.

В 1909 г. А. Тинеманн по составу бентоса назвал озёра равнинной части Германии и Дании "Chironomus-Seen", а озёра предгорий Альп – "Tanytarsus-Seen". Классификация озёр М. Борна (1877) по руководящим видам рыб тоже делит все озёра на горные и равнинные. Среди горных озёр Борн различал озёра ручьевой форели, озёра озёрной форели и гольцовые озёра, а среди равнинных озёр – сиговые, судаковые, лещовые и карасёвые озёра. За последние сто лет были предложены десятки классификаций на основе состава хирономид и других бентосных организмов и руководящих видов рыб.

Переломным моментом в типизации озёр стал 1919 год, когда Э. Науманн на основании оценки спектров («штандартов») среды и развития фитопланктона выделил два типа озёр: олиготрофный с бедным развитием фитопланктона и низким штандартом биогеонов и евтрофный – с обильным развитием фитопланктона и высоким штандартом биогенов. В 1921 г. А. Тинеманн добавил третий тип – дистрофные озёра, и уже в 1925 г. он назвал эти три типа озёр «drei "klassischen" Seetypen».

В дальнейшем, были предложены десятки названий с использованием слова "трофия": ацидотрофия, алкалитрофия, сидеротрофия, аргилотрофия (Naumann, 1929, 1932); тиотрофия (Дексбах, 1931); сапротрофия (Mancha, 1932); панолиготрофия (Pesta, 1929); степоолиготрофия, мезоолиготрофия, олигоевтрофия (Haempel, 1930); галатрофия, сульфидотрофия (Voshimura, 1933); кальцийтрофия, силикатрофия (Kol, 1934); миксотрофия (Järnefelt, 1925); криотрофия и криоевтрофия (Strøm, 1947; Steinböck, 1953, 1958); содатрофия, соллитотрофия (Абросов, 1975).

Как правильно отметили B. Åberg и W. Rodhe (1942) и особенно W. Rodhe (1958), с позиций продукционной гидробиологии главными типами являются олиготрофные, мезотрофные и евтрофные водоёмы. Другие типы – дистрофные, миксотрофные, ацидотрофные и т.д., должны исчезнуть или их нужно переименовать, как ложные.

Почти все лимнолого-экологические классификации озёр не выдерживают критики с позиций продукционной гидробиологии, так как они сочетают в себе не только продукционные характеристики, но и многие лимнологические показатели (Цееб, 1954; Баранов, 1962; Маэмэтс, 1969, 1974; Якушко, 1971; Руденко, 2000; Ott, Koiv, 1999; Мингазова, 2001; Мингазова, Галеева, 2009).

По сути дела, уже в 1935 г. Г.Г. Винберг и А.И. Иванова предложили основу типологии озёр трактовать с позиций первичной продукции фитопланктона. И только спустя двадцать и более лет этот принцип получил признание и широкое распространение (Elster, 1955, 1958; Rodhe, 1958; Ohle, 1959).

После работы Г.Г. Винберга (1960) основополагающий принцип величины первичной продукции для выделения трофических типов никем не оспаривается.

В 1977 г. R.E. Carlson предложил использовать нумерическую стобалльную систему для оценки трофического статуса озёр. Дальнейшее развитие нумерической системы Карлсона шло по увеличению числа показателей (Aizaki et al., 1981; Милиус и др., 1987; Porcella et. al., 1989; Eutrophication of lakes in China, 1990; Håkanson, Boulion, 2002; Gierszewski, 2006). Кроме того, было предложено несколько показателей трофического статуса водоёмов (Shannon, Brezonik, 1972; Gregor, Rast, 1982; Дмитриев, Фрумин, 2004; Frumin, 2009).

Для унификации трофических классификаций водоёмов были использованы почти двести количественных классификаций, разработанных за 100 лет в лимнологии и материалы базы озёр (более 5 тыс. водоёмов). Предложены типичные стандартные классы для разных трофических типов озёр в номенклатурной и нумерической шкалах трофности водоёмов для прозрачности, содержания биогеонов, хлорофилла *a*, первичной продукции фитопланктона и макрофитов, биомассы фитопланктона, зоопланктона, бентоса и рыб (от ультраолиготрофных до гиперевтрофных водоёмов).

ОЦЕНКА САПРОБНОСТИ ВОД БАЙКАЛА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

Г.И. Кобанова, **Л.С. Кращук**

Научно-исследовательский институт биологии
при Иркутском государственном университете, г. Иркутск, Россия

Впервые предпринята попытка оценить качество воды озера Байкал методом Пантле и Бука в модификации Сладечека по составу и обилию индикаторных видов фитопланктона (Макрушин, 1974; Баринова, Медведева, 1996; Баринова и др., 2006).

Мы анализировали круглогодичные материалы, собранные из верхнего слоя воды до глубины 50 м на стационарной пелагической станции Южного Байкала напротив пос. Большие Коты за три разных года (1991, 1997 и 2009) последнего двадцатилетнего периода и материалы летне-осенней кругобайкальской экспедиции за 2005 г.

В фитопланктоне за указанные сроки зарегистрировано 74 индикаторных таксона водорослей рангом ниже рода, характеризующих все зоны сапробности, кроме полисапробной. Из них ряд видов являются новыми для флоры Байкала. Большинство организмов относится к показателям β-мезосапробных условий (34%); показатели *x*-олигосапробных зон составили 20%, а индикаторы широкой экологической толерантности – около 10% от их общего числа.

Максимальным разнообразием характеризуются зелёные водоросли (40.5%), представленные в основном хлорококковыми видами, основная часть которых малочисленна. Довольно велика роль диатомовых водорослей (25.7%), благодаря учету некоторых бентосных видов. За ними следуют золотистые (14.9%), криптофитовые и цианопрокариоты. Из динофитовых и желтозелёных водорослей зарегистрировано по одному индикаторному виду.

Доля показательных видов в общей численности фитопланктона варьирует, как в пространстве, так и во времени. В период позднего лета 2005 г. она достигает 80–90% в южной котловине у посёлков Мурино, Выдрино, Танхой, а её среднее по акватории значение составляет 50 ± 2%. На стационарной пелагической станции Южного Байкала этот показатель в исследуемые годы не превышал 56% и в среднем составлял 30 ± 3%.

В альгосообществах летне-осеннего периода 2005 г. значения индексов сапробности по акватории Байкала изменяются от 1.40 до 1.93 и составляют в среднем 1.62. Их значения отражают в основном разные части олигосапробной зоны, но в некоторых районах отмечается переход к β-мезосапробной зоне. В южной котловине Байкала наибольшие значения индексов сапробности зарегистрированы на станциях разреза Толстый – Выдрино, у поселков Маритуй и Большие Коты. В средней и северной котловинах наибольшие значения отмечены у Ольхонских ворот, в Малом Море, в Чивыркуйском заливе, в акватории г. Нижнеангарск. Средние значения индексов сапробности в разных котловинах озера близки: 1.62 ± 0.02 в южной, 1.58 ± 0.01 в средней и 1.65 ± 0.01 в северной.

Амплитуда колебаний индексов сапробности на стационарной станции Южного Байкала варьирует от 1,.0 до 1.91 и почти не отличается от интервала изменений по акватории озера в летне-осенний период. Его среднегодовые значения в разные годы близки – от 1.54 ± 0.02 до 1.60 ± 0.01 в 1990-е годы и 1.59 ± 0.02 в 2009 г., а изменения по сезонам года и по глубинам незначительны.

Таким образом, рассчитанные индексы сапробности, на наш взгляд, в целом отражают состояние поверхностных вод Байкала. Воды способны к самоочищению и характеризуются как “природно-чистые” с переходом к “достаточно чистым”. Очевидно, выводы будут более достоверными после установления сапробных значений для эндемичных видов водорослей, доминантных в планктонном сообществе.

Вероятно, малые изменения средних значений индексов сапробности можно рассматривать как признак стабильности экосистемы озера.

Работа выполнена при финансовой поддержке Аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)", проект № 2.1.1/1359.

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗАПАДНОСИБИРСКИХ АРТЕМИЕВЫХ ОЗЁР В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ ВОДНОСТИ

А.И. Коваленко

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГУП "Госрыбцентр"), г. Тюмень, Россия

Западносибирские артемиевые озёра приурочены к аридному климату и находятся в зоне степей и полустепей. Эта зона внутриматерикового стока. Фонд артемиевых озёр Западной Сибири насчитывает около 80 озёр, с общей акваторией 1567 км² (Литвиненко, 2009). Количество артемиевых озёр в регионе и их акватория находятся в прямой зависимости от условий водности. Уровень воды в озёрах периодически испытывает сильные колебания, вплоть до полного высыхания мелких озёр и заметного сокращения размеров и глубин крупных.

Процессы соленакопления в озёрах протекают неравномерно вследствие изменения поверхностного стока, повышения или понижения уровня подземных вод, изменения метеорологических условий, климата и т.д. Наименьшая концентрация солей в озёрах наблюдается весной в апреле – начале мая, максимальная – в конце лета, после чего вновь происходит её снижение за счёт разбавления рапы осенней дождевой водой и садкой солей, связанной с температурными изменениями.

Гидрохимические исследования на артемиевых озёрах проводились в 2005 и 2009 годах. В многоводном 2005 году было обследовано 14 водоёмов, в маловодном 2009-м – 20 водоёмов. Водоёмы расположены в Челябинской, Курганской, Тюменской, Омской и Новосибирской областях. На пяти озёрах (Большое и Малое Медвежье, Эбейты, Невидим и Вишняковское) проводится мониторинг, на остальных озёрах пробы отбираются периодически. Все обследованные озёра минеральные, рапные; озеро Эбейты самосадочное. Как правило, артемиевые озёра по химическому составу хлоридно-натриевые III типа, (II тип отмечен у 4 водоёмов) по классификации О.А. Алекина. Два озера были сульфатно-натриевые (оз. Островное, Эбейты). Рапа озёр по кислотным свойствам преимущественно слабощелочная или щелочная.

В многоводном году минерализация изменялась за сезон от 52.9 г/дм^3 (Требушиное) до 201.4 г/дм^3 (Б. Медвежье), в маловодном году – от 77.0 г/дм^3 (Б. Курейное) до 290.1 г/дм^3 (М. Медвежье). При этом, уже в июне маловодного года содержание солей в озёрной рапе было выше среднемноголетних величин. К осени минерализация достигла максимума; особенно значительно (в 2 раза) она повысилась в озёрах Вишняковское и Таузаткуль.

В солевом составе хлоридных озёр доминирующие анионы составляли 35–45% мг·экв/дм^3. В сульфатных озёрах содержание хлоридов было немногим больше 20% мг·экв/дм^3. Соотношение хлоридных к сульфатным анионам в рапе озёр составляло 0.7–0.8 в сульфатных озёрах, и до 10.0–19.9 в хлоридных, в зависимости от водности. При снижении уровня воды накопление хлоридов в рапе увеличивалось. Содержание карбонатов и гидрокарбонатов в воде не достигало 1% мг·экв/дм^3.

Щелочные металлы (натрий и калий) имели явное преимущество над щелочноземельными (кальций и магний). Их соотношение в много- и маловодные годы составляло 0.98–9.2 и 1.07–12.75, а соотношение магния к кальцию – 5–42.5 и 2–159, соответственно.

Таким образом, в зависимости от водности года минерализация рапы западносибирских артемиевых озёр может изменяться вдвое. С ростом минерализации возрастает содержание хлоридов, и катионный состав в озёрах становится менее стабильным.

СТРУКТУРА ФИТОПЛАНКТОНА СРЕДНЕГО И НИЖНЕГО ЕНИСЕЯ

Н.А. Кожевникова, **И.В. Кожевников**

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Целью настоящей работы являлось исследование видового состава фитопланктона среднего и нижнего участков Енисея (от г. Абакана до г. Дудинка) в вегетационные сезоны 2008–2009 гг. В задачи работы входило проведение ревизии видовых списков водорослей для наиболее адекватной оценки качества воды (проведение сапробиологического анализа) и состояния экосистемы (различные критерии разнообразия и сходства). Для анализа были использованы планктонные пробы (более 60 станций отбора).

Фитопланктон в фиксированных пробах был представлен 98 видовыми и внутривидовыми таксонами водорослей из 6 отделов: диатомовые (Bacillariophyta) – 49, зеленые (Chlorophyta) – 25, синезелёные (Cyanophyta) – 20, золотистые (Chrysophyta) – 1, эвгленовые (Euglenophyta) – 1 и динофитовые (Dinophyta) – 2. Соотношение видов водорослей по основным отделам представлено диатомово-зелёным-синезелёным комплексом, который является типичным для водотоков Ангаро-Енисейского каскада.

Среди всех зарегистрированных таксонов истинно планктонные и планктонно-бентосные формы составляли более 80%. Основной состав массовых видов формировали космополитные водоросли: из диатомовых – *Asterionella formosa* Hass., *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Simonsen, *Fragilaria crotonensis* Kitt., *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz., из зелёных – *Monoraphidium arcuatum* (Korsch.) Hind., *Scenedesmus quadricauda* (Hegew.) Hegew., из золотистых – *Dinobryon divergens* Imhof, из динофитовых – *Ceratium hirundinella* (O. Müll.) Schrank, из синезелёных – *Anabaena lemmermannii* P. Richt. Наибольшее видовое разнообразие отмечено для участка реки Енисей от Туруханска до Игарки (индекс видового разнообразия Шеннона–Маргалефа составлял 3.19 бит), что было обусловлено присутствием, наряду с типично планктонными формами, бентосных видов диатомовых из родов *Cymbella*, *Navicula*, *Gomphonema* и синезелёных из рода *Anabaena*. Для зарегулированного участка реки Енисей (Красноярское водохранилище) видовое разнообразие было ниже; значения индекса разнообразия варьировали от 0.85 до 2.66 бит. Минимальные значения индекса разнообразия зарегистрированы на Красноярском водохранилище в процессе развития «цветения» синезелёных водорослей. Основной объект «цветения» в 2008–2009 гг. – *Anabaena lemmermannii* P. Richt., биомасса которой в пятнах «цветения» достигала 11500 мг/м^3. При этом структура фитопланктонного сообщества упрощалась с постоянным доминированием одного или нескольких видов водорослей.

При изучении видового состава фитопланктона, особое внимание в нашей работе было обращено на группу синезелёных водорослей. Наряду с анализом таксономического состава фиксированных проб, была проведена изоляция штаммов из живых образцов, собранных параллельно с фиксированными пробами, и их последующая идентификация – морфологическая и молекулярно-генетическая на основе гена 16S рРНК. Изоляция отдельных штаммов и их изучение при дальнейшем культивировании позволили, во-первых, значительно расширить таксономический состав, выявленный нами при анализе фиксированных проб, увеличив список таксонов уровня вида и ниже с 20 до 84. Во-вторых, это позволило выявить и изолировать в культуры новые для региона таксоны, которые ранее не были отмечены во флористических или гидробиологических описаниях водных экосистем изученного региона: *Aphanocapsa* sp., *Chroococcus limneticus*, *Microcrocis* (=*Holopedia*) *irregularis*, *Leptolyngbya* spp., *Phormidium cebennense*, *Ph. favosum*, *Ph. subfuscum*, *Planktolyngbya* sp., *Pseudanabaena* spp., *Anabaena aequalis*, *A. reniformis*, *A. compacta*, *A. crassa*, *A. cylindrica*, *A. mendotae*, *A. planctonica*, *A. smithii*, *A. zinserlingii*, *Aulosira laxa*, *Calothrix* cf. *braunii*, *Cylindrospermum stagnale* f. *tortuosum*, *C. michailovskoense*, *Cylindrospermum* sp., *Mojavia pulchra*, *Nostoc commune*, *N. spongiaeforme*, *Trichormus* f. *crassa*, *T. variabilis* f. *parallela* и *Wollea saccata*.

МАЛЫЕ ОЗЁРА В МОНИТОРИНГЕ ОБЪЕКТА ПО УНИЧТОЖЕНИЮ ХИМИЧЕСКОГО ОРУЖИЯ (ОУХО)

О.В. Козлов[1], **С.В.Аршевский**[1]

[1] *Курганский государственный университет, г. Курган, Россия*

Подсистема гидробиологического мониторинга занимает значительное место в структуре мониторинга ОУХО, исходя из химизма процессов, протекающих при переработке химических веществ, которые составляют основу арсенала химического оружия, и учитывая физико-химические свойства промежуточных, побочных и конечных продуктов этих процессов. Поступление в атмосферу продуктов деструкции, возникающих при переработке химоружия, приводит к образованию растворимых в воде соединений. Выпадение атмосферных осадков на исследуемой территории может привести к первичному загрязнению поверхностных вод различными классами органических соединений, а также к вторичному загрязнению – посредством поступления этих соединений с грунтовыми водами при загрязнении почв.

Исследованные озёра (Панькино – 1.2 км^2, Наумовское – 0.3 км^2, Фролиха – 0.8 км^2) расположены в Щучанском районе Курганской области. Первое находится в четвёртой зоне защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия, на расстоянии 6.2 км от ОУХО в северо-восточном направлении. Озёра Наумовское и Фролиха расположены в шестой и четвёртой зонах защитных мероприятий арсенала хранения химического оружия. Озеро Наумовское находится на расстоянии 10.7 км к северу от арсенала, а озеро Фролиха – на расстоянии 4.5 км в юго-восточном направлении от него, причем озеро Наумовское входит и в четвёртую зону защитных мероприятий ОУХО. При оценке возможного воздействия данных объектов на экосистемы исследуемых водоёмов, необходимо учитывать этот факт, так как озеро Наумовское может испытывать воздействие со стороны сразу двух потенциально опасных источников.

Фации зарастания озёр представлены тростником южным (*Phragmites australis*) – доминирующим видом полупогруженных макрофитов, формирующих бордюрное зарастание водоёмов. В процессе седиментации происходит заиление грунта автохтонным и аллохтонным органическим веществом, что приводит к формированию иловых отложений толщиной 0.2–0.9 м.

По результатам исследований озеро Панькино наиболее интересно с точки зрения биоиндикации негативных воздействий. Зоопланктоценоз озера представлен двумя видами ветвистоусых ракообразных (Cladocera, Daphniidae), которые различаются по степени доминирования. К доминирующим видам в планктоценозе водоёма относятся *Daphnia pulex* и *Daphnia longispina*. Они представлены преимущественно самками. Доля молоди в популяциях ветвистоусых ракообразных колеблется от 12 до 18% от общей численности популяций. В выводковых камерах самок отмечено в среднем 6–8 яиц, причем часть самок имеют эфиппиумы, содержащие диапаузирующие яйца. Количество самок с яйцами составляет до 63% от общего числа особей в популяциях. К субдоминантам по численности можно отнести один вид веслоногих раков – *Mesocyclops leuckarti*. Сравнивая изменения, произошедшие за год, отмечается достаточная стабильность зоопланктоценозов озёр. В экосистеме озера Фролиха все возможные изменения связаны с незначительным (на 1 г/л) повышением солёности воды. Это привело к исчезновению из планктоценоза ветвистоусых раков (*Bosmina longirostris*) и появлению в нём незначительного количества коловраток *Trichocerca* sp. Коловратки *Trichocerca* sp. и *Keratella quadrata* составляют систему субдоминантов, которая нивелирует негативные природные воздействия на данный зоопланктоценоз. Одновременно в нём увеличивается численность другого вида-доминанта – *Cyclops strenuus*, плотность популяции которого выросла в 1.75 раза по сравнению с предыдущим годом. Возможно, что этому способствовало перераспределение трофических ниш среди видов-зоопланктеров.

Для определения наиболее стабильных по численности видов-биоиндикаторов, постоянно присутствующих в зоопланктоне исследованных озёр и определяющих их типологию и динамику, необходимы исследования экосистем данных водоёмов на протяжении 3–5 лет. Это даст возможность исключить влияние природных процессов и увеличить точность и правильность интерпретации результатов при применении метода биоиндикации для оценки степени антропогенного воздействия на экосистемы исследуемых озёр.

ЗООПЛАНКТОН ПРИТОКОВ РЕКИ ВЫЧЕГДЫ С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

О.Н. Кононова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Известно, что малые реки в значительной степени определяют гидрологический режим и качество вод в крупных и средних реках. Все изменения в режиме малых рек отражаются на всей гидрографической цепи. Особая чувствительность этих рек к различным видам загрязнений связана с малыми объёмами стока, небольшими скоростями течения и, в силу этого, с более низкой способностью самоочищения русловых вод (Вендров и др., 1981; Разин и др., 1981). Изучение состава и структуры водных беспозвоночных, в частности, зоопланктона, позволяет оценить качество вод малых водотоков и определить степень антропогенного влияния. Нами были исследованы притоки реки Вычегды второго порядка – Тыб-ю (в 2008 г.), Важелью и Кылтым-ю (в 2005–2006 гг.). По физико-географическому районированию бассейн Вычегды относится к подзоне средней тайги. Все три водотока испытывают антропогенное влияние, различное по степени и характеру. Основными источниками загрязнения для р. Кылтым-ю являются сельскохозяйственные стоки, а для р. Важелью – сточные воды птицефабрики, расположенной в её среднем течении. Русло р. Тыбью в нижнем течении ранее было зарегулировано; в настоящее время в связи с разрушением водосброса водохранилище было спущено.

В нижнем течении р. Тыбью разделяется на два рукава, соединяющихся ближе к устью. В одном из них течение едва заметно, а вдоль берегов хорошо развиты макрофиты. Во втором рукаве скорость течения выше, и, по всей вероятности, со временем он и будет представлять собой основное русло реки. Во время весеннего половодья два рукава образуют единое русло. На этом участке зоопланктон отличался от зоопланктона верхнего и среднего участков богатым видовым составом, в котором преобладали озёрно-прудовые формы, а также количественными характеристиками – численность и биомасса здесь были выше, соответственно, в 3.6 и 2.7 раза. Коловратки играли ведущую роль, составляя до 80% численности и 71% биомассы планктонных организмов. Выше по течению реки в планктоне по численности преобладали коловратки и веслоногие раки, а по биомассе – веслоногие раки.

Хроническое воздействие сточных вод птицефабрики на р. Важелью способствовало накоплению органических веществ, что привело к изменению химического состава вод и грунтов, и, следовательно, к изменению в сообществе зоопланктона. Если в верхнем и нижнем течении водотока по биомассе превалировали веслоногие раки, а по численности – веслоногие раки и коловратки, то в среднем течении среди доминантов появляются ветвистоусые раки. Среди последних преобладают в основном вторичные фильтраторы – хидориды, специализированная группа ветвистоусых, обитающая преимущественно в литорали, в богатых органикой и детритом биотопах. На этом участке воды реки по состоянию зоопланктона характеризуются как β-мезосапробные. Избыточное поступление биогенных веществ оказывает негативное влияние на зоопланктон, что выражается в достоверном уменьшении видового разнообразия и в увеличении величины индекса доминирования Симпсона.

Река Кылтым-ю исследована в среднем течении. По сравнению с реками Тыбью и Важелью, антропогенное влияние на этот водоток не столь велико. Основные источники загрязнения – дачные участки, расположенные вдоль его берегов. Зоопланктон здесь представлен видами, типичными для малых водотоков. Вместе с тем, благодаря развитию погруженных и полупогруженных водных макрофитов, в число доминантов здесь входят мелкие фитофильные виды ветвистоусых раков.

Работа была выполнена в рамках научного проекта Президиума УрО РАН для молодых ученых и аспирантов УрО РАН «Сообщества водных организмов в малых водоемах бассейна р. Вычегда в среднем течении в условиях долговременных изменений окружающей среды».

РОЛЬ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ЗООФИТОСА И МАКРОФИТНЫХ РЫБ

К.А. Корляков

Челябинский государственный университет, г. Челябинск, Россия

В состав сообществ, формирующихся в подводных зарослях макрофитов, входят самые разнообразные гидробионты – от микроорганизмов до конечных звеньев водных экосистем – рыб. Многими исследователями отмечено, что биомасса и численность организмов зоофитоса и зооперифитона, населяющих заросли водных растений, как правило, отличается более высокими показателями в сравнении с организмами зообентоса (Саватеева, 1978; Зимбалевская, 1981; Оксиюк и др., 1994; Протасов, 2005; Шарапова, 2007). В свою очередь, для наземных видов растений исследователями установлены различные характеристики поверхностей, такие как удельная листовая поверхность (SLA), индекс листовой поверхности (LAI) и другие. Впоследствии было установлено, что площади поверхности растительных субстратов превышают площадь поверхности участков земли, на которых они произрастают, в разы и иногда даже на порядок (Уткин, Ермолова, Уткина, 2008).

В связи с вышеперечисленными фактами перед нами стояла цель – выявить зависимость численности и биомассы различных гидробионтов, населяющих заросли макрофитов, от площади поверхности этих растений. Задачами исследования было: а) установить численность и биомассу организмов зоофитоса и макрофитных рыб в зарослях различных видов растений; б) установить удельные площади поверхностей различных макрофитов; в) определить зависимость численности и биомассы гидробионтов от площадей макрофитов. Площади поверхностей различных макрофитов и показатели численности и биомассы обитающих на них гидробионтов были определены с помощью ранее разработанной методики (Корляков, 2009). Исследования проводились в 2008–2009 гг. на водоемах Челябинской области, различных по гидродинамике и трофической структуре. Для статистической оценки степени связи между полной поверхностью растений (PAI) с одной стороны, и численностью и биомассой зоофитоса с другой стороны, использовали непараметрическую корреляцию Кендалла. Расчёты и графические построения выполнены в пакете KyPlot.

В результате работы была выявлена довольно высокая биомасса организмов зоофитоса, преимущественно связанных с макрофитами топически. Без учёта перифитона и микроорганизмов, эта биомасса колебалась в пределах 7–90 г/м^2. Биомасса трёх различных видов макрофитных рыб также характеризовалась высокими значениями и составила 5–160 г/м^2. Следует отметить, что биомасса последних трофических звеньев – организмов зоофитоса и рыб, в консортивных ценозах зарослей трёх видов макрофитов составила для зоофитоса 1–8% от массы обработанного растения, а для макрофитных рыб – 1–35% от массы растения. Для элодеи канадской, роголистника погруженного и урути мутовчатой были найдены индексы листовой поверхности (LAI), которые составили 3.5, 2.7 и 1.8 м^2/м^2, соответственно. Известно, что LAI наземных видов растений характеризуется более высокими значениями и меняется в пределах 1–15 м^2/м^2 (Ермолова, Уткин, 1998). В свою очередь, полная поверхность (PAI) исследованных нами макрофитов была в пределах 3–8 м^2/м^2. Установлена статистически высоко значимая положительная зависимость между численностью и биомассой гидробионтов, и площадью поверхности растительных субстратов. То есть, в зависимости от объема выборки, её глубины и высоты, с увеличением площади поверхности растения (PAI) увеличивалась численность и биомасса различных организмов зоофитоса, среди которых были моллюски, подёнки, личинки стрекоз и т. д. Эта закономерность была выявлена для зарослей элодеи, роголистника и урути. Высокими показателями биомассы в зарослях вышеперечисленных растений характеризовались малая южная колюшка, ротан-головешка и европейская щиповка. Так, по надёжным данным ряда исследователей (Китаев, 1994; Руденко, 2000) известно, что показатели биомассы рыб преимущественно в небольших пресноводных водоёмах колеблются в пределах 0.3–40 г/м^2. При пересчете биомассы рыб не на площадь дна водоёма, а на площадь поверхности растений, данные характеристики для трёх видов рыб составили 0.5–19 г/м^2, что вполне вписывается в нормы биомассы рыб, установленные ихтиологами и рыбоводами для водоемов умеренных широт.

Таким образом, можно предположить, что высокая численность и биомасса гидробионтов, обитающих в зарослях водных растений, обусловлена большими «нагульными площадями» в виде растительных субстратов, превышающих в разы площадь поверхности субстратов, на которых они произрастают. Вполне вероятно, что макрофиты и водоросли помимо первичной продукции обеспечивают последующие звенья топическими «резервуарами» в виде нагульных площадей, что сказывается на самом последнем трофическом звене – рыбах (Корляков, 2010).

ДИНАМИКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДОВ–ВСЕЛЕНЦЕВ В ФИТОПЛАНКТОНЕ РЫБИНСКОГО И ШЕКСНИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ (БАССЕЙН ВЕРХНЕЙ ВОЛГИ)

Л.Г. Корнева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Начиная со второй половины XX века, в пресные воды Европы и Северной Америки отмечено активное расселение планктонных солоноватоводных диатомей. Их наиболее интенсивное проникновение происходит в биотопы, обладающие градиентом солености, который обычно формируется в эстуариях рек или в водоёмах, подверженных влиянию морей и океанов. В настоящее время в водохранилищах Волги известно 10 инвазийных видов из отдела Bacillariophyta, но только два из них, *Skeletonema subsalsum* (A. Cleve) Bethge и *Actinocyclus normanii* (Greg.) Hust., могут достигать значительного развития. В 1989–2008 гг. в водохранилищах Верхней Волги эти два вида составляли до 58 и 25% от суммарной биомассы фитопланктона, соответственно. Цель данного исследования – выявить закономерности их динамики и распространения в двух водохранилищах – Шекснинском и Рыбинском. Для этого использованы данные, полученные в ходе многолетних исследований на Рыбинском водохранилище (в 1954–2008 гг.) и на Шекснинском (в 1976–2007 гг.). Ранее было показано, что появление и натурализация этих видов-вселенцев в волжских водохранилищах совпадали с многоводными фазами гидрологического цикла: для *S. subsalsum* это 1960-е годы, когда завершилось основное гидростроительство каскада, а для *A. normanii* – середина 1980-х годов, после создания последнего Чебоксарского водохранилища, когда изменение глобальных климатических процессов способствовало увеличению стока Волги, поднятию уровня Каспия и началу положительного тренда температуры воды в Рыбинском водохранилище. Трансформация гидрологического режима Волги повлекла значительные изменения и в гидрохимическом режиме её водохранилищ: увеличение минерализации, а также концентрации хлоридов и сульфатов.

В планктоне Рыбинского водохранилища *S. subsalsum* была впервые отмечена в 1954 и 1959 гг., но доминировать этот вид начал с 1962 г., становясь постоянным компонентом фитопланктона с 1965 г. Максимальной биомассы этот вид достигает обычно в летний период, в многоводную фазу гидрологического цикла, достигая наибольшего развития в речных участках водохранилища. В Шекснинском водохранилище *S. subsalsum* впервые была обнаружена в середине 1970-х годов. Однако биомасса этого вида была очень незначительна, как и в последующие 1990-е годы. Первоначально, она достигала наибольших величин в речной части водохранилища, но в 1990-е годы – также и в озёрной. *Actinocyclus normanii* в Рыбинском водохранилище был впервые обнаружен в Шекснинском плесе в 1993 г. Достигая наибольшего развития, как и *S. subsalsum*, в летний период, в 2004–2008 гг. он постепенно распространился по всей акватории водоёма. В Шекснинском водохранилище *A. normani* впервые выявлен летом 1994 г., первоначально в большем количестве в озёрном плёсе. Однако летом 2007 г. его биомасса на отдельных участках речного плёса была уже сопоставима с таковой в озёрном. Из анализа литературных данных можно предположить, что *S. subsalsum* перемещается из Рыбинского в Шекснинское водохранилище, а *A. normanii* – в обратном направлении. Пока остаётся открытым вопрос, почему обилие последнего вида намного выше в Шекснинском, а первого – в Рыбинском водохранилище. (Максимальные численность и биомасса *A. normanii* составили 362×10^6 клеток/л и 5.6 г/м^3 в Шекснинском, и 136×10^6 клеток/л и 0.9 г/м^3 в Рыбинском вдхр. Максимальные значения для *S. subsalsum* – 1.6×10^6 клеток/л и 1.4 г/м^3 в Рыбинском, 0.2×10^6 клеток/л и 0.04 г/м^3 в Шекснинском вдхр.). Возможно, наблюдаемые различия связаны с разными преференциями этих видов по отношению к ионному составу воды.

СУКЦЕССИИ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ И ОЗЁР БАССЕЙНА ВОЛГИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Л.Г. Корнева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Гидростроительство, продолжавшееся с 1843 по 1981 гг., превратило Волгу, крупнейшую реку Европы, в каскад водохранилищ, различающихся по морфометрическим, гидрофизическим, гидрохимическим и продукционным характеристикам. Основные последствия зарегулирования стока реки: снижение скорости течения, замедление водообмена, увеличение теплоёмкости, изменение содержания биогенных веществ и ионного состава воды, а также установившаяся с 1975 г. над территорией Волжского бассейна новая эпоха атмосферной циркуляции. Увеличение стока Волги, поднятие уровня Каспийского моря, увеличение доли подземного питания рек и повышение их минерализации существенно изменили среду обитания водных сообществ. К воздействию кислотных осадков, поступающих в водоёмы вследствие антропогенного обогащения атмосферы окислами серы и азота и их трансграничного переноса, наиболее чувствительны слабоминерализованные озёра с низким содержанием кальция, расположенные среди болотных комплексов. На основании результатов многолетних исследований фитопланктона девяти водохранилищ (1954–2005 гг.) волжского бассейна и семи небольших слабоминерализованных озёр, расположенных в бассейне Верхней Волги (1989–1999 гг.), определены основные тренды изменения структурных показателей фитопланктона под влиянием различных природных и антропогенных факторов. Сукцессия фитопланктона в водохранилищах характеризовалась периодичностью в многолетнем изменении биомассы, сопряженной с цикличностью гидроклиматических процессов, и направленностью в трансформации структуры альгоценозов, связанной с эвтрофированием, увеличением температуры и изменением ионного состава воды. В водохранилищах происходило увеличение биомассы фитопланктона, её сезонной вариабельности, участия мелкоклеточных форм водорослей (увеличение *r*-стратегии), лимнофильных автохтонных и аллохтонных эвригалинных видов, адаптированных к высокому содержанию органического вещества, миксотрофных жгутиковых (криптомонад) и безгетероцистных синезелёных водорослей, удельного разнообразия и доминирования альгоценозов, а также снижение их ценотического разнообразия и выравненности. Основным фактором, регулирующим развитие планктонных водорослей в слабоминерализованных озёрах, независимо от их цветности и трофии, была величина pH. По мере увеличения кислотности наблюдалось снижение общей численности и биомассы, её сезонной вариабельности, ценотического и удельного разнообразия, выравненности альгоценозов, а также увеличение их доминирования, размеров клеток водорослей (увеличение *K*-стратегии) и доли числа стенобионтных видов. Биомасса различных крупных таксономических групп водорослей снижалась при pH 6–7. Однако, с увеличением ацидности наблюдалось увеличение относительного участия пеннатных диатомовых – обитателей бентоса и обрастаний, безгетероцистных синезелёных, золотистых и зелёных (зигнемовых) водорослей. Таким образом, трансформация фитопланктона водохранилищ Волги и слабоминерализованных озёр характеризовалась разнонаправленностью трендов изменения биомассы, размерных характеристик фитопланктона и удельного разнообразия. Её сходство выражалось в уменьшении ценотического разнообразия и выравненности, в увеличении доминирования и участия в планктонных комплексах безгетероцистных синезелёных водорослей и фитофлагеллат.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ РЯПУШКИ В УСЛОВИЯХ ЭВТРОФИРОВАНИЯ И СЛАБОГО ТОКСИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

И.М. Королева, **О.И. Вандыш**

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия

В водоёмах Мурманской области ряпушка – одна из наиболее распространённых и многочисленных рыб. Большинство озёр Мурманской области относятся к олиготрофным, с низкими показателями содержания биогенов, численности и биомассы фито- и зоопланктона, что в сочетании с низкими температурами обуславливает мелкие размеры ряпушки – средняя длина 9–14 см, масса 10–18 г. При высоком уровне трофности озера рыбы достигают значительно больших размеров, что позволяет выделять данную популяцию в крупную форму. Сравнение необходимо проводить, сопоставляя изменения кормовой базы, возрастную структуру популяции и темпы роста при учёте влияния абиотических факторов, в частности качества воды. На примере исследованных водоёмов показано, что при антропогенном эвтрофировании озёр наблюдается увеличение численности и биомассы начальных уровней пищевой цепи, приводящее к росту размерно-весовых показателей планктонофагов.

Объектом исследований являлись популяции ряпушки из озёр водосбора озера Имандра, включая само озеро Имандра. Предположительно, в данной озёрно-речной системе обитает ряпушка, имеющая общее происхождение. Это позволяет на примере исходно однородных популяций проследить многообразие ответных реакций на антропогенное загрязнение и на изменение биотических факторов, включая состояние кормовой базы и межвидовую конкуренцию. Рассматривались загрязнённые (оз. Имандра и оз. Ковдор) и условно-фоновые водоёмы.

По результатам многолетних наблюдений установлено, что в озёрах или их участках, принадлежащих к среднему уровню трофности и кормности (2–4 г/м^3 по показателям развития зоопланктона), ряпушка могла достигать размеров, нетипичных для северных олиготрофных озёр. В эвтрофируемом участке оз. Имандра в 1996–97 гг. максимальные длина и масса составляли 20 см и 80 г, в оз. Ковдор – 23 см и 157 г. Увеличение размеров, абсолютной плодовитости (средняя – до 7 тыс. икринок) и численности наблюдалось, несмотря на ухудшение условий обитания, вызванное загрязнением от предприятий горно-перерабатывающей промышленности. Изменений в скорости созревания и продолжительности жизни не выявлено; ряпушка старше шести лет при наших исследованиях не встречалась. Из 17 таксонов зоопланктона, обнаруженных в оз. Ковдор, основу рациона ряпушки составляли босмины, дафнии и циклопы, второстепенную роль играют двустворчатые моллюски, личинки хирономид и стрекоз.

Одним из показателей состояния организма является жиронакопление. Хорошая обеспеченность энергетическими ресурсами позволяет в условиях токсичности воды поддерживать высокие темпы роста и численность. Для сиговых рыб из загрязнённых участков оз. Имандра было отмечено повышенное отложение жира на внутренних органах в ущерб пластическому росту. При этом коэффициент упитанности по Фультону для ряпушки оставался невысоким – 1.0. В оз. Ковдор усиленное жиронакопление не сопровождалось снижением ни размеров, ни темпа роста. Жир на внутренних органах присутствовал у нерестовых самок (IV–V стадии зрелости), что в водоемах Кольского полуострова обычно не наблюдается. Коэффициент упитанности по Фультону у ковдозерской ряпушки в среднем составил 1.27; это один из наиболее высоких показателей для водоёмов области.

В озёрах, не получающих дополнительных энергетических субсидий в виде поступления биогенов и подверженных загрязнению за счёт аэротехногенного переноса поллютантов, размерно-весовые характеристики ряпушки оставались типичными. Средние масса и длина колебались от 7.5 до 17 г и от 10 до 13 см, соответственно. Максимальная навеска достигала 49 г. Коэффициент упитанности варьировал от 0.81 до 1.0.

Таким образом, рост особей является наиболее показательной характеристикой, определяющей условия существования вида, и может использоваться для биомониторинга.

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ПИТАНИИ ПОЛИХЕТЫ *MARENZELLERIA NEGLECTA* В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

О.В. Кочешкова, **Е.К. Ланге**, **Е.Е. Ежова**

Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград, Россия

Начиная с 1988 г. североамериканская полихета *Marenzelleria neglecta* Sikorski et Bick, 2004 (= *M. viridis* (Verrill, 1873)), которая к настоящему времени акклиматизировалась во многих районах Балтийского моря, успешно развивается и в мелководном солоноватоводном эвтрофном Вислинском заливе. В нём из трёх основных донных сообществ наиболее широко распространён биоценоз, в котором *M. neglecta* формирует до 90% биомассы бентоса. Биомасса этого вида может достигать 290 г/м^2, что сравнимо с данными для лагуны Дарсс-Цингст Балтийского моря (400 г/м^2) (Zettler, 1997).

Полихеты семейства Spionidae, к которым относиться *M. neglecta*, питаются на границе раздела «вода–дно» с помощью пары тентакулярных пальп и относятся к селективным поверхностным детритофагам и сестонофагам-фильтраторам (Dauer et al., 1981; Kube et al., 1996). В полузамкнутых лагунах Юго-Восточной Балтики, в частности, в лагуне Дарсс-Цингст, основным источником пищи для *M. neglecta* является фитопланктон и ресуспендированный органический материал (Kurbe et al., 1996). Пищевой рацион популяции *M. neglecta* в Вислинском заливе до последнего времени не изучался, и это стало целью данной работы. Предварительные результаты были получены в ходе анализа содержимого кишечников 11 экземпляров половозрелых червей *M. neglecta* из бентосных сборов в Приморском районе залива (глубины 3–4 м) летом 1999–2001 гг. Для сравнения состава пищевого комка и придонного фитоценоза использовались данные по фитопланктону, полученные в августе 2001 г.

В пищевом комке *M. neglecta* всего обнаружено более 30 таксонов микроводорослей (диатомовых – 26, зеленых – 5, цианобактерий – 3, зоомастигофора – 1), а также органические остатки растительного происхождения. В 4 кишечниках обнаружен песок. Также песчаные зёрна были существенной частью материала, найденного в кишечниках особей из Померанского залива (Kube et al., 1996). Диатомовые водоросли были представлены преимущественно бентосными формами и обрастателями. Содержимое кишечников полихет из сборов 1999–2000 гг. и 2001 г. отличалось по числу таксонов альгофлоры: в первом случае – 0–4 таксона (5 экз.) и 10 таксонов (1 экз.), во втором случае – 7–16 таксонов (5 экз.). Максимальная численность микроводорослей (с учётом пустых створок) – 11 тыс. клеток на экз., отмечена в августе 2001 г.

Структуру видового состава придонного фитоценоза (43 таксона) в 2001 г. в основном определяли цианобактерии и зелёные водоросли (суммарно 93%). Среди цианобактерий наиболее представительными были мелкоклеточные колониальные формы хроококковых. Зелёные водоросли также характеризовались развитием видов с небольшими индивидуальными весами; эти виды относятся к хлорококковым. Доминировали цианобактерии, обеспечившие 91% (23 млрд. клеток на литр) и 88% (9 г/м^3) от общей численности и биомассы фитопланктона, соответственно.

Таким образом, полихета *M. neglecta* в Вислинском заливе проявила себя как детритофаг-собиратель, хотя плотность фитопланктона была высокой. Подобное явление наблюдалось, когда полихеты обитали на глинистых осадках (Kube et al., 1996). В Вислинском заливе в районе исследования субстрат был представлен алевритовыми осадками с тонкодисперсным наилком на поверхности.

СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ВОДОЁМОВ

С.В. Кренева

Азовский филиал Мурманского морского биологического института Кольского НЦ РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Проблемы развития и широкого повсеместного внедрения современных подходов в биологическом анализе загрязняемых вод по-прежнему остаются неразрешёнными и достаточно острыми. В середине 70-х годов прошлого столетия была разработана принципиально новая система на основе анализа пространственных и временных антропогенных деструктивных сукцессий. На её основе был, наконец, создан ряд методов надёжного контроля влияния источников загрязнения на водоёмы любого типа независимо от климатических зон. Это позволило осуществлять раннюю диагностику и адекватный долгосрочный прогноз состояния экосистем. Новая система была одобрена и поддержана Георгием Георгиевичем Винбергом и впоследствии прошла широкую успешную апробацию на большом количестве разнотипных водных объектов в ряде регионов бывшего СССР (озёра Ладожское, Онежское, Байкал, реки, озера, водохранилища Калмыкии, Тюменской тундры, Молдавии, Украины, о. Сахалин и др.).

Динамика структуры биоценоза, количественные характеристики его развития, соотношение определённых таксономических групп, видовое разнообразие – всё это наиболее выразительные признаки для определения стадии эвтрофикации водной экосистемы. Наиболее наглядным выражением последовательности и характера динамики служит кривая исторической антропогенной деструктивной сукцессии водной экосистемы. Она же даёт возможность определить допустимый оптимум антропогенной нагрузки, диктуемый сочетанием санитарных и экономических потребностей водопользования, как того требует ЕРВД. Освоение данной прогрессивной методологии широкими кругами гидробиологов отстаёт от потребностей контроля стремительно ухудшающегося состояния водных экосистем. Причина, по-видимому, отчасти психологическая, отчасти организационная. Г.Г. Винберг предвидел подобную задержку на пару десятилетий, однако перестройка добавила к этому сроку свои коррективы.

Учитывая неограниченные возможности и преимущества этого направления, следовало бы привлечь к его дальнейшему развитию бо́льшие, особенно молодые силы. Эвтрофикация и загрязнение вод идут ускоряющимися темпами, причем это касается не только внутренних водоемов, но и Мирового океана, судя по работам Ю.И. Сорокина, В.Е. Заики с соавторами, Н.В. Мамаевой и других известных гидробиологов. Идёт глубокая перестройка биоценозов. Всё бо́льшая часть энергии уходит в микробиальные петли, растут сообщества низших гетеротрофов. Г.Г. Винберг уделял большое внимание работам с простейшими, и в его период появилась целая плеяда учёных-протистологов. В Борке, Кишиневе, Баку, Севастополе (ИНБЮМ) и других местах живы и работают уже их школы. К сожалению, специалистов этого профиля всё же крайне немного, и к тому же бо́льшая их часть оказалась теперь в ближнем зарубежье. В традиционной гидробиологии принято судить о роли низших гетеротрофов по показателям бактериопланктона, как первого звена в гетеротрофной цепи. Однако сложное, весьма разнообразное и многочисленное сообщество низших гетеротрофов слабо изучено, и, по-видимому, каждая из групп, входящих в его состав, может занимать это место. Необходимо расширять, внедрять в России и использовать этот потенциал в работах о балансе вещества и энергии в трофических сетях и экосистемах.

Сейчас крайне актуально дать надёжную адекватную оценку состоянию Байкала, и в этом состоит долг учёных. Правительство выделило грант на исследования и, по-видимому, ждёт окончательной оценки для принятия решения по поводу одного из моногородов. Где гарантия, что опять не найдутся бойкие подпевалы или просто малограмотные спецы, которые сработают по принципу: он большой, а значит, всё вынесет. Без системного сукцессионного подхода все признаки выглядят разрозненными, малозначительными явлениями и только тогда, когда специалист видит за ними черты конкретной стадии сукцессии и знает, какие тенденции начнут превалировать вслед за этим, он способен трезво оценить ситуацию и реальную перспективу изменения экосистем. Видимо, без грамотного анализа деструктивных антропогенных сукцессий невозможно дать своевременный прогноз.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВА ДРЕЙССЕНИД И ГАММАРИД В УСЛОВИЯХ МИКРОКОСМА

Ю.Г. Крот, **Т.И. Леконцева**, **Т.Я. Киризий**, **Е.В. Старосила**, **Г.Б. Бабич**, **Т.В. Фриновская**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

В данной работе изучались особенности жизнедеятельности сообщества дрейссен (*Dreissena polymorpha* (Pallas), *D. bugensis* (Andrusov)) и гаммарид (*Dikerogammarus haemobaphes* (Eichwald), *Chaetogammarus ischnus* (Stebbing)) в условиях микрокосма и их взаимосвязь с абиотическими и биотическими факторами среды. Животные были отловлены в р. Днепр в сентябре 2009 г. при температуре воды 21ºС и содержались в биотехнологическом комплексе Института гидробиологии в бассейнах объёмом 400 дм^3. Средой служила отстоянная водопроводная вода, температурный режим − 20 ± 0.5ºС. В качестве корма использовали личинок хирономид, пасту хлореллы, пекарские дрожжи. Начальная плотность друз дрейссен составляла 2.7 кг/м^2, численность и биомасса гаммарид − соответственно, 2 тыс./м^2 и 19.5 г/м^2. В структуре сообщества дрейссен преобладали особи длиной 16−25 мм (80%), а среди гаммарид − 5–16 мм (78%). Установлена положительная связь между динамикой численности бокоплавов и изменением биомассы дрейссен ($r_S = 0.58$, $p < 0.05$). За период наблюдений (4 месяца) яйценосные самки гаммарид составляли 5.5−12.2% от общей численности половозрелых особей. Динамика относительного количества прекопулирующих пар носила волнообразный характер с периодичностью 3−6 недель. Значительное увеличение численности бокоплавов (в 1.5 раза) и биомассы дрейссен (в 1.3 раза) наблюдалось в течение двух месяцев с последующей устойчивой тенденцией снижения уровня данных показателей. Выявлено, что скорости увеличения биомассы ракообразных и моллюсков отрицательно коррелировали с количеством гетеротрофных бактерий в донном осадке (соответственно, $r_P = -0.90$, $p < 0.05$ и -0.98 , $p < 0.01$). При этом, динамика численности и биомассы гаммарид коррелировала также с количеством гетеротрофных бактерий в водной среде ($r_P = -0.94 \ldots -0.98$, $p < 0.05$). Отмечено увеличение смертности дрейссен с возрастанием в среде концентрации $N{-}NO_3$ более 35 мг/дм^3 ($r_S = -0.79$, $p < 0.01$) и $P{-}PO_4$ – более 7 мг/дм^3 ($r_S = -0.85$, $p < 0.001$).

МЕХАНИЗМЫ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ПРОЦЕССЫ ЭКЗОТРОФИИ У РЫБ

В.В. Кузьмина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Глобальное, прогрессирующее антропогенное загрязнение гидросферы – одна из острейших проблем современности. Тяжёлые металлы рассматриваются как приоритетные химические загрязнители. Известно о негативном влиянии тяжелых металлов на питание, пищеварение и транспорт нутриентов во внутреннюю среду организма. На основании собственных результатов и данных, известных из литературы, будут рассмотрены механизмы негативного действия ионов тяжёлых металлов на разные звенья экзотрофии у рыб. Механизмы влияния тяжёлых металлов на питание, включая поиск и поглощение пищи, изучены недостаточно. Однако имеющиеся сведения позволяют выявить их «мишени» в контуре регуляции экзотрофии у рыб. Описано прямое и опосредованное действие тяжёлых металлов на пищевое поведение рыб. Тяжёлые металлы непосредственно влияют на сенсорные системы, в частности, на обонятельную и вкусовую системы, и на общее химическое чувство, обеспечивающие поиск пищи. Возможно нарушение структуры анализаторов и изменение функциональных характеристик, в частности, подавление ольфактограммы, снижение уровня ацетилхолинэстеразы в обонятельной выстилке и обонятельной луковице. Предполагается, что эффект тяжёлых металлов вызван взаимодействием ионов тяжёлых металлов с рецепторами всех указанных сенсорных систем. Также ионы металлов могут отрицательно влиять на структурные и функциональные характеристики систем, обеспечивающих передачу химических сигналов. Действие тяжёлых металлов на жабры опосредованно влияет на пищевое поведение рыб. Замедление двигательных реакций и уменьшение рациона может быть обусловлено негативным действием металлов на хлоридные и респираторные клетки жабр, которое вызывает ухудшение дыхательной функции и нарушение ионной и осмотической регуляции. Присутствие тяжёлых металлов в воде может влиять на уровень гормонов и нейротрансмиттеров, участвующих в регуляции пищевого поведения (серотонин, кортикотропин-релизинг-фактор, бомбезин и холецистокинин действуют как ингибиторы, β-эндорфин, нейропептид Y и галанин – как стимуляторы потребления пищи). Так, присутствие в воде ионов меди вызывает уменьшение концентрации моноаминов в различных областях мозга рыб. Значительное уменьшение концентрации допамина наблюдается в стволе мозга и в переднем мозге, серотонина – преимущественно в переднем мозге. Важно, что наиболее существенные изменения концентрации моноаминов наблюдаются в переднем мозге, поскольку у костных рыб он является центром обработки мультисенсорной информации, а его повреждение ведет к нарушению координации важнейших систем организма. Также возможно влияние тяжелых металлов на функциональные характеристики гипоталамуса и других участков мозга, ответственных за потребление пищи. Помимо этого, тяжёлые металлы могут вызывать у рыб стресс-реакцию, связанную с увеличением синтеза адренокортикотропного гормона, кортикостероидов и катехоламинов, в том числе адреналина. Влияние тяжёлых металлов на гипоталамо-гипофизарно-адреналовую ось подтверждается колебательным характером изменения двигательных реакций рыб. В свою очередь, увеличение уровня кортикостероидов и катехоламинов вызывает увеличение концентрации утилизонов, действующих как оперативные регуляторы пищевого поведения. Наконец, ионы тяжёлых металлов могут влиять на пищевое поведение рыб, воздействуя на гормоны гастро-энтеро-панкреатической системы, в первую очередь на синтез и продукцию холецистокинина и бомбезина, а также на нервную, преимущественно парасимпатическую, систему. Указанные механизмы прямо и опосредованно влияют на последующие звенья экзотрофии. Хорошо документированы как значительное уменьшение активности ряда пищеварительных гидролаз в результате снижения пищевой активности при хроническом действии некоторых тяжёлых металлов, так и прямые ингибирующие эффекты в опытах in vitro. В последнем случае важную роль играют механизмы, влияющие на концентрацию тяжёлых металлов в пищеварительном тракте (системы детоксикации и транзита, а также скорости рециклинга в случае биогенных элементов).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 09-04-00075).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭМБРИОНАЛЬНО-ЛИЧИНИЧНОГО РАЗВИТИЯ ПОЙКИЛОТЕРМНЫХ ГИДРОБИОНТОВ В АСТАТИЧНЫХ УСЛОВИЯХ СРЕДЫ

В.А. Кузнецов, **А.Б. Ручин**, **Е.А. Лобачев**, **С.В. Лукиянов**, **О.А. Пьянзина**

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия

В ряде экспериментальных исследований показано, что периодические колебания факторов среды в пределах толерантного диапазона оказывают положительное влияние на функционирование пойкилотермных гидробионтов. В условиях колебаний солёности, pH, температуры, освещённости наблюдается ускорение роста, снижение вариабельности линейно-весовых размеров, оптимизация энергетики и улучшение физиологического состояния инфузорий, ракообразных, насекомых, моллюсков, рыб и амфибий (Лозина-Лозинский, 1941; Заар, 1969; Hagstrum, Hagstrum, 1970; Halbach, 1973; Галковская, Сущеня, 1978; Константинов, 1988; Константинов, Мартынова, 1990; Константинов и др., 1995). На основании этих исследований выдвигается альтернативная концепция экологического оптимума, согласно которой наиболее благоприятное воздействие на жизнедеятельность организмов оказывают не оптимальные значения экологических факторов, а их периодические отклонения от оптимального уровня (Константинов, 1997; Кузнецов, 2005).

Большинство авторов трактуют отмеченные эффекты с позиции «общего адаптационного синдрома», который не ухудшает, а, наоборот, улучшает физиологическое состояние организма в условиях колебаний факторов среды (Селье, 1982). На ранних этапах развития организма подавляющее большинство адаптационных механизмов ещё не сложилось, однако даже в эмбриональный период организмы реагируют на колебания среды изменением скорости биохимических процессов (Немова, Высоцкая, 2004). В связи с этим, исследовалось влияние колебаний ряда экологических факторов (температура, соленость, pH, освещенность) на раннее развитие моллюсков, рыб и амфибий.

Проведенные исследования показали, что небольшие периодические колебания исследованных факторов среды оказывают положительное влияние на раннее развитие пойкилотермных организмов. При колебаниях ряда экологических факторов наблюдалось ускорение эмбрионального и личиночного развития гидробионтов. По сравнению с константными оптимальными значениями факторов среды темп эмбрионального и личиночного развития гидробионтов возрастал на 10–30%. Значительно увеличивалась скорость роста личинок рыб и земноводных. Наряду с ускорением развития и скорости роста, в астатичных условиях отмечалось более дружное развитие, снижение вариабельности размеров особей и увеличение выживаемости эмбрионов и личинок, особенно в критические периоды развития, что имеет важное прикладное значение.

Результаты проведённых исследований позволяют заключить, что при действии колебаний различных по своей природе экологических факторов на разные в филогенетическом отношении группы гидробионтов и этапы их жизненного цикла наблюдаются сходные эффекты, проявляющиеся в ускорении роста и развития, лучшей выживаемости и, в целом, в улучшении физиологического состояния организмов. Это свидетельствует об общебиологической закономерности оптимального воздействия астатичности среды на пойкилотермных гидробионтов.

Совокупность накопленных данных по влиянию астатичных условий на жизнедеятельность организмов позволяет внести коррективы в правило оптимума (Шилов, 2001). Наиболее благоприятно для организма то количественное выражение фактора, которое периодически отклоняется из *зоны оптимума* в *зоны нормы*, что приводит к включению адаптационных механизмов, направленных на приспособление организма к изменившимся условиям. С одной стороны, необходимость установления новых форм стационарных равновесий («подстройка под среду») требует от организма дополнительной работы и энергетических затрат на функционирование адаптивных механизмов, однако перестройка метаболизма и гиперкомпенсация этих затрат приводят к избыточному анаболизму (Бауэр, 1935), и, как следствие, к ускорению роста и развития, к оптимизации жизнедеятельности в целом.

Полученные данные свидетельствуют о том, что современные технологии культивирования гидробионтов, основанные на традиционной концепции экологического оптимума, должны быть пересмотрены и ориентированы на использование астатичных условий, обеспечивающих улучшение физиологического состояния организмов и повышение их жизнестойкости, особенно на ранних этапах развития.

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЙ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

О.П. Купецкая

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

В работе рассматривается динамика средней биомассы фитопланктона в зависимости от температуры воды, содержания кислорода и солёности в осенний период года, для двух участков акватории Северного Каспия. Первый из участков находится в западной части Северного Каспия на небольшом удалении от дельты Волги, второй – в южной центральной части Северного Каспия.

Для первого участка установлены значимые корреляции между исследуемыми показателями. Коэффициент корреляции между температурой воды на поверхности и биомассой фитопланктона равен 0.46 ($p < 0.05$); коэффициент корреляции между температурой воды на дне и биомассой фитопланктона составляет 0.458 ($p < 0.05$). Установлена высокая степень связи между биомассой фитопланктона и содержанием кислорода на поверхности, коэффициент корреляции составляет 0.582; величина связи между содержанием кислорода у дна и биомассой фитопланктона не является значимой ($p > 0.05$). Величина солёности воды коррелирует с биомассой фитопланктона; значение коэффициента корреляции одинаково велико как для зависимостей, характеризующих связь между солёностью у поверхности и биомассой фитопланктона, так и связь между солёностью у дна и биомассой фитопланктона (коэффициент корреляции – около 0.58).

При установлении зависимостей по первичным данным для второго участка, было выявлено, что коэффициенты корреляции не достигают значимых величин, а связь между температурой воды, солёностью воды, содержанием кислорода в воде и биомассой фитопланктона слаба или отсутствует. После упорядочивания данных по возрастанию по одному из оцениваемых признаков и разбиения упорядоченной совокупности на две меньшие, были обнаружены значимые корреляционные зависимости между некоторыми из исследованных признаков. Установлен высокий коэффициент корреляции ($r = 0.699$, $p < 0.05$) между поверхностной температуры воды и биомассой фитопланктона. При этом, характер различий коэффициентов корреляции позволяет говорить, что поверхностная температура воды оказывает большее влияние на биомассу фитопланктона в точках, где наблюдается относительно небольшое количество фитопланктона, а с ростом его количества это влияние ослабевает. Солёность воды (по отсортированным данным) влияет на биомассу фитопланктона только при значениях солёности ниже некоторой средней величины; при больших значениях солености её влияние на биомассу фитопланктона заметно ослабевает.

ИНВАЗИИ ПОНТО-КАСПИЙСКИХ АМФИПОД В ЛАДОЖСКОЕ ОЗЕРО

Е.А. Курашов, **М.А. Барбашова**

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Крупнейшее в Европе Ладожское озеро в силу своей холодноводности и низкой минерализации воды до недавнего времени продолжало оставаться достаточно устойчивым в отношении вторжений чужеродных видов беспозвоночных, обладающих высоким инвазивным потенциалом. Только байкальской амфиподе *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing), проникшей в Ладогу в результате самопроизвольного вселения из озёр Карельского перешейка в первой половине 80-х годов XX столетия, удалось натурализоваться и стать доминирующим видом в большинстве литоральных биоценозов. Исследования этого вида-вселенца показали, что он занял свободную экологическую нишу с использованием практически непотреблявшихся ранее трофических ресурсов. При этом *G. fasciatus* кардинально трансформировал прибрежные биоценозы, позволив более полно использовать энергию фитопродуцентов и передавать её на более высокие трофические уровни. Как показали исследования последних лет, наиболее проблемным районом с точки зрения проникновения в Ладогу новых видов является Волховская губа. В 2006 г. в месте впадения р. Волхов в Ладогу был впервые найден новый для озера вид – понто-каспийская амфипода *Pontogammarus robustoides* G.O. Sars (Kurashov, Barbashova, 2008). В 2009 г. выявлено, что *P. robustoides* стал доминирующим видом амфипод в зарослевых биотопах Волховской губы. В 2009 г. в Волховской губе нами впервые обнаружен ещё один чужеродный вид амфипод – *Chelicorophium curvispinum* (G.O. Sars). Численность *C. curvispinum* варьировала от 56 до 1480 экз./м^2, биомасса – от 0.13 до 1.6 г/м^2, что в среднем составило 25% численности и 11% биомассы амфипод. Вид был представлен экземплярами всех возрастных стадий, включая самок с яйцами. Этот факт свидетельствует о том, что *C. curvispinum* также уже акклиматизировался в Ладоге. Вероятным временем его проникновения в озеро можно считать 2007 или 2008 г., так как в 2006 г. в обследованных биотопах Волховской губы этот вид ещё отсутствовал. В 2009 г. во всех исследованных биотопах доминировали чужеродные амфиподы. Их доля по численности изменялась от 40.1% до 86.0%, а биомасса – от 67.4% до 86.5%. Прибрежные сообщества беспозвоночных в губе в 2009 г. были сильно трансформированы по сравнению с 2006 г. Значительно увеличилась численность и биомасса *P. robustoides* – до 736 экз./м^2 и 3.5 г/м^2, соответственно. Это свидетельствует о том, что вид нашел здесь для себя благоприятные условия. Плотность популяции *G. fasciatus* сократилась почти в 2 раза – до 360 экз./м^2 и 0.8 г/м^2. Кроме того, появился новый вид амфипод *C. curvispinum*, количественные показатели развития которого уже высоки. Таким образом, новые виды-вселенцы существенно потеснили *G. fasciatus*, доминировавшего здесь ранее, и инициировали серьёзную структурную перестройку литоральных биоценозов. Проникновению в Ладогу представителей понто-каспийского комплекса в последние годы, вероятно, способствовал ряд причин: антропогенный фактор (интенсификация судоходства), климатические изменения и повышенная минерализация воды в Волховской губе. Предсказать последствия вселения *C. curvispinum* в озеро в настоящее время достаточно трудно. Однако, можно ожидать, что *C. curvispinum* будет способен распространиться за пределы Волховской губы, поскольку он обладает выраженными возможностями адаптации к пониженной минерализации и обладает высокой экологической пластичностью. Перспективы широкого расселения по озеру *P. robustoides* представляются менее вероятными. Обнаружение в Волховской губе двух новых для Ладожского озера видов понто-каспийских амфипод – *P. robustoides* (2006 г.) и *C. curvispinum* (2009 г.), относящихся к числу наиболее агрессивных инвазивных амфипод, говорит о начале нового этапа перестроек в прибрежных экосистемах озера и о необходимости дальнейших подробных исследований распространения новых видов в Ладоге, поскольку в связи с новыми инвазиями возникла угроза серьёзных экосистемных трансформаций в крупнейшем европейском озере.

НАЛИЧИЕ ГЕНА СИНТЕЗА МИКРОЦИСТИНА У СИНЕЗЕЛЁНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ УКРАИНЫ

А.В. Курейшевич[1], **О.И. Белых**[2], **Е.Г. Сороковикова**[2], **Л.П. Ярмошенко**[1], **Н.И. Кирпенко**[1]

[1] *Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина*
[2] *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

«Цветение» воды синезелёными водорослями (Cyanophyta, Cyanobacteria, Cyanoprokaryota) сопровождается появлением в водной среде значительного количества их метаболитов, в том числе альготоксинов. Среди последних высокой токсичностью для гидробионтов, теплокровных животных и человека отличается микроцистин. Его способны продуцировать представители родов *Microcystis* (Kütz.), *Anabaena* Bory ex Born. ex Flach., *Planktothrix* An. et Kom., *Nostoc* Vauch. ex Born. ex Flach. и других родов. Выделению, идентификации и исследованию свойств токсинов посвящено немало работ, однако до сих пор не установлены факторы, которые способствуют появлению в альгосообществах токсичных или потенциально токсичных видов синезелёных водорослей. В последнее время для их детекции всё шире используют молекулярно-филогенетические методы, позволяющие до появления токсинов в воде, которые определяются аналитическими методами, на генетическом уровне выявить, есть ли у вегетирующих синезеленых водорослей гены, ответственные за продукцию токсинов и каких. Целью работы было выявление токсичных и потенциально токсичных видов синезеленых водорослей и анализ структуры фитопланктона в разнотипных водных объектах Украины (Киевское, Каневское и Кременчугское водохранилища, обводной Русановский канал Днепра в Киеве, озёра и пруды, в том числе рыбоводные) в период массового развития цианофитовых.

Для выполнения задачи на основе литературных данных выбраны генетические маркеры к генам синтеза токсинов. В первую очередь были использованы маркеры к генам микроцистина – основного и самого распространённого цианотоксина. Микроцистины синтезируются большим мультиферментным комплексом, состоящим из модулей нерибосомной пептид-синтетазы (NRPS) и поликетидсинтазы (PKS). Подобными ферментными комплексами синтезируются антибиотики. В настоящее время кластер генов (*mcy*), кодирующий ферменты синтеза микроцистинов, определён у нескольких видов цианофитовых.

Ранее с помощью ПЦР-анализа и праймеров к генам *mcy*A и *mcy*E мы провели исследование фитопланктона озера Байкал и водохранилищ ангарского каскада. В Усть-Илимском водохранилище выявили присутствие *mcy*A-гена *M. aeruginosa*, в Братском водохранилище найдена *Anabaena* sp., содержащая *mcy*E-ген. В Байкале гены микроцистинсинтетазы не обнаружены.

Анализ фитопланктона водоёмов Украины показал, что из 18 исследованных проб *mcy*E-ген обнаружен в 12. Присутствие в фитопланктоне токсичных либо потенциально токсичных видов синезелёных водорослей не зависело от типа водного объекта. Гены синтеза микроцистина были найдены в фитопланктоне водохранилищ, озёр, урбанизированных прудов г. Киев, рыбоводных прудов, а также Русановского канала. Установлено, что *mcy*E-ген чаще обнаруживался в фитопланктоне, структура которого имела полидоминантный характер. В то же время, в монодоминантных сообществах он не был выявлен. В частности, в пробе фитопланктона из нижнего участка Каневского водохранилища в районе лиманного хозяйства в прибрежных скоплениях синезеленых водорослей, где практически на 100% доминировал *Microcystis aeruginosa*, гены синтеза микроцистина не обнаружены.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №09-04-90420-Укр_ф_а и МК-1239.2010.4.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

А.В. Лавриненко, **Э.И. Мелякина**

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

В функционировании экосистемы мелководного Северного Каспия донные отложения играют очень важную роль, обусловленную мощным потоком энергии, проходящим через детритную пищевую цепь, и высокой скоростью обмена веществ между придонным слоем воды и поверхностным слоем осадков. Как экотоп бентоса, составляющего основную кормовую базу для рыб, временно или постоянно обитающих в Северном Каспии, донные отложения имеют большое значение для формирования рыбных запасов.

Наконец, донные осадки активно участвуют в формировании качества морских вод, являясь местом захоронения или временного хранения веществ, поступающих на дно, где они также могут подвергаться трансформации.

На геохимическое состояние донных осадков Северного Каспия большое влияние оказывают рельеф дна, климат, речной сток, уровень моря, гидрохимические и гидробиологические условия. Несмотря на зависимость от внешних условий, подверженных резким колебаниям, донные отложения представляют собой гораздо более консервативный компонент экосистемы Северного Каспия, чем морские воды, в связи с чем изменения их состава отражают в основном долговременные тенденции в изменении состояния окружающей среды Каспийского моря. «Консервативность» донных осадков обусловлена большим количеством энергии, необходимой для изменения геохимических условий и накапливаемой в течение длительного времени.

Материалом для исследования послужили образцы проб донных отложений, отобранных в центральном районе западной части Северного Каспия осенью 2009 года. Изучение содержания микроэлементов (Mn, Co, Cu, Zn) в пробах проводилось методом атомно-абсорбционной спектрометрии на спектрофотометре Hitachi 180-50.

В месте отбора проб донные отложения в основном имеют биогенное происхождение, при этом фракция >1 мм явно преобладает над другими фракциями. В основном она представлена целыми раковинами пластинчатожаберных и брюхоногих моллюсков и их обломками. Пески представлены крупно-, средне и мелкозернистыми разностями. По составу это преимущественно детритовые образования с незначительной примесью терригенных материалов.

В результате проведённых исследований было выявлено, что из исследованных элементов илистые грунты в большей степени накапливают марганец (27.08 мг/кг), медь (5.77 мг/кг) и цинк (8.89 мг/кг). В песчаных грунтах наблюдалось наибольшее содержание кобальта (22 мг/кг).

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДИНАМИКИ СТРУКТУРНЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗООПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.И. Лазарева

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Анализ многолетней динамики зоопланктона Рыбинского водохранилища показал, что в пелагиали водоёма до начала 1990-х гг. при почти неизменной численности наблюдалось увеличение биомассы сообщества, вызванное ростом обилия большинства видов ракообразных. Максимум зоопланктона отмечен в 1980-х гг.; с 1992 г. наблюдали снижение биомассы и продукции (таблица). В период 2001–2009 гг. в 2–3 раза уменьшилась летняя (июнь–август) численность всех групп зоопланктона, особенно коловраток, а биомасса сообщества приблизилась к таковой в 1970-е гг.

Сукцессия зоопланктона водохранилища происходила на фоне квазипериодических флуктуаций его параметров. Период колебаний видового богатства составил 6–7 лет, периоды колебаний характеристик видового разнообразия, трофического коэффициента E и численности – ~10 лет, а периоды колебаний средней массы зоопланктеров и биомассы сообщества – ~20 лет. Каждые 10–20 лет наблюдали обратимые смены доминантов и субдоминантов. Более 60% вариаций биомассы зоопланктона были связаны с колебаниями количества фитопланктона и до 20% – с изменением объёма речного стока, коэффициента водообмена и температуры воды водохранилища.

На фоне перечисленных колебаний отмечены направленные изменения характеристик зоопланктона. В 2007–2009 гг. средневегетационная численность коловраток снизилась до 25 ± 4 тыс. экз./м^3, а в 1956–1969 гг. она составляла 77–79 тыс. экз./м^3. В те же сроки обилие копепод возросло с 19–20 до 24 ± 3 тыс. экз./м^3, индексы N_{cr} / N_{rot} и B_z / B_{ph} увеличились с 0.4 до 1.1–3.1 и с 0.34 до 0.41–0.74, соответственно. В 2001–2005 гг. зарегистрировано распространение и рост численности новых видов зоопланктона – *Diaphanosoma orghidani* Negrea и *Asplanchna henrietta* Langhaus. В 2007–2009 гг. средневегетационная численность велигеров дрейссен в пелагиали достигла 11 тыс. экз./м^3; летом они составляли более 80% суммарной численности фильтраторов.

В 1990–1995 гг. основную часть продукции метазоопланктона (P_{mz}) формировали мирные кладоцеры (41–86% за сезон), а на долю коловраток приходилось 5–31%. Отношение продукции простейших к P_{mz} составило 1.32. Продуктивность метазоопланктона водохранилища была вдвое выше, чем в 1950–1970-е гг., и близка к наблюдаемой в водных экосистемах эвтрофного типа.

Метазоопланктон за сезон потреблял 13% продукции водорослей и 18% бактерий, а также значительную часть продукции простейших (22% флагеллят и 26% инфузорий). Факультативные и облигатные хищники метазоопланктона выедали > 22 ккал/м^2 или 31% P_{mz} за сезон. Для рыб оставалось доступно 50 ккал/м^2 или почти 70% P_{mz}. «Чистая» продукция распределялась по группам зоопланктона следующим образом: 33.6 ккал/м^2 – мирные кладоцеры, 7.3 ккал/м^2 – коловратки, 3.9 ккал/м^2 – мирные копеподы, 3.2 ккал/м^2 – хищные кладоцеры и 1.4 ккал/м^2 – всеядные и хищные циклопы.

Таблица. Изменения биомассы и продукции зоопланктона в Рыбинском водохранилище в 1956–2009 гг.

Период, годы	Продукция		Биомасса, г/м^3		
	VII–VIII, мг/м^3×сут.	V–X (180 сут.), г/м^3	VI	VIII	Среднее (V–X)
1956–1969	–	14 ± 3	0.5–1.7	<1	0.4 ± 0.03
1970–1980	77 ± 12*	13 ± 2*	0.8–2.8	0.4–1.8	0.7 ± 0.05
1981–1990	252 ± 36*	42 ± 6*	2.0–4.6	0.9–2.1	1.6 ± 0.11
1991–2000	152 ± 14	27 ± 2	1.4–2.7	0.5–1.3	1.1 ± 0.06
2001–2006	365 ± 100*	–	0.5–2.7	0.5–1.3	1.1 ± 0.05***
2007–2009	82 ± 5*	–	0.2–1.0	0.4–1.6	0.47 ± 0.06

Примечания: * – данные за отдельные годы: 1977, 1988, 2005 и 2007 гг.; ** – данные приведены по Владимировой (1974); *** – наш расчёт по материалам Е.А. Соколовой; прочерк – отсутствие данных.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕРОЛОГИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА СТРУКТУРУ ФИТОПЛАНКТОНА ФИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Е.К. Ланге

Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград, Россия

В июле–августе 2002–2008 гг. изучение фитопланктона Финского залива проводилось на 14–23 станциях по программе ежегодных комплексных исследований РГГУ в рамках ФЦП «Мировой океан». Финский залив делится на ряд районов с различными морфометрическими, гидрологическими и гидрохимическими параметрами (Pitkänen, 1991), в том числе: Невская губа – устье р. Невы – о. Котлин (I); мелководный район – между о. Котлин и разрезом м. Шепелевский – м. Флотский (II); глубоководный район (III) с двумя подрайонами: внутренний (IIIа), ограничен с запада трансектой о-ва Березовые – о. Сескар и внешний (IIIб), простирается до о. Гогланд и западная часть – до выхода из Финского залива.

Наиболее значимые изменения структурно-функциональных характеристик фитопланктона наблюдались в 2003 и 2007 гг. В первом случае развитие планктона проходило на фоне апвеллинга в Финском заливе, вызванного затоком североморских вод в Балтийское море, во втором – на фоне намыва новых территорий в Невской губе. В указанные годы общее число таксонов альгофлоры снизилось до 81–90 (в остальные годы отмечено 110–140 таксонов). Число видов диатомовых водорослей сократилось с 20–25 до 4–6. В целом, доминирующий комплекс формировали 17 таксонов водорослей, из которых 53% относилась к цианобактериям. Из них в течение всего периода исследований в районах II и IIIа превалировал потенциально токсичный, вызывающий «цветение» воды вид-индикатор эвтрофных условий *Planktothrix agardhii*, уровень вегетации которого в 2003 и 2007 гг. также снизился. В 2003 г. при повышении солёности воды в эвфотной зоне (0–5 м) до 1.68–4.88‰ против 0.30–2.92‰ в другие годы, максимум биомассы *P. agardhii* не превысил 0.29 г/м^3. В 2007 г. при низкой прозрачности воды – 0.3 м (обычно – более 1 м), этот показатель составил всего 0.19 г/м^3. В другие годы наибольшая биомасса *P. agardhii* была существенно выше (1.69–2.97 г/м^3). Обнаружена обратная корреляция между величиной биомассы этого вида и солёностью воды ($r = -0.74$; $p < 0.05$) и прямая корреляция этого параметра с прозрачностью воды ($r = 0.6$; $p < 0/05$). Известно, что в Финском заливе распространение *P. agardhii* ограничено соленостью выше 4‰ (Макарова, 1999; Eremina, Lange, 2007). Межгодовые флуктуации величины максимальной биомассы фитопланктона каждого из районов не были ярко выражены: II – 3.67 ± 0.23; IIIа – 2.56 ± 0.43; IIIб – 1.62 ± 0.51 г/м^3, за исключением 2003 и 2007 гг., когда величина этого параметра сократилась в 3–4 раза. Следует отметить, что наибольший размах колебаний рассматриваемого параметра наблюдался в районах II и IIIа, которые находятся под влиянием речного стока Невы и характеризуются нестабильным режимом солёности. В районе IIIб резкое падение продуктивности фитопланктона было отмечено только в 2003 г., затем наблюдались два года подъема и снова снижение, но уже постепенное, в 2006–2008 гг. В западной части динамика развития фитопланктона отличалась от таковой в других районах залива, что определялось, в частности, увеличением солёности воды (более 5‰ в эвфотной зоне). Аномалии гидролого-гидрохимических условий в Балтийском море в 2003 г., а также гидротехнические работы, проводимые в 2006–2007 гг. в Невской губе, повлияли на экологическую ситуацию в Финском заливе. Отмечены изменения в таксономическом составе альгофлоры, в структуре доминантного комплекса, в количественном развитии и пространственном распределении фитопланктона по его акватории.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА И ЕГО СОСТОЯНИЕ В ПОСЛЕДНИЙ ПЕРИОД (2001–2009 гг.)

Г.И. Летанская, **Е.В. Протопопова**

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Структурно-функциональная организация фитопланктона Ладожского озера тесно связана с рядом естественных абиотических факторов среды. Прежде всего, это относительно высокое широтное положение озера, его площадь, глубины (средняя – 46.9 м, максимальная – 230 м), их резкий градиент между северной и южной частями, обширный отличный по генезису водосбор, малая величина эвфотного слоя, замедленный водообмен (11–13 лет). Эти факторы весьма консервативны и не менялись в течение последних двадцати лет наших исследований озера. Межгодовые колебания климатических факторов и, в частности, величины стока с водосбора, непостоянны. Последнее обстоятельство особенно важно, поскольку от него зависит поступление питательных элементов в озеро и, соответственно, состояние всей его экосистемы. Концентрации в воде озера химических ингредиентов, и особенно фосфора, менялись в течение наших исследований. Максимум маловодной фазы отмечен в 2005–2006 гг. Это обстоятельство предполагает сокращение стока с водосбора и снижение концентраций, в частности, фосфора в воде. Однако этого не произошло, а концентрации общего фосфора в 2003–2006 гг. даже выросли, что наводит на мысль о росте антропогенной составляющей.

Наши исследования проводились в мае, июле–августе и октябре–ноябре. Время наступления основных фаз вегетационного сезона (весна, лето, осень) по акватории озера неодинаково, так как оно связано с разной скоростью прогрева и охлаждения водных масс мелководной прибрежной и глубоководной части озера.

Горизонтальная гетерогенность в распределении фитопланктона существует постоянно. Она особенно чётко проявляется в мае, когда озеро разделено термобаром на теплоактивную и теплоинертную области. В первой области доминировали диатомовые водоросли с основным видом *Aulocoseira islandica*, а величины продуктивности фитопланктона (B = 2.3 ± 0.2 г/м^3, Chl *a* = 5.6 ± 0.6 мг/м^3) были на порядок выше, чем во второй области (0.5 ± 0.1 г/м^3, 0.8 ± 0.1 мг/м^3, соответственно), поскольку активная вегетация водорослей здесь ещё не наступила. После исчезновения термобара и выравнивания поверхностных температур воды по акватории озера наступает летний сезон. В июле–августе ведущая роль в распределении фитопланктона принадлежит постоянным и ветровым течениям. Доминировали синезелёные, криптофитовые и диатомовые, вклад которых в общую биомассу менялся в зависимости от срока и места наблюдений. Средние величины (X ± SE) продуктивности фитопланктона по годам колебались: B – от 1.2 ± 0.1 до 2.5 ± 0.6 г/м^3, Chl *a* – от 4.1 ± 0.2 до 6.6 ± 0.8 мг/м^3. Максимальные величины этих параметров отмечены в 2005 и 2006 гг., что совпало с максимумом маловодной фазы увлажнённости и повышенными концентрациями общего фосфора. С падением температуры воды ниже 10°C в октябре–ноябре наступает осенний сезон. Горизонтальное распределение фитопланктона повторяет весеннюю картину. В прибрежье доминировали диатомовые с преобладанием *Aulocoseira islandica*, а на основной акватории происходило затухание вегетации летнего комплекса водорослей. В прибрежье средние величины B и Chl *a* составляли 0.8 ± 0.1 г/м^3 и 2.4 ± 0.3 мг/м^3, а на остальной акватории – 0.2 ± 0.02 г/м^3 и 0.8 ± 0.05 мг/м^3, соответственно.

Весной и осенью поверхностные воды прибрежного района, а летом – всего озера, относились к мезотрофному типу. Воды центрального и северного районов весной и осенью можно оценить как олиготрофные.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ЗООПЛАНКТОНА В ЗОНЕ КАНАРСКОГО АПВЕЛЛИНГА

В.В. Лидванов

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

На основе материалов восьми летних съемок (451 проба), выполненных в период с 1994 по 2006 гг. на акватории исключительной экономической зоны Марокко в системе Канарского течения, проанализирована межгодовая изменчивость состояния зоопланктонного населения, а также видовая, биотопическая и пространственная структура обособленных зоопланктонных группировок, выделенных с использованием многомерного статистического анализа в пакете программ PRIMER® 6.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что в исследованный период стабильно выделяются два типа зоопланктонных группировок: океаническая и неритическая. Неритическая группировка биотопически приурочена к шельфовым водам и, в зависимости от интенсивности Канарского течения, в большей или меньшей степени прижата к побережью. Однако южнее мыса Бохадор, по мере отклонения Канарского течения на запад, эта группировка, как правило, выносится далеко за пределы шельфа. В динамике численности этой группировки вплоть до 1999 г. наблюдаются колебания значений вблизи 6000–7000 экз./м^3. В период с 2000 по 2003 гг. произошёл резкий скачок (увеличение почти в 3 раза) средней численности зоопланктона и, по-видимому, переход межгодовых колебаний на новый уровень вблизи значений около 20000 экз./м^3. В динамике биомассы также прослеживается положительный тренд, но скачкообразного перехода пока не выявляется.

В видовой структуре неритической группировки отмечается доминирование неритических видов родов *Paracalanus*, *Acartia* и *Oncaea*, сравнительно низкие индексы видового разнообразия и выравненности ($H' \approx 1.8$, $J' \approx 0.60$).

Океаническая группировка биотопически ассоциирована с водами Канарского течения и пространственно распределена над материковым склоном и в океанической части. Она отличается преобладанием океанических и океанически-неритических таксонов, высокими индексами видового разнообразия и выравненности ($H' \approx 2.5$, $J' \approx 0.75$); в состав доминантов всегда входят виды рода *Clausocalanus*. В межгодовой динамике численности и биомассы океанической группировки также отмечается положительный тренд и, кроме того, наблюдается постепенное увеличение амплитуды колебаний.

В межгодовой динамике как неритического, так и океанического сообществ наблюдаются небольшие структурные изменения после 1999 г., проявившиеся в смене субдоминантов. Изменения видовой структуры сообществ, а также отмеченная выше особенность межгодовой динамики численности и биомассы, по-видимому, обусловлены климатическими перестройками после 1999 года, отразившимися в интенсификации апвеллинга и в соответствующем похолодании вод Канарского течения.

В рамки описанной схемы не укладывается состояние зоопланктонного населения летом 1998 г., которое характеризуется аномальной пространственной и видовой структурой сообществ. А именно, помимо типичного неритического и структурно отличающегося от остальных океанического сообщества (которое отличается, в частности, доминированием видов рода *Pleuromamma*), южнее 24º с.ш. на шельфе и в океанической части обособляется своеобразное сообщество, отличающееся бедностью состава и крайним численным доминированием *Centropages chierchiae*. Такая аномалия, по-видимому, обусловлена специфической океанографической обстановкой, развивающейся в исследованном районе в год Эль-Ниньо.

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА СТРУКТУРУ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ БИОЦЕНОЗОВ ГИПЕРГАЛИННЫХ ВОДОЁМОВ

Л.И. Литвиненко

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГУП "Госрыбцентр"), г. Тюмень, Россия

В Западной Сибири фонд гипергалинных водоёмов велик и насчитывает около 80 озёр с общей акваторией 1570 км^2. Биоценозы этих озёр, как правило, представлены жаброногим рачком артемией, несколькими видами водорослей и бактерий.

Исследования были проведены в течение 1995–2009 гг. на 43 озёрах, расположенных на территории от Урала до Алтая. На 5 озёрах был проведён трёхлетний мониторинг. Анализировались следующие показатели (в скобках – размах колебаний): температура воды (-15...+38ºС), значения pH (7.1–9.2), содержание растворённого кислорода (0.8–15 мг/л), солёность воды (30–288 г/л), содержание хлоридов (14–141 г/л), сульфатов (1–92 г/л), соотношение хлоридов к сульфатам (0.7–94.5), концентрация минерального азота (0–0.3 мг/л нитритов, 0–0.32 мг/л нитратов), фосфатов (0–4.44 мг/л), общего железа (0.01–2.51 мг/л), биомасса зоопланктона (без артемии) (0–23 мг/л), число видов зоопланктона (1–6), биомасса фитопланктона (0.01–16.6 мг/л), число видов фитопланктона (7–25), биомасса рачков артемий (0–181 мг/л), численность рачков артемий (0–960 экз./л), численность планктонных цист (0–801 экз./л), бентосных цист артемии (0–7165 тыс. экз./м^2), среднепопуляционное количество (в овисаке артемий) цист (0–75 экз.), яиц (0–62 экз.) и науплиусов (0–4.4 экз.). Проведённые исследования позволили сделать следующие заключения.

Наиболее существенное влияние на биоценоз оказывает температура воды, определяющая сезонные циклы развития гидробионтов. Условно год был разбит на сезоны:

1) ***весна*** (середина апреля – май, +5...+20ºС): сопровождается вылуплением науплиусов из перезимовавших цист артемии; в планктоне преобладают ювенильные стадии артемии; появляются личинки Chironomidae, Ephydridae, веслоногие рачки *Cletocamptus retrogressus*, *Diaptomus cyaneus*, *Arctodiaptomus salinus*.

2) ***лето*** (июнь–август, +12...+38ºС): встречаются все возрастные стадии артемии; помимо весеннего планктона, появляются *Moina mongolica*, жаброногий рачок *Branchinella spinosa*, коловратки *Brachionus plicatilis*, виды родов *Hexarthra* и *Epiphanies*.

3) ***осень*** (сентябрь–октябрь, +2...+20ºС): преобладают взрослые стадии артемии и цисты; встречаются личинки Chironomidae, Ephydridae, единично – *Cletocamptus retrogressus*, коловратки.

4) ***зима*** (ноябрь – середина апреля, +5...-15ºС): при снижении температуры ниже +4ºС происходит гибель рачков артемии; в планктоне и бентосе преимущественно цисты артемии, единично – личинки Chironomidae.

В сезонном развитии фитопланктона не отмечено чётких закономерностей. Даже в зимний период вегетация водорослей продолжалась, а биомасса водорослей была соизмерима с летними показателями. Доминировали *Dunaliella salina*, *D. viridis*, *Amphora coffeaeformis* и *Nitzschia angustata*.

Для устранения влияния температуры, исследование влияния других факторов было проведено по средним показателям за период вегетации артемии (весна, лето, осень). Было исследовано 144 ряда данных. Корреляционный анализ показал, что наибольшее влияние как на структуру, так на функционирование биоценозов оказывала солёность воды. Показано положительное влияние солёности на плотность популяций артемий (на плотность рачков, численность планктонных и бентосных цист, число цист и науплиусов в овисаке) и отрицательное – на плотность и разнообразие других видов зоопланктона и на число яиц в овисаке самок артемий. В целом можно заключить, что увеличение солёности воды приводит к снижению видового разнообразия биоценозов (при солёности более 100 г/л фауна представлена в основном только артемией). В отношении продуктивности артемии отмечена определённая зависимость, хорошо описываемая параболической кривой с перегибом в области 150–180 г/л. Влияние других факторов было либо незначительно, либо недостоверно.

АССИМИЛЯЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ВОДОЁМОВ К ОРГАНИЧЕСКОМУ ВЕЩЕСТВУ И ОБЩЕМУ ФОСФОРУ

П.А. Лозовик

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Ассимиляционная способность водоёмов определяется скоростью трансформации лабильных веществ в озёрных системах. Применительно к органическим веществам (ОВ) и биогенным элементам, она связана с их седиментацией во взвешенной форме, с химическим и биохимическим окислением. Скорость трансформации лабильных веществ в озерах можно определить по формуле:

$$V = (\overline{C}_{пр} - C_{оз}) \times (1 - e^{-\frac{1}{\tau}}),$$

где $\overline{C}_{пр}$ и $C_{оз}$ – средневзвешенная концентрация веществ в приточных и озёрных водах, τ – период водообмена (Лозовик, 2006). В таком случае, ассимиляционную способность водоёма можно определить как произведение скорости трансформации на объём воды в озере: $As = V \times V_{оз}$ и сравнить её с запасом и притоком вещества в озеро.

Анализ данных по 12 озерам Карелии показал, что наибольшую ассимиляцию общего фосфора ($P_{общ}$) и ОВ имеют озёра с периодом водообмена около 1 года (около 40–50% от запаса). Относительно этой величины, ассимиляция уменьшается с ростом и уменьшением τ. В больших озёрах, таких как Ладожское и Онежское, она составляет около 10% для ОВ и 17% для $P_{общ}$ от их запаса в озёрах. От притока вещества в озеро ассимиляционная способность закономерно увеличивается с ростом τ.

Знание ассимиляционной способности позволяет осуществлять нормирование антропогенной нагрузки на водоём. Если принять, что антропогенная нагрузка не должна превышать природную ассимиляционную способность, то можно установить критическую нагрузку на водоём. Возможность такой оценки обусловлена тем, что отношение внешней нагрузки к ассимиляции является величиной, постоянной для озёр с одним и тем же периодом водообмена и имеющих близкие температурные условия. Проблема заключается в определении природных показателей для озёр и для приточных вод. Для ряда водоёмов (озёра Ладожское, Онежское и Крошнозеро) удалось определить природную ассимиляционную способность для $P_{общ}$, а для оз. Исо-Пюхяярви – для ОВ. Для оз. Крошнозеро можно констатировать, что антропогенное поступление $P_{общ}$ превышает природную ассимиляционную способность (1 т / год). В Онежском озере современная концентрация $P_{общ}$ близка к допустимой с учетом его природной ассимиляционной способности (290 т / год). В Ладожском озере в связи со снижением антропогенной фосфорной нагрузки концентрация $P_{общ}$ приближается к допустимой с учетом его природной ассимиляционной способности (1380 т / год). На примере оз. Исо-Пюхяярви установлено, что мелиорация земель в его бассейне привела к поступлению органических веществ в озеро в большем количестве, чем его природная ассимиляционная способность (1.0 т ОВ / год).

РЕПРОДУКЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ЧЕРНОМОРСКИХ ГРЕБНЕВИКОВ: РОЛЬ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Н.Е. Луппова[1], **Е.Г. Арашкевич**[2]

[1] *Южное отделение Института океанологии РАН, г. Геленджик, Краснодарский край, Россия*
[2] *Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия*

Черноморские гребневики-вселенцы *Mnemiopsis leidyi* и *Beroe ovata* и автохтонный вид *Pleurobrachia pileus* играют важную роль в регуляции численности и видового состава зоопланктона. Один из этих видов – *B. ovata* – питается исключительно «собратьями» – *M. leidyi* и *P. pileus*. Каковы же механизмы, позволяющие сосуществовать этим студенистым хищникам? Залогом успеха любой популяции является успешная репродукция. В изменяющихся условиях обитания популяция должна обладать весьма гибкой репродуктивной стратегией.

С целью выяснить стратегии, присущие каждому из видов гребневиков, нами была исследована сезонная и межгодовая динамика репродуктивного состояния всех трёх видов. Исследования проводились в Южном отделении Института океанологии РАН практически круглогодично, с 2002 по 2009 гг. Оценка численности берое и мнемиопсиса проводилась при подводных погружениях в прибрежье, плеуробрахий – в сетных ловах с борта судна над склоном шельфа. Для оценки репродуктивного состояния гребневиков каждые 10–15 дней в лаборатории исследовали состояние гонад свежевыловленных особей. Плодовитость оценивали по размеру суточной кладки яиц (по: Арашкевич и др., 2001; Луппова, 2003). Всего было исследовано 2232 мнемиопсиса, 1354 берое и 1095 плеуробрахий.

Самый недавний вселенец – узкоспециализированный хищник *Beroe ovata*, обитает, как и его основная добыча *Mnemiopsis leidyi*, в верхнем слое моря, прогреваемом в летнее время. Автохтонный черноморский гребневик *Pleurobrachia pileus* приурочен к глубинам ниже термоклина, где температура воды практически неизменна.

Интенсивность размножения *Pleurobrachia pileus* в Чёрном море варьирует в течение года, но не имеет выраженной сезонности. Для размножения черноморских гребневиков-вселенцев характерна ярко выраженная сезонность. Оба вида прекращают размножение в зимнее время, и их численность в прибрежье в это время опускается до значений, близких к нулю. Берое к весне полностью исчезает из состава планктона вплоть до середины лета, по-видимому, уходя в придонные слои шельфа. Максимум численности, биомассы и плодовитости популяций этих гребневиков приходится на летние месяцы. Пик размножения мнемиопсиса приходится на первую половину лета. Размножение берое наиболее интенсивно в августе, когда он появляется в составе планктона сразу в больших количествах.

В работе обсуждаются репродукционные стратегии, присущие черноморским гребневикам, в связи с такими факторами среды, как температура, освещённость, пресс хищников и доступность пищи.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН И ВКЛАД МАССОВЫХ ВИДОВ МАКРОЗООБЕНТОСА В ПРОДУКЦИЮ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

М.В. Лятун, **Е.Е. Ежова**, **О.В. Кочешкова**

Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Калининград, Россия

Изучение продукции популяций – необходимый этап для перехода к количественной оценке потоков вещества и энергии в сообществах и в экосистеме в целом. В данной работе вклад в продукцию популяций массовых видов и групп зообентоса рассчитывался «физиологическим» методом (Винберг, 1968; Алимов, 1989; Определение продукции…, 2000). Для этого во время вегетационных сезонов 1997–2001 гг. одновременно со сбором количественных проб макрозообентоса были проведены эксперименты по определению скорости потребления кислорода (СПК) личинками *Chironomus balatonicus*, многощетинковыми червями *Hediste diversicolor* и *Marenzelleria neglecta*, брюхоногими моллюсками семейства Hydrobiidae, двустворчатыми моллюсками *Mya arenaria* (см. таблицу).

Для расчётов продукции популяций мы использовали значения величины энергетического обмена, полученные в эксперименте для всех вышеуказанных таксонов беспозвоночных, кроме *Marenzelleria neglecta.* Для этой полихеты были получены очень низкие значения СПК, обусловленные скорее всего тем, что черви этого вида имеют очень нежное, легко повреждаемое тело. Несмотря на все предосторожности во время сбора материала для экспериментов, не удалось избежать некоторого травмирования полихет. В связи с этим, траты на обмен *Marenzelleria neglecta* были рассчитаны по уравнениям зависимости СПК от массы тела для Polychaeta Errantia по Гагаеву (1990). Траты на обмен червей Oligochaeta и ракушковых раков Ostracoda были также рассчитаны по литературным данным (Камлюк, 1974; Сущеня, 1972).

На основе экспериментальных данных по СПК были рассчитаны уравнения средних зависимостей СПК от массы тела. Для некоторых вышеназванных видов такие уравнения известны. Однако траты на обмен у популяций, обитающих в разных экологических условиях, могут существенно различаться. Это особенно важно для беспозвоночных Вислинского залива, обитающих в стрессовых условиях в связи с часто и непериодически меняющейся солёностью.

Анализ количественных сборов макробентоса в Вислинском заливе показал, что за исследованный период происходило возрастание общей численности и биомассы бентоса на фоне снижения этих показателей в поверхностных слоях осадка. Это связано прежде всего с тем, что характерной особенностью распределения бентосных организмов в заливе в 1990–2000-х гг. стало увеличение мощности обитаемого слоя осадков (Chechko, Ezhova, 1999), обусловленное биотурбационной активностью полихеты-вселенца *Marenzelleria neglecta.* Одним из следствий этого стало увеличение доступности детритного органического вещества грунтов. Косвенным подтверждением этому служит наблюдавшееся нами в исследуемый период возрастание продукции популяций детритофагов, обитающих в заливе. Так, среднелетняя продукция моллюсков-гидробиид увеличилась с 4.09 кал/м^2 в сутки в 1997 году до 20.24 кал/м^2 в сутки в 2001 году, продукция ракушковых раков увеличилась с 3.06 кал/м^2 до 11.58 кал/м^2, а продукция хирономид – с 10.8 кал/м^2 до 74.31 кал/м^2, соответственно. Наиболее значительный вклад в продукцию вносят полихеты (среднемноголетние значения для *Hediste diversicolor* – 6.14 ккал/м^2 в сутки, для *Marenzelleria neglecta* – 1.06 ккал/м^2 в сутки, соответственно). В межгодовом аспекте нами отмечено некоторое снижение продукции популяции аборигенной полихеты нереиса (среднесезонная суточная продукция в 1997 году достигала 10.23 ккал/м^2, а в 2001 году она составила 189.75 кал/м^2). Продукционные характеристики популяции вида-вселенца маренцеллерии в исследуемый период не обнаруживают существенных колебаний, составляя в среднем 0.76 ккал/м^2.

Таблица. Скорости потребления кислорода представителей макрозообентоса.

Вид, группа	СПК, мгO_2 экз$^{-1}$ час$^{-1}$
Hediste diversicolor	0.0572 ± 0.0098
Marenzelleria neglecta	0.0099 ± 0.0022
Chironomus balatonicus	0.0024 ± 0.0003
Hydrobiidae	0.0019 ± 0.0004
Mya arenaria	0.0138 ± 0.0020

МАСШТАБЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕСНОВОДНОГО ЗООПЛАНКТОНА: ОТ ЛОКАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ К МЕТАСООБЩЕСТВАМ

Ю.А. Мазей, **Т.Г. Стойко**

Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского, г. Пенза, Россия

Метасообщество – совокупность локальных сообществ, объединённых распространением (миграциями) потенциально взаимодействующих видов (Gilpin, Hanski, 1991; Wilson, 1992; Liebold et al., 2004). К настоящему времени концепция метасоообщества остаётся преимущественно теоретической; эмпирические исследования, выполненные в русле этой методологии, остаются малочисленными (Liebold et al., 2004). Вместе с тем, она позволяет осуществлять мультимасштабный подход к анализу организации биологических сообществ и, соответственно, находить более реалистичные пути к пониманию процессов, формирующих биоценозы. Наши исследования были построены таким образом, чтобы выделить различные уровни структурирования сообществ (от части локального сообщества до метасообщества) и, используя структурный подход, выявить особенности и факторы организации сообществ, действующие в разных масштабах. По схеме исследования были выделены четыре структурные уровня сообщества: нано- (уровень отдельной пробы); микро- (уровень биотопа); мезо- (уровень водоёма – локального сообщества) и макро- (уровень группы однотипных водоёмов – метасообществ).

Материал собран в разнотипных пресноводных водоёмах Среднего Поволжья в 2007–2009 гг. Проанализированы сообщества из озёр и прудов в бассейне р. Суры. Расстояние между пробами в наномасштабе – 5–10 м, между биотопами в микромасштабе – 50–100 м, между водоёмами в мезомасштабе – 1–10 км, между районами в макромасштабе – 50–100 км.

Изменчивость основных показателей обилия (численность, биомасса), видовой структуры (индексы Маргалефа, Шеннона, Пиелу) и размерной структуры (доля разных размерных классов, средний размер особи) сохраняется на одном и том же уровне в разных масштабах. Сходство отдельных проб (ценотических пятен) падает с увеличением масштаба, причём основные различия обусловлены «принадлежностью» конкретного набора видов к тому или иному метасообществу. Различия на уровне локальных сообществ и их частей не столь велики. Во всех масштабах роль внутренних факторов сообщества незначительно выше, чем роль внешних факторов при формировании видового богатства. С увеличением масштаба значение внешних факторов незначительно снижается по сравнению с внутренними. По всей видимости, определяющими являются факторы, действующие на уровне отдельных биотопов в пределах водоёмов. Именно биотопическая специфика определяет, в конечном счете, специфику метасообщества.

Таким образом, наиболее существенные структурные различия зоопланктоценозов реализуются на уровне метасообществ. В меньшем масштабе, на уровне локальных сообществ и ценотических пятен, группировки видов предстают как самоподобные части метасообщества.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРЕСНОВОДНОГО ПЕРИФИТОНА

Т.А. Макаревич

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Расшифровка закономерностей продукционного процесса перифитона – важная и далёкая от разрешения проблема продукционной гидробиологии. Одним из аспектов этой проблемы следует считать оценку продукционных возможностей единицы массы перифитона. В настоящем сообщении обобщены и проанализированы литературные материалы, характеризующие интенсивность продукции перифитона, а также результаты собственных многолетних исследований.

Интенсивность первичной продукции оценивают чаще всего по величине P/B-коэффициента или ассимиляционного числа (АЧ). В англоязычной литературе часто используют обратную P/B-коэффициенту величину – время оборачиваемости биомассы водорослей. Данные немногочисленны и трудны для сравнения, поскольку они получены разными методами, на разных стадиях развития сообществ и т.д. Тем не менее, можно сделать некоторые заключения. Величины суточного P/B-коэффициента (время оборачиваемости приведено к P/B) водорослей перифитона укладываются в пределы 0.005–3.65. Эти данные получены для 23 озёр, 5 водохранилищ, 3 рек и 1 ручья, которые расположены на разных широтах (от заполярья до субтропиков) и на разной высоте над уровнем моря (равнинные и высокогорные озёра). Крайние значения встречаются редко; чаще всего суточный P/B-коэффициент составляет от 0.05 до 0.5, что близко к значениям, характерным для фитопланктона. Намечается тенденция к увеличению P/B-коэффициента водорослей перифитона по мере снижения географической широты, на которой расположена исследуемая экосистема. Для сообществ с доминированием диатомовых водорослей характерны более высокие значения P/B, чем для сообществ с доминированием зелёных нитчатых.

Данные по АЧ перифитона крайне редки. Приводимые в литературе и полученные нами значения суточных ассимиляционных чисел (САЧ) перифитона в озёрах лежат в пределах от 0.5 до 39 мг C / мг хлорофилла *a*, что принципиально не отличается от величин, характерных для фитопланктона. Высокие САЧ перифитона (более 70 мг C / мг хлорофилла *a*) установлены весной (апрель–май) в р. Лижма (Восточная Фенноскандия); к июню ассимиляционные числа снизились до уровня величин, установленных для озёр.

Важными показателями интенсивности продукционного процесса в целом, включая трансформацию и редукцию органического вещества на гетеротрофном уровне, могут служить удельные величины валовой первичной продукции и деструкции перифитонного сообщества, соотношение валовой первичной продукции и деструкции (A/R), а также время оборачиваемости общей массы перифитона. Эти показатели рассчитываются относительно общей массы перифитона – суммарной массы всего комплекса, включающего автотрофные (водоросли, цианобактерии) и гетеротрофные (бактерии, грибы, беспозвоночные) организмы, а также органическое вещество разного происхождения и разной степени переработки (детрит).

Результаты экспериментальных исследований, выполненных нами на оз. Нарочь, показали, что продукционные возможности перифитона снижаются по мере его «старения». На это указывает снижение значений P/B-коэффициента, АЧ, удельных величин валовой первичной продукции и увеличение времени оборота общей массы перифитона. Снижение продукционных возможностей единицы массы перифитона соответствует теории экологической сукцессии. В ходе роста и развития перифитона нарастает его плотность, а, следовательно, усиливается действие неблагоприятных факторов (конкуренция за биогенные элементы, свет, свободное пространство субстрата). С «возрастом» меняется структура перифитона: снижается доля автотрофов в общей массе, накапливается детрит, мелкие одноклеточные водоросли уступают доминирующее положение колониальным и крупным одноклеточным видам с более низкими темпами деления клеток. Эти факторы в сумме и приводят к снижению удельной продукции перифитона.

СЕВЕРО-АТЛАНТИЧЕСКОЕ КОЛЕБАНИЕ И ДИНАМИКА ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

А.А. Максимов

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Явление Северо-Атлантического колебания (*NAO*, от английского North Atlantic Oscillation) контролирует климат на обширных пространствах Северного полушария, оказывая существенное влияние на водные и наземные экосистемы. При положительных аномалиях *NAO* преобладают сильные западные ветры, несущие тёплый и влажный атлантический воздух на север Европейского континента. В результате зимы становятся мягче, а количество осадков увеличивается. Наоборот, в периоды отрицательных аномалий наблюдается похолодание и уменьшение количества осадков. Роль *NAO* в формировании многолетней динамики континентальных водоёмов Северо-Запада России до сих пор остается неизученной, несмотря на большое количество работ по сопредельным районам Северной Европы.

Автором проанализированы опубликованные многолетние гидробиологические данные по трём озёрам региона, различающимся по своему географическому положению и морфометрическим характеристикам. Во всех исследованных водоёмах биологические процессы чутко реагировали на колебания климата. Однако характер ответа отличался в разных озёрах. Развитие планктонных сообществ в озёрах Кривом и Красном положительно коррелировало с индексом *NAO*; в Сямозеро знак связи менялся на противоположный. Очевидно, ведущую роль в формировании динамики планктона играют процессы, происходящие на водосборе озёр. В годы положительных аномалий *NAO*, вследствие увеличения количества осадков и вероятного снижения потребления биогенных элементов наземными сообществами биогенный сток в озёра Кривое и Красное, по-видимому, увеличивается, обеспечивая благоприятные условия для развития фитопланктона. Противоположная реакция сообществ Сямозера на климатические колебания, по-видимому, обусловлена сильной заболоченностью водосбора. В данной ситуации вызванное *NAO* увеличение осадков и поверхностного стока способствует выносу в озеро растворённых аллохтонных органических веществ и гумификации водоёма, что лимитирует развитие фитопланктона вследствие ухудшения световых условий для фотосинтеза. Изменения донных сообществ в оз. Кривом и Сямозере практически совпадали с изменениями в пелагиали, то есть высокая биомасса бентоса наблюдалась в годы повышенной продуктивности планктона. Таким образом, климатические процессы здесь непосредственно влияли на общий уровень биологической продуктивности водоёмов, что соответственным образом отражалось на всех компонентах озёрной экосистемы, включая зообентос. В более эвтрофированном озере Красном совпадения изменений донных и планктонных сообществ не наблюдались. Очевидно, пищевые ресурсы здесь не ограничивают развитие бентоса. По-видимому, ведущую роль для донных сообществ в оз. Красном, как и в других эвтрофных водоёмах региона, приобретает кислородный режим, а влияние климата на их динамику связано с возникновением придонной гипоксии в годы низких индексов *NAO*, вследствие характерного для них слабого ветрового перемешивания и раннего замерзания водоёмов.

Полученные результаты свидетельствуют о неоднозначности и противоречивости ответа разных озёр на климатические колебания. В частности, можно сделать вывод о противофазных изменениях биологической продуктивности в гумифицированных и неокрашенных озёрах региона. Связь процессов в озёрных экосистемах с *NAO* необходимо учитывать при кадастровых исследованиях и интерпретации данных экологического мониторинга, поскольку исследования, выполненные в разные фазы климатического цикла даже на одном и том же водоёме, заведомо приведут к разным результатам. Пренебрежение этим может привести к неправильным оценкам трофического статуса озёр, а также причин происходящих изменений. Изучение роли *NAO* будет способствовать дальнейшему пониманию процессов, происходящих в биологических сообществах водоёмов при изменениях климата, формируя основу для их прогноза.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОПЛАНКТОНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В РАЙОНЕ ПЛАНИРУЕМОГО ОБРАЗОВАНИЯ НОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ (Г. СЕСТРОРЕЦК)

О.Б. Максимова

Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства (ФГНУ "ГосНИОРХ"), г. Санкт-Петербург, Россия

На акватории восточной части Финского залива в районе г. Сестрорецка планируются работы по намыву новой территории. Возникающие при этом зоны мутности негативно скажутся на состоянии основного продуцента органического вещества – фитопланктона.

Цель данного сообщения – дать структурно-функциональную характеристику фитопланктона на участке планируемого образования территории до начала намывных работ. В 2009 г. на указанной акватории было выполнено три съёмки – в июне, августе и октябре. Исследовались видовой состав и количественное развитие фитопланктона, содержание фотосинтетических пигментов в воде, продукция и деструкция органического вещества планктонным сообществом.

Видовой состав фитопланктона исследованной акватории в 2009 г. был представлен в основном широко распространёнными пресноводными эврибионтными формами, что типично для данного района Финского залива. В 2009 г. было отмечено 286 таксонов (из них 162 таксона рангом ниже рода), большую часть из которых составляли диатомовые, синезелёные и зелёные водоросли. Наиболее высокие значения численности были отмечены для синезелёных водорослей *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis et Komárek и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault, а наиболее высокие значения биомассы – для *P. agardhii* и для диатомовых водорослей рода *Aulacoseira*.

Показатели обилия фитопланктона, отмеченные в 2009 г., значительно варьировали по станциям в зависимости от гидродинамических условий, но в целом не выходили за пределы обычных межгодовых колебаний. В исследованный период численность фитопланктона составляла в среднем около 53 (1–329) млн. клеток на л, биомасса – 5.6 (0.50–13.82) г/м^3.

В последние 20 лет концентрация фотосинтетических пигментов в районе исследуемой акватории была достаточно стабильна. Минимальные и максимальные значения содержания хлорофилла *a* в 2009 г. были сравнимы с данными за предыдущие годы и составили, соответственно, 4.69 и 35.03 мкг/л. В среднем за сезон концентрация данного пигмента была равна 12 мкг/л.

Для первичной продукции планктона мелководной части залива характерна значительная изменчивость (0.1–0.8 г С/л). В 2009 году суточная продукция в районе исследований варьировала в пределах от 0.1 до 0.69 мг С/л, и в среднем составила 0.28 мг С/л. При этом было отмечено низкое среднее значение суточного ассимиляционного числа (САЧ), равное 24, что, вероятно, связано с замутнённостью воды на мелководье. На протяжении всего периода исследований деструкция органического вещества была на достаточно низком уровне, и её значения не превышали 0.1 мг С/л в сутки.

Таким образом, в период исследований все рассмотренные показатели значительно варьировали во времени и в пространстве. Однако, при этом они не выходили за границы межгодовых колебаний, обычных для данного района залива. На основании полученных данных (биомасса, концентрация хлорофилла *a*, САЧ, деструкция органического вещества планктоном), исследованную акваторию можно отнести к классу эвтрофных вод, а по первичной продукции планктона – к классу мезотрофных вод.

О ФОРМИРОВАНИИ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОСЕЛЕНИЙ ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ ПО ХАРАКТЕРУ РОСТА ОСОБЕЙ

Н.В. Максимович, **А.В. Герасимова**, **Ф.М. Мартынов**, **А.А. Саминская**, **Н.Ю. Ивонина**

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Изучение роста является составной частью продукционного анализа популяций гидробионтов. Для целей мониторинга важно, что показатели роста можно рассматривать как интегральные характеристики условий их обитания. Двустворчатые моллюски – одни из наиболее подходящих объектов для сравнительного изучения характера линейного роста, из-за возможности относительно надёжной оценки их возраста по меткам сезонной периодичности роста на раковине. Предмет настоящей работы – внутригрупповая и межгрупповая вариация показателей онтогенетического линейного роста массовых видов Bivalvia Белого моря.

Объект исследований – возрастная структура 12 поселений четырех видов моллюсков: *Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Serripes groenlandicus* и *Mytilus edulis*, расположенные в акваториях Керетского архипелага (Кандалакшский залив Белого моря). Возраст моллюсков оценён по внешней морфологии раковины. По итогам измерения для каждой особи размеров раковины в периоды зимних остановок роста построены индивидуальные и групповые возрастные ряды. Сравнение возрастных рядов осуществлено в ходе анализа остаточных дисперсий относительно кривых роста (Максимович, 1989). В качестве модели роста использована линейная модификация уравнения Берталанфи. Неоднородность ростовых характеристик оценивали как по индивидуальным (внутри поселений), так и групповым (между поселениями) моделям роста.

Как оказалось, внутренняя неоднородность локальных поселений Bivalvia по ростовым показателям особей весьма значительна. В результате сравнения индивидуальных возрастных рядов в пределах одного поселения, было выделено от 2 до 8 групп особей, характер роста которых имел достоверные различия. При этом, на поздних этапах онтогенеза моллюски одного размера различаются по возрасту на 2–4 года, а длина раковины одновозрастных особей в поселении может расходиться в разы.

Такое увеличение трансгрессии размеров особей в возрастных группах на поздних этапах онтогенеза, по-видимому, в первую очередь определено индивидуальными особенностями начального периода роста моллюсков. Здесь сказывается эффект влияния величины прироста моллюсков в первый год жизни на скорость их роста в дальнейшем (Максимович, Лысенко, 1986). В изученных поселениях этот эффект обусловлен растянутым периодом оседания молоди. Так, например, из-за продолжительного (до 2–3 месяцев) периода пополнения поселений *Mya arenaria* молодью, первая зимняя остановка роста происходит у сеголеток при длине раковины от 1.2 до 4 мм, а размеры особей в возрасте пяти лет колеблются от 14 до 38 мм. Случаев компенсаторного роста отмечено не было.

При сравнении групповых возрастных рядов удалось обнаружить достоверные отличия по средней скорости роста моллюсков в разных поселениях для всех изученных видов. В пределах Кандалакшского залива значительных температурных градиентов нет. Поэтому в качестве медиатора различий показателей роста моллюсков в поселениях в данном случае логично выделить условия их питания. Косвенными, но надёжными показателями условий питания фильтраторов и седиментаторов являются условия гидродинамики, а для литоральных видов также длительность осушки. Последним можно объяснить достоверно большие показатели роста *Macoma balthica* в верхней сублиторали (19 мм за 6 лет) относительно их скоплений в осушной зоне (14–17 мм за 7–8 лет).

Условия гидродинамики мы оценивали по гранулометрическому составу грунта и по содержанию в нём органических веществ. Как и следовало ожидать, в грунте местообитаний с относительно низкой скоростью роста моллюсков отмечена наибольшая доля мелкозернистых фракций. Так, алевриты и пелиты не были обнаружены в донных отложениях участков с наибольшим темпом роста *Serripes groenlandicus* (38 мм за пять лет), в то время как в местообитании с содержанием данной фракции более 40%, моллюски за 5 лет достигали в среднем только 25 мм. В поселениях *Mytilus edulis* размах показателей группового роста моллюсков (от 27 до 46 мм за 5 лет) соответствовал размаху показателей гидродинамики по скорости размыва гипсовых шаров.

Как характерную черту полученных результатов следует выделить то, что вариация показателей роста моллюсков в пределах одного местообитания вполне сопоставима с размахом различий групповых оценок. Так, сравнительный анализ индивидуальных годовых приростов раковины в поселениях *Serripes groenlandicus* и *Mytilus edulis* показал, что 40–80% общей вариации величин годовых приростов определялось вариацией ростовых характеристик моллюсков в пределах отдельных местообитаний. Различия групповых показателей роста особей в поселениях *Mya arenaria* оказались даже менее существенными, чем внутренняя неоднородность каждого поселения мий. Так, моллюски в исследуемых поселениях в среднем достигали размеров от 16 до 30 мм за 5 лет, и, в то же время, в одном и том же местообитании размеры отдельных особей данного возраста находились в пределах от 13 до 41 мм.

НЕКОТОРЫЕ ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЙМЕННЫХ УЧАСТКОВ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Ю.А. Малинина[1], **И.Н. Далечина**[1], **В.В. Донецкая**[1], **О.В. Седова**[2], **Е.Э. Сонина**[1], **Е.И. Филинова**[1]

[1] *Саратовское отделение ФГНУ "ГосНИОРХ", г. Саратов, Россия*
[2] *Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия*

Мелководья Волгоградского водохранилища с глубинами до 5 м в среднем оценены величиной 32% от общей площади водного зеркала водохранилища (Небольсина, 1974). Наиболее крупные мелководные участки образованы при заливании пойм левобережных притоков. Исследование продукционно-деструкционных процессов пойменных мелководий проводили в 2003–2004 гг. в среднем участке Волгоградского водохранилища, на примере Анисовской поймы площадью 30 км^2. Пойма образована не только большими водными массивами, но и глубоко вдающимися в сушу заливами, затопленными воложками, затонами, озёрами, речками и ериками с сохранившейся проточностью. По сравнению с предыдущими десятилетиями на 30% возросла площадь, занятая высшей водной растительностью (ВВР), которая на мелководьях поймы распространена неравномерно. Наиболее заросшими являлись участки защищенного мелководья, где в меньшей степени сказывается воздействие ветровых и волновых процессов.

По срокам прогрева воды и по характеру паводкового режима 2003 г. был близок к среднемноголетним показателям. В 2004 г. динамика уровня воды весной значительно отличалась: зарегистрирован необычно ранний подъём уровня воды, короткий период её стояния на высоких отметках и последующий резкий спад. Сумма тепла за вегетационный период 2004 г. была ниже, чем в предшествующем году.

Анализ показателей первичной валовой и чистой продукции, создаваемой фитопланктоном, показал, что в 2003 г. они почти в 2 раза превышали аналогичные данные 2004 г. Средняя чистая продукция фитопланктона Анисовской поймы составила 4.1×10^8 ккал.

Первичная продукция макрофитов поймы составила 4780 т абсолютно-сухого веса при энергетической ценности 1.72×10^{10} ккал, из них 1×10^{10} ккал приходилось на гидрофиты и 7.2×10^9 ккал – на гелофиты.

Таким образом, на мелководных участках около 95% первичной продукции к концу вегетационного периода создает ВВР.

Ход динамики продукционных процессов на разных участках поймы может быть обусловлен количественным развитием моллюсков из рода *Dreissena*. Увеличение биомассы этих фильтраторов на участках со средней проточностью привело к достоверному снижению количественных показателей развития бактерио-, фито- и зоопланктона.

Отмечена разница между биомассой зообентоса в 2003 и 2004 гг., при этом средняя продукция донных сообществ поймы оставалась на одном уровне (около 3×10^8 ккал).

Бактериальная продукция Анисовской поймы в среднем за 2 года исследований составила 4.3×10^{11} ккал. Бактериальной деструкции на пойменных участках было подвергнуто органическое вещество, эквивалентное 3.6×10^{11} ккал.

Средневегетационная чистая продукция зоопланктона в большей степени зависела от температурного и уровенного режимов и в 2003 г. была на 20% выше, чем в 2004 г. За исследуемый период чистая продукция зоопланктона Анисовской поймы составила около 1.1×10^9 ккал.

Средняя продукция зооперифитона, обитающего в зарослях макрофитов, составила 2.0×10^8 ккал, причём продукция обрастателей гидрофитов была в 20 раз выше, чем гелофитов.

Средний показатель общей деструкции, рассчитанный по кислороду, в 2003 г. составил 1.2×10^9 ккал, в 2004 г. – 4.6×10^8 ккал.

Таким образом, пойменные мелководные участки представляют собой высокопродуктивную зону водохранилища с преобладанием органических веществ автохтонного происхождения, при этом высшей водной растительности принадлежит значительная доля в первичном продуцировании.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА «*A*» В МОРЕ ЛАПТЕВЫХ В СЕНТЯБРЕ 2007 г.

Ф.М. Мартынов

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Несмотря на достаточно высокий интерес исследователей к продуктивности арктических морей, район исследований чаще всего был ограничен Баренцевым и Карским морями. Современные эпизодические исследования моря Лаптевых обычно представлены спутниковыми наблюдениями (Lalande et al., 2009) или комбинацией спутниковых и полевых исследований (Vetrov et al., 2008) распределения хлорофилла *a* в поверхностном слое воды. Наше исследование оценивает распределение пигмента в столбе воды в сентябре 2007 года в центральной и восточной частях моря Лаптевых. В ходе экспедиции было отобрано 360 проб воды со стандартных горизонтов. Вода (0.5 L) была профильтрована с использованием GF/F Whatmann фильтров (0.7 μm) при давлении ≤ 0.2 бар. Определение концентрации пигмента проводилось по стандартной методике (Holm-Hansen et al., 1965) с использованием флуориметра Turner Design TD-700. В результате исследования было установлено, что, за исключением нескольких участков, средняя концентрация хлорофилла *a* в столбе воды на шельфе (0–50 м) была низкой и находилась в пределах значений 0.05–0.3 мг/м^3. Исключением стали несколько районов с повышенной, по отношению к фоновой, концентрацией. Во-первых, это мелководные (0–15 м) районы акватории (левый склон палеодолины р. Лена до 74.30ºN, проливы Дмитрия Лаптева и Санникова, Янский залив) с хорошо перемешанным тёплым слоем воды, богатой биогенными элементами. В этих районах среднее значение концентрации пигмента достигало 0.8–1.2 мг/м^3. Во-вторых, это верхний (0–5 м) слой речного (р. Лена) фронта с повышенной температурой и низкой солёностью, ограниченный 75.00ºN со средними значениями концентрации хлорофилла 0.5 мг/м^3 и максимальным 0.7 мг/м^3. В-третьих, глубоководный максимум концентрации хлорофилла *a* наблюдался в северном районе (76.00–77.30ºN, 126.00ºE) на глубине 18–24 м (под пикноклином), со средней концентрацией в этом слое 0.63–1.13 мг/м^3 и максимальной 15.7 мг/м^3 (станция IP07_2_180). Ранее сообщалось (Tuschling, 2000) о таких глубоководных максимумах концентрации хлорофилла в данном районе, однако до этого зарегистрированный максимум был в 2 раза ниже.

СРАВНЕНИЕ СПЕКТРОВ ПИТАНИЯ ДВУХ СОВМЕСТНО ОБИТАЮЩИХ ВИДОВ ДРЕЙССЕН (*DREISSENA POLYMORPHA* И *DREISSENA BUGENSIS*) ПО БИОХИМИЧЕСКИМ МАРКЕРАМ

О.Н. Махутова[1], **М.И. Гладышев**[1,2], **Е.Г. Пряничникова**[3], **Н.Н. Сущик**[1,2], **Г.С. Калачева**[1]

[1]*Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия*
[2] *Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия*
[3] *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия*

В Рыбинском водохранилище совместно обитают два вида моллюсков: *Dreissena polymorpha* и *Dreissena bugensis*. Однако, в последнее время происходит стремительное вытеснение одного вида другим: дрейссена бугская вытесняет дрейссену полиморфную, тем самым расширяя свой ареал. Причины этого явления остаются неизвестными. Одной из вероятных гипотез является различие в спектрах питания данных видов дрейссен. Определение спектров питания моллюсков и других водных беспозвоночных в природных водоёмах ограничено существенными методическими трудностями. Как известно, визуальное микроскопическое изучение содержимого кишечников часто приводит к ошибочным представлениям о спектрах питания, поскольку, во-первых, многие пищевые частицы не могут быть идентифицированы по внешним признакам, во-вторых, многие проглоченные частицы не усваиваются и проходят через кишечник транзитом. Одним из надёжных современных методов изучения спектров питания водных животных является анализ жирнокислотного состава триацилглицеринов их тканей, позволяющий идентифицировать именно усвоенные виды пищи.

В результате проведённого анализа жирных кислот моллюсков, содержимого их кишечников и потенциальных источников пищи – сестона и седиментов, было установлено, что спектр питания *D. polymorpha* существенно меняется в течение сезона. В начале и середине лета основными компонентами питания полиморфной дрейссены являются зелёные микроводоросли и цианобактерии. В конце лета и начале осени моллюски в основном питаются животными объектами. Спектр питания *D. bugensis* также существенно меняется в течение сезона. Бугская дрейссена в отличие от полиморфной потребляла диатомовые водоросли не только осенью, но и весной. Оба вида моллюсков относительно равномерно потребляли различные виды бактерий и детрит (в том числе – происходящий из высших растений) в течение всего сезона. Однако, разные моллюски предпочитали разные виды бактерий. Осенью *D. bugensis*, как и *D. polymorpha*, в основном питалась беспозвоночными. Таким образом, спектры питания двух исследованных видов моллюсков имели некоторые отличия.

СООБЩЕСТВО РЫБ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОСИСТЕМЫ ОЗЕРА. МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В.В. Меншуткин

Санкт-Петербургский экономико-математический институт, г. Санкт-Петербург, Россия

Решение практических рыбохозяйственных вопросов (назначение квот вылова, вселение новых видов и т.п.) невозможно без учёта взаимодействия популяций рыб между собой и с другими элементами экологической системы водоёма. Наиболее результативным инструментом для решения подобных проблем является построение компьютерных имитационных моделей (Винберг, Меншуткин, 1977).

Разработана серия моделей сообществ рыб, обитающих в различных водоёмах – озеро Дальнее (Камчатка), водохранилище Солина (Польша), озеро Воже, Водлозеро, Ладожское и Онежское озера. Исследование этих моделей показало, что соединение в одной модели сообществ фитопланктона, зоопланктона, бентоса и рыб возможно, но практически нецелесообразно из-за различий на несколько порядков величин первичной продукции и продукции рыб.

Основная идея модели заключается в синтезе продукционного и популяционного подходов при построении модели сообщества. Ихтиологическая концепция модели базируется на исследованиях Л.А. Жакова (1984). Модель рассчитана на включение в неё до 12 видов рыб, с описанием популяций, включающих в себя до 15 возрастных групп. Описание трофической структуры предусматривает выделение планктофагов, бентофагов, детритофагов, фитофагов и хищников с разделением на размерные группы. Временной шаг модели – один год. При имитации промысла учитывается его интенсивность и селективность орудий лова. Данные о кормовой базе получаются на основании исследования традиционной модели экосистемы озера (Меншуткин, 2010). Модель реализована с применением языков программирования Visual Basic и STELLA.

При приложении созданной модели к ряду озёр Карелии (Водлозеро, Сямозеро, Ахвенлампи, Длинная Ламба и др.), основная исходная информация заключалась в статистке выловов, а наиболее неопределённые параметры (например, коэффициенты функции воспроизводства) приходилось находить методом подбора. При этом наряду с традиционными методами, в случае многовидового сообщества приходилось применять генетический алгоритм.

В результате исследования моделей сообществ рыб конкретных водоёмов Карелии было показано, что определение оптимальных режимов рыболовства на основании классической теории рыболовства может, особенно в случае многовидового сообщества, привести к ошибочным результатам, иногда губительным для рыбного населения. Учёт межвидовых отношений особенно существенен в случаях резких изменений внешних природных и антропогенных воздействий на экосистему водоёма.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕСНОВОДНОГО ФИТОПЛАНКТОНА ПРИ РАЗНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Н.М. Минеева[1], **Л.А. Щур**[2], **Н.А. Бондаренко**[3]

[1] *Институт биологии внутренних вод им. И.Д.Папанина, пос. Борок, Ярославская обл., Россия*
[2] *Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск, Россия*
[3] *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Функциональные особенности фитопланктона – основного продуцента автохтонного органического вещества в пресноводных экосистемах – определяются наличием доступных энергетических ресурсов, влияние которых на формирование первичной продукции наиболее чётко выявляется при сравнительном анализе продукционных характеристик в широком диапазоне изменчивости факторов среды. Такой анализ мы провели на примере крупных озёрных и речных систем, расположенных в различных регионах Евразии и характеризующихся контрастными условиями обитания планктонных альгоценозов. Обилие фитопланктона в озёрах Байкал, Ханка и в реке Енисей (Красноярское водохранилище) характеризуется сопоставимыми средними показателями (биомасса ~1 мг/л, содержание хлорофилла 1–3 мкг/л), которые существенно ниже, чем в водохранилищах Волги (2–5 мг/л и 10–15 мкг/л). Это соответствует более высокому содержанию в волжских водах элементов минерального питания, что связано с особенностями геохимии подстилающих пород и со степенью освоенности водосборного бассейна. Рассматриваемые водоёмы значительно различаются по показателям подводного светового режима. Байкальские воды характеризуются максимальной (до 40 м) условной прозрачностью, которая зависит от степени развития фитопланктона; глубина фотической зоны достигает 50–70 м. В оз. Ханка, при высоком (до 150 мг/л) содержании мелкодисперсной терригенной взвеси, прозрачность не превышает 0.2 м, глубина фотосинтезирующего слоя – менее 1 м. В Красноярском водохранилище эвфотный слой составляет 15–18 м, в водохранилищах Волги – 5–6 м. При наиболее благоприятных световых условиях и высокой фотосинтетической активности мелкоклеточных продуцентов летнего планктона, первичная продукция (ПП) в оз. Байкал (0.72 ± 0.15 г С/(м^2×сут.)) сопоставима с таковой в волжских водохранилищах (0.65 ± 0.05 – 0.97 ± 0.08 г С/(м^2×сут.)). Первичная продукция планктона существенно ниже в водоёме с высокой мутностью (0.24 ± 0.03 г С/(м^2×сут.) в оз. Ханка), а также в водоёме с низким содержанием биогенов (0.32 ± 0.02 г С/(м^2×сут.) в Красноярском водохранилище). Автотрофная продукция в Байкале создаётся двумя основными комплексами планктонных водорослей. Весенний крупноклеточный комплекс, состоящий из диатомовых и динофитовых водорослей, интенсивно развивается раз в 3–4 года; летний мелкоклеточный комплекс, состоящий из синезелёных и хлорококковых водорослей, функционирует стабильно. В оз. Ханка доминируют нанопланктонные формы диатомовых и зелёных водорослей, в Красноярском водохранилище – крупные диатомеи, а фитопланктон Волги – диатомово-синезелёный. Благодаря постоянному преобладанию нановодорослей, а также выраженному световому лимитированию, в озере Ханка наблюдались самые высокие для рассматриваемых водоёмов показатели фотосинтетической активности фитопланктона: суточное ассимиляционное число (САЧ) = 125 ± 23 мг С/(мг Хл×сут.), хлорофилл/биомасса (Хл/Б) = 3.60 ± 0.88%, продукция/биомасса (П/Б) = 15 ± 2 сут.$^{-1}$. В глубоких водоёмах (оз. Байкал, Красноярское водохранилище) отмечены высокие величины аэробной деструкции (Д) 20–40 г O_2/(м^2×сут.) и выраженная гетеротрофная направленность функционирования планктона (ПП/Д = 0.05–0.06). Баланс продукционно-деструкционных процессов остаётся отрицательным в волжских водохранилищах, принимающих значительный приток аллохтонной органики, а также в оз. Ханка, где фотосинтезирующий слой невелик, а взвешенное вещество служит дополнительным субстратом для микроорганизмов-деструкторов. Однако степень гетеротрофии в этих водоёмах ниже (ПП/Д = 0.7–0.9 и 0.43, соответственно). Таким образом, фитопланктон крупных пресноводных экосистем при различном лимитировании энергетическими ресурсами различается по размерному составу доминирующих видов. Уровень развития фитопланктона определяется обеспеченностью биогенными элементами, фотосинтезирующая деятельность – совокупностью биогенного и светового режимов. Масштабы и соотношение продукционно-деструкционных процессов зависят главным образом от гидрооптических условий и от морфометрических особенностей водоёмов. Работа частично выполнена при поддержке РФФИ, грант 08-04-00384.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ РЫБНОГО НАСЕЛЕНИЯ ПРИБРЕЖЬЯ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ НЕВОДНЫХ СЪЁМОК

А.Е. Минин[1], **В.В. Логинов**[1], **В.Н. Якимов**[2]

[1] *Нижегородская лаборатория ФГНУ "ГосНИОРХ", г. Нижний Новгород, Россия*
[2] *Министерство экологии и природных ресурсов Нижегородской области, г. Нижний Новгород, Россия*

Ихтиологические исследования, проводившиеся на Чебоксарском водохранилище в предыдущие годы, были сконцентрированы на биологии и хозяйственном значении отдельных видов рыб и касались раннего периода формирования данного водоема (первое десятилетие). Всё более проникающие в ихтиологию системные представления требуют дополнить эти работы синэкологическим подходом (Решетников, 1986). В настоящей работе проанализированы данные по видовой структуре рыбного населения прибрежья Чебоксарского водохранилища, собранные в период с 1995 по 2006 г. Исходный материал получен по результатам неводных съемок. Съёмки осуществлялись мелкоячейными неводами на 67 станциях на глубинах 0–3 м в летне-осенний период, с разной регулярностью. Длина неводов 30 и 50 м, ячея в мотне, соответственно, 6 и 8 мм. Всего проведено 152 съемки. В уловах отмечено 35 видов рыб (таблица).

Цели нашего анализа – оценка видового богатства (встречаемости) и выявление особенностей видовой структуры рыбного населения в прибрежной зоне различных участков Чебоксарского водохранилища: верхнего речного, среднего речного, озёрного и приплотинного. Данный техногенный водоём существует чуть больше четверти века. Дополнительный интерес состоял в оценке этапа формирования относительно молодого водохранилища. Поэтому в качестве контрольного пятого участка выступает река Ока (незарегулированный водоток).

Для выявления различий между несколькими выборками, применялся критерий Крускала–Уоллиса. Критерий Крускала–Уоллиса *не выявляет* достоверно значимых отличий в видовом богатстве между участками водохранилища: $H = 6.32$, $p = 0.17$.

Напротив, многомерная модификация перестановочного теста {permutation test} по встречаемости (10000 перестановок) для всего видового списка даёт следующие результаты. Наблюдаемое значение комбинирующей функции Фишера составило $B_0 = 87.68$, $p = 0.00005$. Соответственно, можно говорить о высоко *достоверных различиях* в видовой структуре между пятью участками водохранилища, зафиксированных на основе данных по встречаемости видов. Виды, для которых обнаружены достоверно значимые отличия по встречаемости – это инвазионные виды, стихийно расселившиеся по Верхне-Волжскому и Средне-Волжскому бассейнам. Это 3 вида бычков (кругляк, песочник и головач), а также белозерская ряпушка. Первые три вида проникли в Чебоксарское водохранилище с Каспия, а последний – из северных районов Волжского бассейна. По аборигенным видам различия либо отсутствуют, либо не столь значительны.

Для вскрытия структуры различий мы воспользовались кластерным анализом участков по встречаемости видов, выраженной в процентах. Устойчиво сохраняется сходство крайних участков – верхнего речного и приплотинного. Остальные же участки в разные годы объединяются по-разному. Подпор воды на Чебоксарском водохранилище распространяется до места слияния рек Волги и Оки. Поэтому на этих реках выше данной точки сохранились речные условия, что подтверждается близостью данных плёсов по дендрограмме.

Таким образом, можно говорить о более или менее стационарно-однородном состоянии аборигенного рыбного населения в биотопах прибрежья Чебоксарского водохранилища и, напротив, значимые различия установлены между участками по инвазионным видам-вселенцам.

Таблица. Общие показатели пяти участков Чебоксарского водохранилища по данным неводных съемок 1995–2006 гг.

Показатели	Верхнеречной	Среднеречной	Озёрный	Приплотинный	Ока
Число выборок	23	122	54	27	14
Количество видов	18	28	27	28	21

ОПЫТ ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА ПЛАНКТОННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕТЕЛЫХ ЧЁРНОГО МОРЯ И АНТАРКТИКИ

Н.И. Минкина

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Украина

Интенсивный рыбный промысел, эвтрофикация и наблюдаемая тенденция к потеплению климата оказались факторами, благоприятствующими процветанию желетелых планктонных животных в самых разных районах Мирового океана: в Чёрном, Азовском, Каспийском, Балтийском, Северном, Средиземном, Гренландском и Беринговом морях, в заливах Святого Лаврентия и Мексиканском, в водах Намибии и в Антарктике (Mills, 2001; Chudnow, 2008; Locke, Carman, 2009). В связи со столь бурной экспансией желетелых, изучение их экологии и физиологии в акваториях, подвергшихся инвазии, становится безотлагательной задачей.

В качестве модельных акваторий, подвергшихся неблагоприятным изменениям, мы выбрали следующие две акватории: (1) Чёрное море – загрязнённое внутреннее море, где в 80-х годах прошлого столетия произошла инвазия желетелого организма – гребневика *Mnemiopsis leidyi*, давшего в 90-х годах катастрофическую вспышку численности; (2) сравнительно чистую океаническую зону Атлантической части Антарктики, где с 70-х годов и по настоящее время наблюдается инвазия другого желетелого планктонта – сальпы *Salpa thompsoni*; данная инвазия осуществляется в основу ареала криля, южнее 60^{o} ю.ш. и также сопровождается катастрофическим возрастанием численности вселенца.

На основе выполненных экспериментов получены векторные поля отклонений уровня энергетического обмена двух видов желетелых планктонных вселенцев от статистической «нормы» (метод экологического «благополучия» пелагиали (Минкина, 2007)) в акваториях, подвергшихся инвазии гребневика *Mnemiopsis leidyi* в Черном море и антарктической сальпы *Salpa thompsoni*, внедрившейся в основу ареала криля. Выявлены области и причины ингибирования и успешной жизнедеятельности популяций данных видов при разных сценариях развития планктонного сообщества. Возрастание обилия сальп в антарктической зоне и проникновение их скоплений в ареал криля вызывает законную тревогу, поскольку пищевая активность туникат высока, а пищевые спектры этих объектов совпадают (Самышев, 1998; Atkinson et al., 2004; и др.).

Основным фактором, ингибирующим деятельность желетелых планктонных организмов, является дефицит пищи, имеющий место во время зимней и ранневесенней фазы сукцессии планктонного сообщества или в результате механического сгущения желетелых в стационированных вихрях, образующихся в узких частях пролива или на мелководьях, вследствие изрезанности береговой линии (орографический фактор). Ингибирование жизнедеятельности ослабленной голодающей или отнерестившейся части популяции усиливается действием комплексного загрязнения, выступающего как дополнительный лимитирующий фактор. Действие поллютантов на обследованных акваториях мало сказывалось на уровне энергетического обмена желетелых вселенцев в условиях изобилия пищи и в период массового размножения.

Предложенный метод мониторинга «благополучия» пелагиали (Минкина, 2007; Минкина, Самышев, 2008, 2009) позволил выявить связи, важные как для понимания механизма саморегуляции сообществ в черноморском и антарктическом планктоне, в том числе – проникновения сальп в высокие широты, так и для коррекции балансовых расчётов потоков вещества и энергии в рассматриваемых регионах. Исследования в данном направлении представляют интерес для объективной оценки состояния окружающей среды, её влияния на популяции массовых видов планктона (а также и бентоса) и для принятия обоснованных решений по оптимальному использованию акваторий.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАЛАКОФАУНЫ ПРЕСНЫХ И СОЛЁНЫХ ВОДОЕМОВ СЕВЕРНОГО ПРИАЗОВЬЯ

И.С. Митяй[1], **Е.В. Дегтяренко**[2], **А.Г. Антоновский**[3]

[1] *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина*
[2] *Киевский национальный университет имени Т. Шевченко, г. Киев, Украина*
[3] *Таврический государственный агротехнологический университет, г. Мелитополь, Украина*

Северное Приазовье представлено пресными и солёными водоёмами – это Азовское море, Молочный и Утлюкский лиманы, Сиваш и небольшие степные реки. Взаимосвязь водоёмов между собой, высокая температура в течение большей части года, длительные засухи, ветра и антропогенный прессинг вызывают значительные колебания гидрологического и гидрохимического режимов. Это влечёт за собой такие же колебания численности и биомассы гидробионтов, среди которых моллюски являются преобладающими, как по числу видов, так и по биомассе. За годы исследований (2001–2008) в реке Молочной нами зарегистрировано 26 видов моллюсков, из которых 20 брюхоногих и 6 двустворчатых. В р. Берда общее количество видов составляет 18, из них 15 брюхоногих и 3 – двустворчатых. В р. Обиточной зафиксировано лишь 15 видов, из которых брюхоногих только 10 видов, а двустворчатых – 5. Наименьшее число видов моллюсков отмечено для рек Лозоватка (5 видов), Малый Утлюк (5 видов) и Большой Утлюк (4 вида). Наиболее распространёнными видами в реках Северного Приазовья являются представители семейств Lymnaeidae – *Lymnaea stagnalis* (Linnaeus, 1758) и *L. fontinalis* (Studer, 1820) и Planorbidae – *Planorbis planorbis* (Linnaeus, 1758) и *Armiger bielzi* (Kimacowicz, 1884). В реке Берда, кроме перечисленных моллюсков, значительное распространение получили представители семейства Physidae. Не менее интересной группой являются эвригалинные морские моллюски понто-каспийского происхождения, которые заходят в приустьевые участки рек из Азовского моря. Так, в устье реки Обиточной вблизи с. Преслав летом 2007 года нами зарегистрированы *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), *Mya arenaria* (Linnaeus, 1758) и *Mytilaster lineatus* (Gmelin in Linnaeus, 1791). В устьевых участках Малого Утлюка отмечены *H. acuta* (Draparnaud, 1805) и *Abra ovata* (Philippi, 1836). Следует отметить, что сообщества моллюсков исследуемых водоёмов характеризуются низкой степенью фаунистического сходства. Наиболее высокие и практически одинаковые значения индексов общности Чекановского–Серенсена и Жаккара были получены для рек Молочной и Обиточной (37%), для Молочной и Берды (37%), и для Обиточной и Берды (38%). Другую группу рек, которые характеризовались относительно высокой степенью сходства, составляли Малый и Большой Утлюки. Для этих рек индекс Чекановского–Серенсена составлял 40%. За последние сорок лет в Молочном лимане наблюдаются периоды закрытого и открытого состояния, которые сопровождаются значительной динамикой видового состава моллюсков. Так, в 1970–80-е годы наблюдалось около 50 видов моллюсков, в то время как в 2006–2007 гг. встречалось лишь 26 видов. Среди них 19 видов брюхоногих и 7 – двустворчатых. Это почти вдвое меньше, чем в 1997–2000 гг. Наиболее высокая встречаемость в Молочном лимане отмечена для гастропод *Pseudopaludinella paludinelliformis* (Bourguignat, 1876) и представителей родов *Thalassobia* и *Hydrobia*, и для двустворчатых моллюсков *Cerastoderma clodiense* (Renieri, 1804), *C. glaucum* (Poiret, 1789) и *C. lamarcki* (Reeve, 1844). Утлюкский лиман также характеризуется небогатым видовым составом моллюсков. В 2006–2008 гг. мы отмечали 22 вида: 14 видов брюхоногих и 8 видов двустворчатых. Наиболее высокие показатели встречаемости были у *Theodoxus astrachanicus* (Starobogatov in Starobogatov, Filchakov, Antonova et Pirogov, 1994) из гастропод и у *Abra ovata*, *Cerastoderma clodiense, C. glaucum, C. lamarcki* и *Mytilaster lineatus* из двустворчатых моллюсков. В 2003–2004 гг. в Восточном Сиваше нами зарегистрировано 39 видов, из них 32 видов брюхоногих, которые являются наиболее распространенными моллюсками, судя по частоте встреч в Восточном Сиваше, и 7 видов двустворчатых.

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОТРОФНОГО ПЛАНКТОННОГО СООБЩЕСТВА ЗАГРЯЗНЯЕМОГО ВОДОТОКА (РЕКА СВИСЛОЧЬ, БЕЛАРУСЬ) С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВОДИМЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Т.М. Михеева, **Р.З. Ковалевская**, **Е.В. Лукьянова**

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Река Свислочь после обводнения в результате переброски воды из крупнейшего в Беларуси Вилейского водохранилища – главная водная магистраль г. Минска. Верхний и нижний участки городского отрезка (более 40 км) зарегулированы, русловые участки реконструированы. Наблюдения за структурой и функционированием автотрофной компоненты планктона выполнялись ежемесячно на 7 створах, начиная с 2006 г., после проведения оздоровительных мероприятий непосредственно на реке (ниже створа 2) и на прилегающих территориях. Помимо видовой структуры фитопланктона, мы оценивали его количественные характеристики: общую численность (раздельно численность организмов и клеток), биомассу сообщества, степень колониальности средней единицы сообщества (количество клеток в организме), среднюю массу организма и клетки. Общепринятыми методами определяли содержание хлорофилла *a* и продукционно-деструкционные показатели. Скорость фотосинтеза измеряли при экспонировании склянок в люминостате. Проанализированы сезонные и межгодовые изменения всех наблюдаемых параметров не только на 5 створах городского отрезка реки, но и в створах выше города (створ 1, канал переброски Вилейской воды) и в 9 км ниже, в пункте полного смешения речного потока с выпуском стока с городских очистных сооружений (створ 7).

Наиболее высокий уровень трофности наблюдался в створе 1 – содержание хлорофилла *a* в среднем за вегетационные сезоны четырёх лет (2006–2009 гг.) составило 43.2 ± 5.4 мкг/л, скорость фотосинтеза – 5.31 ± 0.70 мг O_2/л×сут., общая биомасса – 11.13 ± 4.64 мг/л. На подходе к городу – на выходе из водохранилища Дрозды (створ 2) – трофность воды была значительно ниже. Средневегетационные значения данных показателей за указанный период здесь составили, соответственно, 14.54 ± 2.90 мкг/л, 2.37 ± 0.44 мг O_2/л×сут. и 6.11 ± 2.87 мг/л. До проведения очистки дна в водохранилище-озере Комсомольском и части нижележащих участков русла (в 2006 г.), уровень трофности воды в реке в пределах города, хотя и незначительно, постепенно нарастал вниз по течению, достигая максимума на выходе из Чижовского водохранилища (створ 6), принимающего поверхностный сток практически со всей территории города. В вегетационном сезоне 2007 г. на отрезке реки (створы 3–6) наблюдалось заметное снижение значений всех количественных характеристик фитопланктона, что особенно проявилось на русловых участках (створы 4–5). Так, содержание хлорофилла *a* в среднем для этого участка относительно 2006 г. снизилось на 42%, скорость фотосинтеза – на 52%, и биомасса водорослей – на 50%. В последующие годы более низкий уровень трофности в створах 3–5 сохранился.

Средние для исследуемого отрезка реки значения среднесезонных величин суточного ассимиляционного числа планктона (САЧ) в исследуемый период были поразительно сходны: 37.8 ± 7.5 мг С/мг хлорофилла *a* × сут. (в 2006 г.) и 44.4 ± 8.0 мг С/мг хлорофилла *a* × сут. (в 2009 г.), в то время как среднесезонные величины Р/В-коэффициентов постепенно снижались – от 2.08 ± 0.59 (в 2006 г.) до 1.13 ± 0.21 сут$^{-1}$ (в 2009 г.). Аналогичная картина отмечена по относительному содержанию хлорофилла *a* в сырой биомассе водорослей: от 0.66 ± 0.09% (в 2006 г.) до 0.36 ± 0.06% (в 2009 г.). Достоверной корреляционной связи между показателями фотосинтетической активности (Р/В и САЧ) не отмечено. В то же время, на всех створах без исключения отмечена высокая корреляционная связь Р/В–коэффициентов с относительным содержанием хлорофилла *a* в биомассе ($r = 0.63–0.98$). Достоверной связи фотосинтетической активности с общей биомассой фитопланктона в подавляющем большинстве случаев не наблюдалось.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОД И НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Т.И. Моисеенко

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН, г. Москва, Россия

Одним из концептуальных решений проблемы управления антропогенным воздействием является развитие методологии нормирования потока загрязняющих веществ в окружающую среду. Методология экологического нормирования исходит из раскрытия причинно-следственных связей, которые можно понять на основе построения и анализа зависимостей "доза-эффект" между показателями антропогенной нагрузки и биологическими критериями "отклика" живых систем. Критерии оценки качества вод должны основываться на понимании закономерностей антропогенной изменчивости водных экосистем. Методы выявления основных негативно воздействующих факторов должны опираться на детальную гидро- и биогеохимическую информацию, и на знания особенностей поведения и свойств токсичных элементов в природных условиях.

В приложении к нормированию потока токсичных веществ в водную экосистему выделяются три основных блока задач, которые показывают необходимость выполнения достаточно сложных в теоретическом плане исследований в науках о Земле и о жизни:

1. Определение интегрального показателя дозы воздействия основывается на познании закономерностей миграции, форм нахождения, трансформации и седиментации техногенно-привнесённых элементов в системе "источник $\rightarrow$ водосбор $\rightarrow$ водоём", и взаимодействия с природными факторами на водосборе и в водоёме. Как правило, промышленные стоки или выпадения из атмосферы имеют многокомпонентный состав и часто сопровождаются побочными явлениями. Поэтому, наряду с обоснованием химических критериев регистрации отдельных негативных явлений в водной среде, необходимо найти методический приём “сжатия” многосторонней информации к единому численному значению оценки качества водной среды, адекватно отражающему дозу воздействия на биологические системы с учетом суммарного, синергетического или антагонистического взаимодействия всех компонентов абиотической среды.

2. Обоснование критериев оценки последствий антропогенных воздействий является узловым вопросом и основывается на познании закономерностей антропогенной изменчивости биологических систем, устойчивости и механизмов адаптации, на определении “нормы и патологии”, порога необратимых изменений в организмах или качественно новых состояний сообществ. Наиболее информативную базу для понимания последствий загрязнения и для обоснования критериев их оценки, как отмечалось выше, даёт исследование целостной картины изменений на всех уровнях организации (от молекулярно-клеточного – к организмам, популяциям и сообществам).

3. Определение критических уровней и нагрузок является интеграционным этапом исследований и основывается на выявлении связей в системе: объемы выбросов и стоков (нагрузки) $\Leftrightarrow$ превращения на водосборе и интегрированный сток $\Leftrightarrow$ процессы в водной среде и интегральный показатель дозы воздействия $\Leftrightarrow$ биологические эффекты и критерии их регистрации $\Leftrightarrow$ критические уровни воздействия (или ЭДУ) $\Leftrightarrow$ нагрузки (или ПДВВ).

Если определены критические уровни комплексного загрязнения для биологических систем и есть модели связи выбросов (поступлений на водосбор) и формируемых ими концентраций, то далее определяются критические нагрузки и их превышения для конкретных водных объектов.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ФИТОПЛАНКТОНА В ВОЛГОГРАДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

С.А. Мосияш, **И.Н. Далечина**, **И.Г. Филимонова**

Саратовское отделение ФГНУ "ГосНИОРХ", г. Саратов, Россия

Материальной основой биопродукционных процессов в водных экосистемах являются биогенные вещества. Считается, что в большинстве водных экосистем биологическая продуктивность лимитируется содержанием в воде азота и фосфора. В настоящей работе сделана попытка выявить зависимость между развитием основных групп фитопланктона и содержанием некоторых биогенных элементов в Волгоградском водохранилище. Анализировались данные за десятилетний период (с 1999 по 2008 гг.). Содержание биогенных элементов учитывалось в среднем за летне-осеннюю межень, биомасса и численность фитопланктона – в период его максимального развития.

Рассматривая многолетнюю динамику трёх форм минерального азота, можно отметить тенденцию уменьшения содержания нитратов и, соответственно, суммарного минерального азота, при достаточно стабильном уровне аммония и нитритов. В динамике минерального фосфора наблюдается тенденция снижения его концентраций, хотя и незначительно выраженная. Концентрация железа варьировала в пределах 0.025–0.28 мг/дм^3, кремния – в пределах 3.4–9.6 мг/дм^3.

Численность фитопланктона в многолетнем аспекте изменялась от 1.06 до 5.3 млн. клеток на л, достигая максимальных величин в 2006 г. за счёт синезелёных водорослей. Биомасса колебалась в пределах 0.44–2.76 г/м^3, при максимуме в 1999 г. за счёт развития диатомовых. Большую часть численности во все годы исследуемого периода составляли синезелёные водоросли, а большую часть биомассы – диатомовые и пирофитовые. Наибольшее развитие всех отделов водорослей отмечалось в летний период.

Для изучения структуры рассматриваемого массива данных проведён факторный анализ по методу главных компонент (Лиепа, 1980; и др.). Исходная матрица данных включала 8 показателей: средние сезонные концентрации основных биогенов (азот нитратов, фосфор фосфатов, общее железо, кремний) и средние значения летней биомассы основных групп фитопланктона (диатомовые, синезелёные, зелёные, пирофитовые).

В плеяду первого главного фактора значимо вошли биомасса пирофитовых водорослей и содержание железа. Ядром второго фактора стали биомасса синезелёных, диатомовых и концентрация кремния. В третьем факторе выявлена связь между биомассой зелёных водорослей и нитратным азотом

Основываясь на результатах факторного анализа, получены уравнения регрессии, отражающие зависимость биомассы различных групп водорослей от содержания в воде биогенных элементов. Связь биомассы пирофитовых с концентрацией железа аппроксимируется линейным уравнением: $Pr = 0.22 + 2.36Fe$ ($R = 0.71$; $p = 0.03$), где Pr – биомасса пирофитовых, г/м^3; Fe – концентрация общего железа, мг/дм^3. С концентрацией железа значимо связана и биомасса синезелёных водорослей ($R = 0.65$; $p = 0.05$). Зависимость биомассы диатомовых от содержания кремния описывается уравнением $Dt = -0.37 + 0.177Si$ ($R = 0.87$; $p = 0.003$), где Dt – биомасса диатомовых, г/м^3, а Si – концентрация кремния, мг/дм^3.

Отрицательная корреляция ($R = -0.37$) между биомассой зелёных водорослей и нитратным азотом статистически незначима. Тем не менее, можно отметить следующую тенденцию: биомасса зелёных водорослей менее 0.5 г/м^3 не влияет на концентрацию нитратов; очевидно, их содержание определяется иными факторами. При росте биомассы зелёных водорослей увеличивается потребление нитратов, и, соответственно, их концентрация в водохранилище снижается. Из всех групп фитопланктона только для зелёных наблюдается взаимосвязь с соединениями азота. Наибольшую потребность в азоте у зелёных водорослей отмечали и другие авторы (Успенская, 1966; Киселева, 1980).

Таким образом, по нашим данным, фосфор и, практически, азот не являются лимитирующими факторами развития фитопланктона в Волгоградском водохранилище. Биомасса наиболее представительных групп водорослей зависит от концентрации в воде железа и кремния.

ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ-ВСЕЛЕНЦЫ ВОДОЁМОВ МОЛДОВЫ

О.В. Мунжиу, **Н.Н. Бородина**, **Н.И. Багрина**

Институт зоологии АН Молдовы, г. Кишинэу, Молдова

Появление и распространение моллюсков-вселенцев в водоёмах Молдовы связано в первую очередь с антропогенной деятельностью: с развитием рыбоводства, строительством гидротехнических сооружений и навигацией. В период 2004–2009 гг. в пресноводных экосистемах Республики Молдовы было отмечено появление чужеродных видов двустворчатых моллюсков: *Dreissena bugensis* (Andrusov, 1897), *Sinanodonta woodiana* (Lea, 1834) и *Corbicula fluminea* (Müller, 1774).

Первые сведения об обнаружении пустых раковин *Dreissena bugensis* в 2004 г. в Кучурганском лимане-охладителе принадлежат Филиппенко и Лейдерману. Исследования полиморфизма популяций дрейссенид бассейна Днестра методом электрофоретического сравнения миогенов, проведенные Тодерашом совместно с коллегами, подтвердили инвазию бугской дрейссены на территорию Молдовы. В период проводимых нами исследований, в 2009 г. *D. bugensis* встречалась на всём протяжении Молдавского участка реки Днестр. Её численность варьировала в пределах 40–200 экз./м^2, а биомасса составляла 0.04–68.7 г/м^2. Этот же вид был обнаружен нами в реке Прут, где его численность составила 112–240 экз./м^2, а биомасса – 39–50.2 г/м^2; в Кучурганском лимане показатели численности и биомассы составили 80 экз./м^2 и 1.8 г/м^2, соответственно.

Впервые пустые раковины *Sinanodonta woodiana* были обнаружены в 2003 г. Мунжиу и Шубернецким, в озере Манта (бассейн р. Прут). Этот моллюск появился в Европе случайно, в результате интродукции карповых рыб из Китая в 60-х годах прошлого века. В 2008 г. было отмечено появление большого количества живых синанодонт в озере Белеу (бассейн р. Прут). На трансекте 15 м^2 численность и биомасса *S. woodiana* была 0.4 экз./м^2 и 54.7 г/м^2. По сравнению с нативными видами двустворчатых моллюсков *Anodonta zellensis* (0.6 экз./м^2 и 36.5 г/м^2), *Unio tumidus* (0.4 экз./м^2 и 16.7 г/м^2) и *Pseudoanodonta complanata* (0.13 экз./м^2 и 2.2 г/м^2), в исследованном водоеме *S. woodiana* была на первом месте по биомассе и втором–третьем по численности. Масса тела самого крупного обнаруженного нами экземпляра *S. woodiana* – 472 г, размеры раковины – 16.6 × 9.6 × 5.2 см. Следует отметить, что в 2008–2009 гг. среди более 200 собранных живых экземпляров *S. woodiana* были отмечены две особи, значительно отличающиеся от прочих очень прочной раковиной (как у крассиан). Вероятно, в озере обитают две морфы синанодонты.

Появление *Corbicula fluminea* было отмечено нами в ноябре 2009 г. в русле р. Прут. Этот инвазивный вид был завезён в Северную Америку эмигрантами из Азии, а затем в 1980 г. появился в Европе, сначала в бассейне р. Рейн, затем в бассейне р. Дунай. Прут является последним крупным левобережным притоком Дуная. Подпор Дуная распространяется в р. Прут до г. Леово, а это выше, чем точка, в которой была обнаружена корбикула. Поэтому вероятно, что корбикулы проникли на территорию Молдовы из Дуная при паводке или навигации, или же произошло вселение свободноплавающих личинок этих моллюсков. Численность и биомасса *C. fluminea* составили 6.23 экз./м^2 и 1.82 г/м^2. Было собрано более 100 живых экземпляров с размерами 0.3–2.0 см, поэтому можно утверждать, что в данном водоёме сформировалась устойчивая популяция моллюска-вселенца, несмотря на неблагоприятное для корбикул содержание кислорода – 6.38–10.43 мг/л или 69.4–85.2% от насыщения.

Следовательно, за короткий период моллюски-вселенцы сформировали устойчивые популяции. Благодаря высокой численности и биомассе они составляют серьёзную конкуренцию нативным видам за питание и субстрат и могут оказывать значительное влияние на структурно-функциональные параметры водоёмов Молдовы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ В БИОДЕГРАДАЦИИ НЕФТИ

С.С. Мусько, **Н.Э. Струппуль**, **Е.А. Сигида**

Институт химии и прикладной экологии, Дальневосточный государственный университет, г. Владивосток, Россия

Биологические методы восстановления природных объектов, загрязнённых углеводородами (УВ), признаны наиболее безопасными для окружающей среды. Познание роли морской биоты в этом процессе открывает пути целенаправленного использования морских организмов и их сообществ в биомониторинге и в борьбе с загрязнением, в частности, при разработке гидробиологических систем очистки морских вод.

Целью настоящей работы являлось исследование способности морских микроорганизмов, выделенных из прибрежных вод о. Сахалин (Японское море), к биодеградации нефтяных загрязнений, и выявление наиболее перспективных штаммов.

В качестве модельного загрязнения использовали различные фракции нефти, которые являются реальными поллютантами морской среды.

Для дифференцированного определения летучих УВ использовали метод ГЖХ-МС согласно РД 52.24.473–95. Для подготовки образцов к анализу использовался метод парофазного анализа. ГЖХ-МС анализ проводили на газовом хроматографе «GC 6890 Plus» («Agilent Technologies», США) с масс-селективным детектором 5973N («Agilent Technologies», США) на капиллярной колонке HP5-MS (30 м × 0.25 мм × 0.25 мкм).

Идентификацию хроматографических пиков проводили по времени удерживания и масс-спектрам (электронная библиотека масс-спектров NIST 98). Количество УВ оценивали по площади пика методом калибровочного графика. Результаты интерпретировали относительно пробы, не содержащей микроорганизмы.

При исследовании бензиновой фракции нефти установили, что наибольшей деструкционной способностью обладают штаммы *Ps. citrea* и №410 (по внутренней нумерации): степень деградации 88 и 97%, соответственно. При этом поведение УВ было различным.

В отношении тяжёлых УВ проявили активность микроорганизмы №65 и №59. Наибольшую опасность представляют асфальто-смолистые компоненты нефти. Как установлено, их основной составляющей является нафталин.

В связи с аварийными разливами нефти интерес представляют УВ с длинной углеводородной цепью, которые распределяются по поверхности воды. На данную модель загрязнения высадили штаммы №59 и №65 для исследования динамики изменения УВ. Результаты показали, что процесс деструкции протекает в пределах 10 суток, причём пиком активности являются 6-е сутки. Наблюдения за качественным составом показали полную утилизацию некоторых углеводородов.

Таким образом, в ходе эксперимента подтверждена возможность использования углеводородокисляющих микроорганизмов в процессе биоремедиации нефтяных загрязнений. Наиболее перспективные штаммы-деструкторы в дальнейшем будут использованы для создания консорции с максимальной эффективностью по отношению к широкому классу нефтяных УВ.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПЕРВЫЕ ГОДЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЮМАГУЗИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.Ф. Мухутдинов[1], **Е.А. Бутакова**[2]

[1] *Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов, г. Екатеринбург, Россия*
[2] *МУП "Водоканал", г. Екатеринбург, Россия*

Юмагузинское водохранилище относится к русловому типу; оно образовано в 2004 г. в горной части Южного Урала, на реке Белой. При нормальном подпорном уровне длина водохранилища – 66 км, максимальная ширина – 900 м, наибольшая глубина – 45 м, средняя глубина – 16 м, площадь зеркала – 18 км^2, объём воды – 300 млн. м^3. Водохранилище сезонного регулирования, оно создано для срезки уровня весенних паводков, в целях энергетики и водоснабжения. Диапазон колебаний уровня воды достигает 32 м.

Фитопланктон (ФП) водохранилища – единственный продуцент органического вещества (ОВ), важнейший агент самоочищения и показатель состояния экосистемы. Макрофиты отсутствуют.

Задача исследований состояла в отслеживании динамики продукционных характеристик ФП: концентрации хлорофилла *a* (Хл), первичной продукции (ПП) и деструкции ОВ (ДД) на всей акватории в конце паводка и в меженный период в первые годы существования водохранилища (2004–2007 гг.). На основе полученных данных рассчитывали суточные ассимиляционные числа Хл (САЧ), а также оценивали трофическое состояние водоёма. Работы проводились по общепринятым методикам.

С первого по четвёртый год исследования отмечена общая тенденция увеличения средней концентрации Хл, которая составила 3.3, 8.7, 13.2 и 14.0 мг/м^3, соответственно. Внутрисезонная динамика концентрации Хл попеременно по годам отличалась то ростом, то снижением. Наибольшая концентрация Хл (41 мг/м^3) зафиксирована в августе 2006 г. при массовом развитии синезелёных водорослей. Различия содержания пигмента по длине водоёма отражало специфику видового состава ФП и пестроту экологических условий.

ПП и ДД различались по длине и глубине водоёма. Оптимальный фотосинтез (A_{opt}) фиксировался у поверхности, реже – на глубинах 1 и 2 м. Максимумы A_{opt} отмечены: в августе 2004 г. – 0.576 гС/м^3; в мае 2005 г. – 0.832 гС/м^3, в августе 2006 г. – 1.056 гС/м^3, и в мае 2007 г. – 0.832 гС/м^3 в сутки. В основном продуцирование шло до глубины 2S, реже во всём фотическом слое (3S).

Валовая ПП ($\sum$A) достигала наибольших значений (2.5 гС/м^2 в сутки) в первые два сезона. В другие периоды ПП была ниже, а разброс значений имел узкий диапазон. Минимальное значение $\sum$A – 0.3 гС/м^2 в сутки, получено в 2006 г. на пике паводка. Среднее значение $\sum$A за весь период исследований составило 0.9 гС/м^2 в сутки.

ДД, в отличие от ПП, протекала во всей толще воды и зачастую имела более широкий диапазон колебаний, чем ПП. Максимальная ДД в столбе воды ($\sum$R), 5.4 гС/м^2 в сутки, зарегистрирована в июне 2004 г., минимальная – от 0.2 до 0.3 гС/м^2 в сутки – отмечена в августе 2005 и 2006 гг. Средняя $\sum$R за период наблюдений составила 1.4 гС/м^2 в сутки. В среднем биотический баланс (A/R) был менее 1, что указывало на гетеротрофный характер функционирования экосистемы.

САЧ в поверхностном слое воды варьировало по длине водоёма: в первый сезон – от 33 до 457 мгС/мгХл×л×сут., во второй – от 38 до 67 мгС/мгХл×л×сут., в третий – от 15 до 66 мгС/мгХл×л×сут., в четвёртый – от 20 до 122 мгС/мгХл×л×сут.

Исследования выявили интенсивность процессов ПП и смену трофического статуса от олиготрофного до эвтрофного в период формирования экосистемы нового водоёма.

ПОСТОЯННАЯ «РУЧНАЯ КЛАДЬ» – ЗАГАДОЧНЫЙ АДАПТИВНЫЙ АТРИБУТ У ЭНДЕМИЧНОГО БАЙКАЛЬСКОГО РАКА *HYALLELOPSIS VARIABILIS*

А.В. Натяганова

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

Байкальский эндемичный рачок *Hyalellopsis variabilis* Dorogostaisky, 1930 (Amphipoda), обитающий в прибрежной зоне, постоянно волочёт по грунту два камня, которые он удерживает по бокам тела 4–7-й парами грудных конечностей. Передвигается рачок ритмичными рывками, перебирая конечностями 3-й пары и отталкиваясь хвостовым отделом брюшка. «Ручная кладь» выглядит нелёгкой, так как по объёму она может быть близка к размерам самого животного (6 мм) или превышать их, и, как правило, в 5 раз превышает его вес. Несмотря на это, рачок перемещается довольно маневренно и вместе со своим грузом иногда может забираться даже на другого рачка или на камень. Лишённый ноши, он стремится её обрести, при этом передвигается неуверенно, нередко опрокидываясь на бок или на спину, а 4–7-я пары конечностей так и остаются неподвижными. При стрессовых ситуациях (прикосновение и др.) животное отбрасывает камни и, сворачиваясь, становится неотличимым от них, но при этом не всплывает.

Впервые сообщив об этом, мы за каменную но́шу образно назвали рачка *H. variabilis* сизифом (Natyaganova, Bedulina, 2005) – именем одного из персонажей древнегреческой мифологии, которого боги за коварство обрекли на бесконечный мучительный труд: затаскивать на вершину горы огромный камень, постоянно срывающийся из рук на полдороге или уже у цели. Если герой мифа одержим идеей закатить камень и освободиться от мучений, то что же вынуждает байкальского рачка, наоборот, отягощать себя ими?

Очевидно, что удерживание камней у тела представляет собой одно из проявлений положительного тигмотаксиса – стремления к наибольшему контакту с твёрдыми предметами, свойственного многим членистоногим, особенно донным, почвенным и живущим в тканях других организмов (Бирштейн, 1968). Считается, что благодаря тесному контакту с субстратом осуществляется осязательная функция, т.е. ориентация по тактильным раздражениям, что позволяет животным занимать оптимальное положение в пространстве, поддерживать тонус тела и сопротивляться сносу течением. Необходимость в таком способе осязания у *H. variabilis*, вероятно, обусловлена тем, что у него, в отличие от других видов байкальских амфипод, не выявлены полифункциональные рецепторы, выполняющие функцию боковой линии (Механикова, 1995). Интересно также, что положение захватывающих камни конечностей относительно тела у рачка-сизифа сходно с последними тремя парами грудных конечностей у близкородственного вида – байкальской амфиподы *Dorogostaiskia parasitica* (Dybowsky, 1874), обитающей на поверхности ветвистой губки. Перемещаясь вне привычного субстрата, *D. parasitica* практически так же, как и рачок-сизиф, не использует их для движения. Возможно, необходимость в «ручной клади» у *H. variabilis* эволюционно происходит от образа жизни, связанного с закреплением на субстрате.

Наши наблюдения показали также, что рачки не цепляются за некаменные объекты, и первые попавшиеся камни также могут быть обойдены ими, т.е. животные отыскивают какую-то подходящую каменную «ручную кладь». В связи с этим интересно отметить, что при изучении предпочтений крабов-отшельников с применением искусственных раковин было сделано заключение, что наличие кальция в использованном материале является стимулом для их выбора (Gravel et al., 2004). Возможно, что и рачок-сизиф отыскивает камни, обогащённые кальцием – элементом, играющим первостепенную роль в формировании панциря, и с помощью такой «ручной клади» рачок обеспечивает себе необходимый микроклимат в изменчивых (особенно в химическом отношении) условиях водной среды.

ПАНЦИРЬ ДИАТОМОВОЙ ВОДОРОСЛИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ СТРЕСС-РЕАКЦИИ

А.В. Натяганова[1], **Л.А. Семёнова**[2]

[1] *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*
[2] *Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Диатомовые водоросли (Bacillariophyceae) – богатейшая по видовому составу группа микроскопических гидробионтов. Главная таксономическая характеристика диатомей – органико-кремниевые покровы в виде двустворчатых панцирей. Продукты биоминерализации – створки – представляют собой твёрдые и прочные, изящно орнаментированные структуры, весьма разнообразной формы, нерастворимые в большинстве обычных кислот. Благодаря этому диатомеи процветают в самых разнообразных биотопах, включая экстремальные – такие, как горячие и насыщенные солями источники и толща льда. Диатомовые способны переносить засуху, а их панцири и створки могут сохраняться на протяжении миллионов лет в осадочном материале водоёмов и в породах земной коры. Загадочный механизм сборки этих микрообразований представляет собой образец технологии, актуальной для человека, и в связи с этим диатомеи являются объектом пристального внимания разных исследователей. Поскольку морфологические особенности панцирей воспроизводятся при размножении диатомей, полагают, что информация о форме и орнаментах таких трёхмерных минерализованных покровов хранится в геномах этих одноклеточных микроорганизмов.

В нашей работе стенки панцирей двух видов диатомей – *Asterionella formosa* Hass и *Synedra acus* Kütz, показали положительную реакцию на целый ряд ДНК-специфических реагентов (DAPI, метиловый зелёный, краситель Гимза при С-методе, фермент дезоксирибонуклеаза I и этидиум бромида). В цитохимическом анализе других видов диатомей с применением DAPI и антител на гистоны также выявилось интенсивное окрашивание стенок панцирей (Allaway et al., 2008). На основе этих фактов сделано заключение о наличии ДНК в составе материала панцирей (Натяганова, 2006, 2007, 2008), наряду с другими высокомолекулярными соединениями – белками и длинноцепочечными полиаминами, которые, как установлено, полимеризуют кремниевую кислоту (Samper, Kröger, 2004). Следует заметить, что при обсуждении роли полиаминов в биогенезе диатомей не упоминается, что они обладают выраженным стресс-протекторным эффектом: самые разные виды растений продемонстрировали стресс-индуцируемую аккумуляцию этих катионных соединений (Кузнецов и др., 2006). Защитными механизмами полиаминов в условиях стресса являются нейтрализация действия опасных для клеточных структур активных форм кислорода и взаимодействие с различными компонентами клеток, в том числе с нуклеиновыми кислотами. Связываясь с молекулами ДНК, полиамины не только защищают их от воздействия свободных радикалов и от распада, но и придают им наиболее эффективную в условиях стресса конформацию, положительно модулирующую экспрессию адаптивных генов. Считается, что именно высокомолекулярные полиамины участвуют в формировании у растений стресс-толерантности к неблагоприятным воздействиям (Кузнецов и др., 2006). Исходя из сказанного, а также учитывая, что биоминерализацию связывают с процессом детоксикации, т.е. с нейтрализацией избыточных соединений (Барсков, 2004), мы считаем, что кремнистый панцирь диатомей является результатом стрессовой реакции. Для объяснения локализации ДНК в стенках панцирей предложен другой взгляд на происхождение диатомовых водорослей, позволяющий также объяснить их биотехнологию (Натяганова, 2006).

ПОТОКИ ЭНЕРГИИ В ЭКОСИСТЕМЕ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Е.Н. Науменко, **М.М. Хлопников**, **Л.В. Рудинская**

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Материалом для данного исследования послужили данные о состоянии фитопланктона, зоопланктона, бентоса, первичной продукции и питании рыб, как полученные авторами в режиме мониторинга, так и заимствованные из литературных источников, охватывающие период с 1974 по 2009 гг.

Современный фитопланктон Вислинского залива представлен 412 видами водорослей: зелёные – 143, диатомовые – 106, синезелёные – 77 (Semionova, 2003). По видовому составу фитопланктон Вислинского залива типично солоноватоводный. Особенность фитопланктона Вислинского залива состоит в том, что морские и пресноводные виды имеют морфологически меньший объём клеток (Крылова, Науменко, 1992).

Процессы первичного продуцирования органического вещества в Вислинском заливе исследовались в период с 1974 по 1976 гг. (Крылова, 1985; Крылова, Науменко, 1992) и в 2001–2003 гг. (Александров, 2003). Несмотря на временной разрыв, значительных изменений в продуцировании фитопланктона не отмечено. В среднем за год в Вислинском заливе в поверхностном слое продуцируется 13000 кДж/м^2 органического вещества. В среднем за вегетационный сезон в поверхностном слое на деструкцию расходуется 18.4 кДж/м^3×сут., и ежесуточно разрушается от 40 до 80% сестона (Крылова, Науменко, 1992).

Зоопланктон в российской части Вислинской лагуны представлен 74 видами. Основу зоопланктона по численности и биомассе составляют Copepoda (64 и 80%, соответственно). Сезонная динамика скорости продукции зоопланктона совпадает с динамикой его численности и биомассы. Средняя за год суточная скорость продукции зоопланктона оставляет в среднем 760 Дж/м^3. В среднем за год зоопланктоном продуцируется 85 кДж/м^3. Основной поток энергии идёт через веслоногих ракообразных, которые представлены в основном всеядными видами (Науменко, 2004).

Зообентос в современный период представлен 43 видами и подвидами донных беспозвоночных (Ezhova et al., 2005). Основную биомассу создавали хирономиды, олигохеты, полихеты и моллюски (Крылова, Тэн, 1992). После вселения и натурализации полихеты *Marenzelleria viridis* отмечено изменение в структуре бентоса в сторону снижения роли хирономид и увеличение доли этого вида в биомассе (Ежова, Рудинская, 2004). Общая продукция бентоса по многолетним данным составила в среднем 1100 кДж/м^2 в год. По характеру питания бентосные беспозвоночные Куршского залива относятся к фитодетритофагам.

В количественном отношении в пищевом комке планктонных и бентосных беспозвоночных обычно преобладает детрит и водоросли, доминирующие в планктоне в соответствующий период времени: весной и осенью это диатомовые и зелёные, а летом – синезелёные (Крылова, 1985).

Ихтиофауна представлена в Вислинском заливе 54 видами круглоротых и рыб. Структура ихтиоценоза залива представлена пятью основными трофическими группами, среди которых по количеству видов преобладают бентофаги (55%) и хищники (18%). На долю планктофагов приходится 11%, на долю всеядных – 13% (Кейда, 2004). В питании рыб-бентофагов Вислинского залива главную роль играют хирономиды (лещ), олигохеты, полихеты (угорь) и мелкие моллюски (плотва), которые составляют кормовой бентос (Хлопников, 1992а, б).

Для экосистемы Вислинского залива характерно преобладание трансформации вещества и энергии на промысловую рыбопродуктивность через детритную пищевую цепь (до 75%). Основная функциональная роль пастбищной цепи – обеспечение пополнения запасов рыб. Аборигенные промысловые рыбы-планктофаги в заливе отсутствуют, что объясняет низкое значение отношения вылова рыбы к первичной продукции (0.06%), которое служит показателем эффективности утилизации вещества в водоёме.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ДИАТОМОВЫХ КАК ПИЩЕВЫХ ОБЪЕКТОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ *EPISCHURA BAICALENSIS* (COPEPODA, CALANOIDA) В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

Е.Ю. Наумова, **О.И. Белых**, **Г.В. Помазкина**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

На основании многолетних наблюдений высказывались гипотезы об отрицательном влиянии большого количества диатомовых водорослей на развитие доминантного планктонного вида *Epischura baicalensis* Sars (Мельник, 1978). Впоследствии, в некоторые годы наблюдалась высокая смертность эпишуры (Naumova, 2008).

Впервые весной 2009 года по всей акватории озера Байкал был проведен анализ состояния популяции *E. baicalensis*, состава и численности фитопланктона. Состояние популяции оценивали с применением метода прижизненного окрашивания «проционовым красным». С помощью сканирующей электронной микроскопии был исследован состав пищи эпишуры. На центральной станции разреза Листвянка–Танхой (Южный Байкал) общая численность эпишуры в слое 0–50 м составила 221.3 тыс. экз./м^2 , численность науплиусов – 156 тыс. экз./м^2, а доля мёртвых особей – 0.09%. На этом разрезе концентрация фитопланктона в слое 0–25 м составляла 135 тыс. клеток на л, а биомасса достигала 411 мг/м^3. По численности доминировали диатомовые водоросли; субдоминантами были флагелляты, зелёные и динофитовые водоросли. Последние преобладали, составляя 64–87% биомассы фитопланктона, в то время как на долю диатомовых приходилось лишь 5–19%, в зависимости от слоя.

Максимальная численность фитопланктона наблюдалась на разрезе Ухан–Тонкий (Средний Байкал); в слое 0–25 м она составила 333.43 тыс. клеток на л. Биомасса составляла 341 мг/м^3. Общая численность эпишуры в слое 0–50 м была 357 тыс. экз./м^2 , численность науплиусов – 300.53 тыс. экз./м^2, доля мёртвых особей – 0.16%. По численности доминировали диатомовые (77% общей численности); доля золотистых, криптофитовых, флагеллят и зелёных была сходной, в среднем по 5–6%. Наибольшая биомасса выявлена у динофитовых: до 92% от общей биомассы фитопланктона в верхнем слое воды, где наблюдалось их массовое развитие, и до 8–13% глубже 25 м. Биомасса диатомовых составляла в среднем 37%. Высокий вклад в биомассу отмечен у зелёных водорослей.

На центральной станции разреза Елохин–Давша (Северный Байкал) общая численность эпишуры в слое 0–50 м была равна 217.5 тыс. экз./м^2, численность науплиусов – 109.2 тыс. экз./м^2, доля мертвых особей – 0.74%. Концентрация фитопланктона в слое 0–25 м составила 131 тыс. клеток на л. Биомасса составляла 301 мг/м^3. По численности преобладали криптофитовые водоросли (47% общей численности фитопланктона); в качестве субдоминантов отмечены разнообразные флагелляты, зелёные и диатомовые водоросли. По биомассе доминировали динофитовые (до 80%).

Полученные результаты позволили оценить воздействие диатомовых на состояние популяции *E. baicalensis*. Низкая биомасса этих водорослей в 2009 году и очень малое количество погибших рачков в планктоне, несомненно, связаны. При высокой продуктивности диатомовых, количество погибших науплиусов всегда больше, чем число погибших копеподитов, и достигает 50% (Naumova, 2008), а в исследуемом году наблюдался обратный эффект. Возможно, общая численность зоопланктона зависит от количества зелёных водорослей.

Работа выполнена при частичной поддержке интеграционного проекта СО РАН №95 и гранта РФФИ №08-05-00395.

ТРАНЗИТНЫЙ ПОТОК ЭНЕРГИИ, ВЕЩЕСТВА И ПАРАЗИТОВ В ВОДНЫХ СООБЩЕСТВАХ: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ч.М. Нигматуллин

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

При изучении структуры и функционирования пастбищной трофической сети сообществ внимание исследователей всецело сосредоточено на прямых трофических контактах (непосредственное поедание жертв потребителями). И это оправдано, поскольку данный тип пищевых связей определяет жизнь сообществ. Однако в пределах основного потока вещества и энергии имеется особый транзитный «ручеёк» за счёт опосредованных трофических связей, которые экологи полностью игнорируют. Он существует благодаря феномену транзитной (вторичной) пищи, которая попадает в желудки хищников из пищеварительных трактов съеденных жертв. Когда покровы пищеварительных систем жертв перевариваются, эти транзитные организмы или их остатки попадают в полости желудков хищников и утилизируются ими.

По нашим и по отрывочным литературным данным, это явление широко распространено среди большинства групп хищных животных океанской пелагиали от мезопланктона до эунектона, охватывая большую часть трофической пирамиды от консументов II порядка до высших хищников. Оно отмечено у хищных копепод, эвфаузиид, мизид, креветок, хетогнат, кальмаров, акул, костистых рыб, морских змей, птиц, ластоногих, дельфинов и китов, включая кашалота. Особенно показателен феномен транзитной пищи у мезопелагической рыбы *Alepisaurus ferox*, для которой характерен каннибализм. Крупные особи длиной около 150 см часто могут быть внешним элементом «матрешки» алепизавров: в их желудках наряду с другой пищей обычны сородичи длиной 60–80 см и, в свою очередь, в желудках последних встречаются молодые сородичи длиной 15–40 см. В результате иногда по содержимому одного желудка можно получить «моментальный снимок» части трофической сети, которую венчают крупные алепизавры. Другой пример – нектонные кальмары *Dosidicus*, *Ommastrephes*, *Sthenoteuthis* с длиной мантии 25–40 см. В их желудках вместе с остатками рыб и кальмаров обычны десятки, и даже сотни транзитных копепод и мелких эвфаузиид, которые были съедены миктофидами – главной пищей этих кальмаров. Относительные размеры транзитных пищевых организмов составляли 0.2–5% (мода 0.3–1.0%) от длины тела хищника, а относительные размеры собственно пищевых организмов – 4–70% (8–25%).

Вклад транзитных пищевых связей в метаболизм хищников и потоков энергии в сообществах в целом незначителен. Однако их значение относительно велико в стабильных пищевых цепях шельфа и океанической эпипелагиали, когда максимумы пищевой активности 2–4 взаимодействующих популяций синхронизированы во времени. Так, в желудке гребнезубого дельфина *Steno bredanensis* были обнаружены 50 экз. кальмара *Sthenoteuthis pteropus* общей массой 2.5 кг. Желудки кальмаров были набиты свежесъеденными миктофидами и эвфаузиидами. Общая масса этой транзитной пищи для дельфина соответствовала массе двух кальмаров. Видимо, заметна роль транзитной пищи также в энергетике хищных мезо- и батипелагических рыб, у которых индексы наполнения желудков достигают 20–50% от массы тела.

Дифференцированный учёт этого типа пищи весьма важен для корректной оценки состава пищи, количества потреблённых жертв, селективности их размеров, реконструкции пищевого поведения и пищевых взаимоотношений по данным анализа содержимого желудков. Кроме того, зараженные личинками гельминтов транзитные пищевые организмы могут быть передатчиками этих гельминтов следующим хозяевам-хищникам, минуя один трофический уровень. В таких случаях учёт этого фактора важен для корректной реконструкции структуры жизненных циклов гельминтов и их паразитарных систем.

Следовательно, для полноценного познания трофических взаимоотношений популяций хищников и трофической структуры океанических сообществ необходим учёт и направленное изучение транзитных пищевых отношений. Они присущи и хищникам, входящим в состав пресноводных и наземных сообществ и, по сути, представляют собой феномен планетарного масштаба.

CYANOBACTERIA И МАКРОВОДОРОСЛИ В ЭКОСИСТЕМЕ ЭСТУАРИЯ РЕКИ НЕВЫ

В.Н. Никулина, **Ю.И. Губелит**

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Одно из самых неприятных для человечества явлений, происходящих при эвтрофировании водных экосистем – это «цветение» воды и зарастание мелководий макроводорослями. В открытых водах Финского залива проводился довольно длительный (с 1982 г.) мониторинг развития фитопланктона. Значение водорослей в прибрежной зоне стали исследовать с 1998 г.

Проведённые наблюдения по планктону позволили выявить целый ряд изменений за прошедший период, выделить территориальные особенности в распределении видового состава и количественного развития водорослей, оценить величину и степень «цветения» воды цианобактериями в летний период, а также судить о степени эвтрофирования и загрязнения акватории. В 1980-е годы средняя летне-осенняя биомасса составляла около 2 мг/л. В конце августа – в сентябре наблюдалось «цветение» воды цианобактериями, характерными для мезотрофных водоемов *Aphanizomenon flos-aquae*, *Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*. В планктоне постоянно встречались цианобактерии осцилляториевого комплекса – *Limnothrix planctonica*, *P. agardhii*, которые не входили в число доминантов.

В девяностые годы из «цветообразующего» комплекса исчез вид *M. aeruginosa*, сократилась доля видов рода *Anabaena*, стали значительно преобладать виды осцилляториевого комплекса – *P. agardhii*, *L. planctonica*, характерные для эвтрофных и загрязняемых водоёмов. Известно, что развитие *P. agardhii* увеличивается по мере усиления азотной нагрузки и поступления в водоём органического вещества со сточными водами.

В последние годы в результате водоохранных мероприятий, проводимых на акватории, отмечены изменения и, в некоторой степени, возврат к видовому составу водорослей, наблюдавшемуся в 1980-е годы: возросла доля *Anabaena* и *Aphanizomenon*, и сократилась доля *P. agardhii.* Однако, эти изменения не привели к общему снижению биомассы цианобактерий и сокращению периодов «цветения воды». Средняя летне-осенняя биомасса фитопланктона в 2000-е годы возросла в 2.5–3 раза по сравнению с 1980-ми.

Исследования в прибрежной зоне выявили, что основным мощным источником эвтрофирования и вторичного загрязнения эстуария р. Невы являются нитчатые зелёные водоросли *Cladophora glomerata*. Обширные мелководья, наличие каменистого субстрата, необходимого для вегетации этих водорослей, и хорошая прогреваемость воды на мелководьях позволяют развиваться водорослям до глубины 3 м. В июле средняя биомасса кладофоры на глубинах 0.5–1.5 м составляла 160 ± 73.2 г сухой массы на м^2 (82.2 ± 36.6 гС/м^2), а максимальная биомасса нитчатых водорослей в прибрежной зоне эстуария могла достигать 2 кг сырой массы (400 г сухой массы) на 1 м^2 площади дна. Следствием массового развития нитчатых водорослей является образование плавающих и погруженных водорослевых матов. После сильных штормов биомасса гниющих нитчатых водорослей на берегу Финского залива может достигать 2 т на 100 м береговой линии. Как показало данное исследование, летом биомасса плавающих отмирающих нитчаток может в 2.5 раза превышать биомассу прикреплённых. В прибрежной зоне эстуария реки Невы скопления дрейфующих и осевших перегнивающих водорослей в узкой мелководной полосе литорали могут достигать толщины 30 см и протяженности до 20–40 м от уреза воды. Как правило, под водорослевыми матами наблюдаются условия гипоксии и аноксии, что, в свою очередь, приводит к массовому замору бентосных животных и мальков рыб. Массы гниющих водорослей представляют большую проблему при использовании побережья эстуария в качестве зоны рекреации.

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА И ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В ЭКОСИСТЕМЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

В.И. Номоконова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Самарская обл., Россия

Куйбышевское водохранилище по объёму воды и площади водного зеркала является самым крупным водохранилищем Волжского каскада и единственным водохранилищем с сезонным регулированием стока. В работе по материалам собственных наблюдений с использованием литературных данных рассматриваются результаты изучения пространственного распределения содержания хлорофилла *a* (Хл) в воде и донных отложениях и первичной продукции фитопланктона (Р) в водохранилище. Показано, что продуктивность фитопланктона в разных участках водохранилища неодинакова. При наполнении водохранилища (1957 г.) наиболее продуктивным был нижний район: Черемшанский залив с затопленными плодородными чернозёмными почвами и нижние озеровидные расширения – Приплотинный и Новодевиченский плёсы (Салманов, Сорокин, 1962). С 1958 г., максимальные величины Р и содержания Хл регистрировались в Черемшанском заливе и в верхнем Волжском плёсе, принимавшем речной фитопланктон наиболее продуктивного незарегулированного участка Волги между городами Городец и Чебоксары (Пырина, 1960; Иватин, 1978). После образования выше по течению Чебоксарского водохранилища (1980 г.) в Волжском плёсе водохранилища произошло снижение видового состава, биомассы и, соответственно, продуктивности фитопланктона (Экология фитопланктона…, 1989; Номоконова, 1991; Паутова, Номоконова, 1994). Максимальной продуктивностью стали выделяться озеровидные расширения, расположенные ниже слияния Волги и Камы, и Черемшанский залив. По данным за август 2009 г., в Волжском плёсе водохранилища содержание Хл в поверхностном слое воды изменялось в пределах 7.6–17.1 мг/м^3, в Камской ветви – 2.5–5.4 мг/м^3, в озеровидных плёсах – от 4.1 до 93–384 мг/м^3 (как и ранее в пятнах «цветения» воды). Р варьировала в Волжском плёсе от 0.83 до 2.46 мг О/л × сут., в Камской ветви – от 0.42–0.83 мг О/л × сут., и от 0.42 до 6.6–13.5 мг О/л × сут. в озеровидных расширениях (в пятнах «цветения» воды).

По наблюдениям 1986–2009 гг., распределение пигментов в донных отложениях по акватории водохранилища так же неоднородно, как и в водной массе (Экология фитопланктона…, 1989; Номоконова, 1991; Номоконова, 2009; Номоконова, Паутова, 2009). Количество пигментов в большей степени определяется гидродинамическими особенностями участка и тесно связано с типом грунта. Среднее содержание хлорофилла *a* в сумме с феопигментами (Хл+Ф) не превышало 12 мкг на 1 г сухого осадка в слое 0–1.5 см (мкг/г с.о.) в песчаных грунтах, 50 мкг/г с.о. в заиленных и илистых песках, и 0–238 мкг/г с.о. в серых илистых отложениях глубоководной зоны. По длинной оси водохранилища минимальное содержание пигментов характерно для верхних участков Волжского плёса и для Камской ветви водохранилища, выделяющихся повышенным течением и песчаным грунтом (Законнов, 1993), а максимальное – для русловых участков озеровидных расширений, преимущественно с илистыми отложениями. В открытой литорали содержание Хл+Ф в песчаном грунте на глубине 0.5–1.6 м составляло 3.4–13.2 мкг/г с.о. в слое 0–1.5 см. С учётом площадей, занятых разным типом грунтов, среднее содержание пигментов в донных отложениях водохранилища составило 42 мкг/г с.о. В водохранилищах, расположенных выше по течению реки, оно варьирует от 32.0 (Угличское вдхр.) до 71.6 мкг/г с.о. (Чебоксарское вдхр.) (Сигарева, 2005). Минимальное среднее содержание пигментов – 17.5 мкг/г с.о. – наблюдалось в Саратовском водохранилище (Номоконова, 2009) с высоким водообменом (18.6 год$^{-1}$), низкой скоростью осадконакопления (0.6 мм/год) и слабой заиленностью (10% площади водоёма).

Работа поддержана грантом РФФИ № 08-04-00384.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ: ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ОНТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Н.Д. Озернюк

Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН, г. Москва, Россия

Энергетический обмен водных организмов как интегральный показатель состояния обмена веществ чутко реагирует на различные воздействия среды, варьирует в зависимости от внутреннего состояния особи, претерпевает закономерные изменения в процессе индивидуального развития. Проводимые нами исследования динамики энергетического обмена на разных стадиях онтогенеза моллюсков и рыб выявили важную закономерность, в соответствии с которой интенсивность потребления кислорода возрастает на самых ранних этапах развития (эмбриогенез, начало личиночного периода) и постепенно снижается на более поздних стадиях (Озернюк, 1985, 2000а, б; Озернюк, Лелянова, 1987; Радзинская и др., 2003; Зотин и др., 2006). Переход от повышения к снижению интенсивности потребления кислорода происходит у рыб после перехода личинок на внешнее питание, а у двустворчатых моллюсков – в эмбриональный период. При изучении зависимости интенсивности потребления кислорода от массы тела была получена сходная зависимость: возрастание данного показателя в период зародышевого развития и снижение на последующих стадиях. Выявленная динамика интенсивности дыхания в онтогенезе этих видов связана с особенностями изменения массы тела и скорости потребления кислорода на разных стадиях развития. Характер изменения интенсивности потребления кислорода во время индивидуального развития рыб коррелирует с концентрацией митохондрий в тканях и с функциональными свойствами этих органелл, что может свидетельствовать о регуляторной взаимосвязи данных процессов.

Всё разнообразие адаптаций к различным типам природной среды и к отдельным экологическим факторам, реализующееся с помощью генотипических и фенотипических механизмов, формируется на разных уровнях организации, от молекулярного до организменного (Хочачка, Сомеро, 1988; Озернюк, 1992, 2003, 2006; Ozernyuk et al., 1994; Hochachka, Somero, 2002). Один из подходов к анализу механизмов адаптаций, в частности, изучаемых в работах нашей лаборатории температурных адаптаций, связан с температурным оптимумом у развивающихся водных пойкилотермных животных. Проведённое нами определение суммарного потребления кислорода при разных температурах развития за определённую стадию эмбриогенеза (мл O_2 / τ_o) показало, что минимальная величина этого показателя соответствует оптимальным температурным условиям метаболизма. При этих температурах энерготраты особи минимальны. Для рыб, развивающихся в разных температурных условиях (радужная форель, вьюн, данио), положение минимума энерготрат, который соответствует оптимальным температурам, отличается. Установлено также, что развитие некоторых рыб (например, лососевых), протекающее в природных условиях в течение длительного времени на фоне сезонных изменений температуры, сопровождается смещением минимума суммарного потребления кислорода в соответствии с дрейфом температур в природе. Данный подход для определения температурного оптимума применим не только для периода эмбриогенеза, но и для более поздних стадий развития рыб. В этом случае потребление кислорода рассчитывалось на время прироста единицы массы тела (τ_w), которое зависит от температуры среды. Этот метод был разработан на растущей мозамбикской тиляпии. Для анализа механизмов температурных адаптаций была изучена также зависимость функциональной активности ферментов (на примере лактатдегидрогеназы) от температуры для рыб, развивающихся в разных температурных условиях (карп, данио, золотая рыбка, вьюн, сибирский осётр, белуга, атлантическай лосось, радужная форель, байкальский омуль, сибирская ряпушка). Положение минимума константы Михаэлиса (Км), свидетельствующее о максимальной эффективности функционирования фермента, у этих рыб заметно отличается.

ПРЕДПОСЫЛКИ, ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИНВАЗИЙ ГИДРОБИОНТОВ НЕДАВНЕГО МОРСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДАХ НА ПРИМЕРЕ BIVALVIA

М.И. Орлова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Биологическую инвазию можно рассматривать как процесс, являющийся результатом взаимодействия трёх составляющих: биологических особенностей и истории становления расселяющихся видов; физико-географических черт водоёмов, вовлечённых в процесс инвазии; антропогенного характера преодоления видами географических и экологических барьеров. Значительный вклад в ксеноразнообразие беспозвоночных континентальных вод вносят эврибионтные виды недавнего морского происхождения (талассоиды), их массовое развитие и широкое расселение. Многосторонние воздействия на систему-реципиент обусловлены биологическими отличиями таких видов от аборигенных (часто палеолимнических) представителей соответствующих таксонов. Среди чужеродных Bivalvia, наиболее широко распространённых в континентальных водах северного полушария, к талассоидам могут быть отнесены инвазионные представители двух семейств – Dreissenidae и Corbiculidae (Veneroidea). Они демонстрируют две основные стратегии освоения пресных вод – с сохранением двухфазного жизненного цикла (Dreissenidae), присущего морским моллюскам, и с приобретением апомиксиса и других палеолимнических черт (Corbiculidae).

Благодаря сестонофагии, а также благодаря особенностям, не свойственным аборигенным сестонофагам-Bivalvia – эврибионтности, прикреплённому образу жизни, особенностям питания и быстрому расселению на личиночной стадии, представители Dreissenidae распространены в широком градиенте абиотических (главным образом солёностных) условий водоемов-реципиентов. Благодаря перечисленным особенностям биологии Dreissenidae способны восполнить ряд лакун в системе экологических лицензий континентальных водоёмов и войти в состав «чужеродных фрагментов» трофических цепей, а при массовом развитии – сформировать новые для пресных вод группировки обрастания морского типа и личиночный мероланктон. Как и многие седентарные сестонофаги, дрейссениды при массовом развитии могут играть роль эдификатора и оказывать прямые и опосредованные воздействия, как на донные, так и на пелагические элементы биоты системы-реципиента: на видовые популяции аборигенов и вселенцев, на экологические группировки гидробионтов и на сообщества в целом. Возможно существенное влияние Dreissenidae на функциональные и казуальные аспекты биологического разнообразия. К функциональным аспектам относится протекание различных процессов, связанных с утилизацией и трансформацией вещества, включая его доступность для низших и высших трофических уровней, а к казуальным аспектам – трансформация условий среды и способствование инвазиям других видов.

Регистрируемые проявления воздействий Dreissenidae, связанные с потреблением сестона, седиментацией вещества и с экскрецией жидких метаболитов зависят от гидрофизических особенностей водоёма-реципиента. Во взаимоотношениях с аборигенными сестонофагами-Bivalvia важна степень перекрывания экологических лицензий аборигенных видов и вселенца.

Продолжающееся развитие водного транспорта – одного из наиболее важных способов расселения талассоидов и эвригалинных морских видов, и разнонаправленная трансформация континентальных водных объектов приводят к снятию географических и экологических барьеров для их натурализации и дальнейшего расселения, и предполагают возрастание темпов инвазий таких видов.

РАСТВОРЁННОЕ И ВЗВЕШЕННОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО В МЕТАБОЛИЗМЕ ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМ

А.П. Остапеня

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Микробиальная и фотохимическая трансформация и минерализация органического вещества (ОВ) в водных экосистемах является важнейшим механизмом глобального круговорота углерода и играет определяющую роль в процессах формирования качества вод и продуктивности водоёмов. Для оценки роли взвешенных (ВОВ) и растворённых (РОВ) органических веществ в функционировании озёрных экосистем разного трофического статуса исследовали кинетику биохимического потребления кислорода в пробах нативной и фильтрованной воды (для фильтрации использовались ядерные фильтры с диаметром пор 1.5 мкм).

Результаты исследования кинетики потребления кислорода (БПК полное и константа скорости потребления кислорода) интерпретировались, соответственно, как количество лабильного органического вещества (ЛОВ) и как показатель его лабильности. Одновременно анализировали содержание РОВ и ВОВ, численность бактерий и морфометрические параметры бактериальных клеток. Для характеристики РОВ использовали спектры поглощения света фильтрованной водой в диапазоне длин волн 200–500 нм. Исследования проводились на озёрах Национального парка «Нарочанский» (Беларусь), различающихся по уровню трофии (от мезотрофных с признаками олиготрофии до высокоэвтрофных). Содержание хлорофилла в исследованных озёрах изменялось в диапазоне от 1 до 50 мкг/л, а содержание органического вещества – от 3 до 27 мг С/л.

На долю ЛОВ, независимо от трофического статуса озёр, приходится 20–30% от общего содержания ОВ. При этом РОВ в основном представлено стойким органическим веществом, а ВОВ – в относительно большем количестве лабильным. Доля ЛОВ соответственно составляет примерно 20 и 50%. С увеличением трофии озёр концентрация лабильного органического вещества возрастает, однако степень его лабильности, скорость включения в биотический круговорот снижается.

В докладе обсуждаются методические вопросы определения лабильной и стойкой фракций органического вещества. В экспериментах по потреблению кислорода в пробах фильтрованной и нативной воды показано, что в некоторых случаях фильтрация приводит к изменениям динамики потребления кислорода вследствие изъятия хищников, регулирующих численность и структуру бактериального сообщества. Изменяются морфометрические параметры бактериальных клеток. Как правило, в пробах фильтрованной воды увеличивается объём бактериальных клеток, а потребление кислорода, отнесённое к биомассе бактерий, заметно снижается.

Важные характеристики РОВ, отражающие его роль в водоёмах, могут быть получены при анализе коэффициентов поглощения света окрашенной фракцией РОВ в ультрафиолетовой области. Особый интерес эти материалы представляют в связи с проблемой возрастающего влияния ультрафиолетового излучения на функционирование водных экосистем. Показано, что параметры спектров поглощения (например, коэффициенты наклона кривой зависимости коэффициента поглощения от длины волны), несущие информацию о химическом составе и происхождении ОВ, закономерно снижаются с возрастанием трофности водоёма. Коэффициенты поглощения в диапазоне длин волн от 200 до 400 нм находятся в тесной взаимосвязи с концентрацией РОВ. Для некоторых водоёмов и для целых озёрных систем эта связь настолько тесная, что её можно использовать для определения содержания РОВ с точностью, достаточной для многих практических целей. Метод ультрафиолетовой спектроскопии обладает существенными преимуществами перед стандартными вариантами определения РОВ. Он прост, оперативен, производителен и может быть использован в практике экологического мониторинга озёр.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУКЦЕССИЙ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ И ГРИБОВ В УСЛОВИЯХ ИНТОКСИКАЦИИ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Н.А. Петрова, **И.В. Иофина**

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Соединения тяжёлых металлов антропогенного происхождения вызывают биохимические и физиологические нарушения функций клеток водных организмов – водорослей и грибов. Этот эффект способствует дезорганизации популяционных и биоценотических механизмов растительных сообществ. Выпадение ряда видов продуцентов (водоросли) или деструкторов (грибы) меняет направление энергетических потоков в биоте, влияя на основной экосистемный процесс водоёма – формирование пула органического вещества. Обычное для природных водоёмов разнообразие организмов обеспечивает возможность замены прежде доминировавших видов новыми, более устойчивыми по отношению к возникшей ситуации.

Сукцессия биоты озёр при антропогенном эвтрофировании, когда определяющим фактором конкурентоспособности видов является их потребность в биогенных элементах, однозначно направлена в сторону увеличения продуктивности. При загрязнении водоёма солями металлов сукцессию определяет в первую очередь, конечно, устойчивость видов к разным формам интоксикации. Многочисленные экспериментальные исследования на культурах водорослей и грибов показали, что токсичность металлов для водных растительных организмов неодинакова. В этом случае направление экосистемных процессов нельзя предсказать без достаточно глубоких исследований: новые сообщества, возникающие в результате интоксикации, могут быть сформированы видами разной экологии и продуктивности во всевозможных сочетаниях.

Интоксикация водорослей связана с нарушением пигментной и ферментативной систем клеток, проницаемости клеточных мембран, упорядочивающей последовательность реакций биосинтеза. Откликом водорослей на токсическое воздействие первоначально является усиление как фотосинтеза, так и дыхания. С ростом токсичности первой снижается интенсивность фотосинтеза, а затем интенсивность дыхания. Ингибирующий эффект тяжёлых металлов у водных грибов проявляется также в изменении активности ферментативных систем и нарушении проницаемости мембран. Функциональная дестабилизация ведет к замедлению скорости прорастания спор и развития организмов. В экспериментах, как с водорослями, так и с грибами, можно не только констатировать отмирание части особей в популяции, но и наблюдать промежуточные стадии проявления интоксикации.

Для прогноза структуры озёрных планктонных сообществ водорослей и водных грибов, которые могут возникнуть под влиянием интоксикации солями металлов, необходимо в первую очередь получить экспериментальные данные о толерантности организмов к возможным токсикантам. Однако, для оценки последствий смены видового состава сообществ для озёрных процессов и для качества воды требуются также основные экологические характеристики массовых видов.

Проводившиеся ранее на Ладожском озере исследования продукционных характеристик отдельных видов водорослей, сезонных комплексов фитопланктона и водных грибов показали, что вклад доминантов на 50–90% определяет продукционно-деструкционные соотношения в планктонном комплексе. В зависимости от характера водоёма, уровня его обеспеченности биогенными элементами, особенно фосфором, термического режима, погоды в вегетационный период и т.д., исходные экологические условия оказываются благоприятными для определенных групп видов, формируя состав доминантов в сезонных планктонных комплексах. Дополнительное воздействие солей металлов будет развиваться на этом фоне. Интоксикация металлами будет приводить к снижению первичной продуктивности водоёма только в случае, если доминанты новых сообществ менее продуктивны, чем прежние, или менее конкурентоспособны по отношению к другим экологическим факторам. Если же толерантным к интоксикации окажется один из массовых видов исследуемого водоёма, достаточно адаптированный к условиям обитания, то продуктивность планктонных комплексов может возрастать. Аналогичным образом, смена доминантов среди водных грибов будет влиять на деструкционный потенциал озёрной экосистемы.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ И ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

Т.Н. Петрова, **О.М. Сусарева**

Институт озероведения РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Накопление органического вещества – наиболее сложный компонент озёрного накопления, отражающий особенности энергетического баланса экосистемы. Соотношение темпов накопления органического вещества, его трансформации в многочисленных циклах озёрных процессов и минерализации определяют скорость эволюции озерной системы.

Для Ладожского озера характерен гумидный тип лимногенеза, при котором гуминовые кислоты аллохтонного происхождения, образующиеся на водосборе при разложении органического вещества в условиях неполного доступа кислорода, преобладают над автохтонной органикой и формируют направление физико-химического обмена веществ в озёрах. При естественной эволюции в озёрах этой зоны автохтонная первичная продукция фитопланктона невелика, так как она ограничивается световыми и температурными условиями, а также низкими концентрациями фосфора в природных водах.

Антропогенное эвтрофирование Ладоги было связано с резким увеличением фосфорной нагрузки на экосистему в период 1963–1964 гг. К 1975 г. поступление фосфора в озеро выросло от 2.4 тыс. тонн в год до 7.5 тыс. тонн. К 1996 г. вследствие проведения природоохранных мероприятий оно достигло уровня расчётной «допустимой» фосфорной нагрузки (2.5–3.0 тыс. тонн в год), и в озере сформировались соотношения накопления и минерализации органического вещества, характеризующиеся значительным преобладанием деструкции над автохтонной продукцией.

Изучение процессов формирования и трансформации органического вещества в экосистеме Ладоги проводится в составе комплексных исследований Ладожской экспедиции Института озероведения РАН с 1976 г. до настоящего времени.

Особое внимание было уделено исследованию процессов трансформации водного гуминового вещества (aquatic humic substance – AHS), осуществляющего аккумулятивные, транспортные и регуляторные функции обменных процессов. Термином «водное гуминовое вещество» обозначалась фракция растворенного органического вещества с молекулярной массой больше 12000 D. Водное гуминовое вещество глубоководной части Ладожского озера представляет собой единый высокомолекулярный комплекс, в котором обнаружено основное количество соединений биогенных элементов, присутствующих в озерной воде.

Как показали проведённые исследования, в 1995–1999 гг. относительное содержание AHS (буферного звена экосистемы) в Ладожском озере было достаточно стабильно, сохраняясь в пределах 85–95% от общего органического углерода (total organic carbon – TOC). К 2003 г. амплитуда пространственно-временных колебаний увеличилась до 36–97%. Следовательно, в виде низкомолекулярной фракции (TOC-AHS) в озёрные круговороты вовлекалось в прибрежной зоне в разные сезоны до 64% от TOC, а в глубоководной зоне – от 44 до 51%. Примерный расчёт величин содержания низкомолекулярной фракции органического вещества по разности между TOC и AHS, основанный на изменении концентраций AHS в воде Ладожского озера в разные периоды наблюдений, позволяет судить о масштабах процессов, происходящих в последние годы. Возможно приблизительно оценить размеры пополнения бюджета биологически доступного фосфора за счёт включения низкомолекулярной фракции органического вещества в озёрные круговороты. Полученные величины свидетельствуют о существенном ускорении круговоротов углерода и фосфора в озёрных процессах и объясняют отсутствие заметного снижения продуктивности биоты при уменьшении поступления фосфора в озеро от антропогенных источников с водосборного бассейна до уровня допустимой нагрузки.

Исследование процесса трансформации водного органического вещества притоков в воде Ладожского озера свидетельствует о том, что значительная часть его в настоящее время вовлекается в озёрные круговороты и служит дополнительным источником углерода и фосфора, как для организмов-продуцентов, так и для деструкторов. Наблюдающиеся в Ладожском озере процессы свидетельствуют об «аллохтонном» варианте эволюции экосистемы.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАЗНООБРАЗИЯ ФАУНЫ ЗООПЛАНКТОНА В ВОДОЁМАХ И ВОДОТОКАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ (НА ПРИМЕРЕ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ)

В.Н. Подшивалина

Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, г. Чебоксары, Россия

Как известно, одним из наиболее информативных показателей структуры сообщества является индекс разнообразия (Андроникова, 1996). Он позволяет дать сравнительную характеристику ценозам и чутко реагирует на изменения среды, в связи с чем был использован для выявления влияния природных условий на фауну зоопланктона водоёмов и водотоков, расположенных на территории Чувашской Республики.

В настоящей работе приведены обобщённые данные изучения фауны планктонных Rotifera и Crustacea водных объектов из основных природных районов республики, выделенных на основе бассейнового подхода (классификация Папченкова и Димитриева, 1993): Заволжье (южнотаёжные ландшафты), Приволжье (лесостепь с участками нагорных дубрав), Центр (типичная лесостепь с островками дубрав и мелколиственных лесов), Присурье (смешанные леса), Юго-Восток (луговая степь), Ядринское Засурье (преимущественно пойменные ландшафты).

Исследования проводились в 2000–2009 гг. на наиболее типичных реках, озёрах и прудах, расположенных на территории перечисленных районов. Для каждого природного района проведена оценка биоразнообразия на основе анализа индексов Шеннона, вычисленных как на основе биомассы, так и на основе численности. Водные объекты сгруппированы по трём категориям: озёра, пруды и реки. В каждом районе отдельно по данным категориям вычислялись средние значения индексов разнообразия.

Наиболее высокие показатели разнообразия планктонных сообществ озёр (в среднем, 2.99 и 245 бит по численности и биомассе, соответственно) и прудов (в среднем, 3.43 и 3.34 бит, соответственно) выявлены для Юго-Востока, что обусловлено наличием представителей тепловодного комплекса в составе их фауны. Центр характеризуется наиболее высоким уровнем разнообразия рек (в среднем, индексы составили 1.94 и 2.46 бит по биомассе и численности, соответственно) и относительно высоким разнообразием в озёрах (2.02 и 2.64 бит, соответственно). Фауна планктона озёр наименее разнообразна в Приволжье и Заволжье (в среднем, 1.67 и 1.84 бит по биомассе, 2.56 и 2.24 бит по численности, соответственно). Самые бедные сообщества рек выявлены в Присурье (1.63 и 1.43 бит по численности и биомассе, соответственно). Таким образом, территории с наименьшей лесистостью характеризуются наибольшим разнообразием фауны зоопланктона в водных объектах. Можно предположить, что наличие древесной растительности отрицательно сказывается на богатстве и разнообразии гидробиоценозов.

Для ряда озёр, особенно для Приволжья, Центра и Юго-Востока, характеризующихся наибольшей плотностью населения, выявлено влияние сельскохозяйственного загрязнения на фауну. Имеющиеся источники оказывают стимулирующее действие на количественное развитие сообщества зоопланктона в случае пассивных поступлений поллютантов с водосбора и депрессивное воздействие – при интенсивном загрязнении продуктами жизнедеятельности животных. Одновременно с этим, богатство фауны уменьшается.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СИЛЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИЩНИКОВ И ПИЩИ НА ПОПУЛЯЦИЮ ДАФНИЙ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ВКЛАДОВ В РОЖДАЕМОСТЬ

Л.В. Полищук[1], **Я. Файферберг**[2], **Д.А. Воронов**[3], **В.М. Моои**[2]

[1] *Кафедра общей экологии, Биологический факультет, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия*
[2] *Отдел экологии водных организмов, Центр лимнологии, Институт экологии Нидерландов, г. Ниуверслаус, Нидерланды*
[3] *Институт проблем передачи информации РАН, г. Москва, Россия*

Эффекты, связанные с недостатком пищи (воздействие «снизу») и с прессом хищников (воздействие «сверху»), играют важную роль в динамике популяций и функционировании экологических сообществ. Однако, оценка сравнительной силы этих эффектов представляет большие трудности, поскольку они имеют разную природу и, при стандартных подходах, измеряются в разных единицах. Используя ветвистоусого рачка *Daphnia* в качестве модельного организма, мы предлагаем новый метод для оценки силы этих эффектов, основанный на расчёте вкладов изменения плодовитости и доли взрослых в изменение удельной рождаемости. Изменения плодовитости (то есть числа яиц в расчете на взрослую самку) F отражают силу эффекта пищи, поскольку плодовитость тесно связана с трофическими условиями. Изменения доли взрослых особей в популяции A отражают силу эффекта хищников, поскольку хищники, действующие в планктоне, как правило, отличаются размерной избирательностью. Так, беспозвоночные хищники потребляют преимущественно молодь, а позвоночные хищники (рыбы) – взрослых дафний. Удельная рождаемость b выступает как своего рода общий знаменатель для сравнения изменений F и A, поскольку, согласно модели Эдмондсона-Палохеймо, удельная рождаемость непосредственно зависит от F и A. Хотя F и A (и, соответственно, их изменения) выражены в разных единицах, их вклады в изменение удельной рождаемости, обозначаемые $|ConF|$ и $|ConA|$, выражены в одинаковых единицах – в единицах b. Представляется, что отношение вкладов $|ConA| / |ConF|$ может служить удобным показателем для оценки сравнительной силы эффектов недостатка пищи и пресса хищников. Для проверки этого предположения и одновременно для калибровки метода мы выполнили эксперименты двух типов – лабораторные опыты и компьютерные симуляции. Результаты обоих типов экспериментов хорошо согласуются друг с другом. Они показывают, что, когда эффект недостатка пищи сильный, а пресс хищников слабый, отношение вкладов $|ConA| / |ConF|$ составляет 0.55–0.70. Напротив, когда эффект недостатка пищи слабый, а пресс хищников сильный, отношение вкладов $|ConA| / |ConF|$ составляет 2.05–2.20. Наконец, когда оба эффекта – пищи и хищников – являются промежуточными по силе, величина $|ConA| / |ConF|$ близка, по-видимому, к 0.7. В наших опытах сильный пресс хищников получали за счёт избирательной элиминации крупных половозрелых дафний, что имитирует эффект рыб, а промежуточный пресс хищников – за счёт избирательной элиминации молоди дафний, что имитирует эффект беспозвоночных хищников. Поэтому можно заключить, что расчет отношения вкладов позволяет отличить ситуацию воздействия рыб от ситуации воздействия беспозвоночных хищников и от ситуации недостатка пищи, однако не позволяет различить две последние ситуации между собой.

СУТОЧНЫЕ ВЕРТИКАЛЬНЫЕ МИГРАЦИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Н.А. Поляков, **В.В. Тахтеев**

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Разработка методологии экологического мониторинга крупных водных экосистем является одной из актуальных задач. Озеро Байкал – удачный модельный объект для проведения подобных работ.

Проведение экомониторинга по планктонным сообществам затруднено ввиду активной динамики водных масс. Проведение его по сообществам зообентоса трудоёмко, требует привлечения большого числа специалистов и часто затягивается на годы. Кроме того, необходимо учитывать суточные, сезонные и межгодовые изменения, происходящие в бентали, взаимодействие донных и пелагических биоценозов.

Одним из проявлений такого взаимодействия являются суточные вертикальные миграции (СВМ) части организмов зообентоса в водную толщу. В Байкале ночью в пелагиаль поднимаются многие донные ракообразные, а также молодь подкаменщиковых рыб. Временные пелагические скопления донных животных (меропланктон) смешиваются со скоплениями истинных пелагобионтов – эпишуры, коловраток, макрогектопуса, молоди рыб (желтокрылок, голомянок и др.). В совокупности эти организмы формируют ночной миграционный комплекс (МК).

В Иркутском госуниверситете проводится серия исследований СВМ в разных районах озера, различающихся по подводным ландшафтам, температурному и гидродинамическому режимам, как с применением классических гидробиологических орудий (планктонных сетей, дночерпателей), так и с использованием специальной подводной видеосистемы. Дистанционные наблюдения позволили описывать подводные ландшафты и суточную динамику прибрежных биоценозов.

Основные результаты ночных видеонаблюдений следующие: Искусственный свет привлекает животных (амфипод и молодь рыб), поэтому количество мигрантов перед объективом камеры при включённых лампах значительно больше (в десятки и сотни раз), чем в режиме ночного видения. Через некоторое время (от 1.5–2 до 8 минут) начинается адаптация мигрирующих животных к искусственному освещению, и их численность в поле зрения несколько снижается. Обилие одних и тех же видов амфипод в составе миграционных скоплений и в составе донных биоценозов не одинаково. Далеко не все из них всплывают в пелагиаль. Основу МК составляет сравнительно небольшое число видов, но таксономическая структура и суммарное обилие МК различны в разных районах Байкала. Как правило, плотность МК выше в районах со сравнительно холодноводным температурным режимом (открытый Байкал). Ощутимые придонные течения снижают миграционную активность амфипод. Миграционные скопления амфипод неоднородны на протяжении от поверхности воды до дна. Они могут быть плотными на одних горизонтах и разреженными на других. Присутствие в прибрежной пелагиали многочисленной молоди рыб приводит к снижению численности мигрирующих амфипод.

Дистанционные подводные видеонаблюдения имеют ряд преимуществ как перспективный метод мониторинга мелководных биоценозов крупных водоемов. Состав МК на уровне основных таксономических групп можно распознавать визуально, на экране, так же как и производить сравнительную количественную оценку их обилия. Анализ результатов видеонаблюдений проводится намного быстрее, чем обработка традиционных гидробиологических сборов, он может выполняться инженерно-техническим персоналом. В сравнении с традиционными методами, результаты менее зависимы от случайных факторов: при ночном перемещении части обитателей дна в пелагиаль нивелируются микробиотопические различия, и МК отличается гораздо большей пространственной однородностью, чем бентосные сообщества. Данные, полученные в разное время суток и сезоны года, на различных глубинах и в разных районах наблюдений, хорошо сопоставимы. В перспективе возможна автоматизизация таких наблюдений (по аналогии с широко распространенным охранным видеоконтролем), а анализ видеозаписей можно производить в удобное время.

Работа выполнена при поддержке программ «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал»), «Развитие научного потенциала высшей школы (2009–2010 гг.)» (проект РНП 2.2.1.1/5901) и Иркутского государственного университета.

ДВУКРЫЛЫЕ НАСЕКОМЫЕ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ВОДОЁМОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ: ТЕНДЕНЦИИ В ОСВОЕНИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ И РОЛЬ ДВУКРЫЛЫХ В ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ БИОТОПАХ

А.А. Пржиборо

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Двукрылые насекомые (Insecta: Diptera) – наиболее богатая группа ранга отряда по числу видов, связанных с водной средой. Во многих водных и в большинстве полуводных биотопов личинки двукрылых принадлежат к числу доминантов по биомассе среди макробеспозвоночных. Личинки двукрылых заселяют практически все типы водоёмов и водотоков, включая экстремальные биотопы – такие, как термальные источники, гипергалинные и временные водоёмы. В то же время, видовой состав большинства семейств двукрылых и их роль в прибрежно-водных биотопах изучены слабо, также как и биотопы развития большинства видов. Это связано с необходимостью выведения имаго для выполнения точных определений, и с тем, что на основе сборов личинок не всегда возможно делать точные выводы о биотопах их развития.

Исследования автора показали, что таксономический состав двукрылых, проходящих развитие в прибрежно-водных биотопах, существенно шире, чем считалось ранее. В полуводных условиях по берегам водоёмов и водотоков проходят развитие представители не менее 61 семейства двукрылых (20 семейств из подотряда Nematocera, 8 семейств Orthorrhapha и 28 семейств Cyclorrhapha; на Северо-Западе России с прибрежной зоной связаны представители 20, 7 и 23 семейств, соответственно). В частности, массовыми специализированными обитателями полуводных биотопов по берегам являются личинки Sciaridae, Mycetophilidae, Cecidomyiidae и Drosophilidae.

Вместе с тем, биотопы развития личинок из большинства семейств двукрылых, приуроченных к водоёмам, ограничены лишь полуводной средой и прибрежным мелководьем. Как и для других амфибионтных насекомых, это в первую очередь связано с проблемой дыхания личинок под водой. Личинки большинства двукрылых – мета- или амфипнейсты, имеющие открытые дыхальца. Как правило, они нуждаются в атмосферном воздухе и не переносят долговременного пребывания под водой. Доказано постоянное обитание в воде без прямого доступа к атмосферному воздуху для личинок лишь 17 семейств двукрылых (6 из них приурочены исключительно к водотокам), в том числе и для личинок, имеющих открытую трахейную систему, из 9 семейств.

Мета- и амфипнейстические личинки двукрылых освоили несколько биотопов, удалённых от уреза воды: 1) Заросли высшей растительности с развитой аэренхимой используются личинками из 6 семейств (в частности, минёрами растений и обитателями яруса дернины), которые выработали морфологические адаптации к протыканию тканей растений и к дыханию через аэренхиму. 2) Плавающие маты водорослей, скопления растительных остатков и другие полуводные биотопы вблизи поверхности воды, характерные для плотных зарослей макрофитов, заселяются личинками из 12 семейств, обычно приуроченными к урезу воды. 3) Холодные водотоки, а также мелководные биотопы Севера, дают возможность личинкам Tipulidae, Limoniidae, Scathophagidae и других семейств переходить к обитанию под водой при низких температурах и высоком содержании кислорода.

Второе важнейшее ограничение касается биотопов окукливания, которые лишь у видов из немногих семейств могут находиться ниже уровня воды, а также вне субстрата, защищающего куколку от повреждений. Как правило, куколки дышат атмосферным воздухом, в том числе и у многих двукрылых, личинки которых развиваются под водой (Ceratopogonidae, Tabanidae и др.); окукливание происходит только в полуводных биотопах, обычно по урезу воды. Представители лишь некоторых семейств способны завершать развитие под водой. К ним относится большинство Chironomidae, Chaoboridae, Simuliidae, Blephariceridae, многие Empididae, некоторые Ceratopogonidae и Limoniidae. Двукрылые из остальных семейств или ограничены полуводной средой на всём протяжении жизненного цикла из-за дыхательных потребностей личинок, или приурочены к прибрежной зоне, так как полуводные условия необходимы для окукливания (исключение – некоторые Ceratopogonidae, личинки которых способны активно проплывать расстояния до километра и более).

На Северо-Западе к массовым обитателям полуводных биотопов относятся виды из 35 семейств Diptera. На удалении от уреза воды, в литорали стоячих водоёмов и в водотоках, это число сокращается до 12 семейств. В профундали многочисленны представители лишь 3 семейств двукрылых (Chironomidae, Ceratopogonidae, Chaoboridae). Описанные тенденции, адаптации и ограничения во многом определяют показатели обилия и роль различных семейств Diptera в водных биотопах.

ХИРОНОМИДЫ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ МОДЕЛЬНЫХ ОЗЁР КРИВОГО И КРУГЛОГО (СЕВЕРНАЯ КАРЕЛИЯ): ВИДОВОЙ СОСТАВ И ИЗМЕНЕНИЯ СООБЩЕСТВ ЗА 30-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

А.А. Пржиборо

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Для пресных вод Севера России почти нет работ, основанных на точных определениях двукрылых насекомых (Insecta: Diptera). Это связано с тем, что для абсолютного большинства двукрылых точные видовые определения возможны лишь по взрослым насекомым. Массовый материал имаго получить из водоёмов сложно, а определять его трудоёмко. Точность и корректность видовых определений особенно актуальна при изучении хирономид (Chironomidae), поскольку их видовой состав может служить хорошим индикатором условий как для водоёмов в целом, так и для конкретных биотопов.

В течение двух сезонов (1996–1997 гг.) автором доклада изучалось население двукрылых в прибрежной зоне двух модельных олиготрофных водоёмов Северной Карелии – озёр Кривого и Круглого. Количественные и качественные сборы выполнялись в зоне литорали на глубинах от 0 до 1 м, а также в зоне уреза воды. Видовой состав хирономид литорали изучался с помощью конических имагоуловителей (emergence traps), которые учитывают имаго насекомых, вылетающих из воды. Имагоуловители были установлены на 3 модельных участках, которые соответствуют основным биотопам и донным субстратам литорали, кроме галечных и скальных. Видовой состав хирономид в зоне уреза воды изучен по данным выведений имаго из субстратов в лаборатории. Всего было получено более 3500 имаго Chironomidae, что позволило впервые за последние 30 лет точно определить видовую структуру сообществ хирономид в водоёмах Севера России. Дополнительный материал был собран на тех же участках в 2000–2008 гг.

В 1996–97 гг. личинки и куколки хирономид составляли 5–29% от общей биомассы макробеспозвоночных и от 40 до 100% от биомассы двукрылых в различных биотопах литоральной зоны изучаемых озёр. В составе населения литорали отмечено 55 видов Chironomidae из 29 родов, а в зоне уреза – лишь 9 видов из 4 родов. Из этого списка, 16 видов отмечено впервые для европейской части России, а 40 видов – для Карелии. Для 7 видов впервые установлен биотоп развития личинок, а еще 7 видов впервые отмечены как обитатели озёр. Кроме того, изучение собранных материалов позволило уточнить и дополнить диагнозы 18 видов из 12 родов. Впервые исследована морфология, диагностические признаки и экология личинок 3 слабоизученных видов – *Orthocladius smolandicus*, *Zalutshia mallae* и *Tanytarsus recurvatus*, а также морфология самки *Limnophyes er*. Можно предполагать, что аналогичные исследования в других водоёмах Севера России позволят получить большое число новых региональных находок и новых данных по экологии конкретных видов.

Видовая структура сообществ в изученных литоральных биотопах резко различается. Биотоп 1 (галечно-песчаные грунты абразионной зоны литорали оз. Кривого с разреженными зарослями макрофитов, на глубинах менее 0.7 м) характеризуется доминированием *Corynoneura edwardsi* и *Cladotanytarsus* cf. *mancus* по численности, *Ablabesmyia monilis*, *Conchapelopia melanops*, *Cryptochironomus supplicans* и *Stenochironomus fascipennis* по биомассе. Биотоп 2 (илисто-песчаные грунты со слоем детрита поверх песка; верхняя часть аккумулятивной зоны литорали оз. Кривого, на глубинах 0.5–1 м) отличается доминированием *C. edwardsi* и *T. recurvatus*. В биотопе 3 (органические илы в прибрежной зоне оз. Круглого, глубина до 1 м) доминируют 4 вида – *Procladius flavifrons*, *Parakiefferiella bathophila*, *Stempellinella edwardsi* и *Cladotanytarsus nigrovittatus*. Биотоп 1 характеризуется наибольшим видовым богатством и выравненностью сообщества по обилию видов. В трофической структуре хирономид преобладают потребители детрита и водорослей (преимущественно собиратели), к которым относится большинство отмеченных видов Orthocladiinae и Chironominae, и факультативные хищники, представленные 8 видами Tanypodinae.

В рамках данной работы была выполнена перемонтировка и переисследование препаратов личинок, куколок и имаго хирономид, собранных в этих же озёрах в 1968–69 гг. и обработанных В.Я. Панкратовой, что позволило уточнить видовой состав для этого периода времени. Сравнение материалов 1968–69 гг. и опубликованных данных (Панкратова, 1975; Алимов, Финогенова, 1975) с данными 1996–2008 гг. позволяет говорить о значительных изменениях в прибрежных сообществах хирономид, как по общему списку видов, так и по доминирующим формам. Тем не менее, состав сообществ хирономид свидетельствует о сохранении олиготрофного статуса обоих озёр. На основе наших данных и анализа литературы по биотопической приуроченности ряда видов хирономид, предложены дополнения к системе индикаторов трофического статуса водоёмов (Sæther, 1975, 1979).

НЕКОТОРЫЕ ЭМПИРИЧЕСКИ УСТАНОВЛЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ

А.А. Протасов

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

Разнообразие является одной из важнейших характеристик биотических сообществ. Показатели разнообразия используются для оценки такой характеристики сообществ, как его сложность. Существуют эмпирически установленные зависимости между разнообразием и другими характеристиками биоценозов. Нами использованы данные, полученные в результате исследований зоопланктона, макрозооперифитона, сообществ простейших перифитона, макрозообентоса в различных технических водоёмах Украины: охладителях Криворожской и Трипольской ГРЭС, охладителях Чернобыльской и Хмельницкой АЭС, р. Стырь, протекающей в зоне Ровенской АЭС. Всего использованы результаты обработки 450 гидробиологических проб.

Взаимосвязь между показателями разнообразия, рассчитанными по численности и биомассе, была положительной, хотя и слабо выраженной. Наиболее сильно скоррелированными ($r = 0.55$) были показатели разнообразия сообществ микрозооперифитона.

При увеличении биомассы разнообразие, рассчитанное по биомассе (H_B), снижалось. Для сообществ зоопланктона, зообентоса и макрозооперифитона установлена отрицательная степенная зависимость: $H_B = a \times B^{-b}$, где B – биомасса, а коэффициенты были в пределах: $a = 1.080–34.094$, $b = 0.201–0.907$. Для сообществ простейших, напротив, при увеличении общей биомассы разнообразие возрастало.

При увеличении средней массы особи в сообществах макрозообентоса, зоопланктона и зооперифитона показатель разнообразия также снижался. Коэффициенты степенной зависимости для зообентоса и зооперифитона находились в следующих пределах: $a = 0.485–0.911$; $b = 0.309–0.503$. Коэффициенты для зоопланктона, были равны 3.239 и 0.090, соответственно. Зависимости для микрозооперифитона выявить не удалось.

При увеличении средней биомассы ценопопуляции (отношение общей биомассы к количеству видов) разнообразие, рассчитанное по биомассе, снижалось. Для микрозооперифитона отмечена лишь тенденция такой зависимости. Коэффициенты обратной степенной зависимости для сообществ зооперифитона, зоопланктона и зообентоса были следующими: $a = 0.200–0.542$, $b = 1.211–1.585$.

Таксономическое разнообразие, рассчитанное как индекс Шеннона по количеству видов (точнее – по количеству низших определяемых таксонов) в группах зообентоса (таких, как олигохеты, личинки хирономид и др.), изменялось нелинейно в зависимости от количества видов, так как при наличии одной группы (таксономическое разнообразие = 0) был отмечен более, чем один вид. При возрастании таксономического разнообразия возрастало и разнообразие, рассчитанное по численности. Зависимость имела линейный характер ($r = 0.67$). Таксономическое разнообразие возрастало и при увеличении биомассы. Коэффициенты положительной степенной зависимости для сообществ зообентоса из различных водоёмов были следующими: $a = 0.867–2.070$, $b = 0.033–0.178$.

При увеличении разнообразия, рассчитанного по показателю энергосодержания биомассы, возрастало значение отношения R/B (дыхания к биомассе). Возрастание пространственной сложности сообществ перифитона или бентоса, например, при формировании поселений седентарных организмов, приводит к увеличению видового богатства и разнообразия по численности. Изменение показателей видового разнообразия и таксономического разнообразия сообществ зообентоса и микрозооперифитона в градиенте показателя сапробности имело характер унимодальной зависимости. Максимум показателя разнообразия был отмечен при значениях сапробности, близких к 2.5.

Полученные зависимости позволяют сделать некоторые заключения. Увеличение биомассы сообщества происходит за счёт роста обилия малого количества видовых популяций, что приводит к снижению выравненности по биомассе и к снижению разнообразия. При этом, с увеличением биомассы может происходить возрастание пространственной сложности сообществ и увеличение, как общего богатства населения, так и разнообразия. Сообщества с высокими значениями показателя разнообразия состоят из ценопопуляций с малой (в среднем) биомассой и с малой массой особи. При увеличении видового богатства в сообществе более вероятно появление новых групп, более крупных таксонов, чем существенное увеличение богатства видов в одном таксоне высокого ранга. В градиенте условий следует ожидать унимодального распределения показателей разнообразия. При увеличении разнообразия в сообществе возрастает доля энергии, расходуемой на обмен, к энергии, накопленной в биомассе.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКЦИИ В ПОПУЛЯЦИЯХ АТЛАНТИЧЕСКОЙ ТРЕСКИ *GADUS MORHUA* LINNAEUS, 1758 И *GADUS MORHUA MARISALBI* DERJUGIN, 1920 БАРЕНЦЕВА И БЕЛОГО МОРЕЙ

Е.В. Расхожева

Мурманский морской биологический институт Кольского НЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Закономерности формирования продукции в популяциях атлантической и беломорской трески определяются специфическими условиями существования и связанными с ними адаптивными особенностями размерно-возрастной и половой структуры популяций, продолжительностью жизненного цикла.

Возрастная структура популяции беломорской трески из летних уловов в Кандалакшском заливе в периоды 1951–1952, 1961–1962, 1977–1980 и 2004–2005 гг. не претерпела существенных изменений, что позволяет сделать вывод о стабильном состоянии популяции. Годовую продукцию рассчитывали когортным методом (Методы определения…, 1968) по осреднённой возрастной структуре уловов для стационарной популяции с постоянным пополнением и смертностью. Расчёты показали, что на долю прироста соматических тканей приходится от 68% до 77% общей продукции. Основная часть соматической продукции формировалась созревающими и половозрелыми особями 1+…4+ лет. Генеративная продукция формировалась за счёт зрелых половых клеток производителей в возрасте четырёх–семи лет. Для беломорской трески характерно преобладание в популяции самок, поэтому продукция икры составляла 71% от генеративной продукции. Годовой *P/B*-коэффициент беломорской трески, рассчитанный для возрастных групп от 0+ до 7+ лет, равен 1.0. По оценкам осенней тралово-акустической съёмки в Кандалакшском заливе в 2003 г. биомасса трески с размерами от 15 до 33.5 см составила 791 т (Фролов, Рудоманов, 2005). Рыбы данной длины составляют основу возрастных групп двух–пяти лет, средний годовой *P/B*-коэффициент которых равен 0.9. Таким образом, продукция трески Кандалакшского залива может быть оценена как 0.9 × 791 = 711.9 т.

Расчёты продукции атлантической трески были выполнены по данным промысловых уловов в 1921 и 1928–1929 гг., в периоды 1934–1938 и 1946–2006 гг. в Баренцевом море и сопредельных водах. В результате расчётов установлено, что среднемноголетний *P/B*-коэффициент промысловой части популяции атлантической трески в возрасте 3+…10+ лет равен 0.47 (пределы – 0.38–0.58). С возрастанием интенсивности промысла средний *P/B*-коэффициент популяции увеличивался. Скорость продукционных процессов возрастала в периоды с низкой биомассой и уменьшалась при высокой плотности популяции. Наибольшая эффективность продуцирования отмечалась в годы со средней биомассой и с высокой долей в популяции молодых быстрорастущих особей. Годовой *P/B*-коэффициент стационарной популяции в период умеренной эксплуатации промыслом (1934–1939 гг.), рассчитанный для возрастных групп от 0+ до 12+ лет, равен 0.6.

Годовая продукция промысловой части популяции атлантической трески, рассчитанная по оценкам биомассы Рабочей группы ИКЕС (2007 г.) за период 1946–2006 гг., колебалась от 391 тыс. т до 2025 тыс. т. На долю соматического прироста приходилось от 62% до 95% общей продукции (в среднем – 81%). Основная часть соматической продукции формировалась за счёт особей популяции в возрасте шести–восьми лет. Основу генеративной продукции в периоды с разной нерестовой структурой популяции составляли особи в возрасте от 7+ до 11+ лет. Величина генеративной продукции колебалась от 42 тыс. т до 479 тыс. т. Продукция икры составляла в среднем 58% генеративной продукции.

Установлено, что интенсивность продукционных процессов в популяции беломорской трески выше, чем в популяции атлантической трески Баренцева моря.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОЁМА, РЕЖИМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В НЁМ И РОСТ ГИДРОБИОНТОВ

А.Л. Рижинашвили

Петербургский государственный университет путей сообщения,
г. Санкт-Петербург, Россия

Рост живых организмов является тем процессом, в котором интегрально отражаются многочисленные воздействия, испытываемые особью в течение всего жизненного цикла, и оказываемые на популяцию в целом. Принимая во внимание, что скорость прироста массы и линейных размеров тела напрямую зависит от количества потребляемой организмом пищи, то есть органических соединений, можно предположить связь показателей роста гидробионтов и трофического статуса водоёма. Задачей нашей работы является анализ роста гидробионтов (на примере двустворчатых моллюсков) в водных объектах с различным уровнем продуктивности экосистем и различным режимом органического вещества.

Для количественной характеристики роста животных нами выбраны показатели, полученные путем аппроксимации моделью Л. фон Берталанфи (вида $L_t = L_\infty(1-e^{-kt})$) размерно-возрастных рядов для раковин трёх видов моллюсков семейства Unionidae (*Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), *U. tumidus* Retzius, 1778 и *U. crassus* Retzius, 1778) из 20 водоёмов на территории Северо-Запада европейской части России.

Анализ изменчивости одного из параметров роста – константы роста k (этот параметр характеризует скорость достижения организмами дефинитивных размеров) для выборок из водоёмов с различными трофическими условиями, не позволил выявить наличие прямой связи между уровнем продуктивности экосистем и интенсивностью роста моллюсков. В одинаковых по трофическому статусу водоёмах показатель k может различаться в два раза. Тем не менее, в характере роста проявляется отклик животных на групповой состав органических соединений. В частности, этот отклик различается у моллюсков разных видов. Обнаружено, что перловицы *U. tumidus* демонстрируют наиболее высокую скорость роста в тех реках и озёрах, в фонде органического вещества которых велика доля терригенного гумуса (если судить по величинам цветности воды и соотношению перманганатной и бихроматной окисляемости), независимо от трофического статуса. Моллюски *U. pictorum*, напротив, имеют пик констант роста в таких гипертрофных водоёмах, где отмечен высокий уровень содержания легко окисляемых (биохимически «мягких») органических соединений (по величине $БПК_5$) и достаточно высокие концентрации взвешенных частиц. Очевидно, что животные этих двух видов дифференцированно используют пищевые ресурсы (различные фракции сестона). Это выражается и в разном характере зарывания животных в грунт (полное погружение для *U. pictorum*, частичное зарывание у *U. tumidus*). В то же время примечательно, что у видов *U. tumidus* и *U. pictorum* максимальные величины константы роста приходятся на определённый, хотя и узкий, диапазон бихроматной окисляемости (от 18 до примерно 30 мгО/л). Перловицы *U. crassus* обнаруживают достоверную тесную положительную связь константы роста и бихроматной окисляемости воды (однако небольшое количество выборок не позволяет с уверенностью констатировать этот факт, тем более что параметр k у *U. crassus* достоверно коррелирует и с температурными характеристиками водоёмов). Отдельного внимания заслуживает взаимосвязь скорости роста и состояния карбонатного равновесия воды. Последнее, как известно, отражает режим CO_2 и органического вещества водоёма. Для моллюсков же содержание катиона Ca^{2+} принципиально важно в связи с формированием раковины. Однако наиболее интенсивный рост этих животных зафиксирован нами именно в условиях невысоких концентраций кальция в воде. Связано это с тем, что низкому содержанию кальция сопутствует повышенная концентрация CO_2, что, в свою очередь, может наблюдаться как при высоком уровне биохимически «мягких» органических веществ, так и в водах, обогащённых терригенным гумусом. В таких условиях «растворяющего» действия CO_2 животные быстрее достигают дефинитивных размеров.

Проведённый анализ скорости роста одной из групп гидробионтов в водоёмах, различающихся по гидрохимическому режиму, демонстрирует необходимость принятия во внимание этого режима в продукционных исследованиях, а отнюдь не только учёта состояния автотрофного звена экосистемы водного объекта (по величине первичной продукции, концентрации хлорофилла и т.д.).

ВСТРЕЧАЕМОСТЬ ЯЗВЕННОГО ПОРАЖЕНИЯ КОЖИ У ТРЕСКИ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ (26 ПОДРАЙОН ИКЕС)

Г.Н. Родюк, **Н.Н. Чукалова**, **В.В. Шендерюк**, **Л.П. Бахолдина**, **Н.Л. Чернышева**, **С.О. Саядов**

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Треска (*Gadus morrhua* L.) – один из важнейших промысловых объектов Балтийского моря. Однако, в последние десятилетия запасы рыбы в регионе имеют тенденцию к снижению. Среди причин, вызывающих этот факт, немаловажное значение имеют загрязнение морской среды и воздействие токсичных элементов на биоту. Одним из индикаторов для оценки состояния здоровья экосистем Балтийского моря служит встречаемость заболеваний рыб, ассоциированных с антропогенным загрязнением, в том числе встречаемость язвенного поражения кожи.

Цель данной работы – изучить встречаемость язвенного поражения кожи и определить содержание контаминантов у трески в юго-восточной части Балтийского моря, включая один из наиболее загрязненных районов – Гданьский залив.

Сведения о встречаемости (В, %) язвенного поражения кожи у трески были собраны стандартными методами в научно-исследовательских экспедициях в феврале–марте и октябре–ноябре 2005–2008 гг., а также в марте 2009 г. (Bucke et al., 1996; Lang, Rodjuk, 2006). Всего обследовано 11397 экз. рыб, с длиной тела 5–108 см. Заболевание диагностировано по характерным внешним признакам (Kosior et al., 1997). Определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в коже, печени и мышцах рыб проводили методом газо-жидкостной хроматографии (МУК 4.1.1023-01). Содержание хлорорганических пестицидов (ХОП) в мускулатуре исследовали методом газо-жидкостной хроматографии с детектором по захвату электронов (Методы определения микроколичеств пестицидов, 1992). Концентрацию токсичных элементов (ТЭ) определяли по ГОСТ Р 30178-96, ГОСТ Р 51766-01 и МУ 5178-90. Содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) анализировали методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ГОСТ Р 51650-2000, МУ 4721-88).

Язвенное поражение отмечено у трески с размерами тела 25–65 см, в возрасте от 2 до 8 лет. Средний уровень встречаемости заболевания в обследованный период не высок (В=0.70%). Максимальные показатели встречаемости отмечены у рыб средней размерной группы – 40–45 см (0.97%), в возрасте 3 года и 6 лет (1.10% и 1.00%, соответственно). Различия во встречаемости заболевания у трески в феврале–марте (0.68%) и в октябре–ноябре (0.61%), и у рыб разного пола (0.70% и 0.61% у самцов и самок, соответственно) статистически не значимы. Встречаемость кожных язв у рыб Гданьского залива в российских и польских водах различаются незначительно (В = 0.64 и 0.68%, соответственно).

Во всех исследованных образцах содержание контаминантов не превышало предельно допустимых концентраций, установленных в Российской Федерации (СанПиН 2.3.2.1078-01). Анализ многолетней динамики концентрации загрязняющих веществ в рыбе выявил изменения в содержании только ПХБ и ТЭ (свинец и мышьяк). Максимальная концентрация ПХБ во всех исследованных органах трески отмечена в 2006 г. (29.80; 765.20 и 21.40 мкг/кг в мышцах, печени и коже соответственно), ионов свинца – в 2008 г. (0.29 мг/кг), а ионов мышьяка – в 2007 и 2008 гг. (0.10 мг/кг). Минимальная концентрация этих контаминантов наблюдалась в 2009 г. (10.60 мкг/кг) и в 2005 г. (0.09 и 0.06 мг/кг), соответственно. Обнаружена статистически значимая прямая зависимость между среднегодовыми показателями встречаемости язвенного поражения кожи у трески и концентрацией ПХБ в коже рыб (β = 0.99, p = 0.01). Таким образом, наиболее вероятным фактором антропогенного воздействия, влияющим на возникновение язвенного заболевания кожи у трески в юго-восточной Балтике, является загрязнение экосистемы моря полихлорированными бифенилами.

Работа поддержана грантом РФФИ № 08-04-92425-БОНУС_а.

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБИЛЬНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЕМАХ КАРЕЛИИ

А.В. Сабылина[1], **М.В. Мусатова**[2], **Н.А. Кукконен**[1]

[1] *Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*
[2] *Карельская государственная педагогическая академия, г. Петрозаводск, Россия*

Каждый отдельный компонент в экосистеме озера представляет собой лишь её элемент и не может быть уяснен без комплексного изучения экосистемы водоема. Органические вещества (ОВ), находящиеся в водоёмах, либо были первично созданы в них (автохтонное ОВ), либо поступили в водоём с суши (аллохтонное ОВ). Углеводы, белки и аминокислоты и липиды в основном продуцируются в самом водоёме. В подавляющем большинстве случаев основная роль в образовании автохтонного ОВ в водоёмах принадлежит фитопланктону (Винберг, 1960). Исследование автохтонного ОВ проводилось для озёр Карелии разной трофности, расположенных на различной географической широте.

Диапазон изменений концентраций свободных аминокислот в озёрах Северной Карелии (Верхнее, Среднее и Нижнее Куйто) довольно узок и сравним с наблюдавшимися нами ранее в озёрах Топозеро и Пяозеро (Харкевич, Сабылина, 1981; 1–10 мкг N/л), в заполярных озёрах Кривом и Круглом (Озерецковская, Бульон, 1970; 2–15 мкг N/л) и в оз. Дальнем (Семенов и др., 1972; 2–14 мкг N/л). По вертикали концентрация свободных аминокислот в вегетационный период уменьшается ко дну. В зимний период их концентрация увеличивается в придонном слое воды. Численность бактерий зимой в слоях повышенных концентраций свободных аминокислот чуть выше, чем в других слоях воды – на 40–60 млн. кл./мл. В эвтрофных озёрах Южной Карелии (Крошнозеро и Святозеро) содержание свободных аминокислот в летний период равно 10–35 мкг N/л, а в олиготрофном Онежском озере – 5–15 мкг N/л.

Содержание белковоподобных веществ превышает концентрацию свободных аминокислот в 20–30 раз и составляет в северных озёрах Карелии в среднем около 80 мкг N/л, а в южных озёрах – 100–150 мкг N/л. Отношение концентрации свободных аминокислот к содержанию белковоподобных веществ в период наблюдений изменяется от 3 до 25%. Наиболее высокий процент этого отношения в озёрах наблюдается в середине июня. Это связано с активизацией бактериальных процессов в водоёме, сопровождающихся деструкцией биополимеров. Доля свободных аминокислот в составе органического азота не превышает 2%, а доля связанных аминокислот – 25% (Сабылина, Басов, 2003).

Углеводы – первые продукты фотосинтеза и основной источник энергии у гидробионтов. Концентрация углеводов колеблется в озёрах от следов до нескольких мг на литр. Содержание углеводов повышено на мелководье до 10–20 мг/л в эвтрофных озёрах. В моносахаридном составе углеводов преобладает глюкоза (больше 60%), галактозы – следы, и рамноза – следы. Следует учесть, что обнаруживаемые в воде углеводы составляют только часть их суммы, выделяемой организмами, из-за быстрой утилизации углеводов бактериями. Количество растворённых углеводов, синтезируемых фитопланктоном в бактериально чистых условиях, на порядок превышает их количество, продуцируемое в естественных условиях (Wandersku, 1959).

Концентрация липидов в исследуемых озёрах колеблется от 10 до 350 мкг/л, в составе органического углерода на долю липидов приходится от 1 до 10%. В групповом составе липидов преобладали полярные липиды и жирные кислоты.

Исследования, проведённые на северных и южных олиготрофных озёрах, водохранилищах и на южных эвтрофных озёрах, показали, что суммарное содержание лабильных органических соединений (углеводов, свободных и связанных аминокислот и липидов), определённых прямыми методами, составляет в течение года 30–55% от общего содержания органического углерода.

СИМБИОГЕНЕЗ ГИДРОБИОНТОВ И ЕГО РОЛЬ В РАЗВИТИИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ, ПРОБЛЕМЫ)

А.Б. Савинов

Нижегородский государственный университет, г. Нижний Новгород, Россия

В основу исследований по оценке роли симбиогенеза в развитии водных экосистем должны быть положены концепции о симбиотических системах организменного и популяционного уровней, в качестве которых автор предлагает рассматривать аутоценозы и демоценозы (Савинов, 2005, 2008). *Аутоценоз* – это система «хозяин – симбионты», в которой симбионтами *одновременно* являются мутуалисты, паразиты и комменсалы про- и эукариотической организации. Соответственно, *демоценоз* – это система аутоценозов, адекватная популяционному уровню, а совокупность *демоценозов* – *специоценоз*, т.е. симбиотическая система видового уровня. Данная симбиотическая парадигма (в отличие от канонической – популяционной) включает новые экологические категории («аутоценоз», «демоценоз» и «специоценоз») и по-новому ориентирует исследователя в вопросах организации, функционирования и развития экосистем, в том числе водных.

В связи с особой значимостью симбионтов-паразитов в формировании вещественно-энергетических потоков в водных экосистемах, эти формы симбионтов давно и детально исследуются на уровне межвидовых отношений гидробионтов (Мачкевский, Гаевская, 1997; Mouritsen, Poulin, 2000; Мастицкий, 2003; Русинек, 2007; Беспрозванных, 2008; Щербина, 2008). В меньшей степени в водных экосистемах изучена роль мутуалистов и комменсалов (Мастицкий, 2003; Гаевский и др., 2004; Извекова, Корнева, 2007; Ben-Ami et al., 2008). Это, во-первых, связано с тем, что мутуалистами и комменсалами гидробионтов являются главным образом виды кишечной микрофлоры, имеющие микроскопически малые размеры; их изучение очень трудоемко и для гидробиологов обычно не представляется необходимым направлением исследований. Во-вторых, традиционно изучаются преимущественно антагонистические межвидовые отношения, последствия которых важны в хозяйственном аспекте, поскольку паразитарные инвазии нередко наносят значительный ущерб промысловым организмам и опасны для человека. Мутуалистическим отношениям вредоносность не свойственна по определению, поэтому их изучению специалисты уделяют меньше внимания. Однако важно учитывать, что формы симбиотических отношений весьма динамичны: при определённых условиях мутуализм может трансформироваться в паразитизм, и наоборот. В частности, известно, что некоторые виды-мутуалисты кишечной микрофлоры под воздействием загрязнителей-ксенобиотиков нередко становятся патогенными для хозяина (Домарадский и др., 2002).

При игнорировании симбиогенеза элементами популяции считаются особи (организмы), а популяция рассматривается в качестве элементарной эволюционной единицы. Но с учетом симбиогенеза естественному отбору подвергаются не просто особи, а аутоценозы, и в качестве эволюционной единицы должен рассматриваться демоценоз (Савинов, 2009). Разумеется, это не исключает использования классических категорий «организм» и «популяция», если такая степень редукции в отношении биосистем будет корректной при решении тех или иных вопросов, в том числе и в гидроэкологии.

МЕТАФИТОН В СТРУКТУРЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ РЕЧНЫХ ЭКОСИСТЕМ

И.В. Савич

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Метафитон представляет собой агрегированный в результате волновой деятельности планктон или отделившиеся от субстрата и всплывшие на поверхность прикреплённые сообщества. Он является обычным структурным элементом водоёмов и водотоков и всегда присутствует в том или ином количестве. Метафитон, сформированный из планктона, представлен пенообразной массой, а метафитон донного и перифитонного происхождения – оформленными матами.

В работе представлены результаты собственных исследований (2000–2006 гг.), а также обобщены литературные данные исследований метафитона в Беларуси.

Интенсивность образования и количество дрейфующего (снос по течению) метафитона изменяются в широких пределах и в некоторых случаях могут достигать огромных масштабов (до 25 г сухой массы на $м^2$ речной поверхности). Дрифт метафитона, сформированного из биообрастаний, имеет чётко выраженный суточный ритм: минимальное количество метафитона наблюдается в утренние часы, максимальное – во второй половине дня. В основе определения этого ритма лежит суточный ход интенсивности фотосинтеза. Продолжительность и интенсивность дрифта в сезонном цикле определяется, прежде всего, конкурентными взаимоотношениями прикрепленных водорослевых сообществ с фитопланктоном. Формирование метафитона планктонного происхождения зависит, прежде всего, от количества органических веществ, обладающих свойствами сурфактантов (способностью концентрироваться, образуя тонкую плёнку на границе раздела фаз, в частности на границе раздела вода–воздух), а также от концентрации растворённых газов (прежде всего – растворённого в воде кислорода), на которых сорбируются и поднимаются на поверхность биогенные сурфактанты.

Основными структурообразующими компонентами метафитона являются водоросли, бактерии и детрит; в меньшем количестве представлены беспозвоночные и грибы (водные гифомицеты). В составе живой компоненты преобладают водоросли. Видовое разнообразие и структурная организация сообществ метафитона претерпевает закономерные изменения в направлении от верховья реки к устью. В верхних участках реки основу сообществ составляют донные и перифитонные виды, вниз по течению доминирование переходит к планктонным организмам. Сезонная динамика структуры водорослевых сообществ метафитона в целом соответствует общим закономерностям сукцессии альгофлоры в пресных водах средних широт. В начале и в конце вегетационного сезона для метафитона характерно подавляющее доминирование диатомовых водорослей. В середине вегетационного сезона возрастает значимость других отделов водорослей, прежде всего, синезелёных и зелёных, хотя диатомовые водоросли в большинстве случаев по-прежнему доминируют.

Соотношение между минеральной и органической фракцией метафитона достаточно постоянно (зола составляет 75–80%). Величины зольности такого порядка характерны для "старого" перифитона за счёт накопления высокоминерализованного детрита и карбоната кальция. Содержание органического углерода и энергетическая ценность метафитона колеблются в пределах 0.1–0.17 мг С на мг сухой массы и 5–7 Дж на мг, соответственно.

Метафитон обладает высокой аккумулирующей способностью загрязняющих веществ. Например, содержание тяжёлых металлов (медь, цинк, никель, свинец, кадмий, марганец) в метафитоне вдвое и более превышает их содержание в макрофитах и близко или несколько выше (медь и цинк), чем в перифитоне.

При оценке последствий дрифта метафитона важно знать закономерности трансформации мата. Установлено, что разрушение метафитонного мата эпибентосного происхождения начинается непосредственно после его всплытия на поверхность. Вначале процесс идёт медленно, затем начинает ускоряться, и примерно через 12 часов после всплытия мат в значительной степени теряет свою целостность. С этого времени органическое вещество метафитона, а также аккумулированные в нём техногенные загрязняющие вещества, начинают наиболее интенсивно поступать в толщу и на поверхность воды. Зная время трансформации мата и скорость течения реки, можно прогнозировать пространственный перенос метафитона и аккумулированных в нём загрязняющих и эвтрофирующих веществ.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО И АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ РАЙОНА РАСПОЛОЖЕНИЯ УКРАИНСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Э.З. Самышев

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Россия

Район Украинской Антарктической станции «Академик Вернадский» (регион островов Аргентинского архипелага) характеризуется специфическими условиями, определяющими состав, обилие и функционирование отдельных компонентов сообщества: существованием системы локальных циркуляций, зависимостью гидрофизических параметров от разнонаправленных течений, изменяющихся в режиме приливов и отливов, разной степенью водообмена с открытым океаном и наличием природного и антропогенного загрязнения.

Высокая трофность вод, характерная для прибрежных районов, реализуется обильно развивающимся фито- и бактериопланктоном, донным населением и проникающими в район объектами разного трофического уровня (криль, рыбы).

Явно выраженное ингибирование загрязнителями разной природы проявляется на «ранимых» компонентах биоты – на мезозоопланктоне, преимущественно состоящем из ракообразных (копепод), на криле и, по-видимому, на рыбах. Вероятнее всего, ингибирование объясняется негативным воздействием поллютантов на икру и личинок. В связи с этим популяции упомянутых животных являются зависимыми. Резистентность популяций прикреплённых и малоподвижных форм (макрофитобентос, зообентос, амфиподы) к загрязнителям (тяжёлым металлам), накапливающимся в значительных количествах в этих гидробионтах, может быть объяснена существованием разных, специфических для этих объектов механизмов.

Впервые выявленная нами загрязнённость грунтов на разных островах Аргентинского архипелага свидетельствует о масштабности вероятного загрязнения вод региона тяжёлыми металлами разной токсичности при их интенсивном поступлении в результате наблюдающегося потепления, что, вероятно, в значительной мере приводит к сокращению зоны эффективного нереста (пополнения популяции) антарктического криля (*Euphausia superba*).

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ТУАПСИНСКОГО ПОРТА ЧЁРНОГО МОРЯ

Ж.П. Селифонова

Мурманский морской биологический институт Кольского НЦ РАН, г. Мурманск, Россия

Среднее количество гетеротрофных бактерий в акватории Туапсинского порта в августе 2009 г. достигало верхнего уровня для евтрофных вод − 3.6 млн./мл (776 мг/м^3). В глубине ковшей у причалов, значительно удалённых от проходов в порт и обогащённых канализационными стоками, отмечен самый высокий уровень развития бактериопланктона – 5.2 млн./мл, биомасса 1.1 г/м^3.

В фитопланктоне развивались крупные виды планктонных водорослей. Диатомея *Proboscia alata* составляла 90% численности. Среди динофитовых (≤ 5–6% фитопланктона) следует отметить *Gymnodinium simplex*, *Oblea rotunda*, виды родов *Gyrodinium* и *Prorocentrum*. Заметного обилия достигали эвгленовые *Eutreptia lanowii*, *Euglena* sp. и синезелёные водоросли рода *Oscillatoria* (в сумме – 0.5 млн. клеток на м^3) − индикаторы сапробности вод. Общее количество фитопланктона достигало 84 млн. клеток/м^3 и 453 мг/м^3.

Среди инфузорий доминирующее положение занимали очень мелкие виды р. *Strombidium* с размером менее 20 мкм и крупная раковинная инфузория-фитофаг *Favella ehrenbergii*. Средняя плотность и биомасса инфузорий в водах порта была почти на порядок ниже, чем за его пределами (72.8 тыс. экз./л, 640 мг/м^3), где их обилие приближалось к верхнему уровню для евтрофных вод.

В глубине ковшей у причалов порта обилие голо- и меропланктона было в 1.5–2 раза ниже (40 тыс. экз./м^3, 371.7 мг/м^3), чем в центре порта и за его пределами. Основную компоненту биомассы формировали копеподы из родов *Acartia* и *Centropages*, хищная *Sagitta*, личинки моллюска *Bittium reticulatum* и др. Критически низкая биомасса (58 мг/м^3) отмечена в котловане портофлота, где смертность в популяциях организмов достигала 80%.

В ихтиопланктоне доминировала икра хамсы (86%). Его плотность в порту была в среднем в 2.5 раза ниже, чем за пределами порта (в вертикальных ловах – 21 экз./м^2, в горизонтальных ловах – 162.7 экз./100 м^3). Численность колебалась от 0 до 104 экз./м^2, достигая максимальных значений в котловане портофлота, где отмечено 80% мёртвых организмов и организмов с аномалиями в развитии.

Биомасса макрозообентоса варьировала от 0.8 до 25 г/м^2, плотность – от 0.25 до 4 тыс. экз./м^2, при средних значениях 9.5 г/м^2 и 1.6 тыс. экз./м^2. Наибольшую численность имели *Capitella capitata*, *Nephthys hombergii*, *Heteromastus filiformis*, *Nereis* sp. и *Melinna palmata* – признанные индикаторы общего и органического загрязнения. В котловане портофлота обилие полихет было в 12 раз ниже средних показателей по порту. В ковше причалов угольного комплекса макрозообентос был крайне беден − 0.2 тыс. экз./м^2 и 2 г/м^2; в нефтегавани − 0.45 тыс. экз./м^2 и 1.9 г/м^2.

Результаты функционального анализа показали, что более 90% потока энергии в экосистеме проходит через детритную пищевую цепь. Её ключевым компонентом является сообщество гетеротрофного бактериопланктона. Основная часть продукции фитопланктона и поступающая с суши аллохтонная органика потребляется и подвергается деструкции бактериями. Несмотря на обилие бактерий, продукция сообществ их главных потребителей – инфузорий, невысока − 1.82 кДж/м^2. Очевидно, снижение роли инфузорий в метаболизме экосистемы Туапсинского порта вызвано загрязнением акватории нефтепродуктами. Их содержание в грунтах достигало 2543 мкг/г, что в 51 раз выше допустимых уровней концентрации. Однако, формирование этой своеобразной экосистемы происходит не только в результате загрязнения нефтепродуктами. Высокие концентрации лабильных кислорастворимых сульфидов в верхнем слое донных отложений (> 600–940 мгS/дм^3) хорошо отражают интенсивное загрязнение Туапсинского порта органикой, несомненно являются катастрофическими и ведут к дефициту кислорода и замору донных животных.

К ВОПРОСУ О БИОЭКОЛОГИИ РЕЧНОГО УГРЯ *ANGUILLA ANGUILLA* (LINNAEUS, 1758) КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Д.Ю. Семенов

Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск, Россия

В России речной угорь (*Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)) обитает в реках Белого, Балтийского и Чёрного морей. По каналам угорь заходит в систему р. Волги; взрослые особи были пойманы в дельте Волги и в Каспии у берегов Туркменистана (Решетников, 2003). Речной угорь неоднократно регистрировался в Куйбышевском, Саратовском и Волгоградском водохранилищах (Евланов и др., 1998; Рыбы…, 2007). Спорным остаётся вопрос о чужеродном статусе речного угря для волжских водохранилищ, так одни авторы отмечают этот вид в р. Волге еще в середине XIX – начале XX веков (Берг, 1949; Сабанеев, 1994), а другие – указывают на его чужеродное происхождение и связывают проникновение с зарыблением молодью этого вида (1960–1967 годы) озера Селигер (Никаноров, 1963; Шаронов, 1971).

В настоящее время речной угорь продолжает единично встречаться в уловах Куйбышевского водохранилища. Так, в Ундоровском и Ульяновском плёсах начиная с 1970-х годов практически ежегодно регистрируются случаи его обнаружения. Максимальный вылов речного угря пришёлся на середину 1980-х годов, когда в год рыболовами-любителями на донные крючковые снасти вылавливалось от 5 до 7 особей. В последнее десятилетие речной угорь ловится преимущественно поздней весной (май) или ранней осенью (конец сентября – начало октября) при температуре воды 10–17°С. Последний по времени случай поимки отмечен в мае 2008 года, когда в сеть с ячеей 45 мм на глубине 8 м попалась особь (предположительно остроголовой формы) с длиной тела 80.3 см и массой 2420 г; половую принадлежность и возраст установить не удалось, в пищевом комке были отмечены фрагменты двух особей бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814)).

Так как максимальный возраст речного угря составляет 25 лет (Решетников, 2003), можно с большой долей уверенности предположить, что особи, попавшие в волжские водохранилища в 1960-е годы из озера Селигер, погибли или были выловлены еще в 1980-е годы, и следовательно, особи, встречающиеся в уловах на протяжении последних десятилетий, проникли в волжские водохранилища естественным путем.

Учитывая недоказанность чужеродного статуса речного угря Куйбышевского водохранилища и его малую численность в исследуемом водоёме, можно рекомендовать этот вид к внесению в Красную книгу Ульяновской области.

ПОКАЗАТЕЛИ СМЕРТНОСТИ ЗООПЛАНКТОНА ВИСЛИНСКОГО И КУРШСКОГО ЗАЛИВОВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СОЛЁНОСТИ И «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ

А.С. Семенова

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Куршский и Вислинский заливы являются крупнейшими лагунами Балтийского моря, оба водоёма имеют важное рыбохозяйственное значение. На заливы оказывается сильное антропогенное воздействие. Куршский залив является практически пресноводным гиперэвтрофным водоёмом. Основной неблагоприятный фактор, воздействующий на него – ежегодные «цветения» потенциально токсичных синезелёных водорослей. Вислинский залив – это солоноватоводный эвтрофный водоём. Уровень развития фитопланктона в нём на порядок ниже, чем в Куршском заливе (Александров и др., 2006), но велико загрязнение коммунальными стоками и сточными водами предприятий. Доля мёртвой фракции зоопланктона возрастает в водах, подверженных антропогенной нагрузке, и может служить индикаторной характеристикой для оценки их качества (Кожова, 1991; Гладышев, 1993; Смельская, 1995). Целью настоящего исследования было изучение доли мёртвых особей в зоопланктоне Куршского и Вислинского заливов.

Исследования зоопланктона Куршского и Вислинского заливов проводились в вегетационные периоды (с апреля по октябрь) 2007–2009 гг. С целью отличить живых особей от мёртвых, сразу после отбора проб зоопланктон окрашивали анилиновым голубым красителем (Seepersad, Crippen, 1978; Дубовская, 2008). В качестве показателя смертности использовалась доля мёртвых особей от суммарной численности и биомассы зоопланктона.

Доля мёртвых особей в зоопланктоне Вислинского залива составляла от 5.2 до 54.4% от численности и от 4.0 до 51.6% от биомассы зоопланктона. Доля мёртвых особей от численности и биомассы зоопланктона оставалась на одном уровне в весенне-летний период (20–25%) и снижалась к осени в 2 раза (до 11–14%). На станциях, расположенных вблизи от пролива, соединяющего Вислинский залив с открытым Балтийским морем, доля мёртвого зоопланктона от общей численности и биомассы возрастала в 1.5–2.5 раза. Была получена высокая положительная корреляция между долей мёртвых особей и солёностью ($r = 0.5–0.9$). В среднем за вегетационный период доля мёртвых особей составляла $22.8 \pm 7.3\%$ от численности и $18.9 \pm 11.1\%$ от биомассы зоопланктона.

Доля мёртвых особей в зоопланктоне Куршского залива колебалась в более широких пределах и составляла от 0.2 до 54.9% от численности, и от 0.1 до 62.4% – от биомассы зоопланктона. Высокие значения доли мёртвых особей от суммарной численности и биомассы зоопланктона наблюдались в годы, следовавшие за годами «гиперцветений» – в начале вегетационного периода в апреле (7–9%) и в его конце – с августа по октябрь (7–20%). Минимальные доли мёртвых особей были обнаружены на станции, расположенной в центральной зоне залива и менее других подверженной процессам эвтрофирования и «цветения» воды. В среднем за 3 года исследований доля мёртвых особей составляла $4.7 \pm 1.0\%$ от численности и $4.6 \pm 0.8\%$ от биомассы зоопланктона.

В Вислинском заливе основным фактором, вызывающим существенное возрастание доли мертвых особей, является изменяющийся градиент солености (0–8‰). Известно, что солёность в 5–7‰ является критической для гидробионтов (Хлебович, 1974). В Куршском заливе это «цветение» воды в момент массового развития потенциально токсичных синезелёных водорослей и сразу после него. По-видимому, более низкие средние показатели смертности зоопланктона в Куршском заливе определяются достаточно стабильным гидрологическим режимом в этом водоёме и низким уровнем антропогенного загрязнения, хотя в период массового развития синезелёных водорослей и сразу после него доля мёртвых особей существенно возрастает – в 3–6 раз. Доля мёртвых особей может быть использована наряду с другими показателями для более полной и грамотной оценки состояния водоёмов.

ПРОДУКЦИЯ ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

А.С. Семенова, **Н.Н. Жигалова**

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Планктонные ракообразные (Cladocera и Copepoda) играют ключевую роль в функционировании планктонных сообществ, как в пресноводных, так и в морских экосистемах, именно ими создаётся большая часть продукции зоопланктона. В российской зоне юго-восточной Балтики исследования зоопланктона проводились на протяжении многих лет, однако продукционные характеристики планктонного сообщества в районе исследований не вычислялись и не рассматривались. Планктонные ракообразные играют основную роль в зоопланктоне Балтики, составляя до 80% суммарной численности и более 90% биомассы. Целью настоящего исследования было определение продукции планктонных ракообразных в российской зоне юго-восточной Балтики по данным многолетнего мониторинга.

Материалом послужили пробы, которые отбирались в 1995–2009 гг. в ходе научно-исследовательских рейсов в юго-восточной части Балтийского моря на 30–35 станциях. Всего за период исследования было собрано и обработано около 900 проб. Продукция ракообразных рассчитывалась по балансовому равенству как разность между рационом и тратами на обмен; коэффициент усвояемости пищи принимался равным 0.8, оксикалорийный коэффициент – 4.86 кал/млO_2 (Методы…, 1968; Сущеня, 1972, 1975; Методические рекомендации…, 1982).

Основная часть продукции (более 90%) создавалась доминирующими видами ракообразных – *Pseudocalanus elongatus* (Boeck), *Temora longicornis* (O.F. Müller), видами рода *Acartia*, *Centropages hamatus* (Lilljeborg), *Bosmina coregoni maritima* P.E.Müller и *Evadne nordmanni* (Loven). При этом, большая часть продукции зимой и более трети продукции осенью создавалась *P. elongatus*, а в весенне-летний период более половины продукции создавали Cladocera. Минимальная величина продукции отмечалась в зимний сезон (1% годовой), с нарастанием к весне (16%), максимумом летом (72%) и резким падением в осенний период (11%). Максимальное развитие зоопланктона и, соответственно, его максимальная биомасса и продукция, наблюдались в годы наиболее сильного прогрева воды, за счёт массового развития Cladocera в весенне-летний период этих лет.

Количественные показатели зоопланктона Куршского и Вислинского заливов значительно (в 3–8 раз) превосходили показатели зоопланктона Балтийского моря, тогда как P/B коэффициент в Вислинском заливе оказался сходен с таковым в Балтийском море, а в Куршском заливе он был в 2 раза выше (таблица). Сходные функциональные характеристики зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря и Вислинского залива связаны с их солёностью и с высокой долей Copepoda в биомассе зоопланктона. В то же время, Куршский залив является практически пресноводным водоёмом, и основную долю биомассы зоопланктона в нём составляют Cladocera, которые более продуктивны по сравнению с Copepoda (Иванова, 1985).

Таким образом, продукционные характеристики ракообразных юго-восточной части Балтийского моря определяются как составом доминирующего комплекса видов и долей Cladocera и Copepoda, так и температурой и солёностью воды. В последние годы наметилась явная тенденция к повышению среднегодовой температуры, что приводит к массовому развитию Cladocera, и к возрастанию продукции в весенне-летний период.

Таблица. Показатели структуры и функционирования зоопланктона юго-восточной части Балтийского моря, Куршского и Вислинского заливов.

Параметр	Балтийское море	Вислинский залив	Куршский залив
Численность зоопланктона, тыс. экз./м^3	38	203	305
Биомасса зоопланктона (B), г/м^3	0.7	2.3	3.6
Доля ракообразных от биомассы, %	93	96	85
Доля Copepoda от биомассы, %	51	92	17
Продукция ракообразных (P), кал/м^3×сут.	27	119	426
P/B за вегетационный сезон	31.3	27.3	72.3

ВЛИЯНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ ВЕСЕННИХ ФИТОПЛАНКТОННЫХ СООБЩЕСТВ В ВИСЛИНСКОМ ЗАЛИВЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

В.С. Семенова, **О.А. Дмитриева**

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), г. Калининград, Россия

Вислинский залив является крупнейшей лагуной Балтийского моря. Его акватория представляет собой длинный (88.7 км) и узкий (5.8–11.1 км) мелководный (средняя глубина – 2.6 м) солоноватоводный водоём (солёность – 4.0–5.5‰, максимум – 7.8‰). Залив характеризуется колебаниями солёности. Приток вод из Балтийского моря, при преобладании ветров западного и северного направлений, может увеличивать солёность до 7.4‰. Фитопланктон служит важным компонентом экологического мониторинга поверхностных вод суши. При анализе многолетних данных по фитопланктону в его сообществах выявлена структурная перестройка, свидетельствующая о негативных изменениях, происходящих в экосистеме в условиях антропогенного загрязнения и эвтрофирования, повышения солёности (Семенова, 2009). Цель работы – рассмотреть межгодовую динамику численности и биомассы планктонных водорослей в весенний период, а также выявить зависимости этих характеристик от гидрологических факторов в современный период.

Пробы фитопланктона отбирали на 5–6 стандартных мониторинговых станциях в апреле–мае 2007–2009 гг., фиксировали и обрабатывали по стандартной методике. Всего проанализировано 20 интегральных батометрических проб.

В период исследования Вислинского залива был обнаружен 171 вид фитопланктона из 7 отделов. В составе сообществ развивались преимущественно зелёные и диатомовые водоросли, составляя 43 и 39% от суммарной биомассы фитопланктона, соответственно. Структура доминирующего комплекса складывалась из диатомовых – *Cyclotella* sp., *Diatoma vulgaris* Bory, *Fragilaria subsalina* (Grunow) Lange-Bertalot, *Synedra radians* Kützing, *S. truncata* (Greville) Pantocsek и *Stephanodiscus hantzschii* Grunow; зелёных – *Monoraphidium contortum* (Thur.) Kom.-Legn., *Planktonema lauterbornii* Schmidle, *Scenedesmus dimorphus* (Turpin) Kützing, *Oocystis lacustris* R. Chodat и *Tetrastrum glabrum* (Roll) Ahlstr. et Tiff.; представителей динофлагеллят – *Heterocapsa rotundata* (Lohmann) Hansen, криптомонад – *Cryptomonas obovata* Skuja, и синезелёных – *Woronichinia compacta* Lemm. Значительных межгодовых различий доминирующего комплекса видов отмечено не было. Биомасса фитопланктона в исследуемый период варьировала от 1.03 до 6.96 г/м^3, и в среднем составила 3.51 г/м^3. Распределение биомассы фитопланктона по акватории залива во все месяцы характеризовалось пространственной неоднородностью, однако её значения не превышали 8 г/м^3. В исследуемый период были отмечены значительные колебания солёности воды в диапазоне от 1.3 до 5.5‰. Наиболее значимое увеличение солёности было отмечено в апреле 2007 г. и в мае 2007 и 2009 гг., на станциях вблизи морского пролива. Известно, что повышение солёности воды способствует появлению в фитопланктонных сообществах Вислинского залива морских динофитовых и зелёных празинофитовых водорослей (Семенова, 2009). В исследуемый период только однократно, в апреле 2007 г., при приближении к морскому каналу доля динофлагеллят заметно возрастала и составляла 17% суммарной биомассы фитопланктона, при доминировании в составе сообществ *Peridinella catenata* (Levander) Balech. В мае, при значительном увеличении солёности – до 5.4‰, из морских форм в составе сообществ был отмечен мелкоклеточный вид *Pyramimonas* sp. Возможно, их появление в фитопланктоне залива связано с сезонными изменениями фитопланктона прибрежного района Балтийского моря. В целом, за исследуемый период зависимость суммарной биомассы фитопланктона от солёности воды была слабо отрицательной ($r = -0.4$). С увеличением солёности биомасса фитопланктона снижалась. Содержание хлорофилла *a* и продукция фитопланктона также снижаются при приближении к морскому проливу (Александров, 2009).

Таким образом, затоки солёных вод оказывают временное и непродолжительное влияние на структуру сообществ фитопланктона Вислинского залива. Увеличение солёности слабо сказывалось на величине суммарной биомассы фитопланктона и в основном затрагивало структуру сообществ. На станциях, непосредственно примыкающих к морскому проливу, в фитопланктоне доминировали виды, характерные для прибрежных районов Балтики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИТОПЛАНКТОНА ТАЗОВСКОЙ ГУБЫ

Л.А. Семенова

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства (ФГУП "Госрыбцентр"), г. Тюмень, Россия

Тазовская губа – правый приток Обской губы, является уникальной водной системой. В связи с планируемым освоением запасов природного газа в акватории Тазовской губы, очень актуально показать естественный фон экосистемы данной эстуарной области реки Оби.

Анализ материалов, исследованных за 1981–1983 гг., позволил выявить в фитопланктоне Тазовской губы 154 таксона водорослей из 8 групп. Подавляющее большинство водорослей относится к истинно планктонным формам, широко распространенным в водоёмах северных и умеренных широт. Основную роль в фитопланктоне играют диатомовые, зелёные и синезелёные водоросли. Участие золотистых, криптофитовых, динофитовых, эвгленовых и желтозелёных довольно ограничено.

Фитомасса водорослей по станциям в 1980-е годы колебалась от 0.8 до 20.9 г/м^3. Максимальная биомасса отмечена в 1982 г., минимальная – в 1983 г. Диатомеи (*Aulacosira*) преобладали во все сезоны; исключением является осень 1981 г., когда пышно вегетировали синезелёные (до 58% общей биомассы за счёт *Aphanizomenon*).

За период наблюдений 1995–1996 гг. в альгофлоре Тазовской губы было отмечено около 100 таксонов водорослей из 8 отделов. Характерно преобладание планктонных видов. Альгоценоз представлен широко распространёнными видами, характерными для этого эстуария. Ведущее положение занимают диатомовые, зелёные и синезелёные. Значение других групп водорослей невелико.

Биомасса растительного планктона по станциям в 1990-е годы находилась в пределах от 0.3 г/м^3 (1996 г.) до 5.4 г/м^3 (1995 г.). Развитие водорослей определялось вегетацией диатомей (*Aulacosira*); на отдельных станциях наблюдалась пышная вегетация синезелёных (*Aphanizomenon*, *Oscillatoria*).

В фитопланктоне Тазовской губы в период после 2000 г. (2002, 2005, 2008 и 2009 гг.) было обнаружено 166 таксонов водорослей из 8 отделов. Все отмеченные виды ранее отмечались для планктона Тазовской губы (Семенова, Алексюк, 1989; Семенова, Науменко, 2001). Виды находились в таком же соотношении, как в 1980-е и 1990-е годы.

Фитомасса по станциям изменялась в широких пределах – от 0.1 до 18.2 г/м^3. Наибольшая биомасса зарегистрирована в 2005 г., наименьшая – в 2008 г.

Содержание хлорофилла *a* по станциям в годовом аспекте после 2000 г. находилось в пределах 3.7–45.2 мг/м^3. Валовая первичная продукция составляла 0.4–6.5 гO_2/м^2×сут. Максимальные показатели отмечены в 2008 г., минимальные – в 2005 г. (Гаевский и др., 2009).

Таким образом, фитопланктон Тазовской губы характеризуется широким видовым разнообразием и сравнительно высокой продуктивностью. Растительный планктон – диатомовый, в тёплый период – с пышной вегетацией синезелёных водорослей. Распространение фитопланктона носит мозаичный характер.

ВЛИЯНИЕ МАКРОФИТОВ НА ПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОЗЁР

В.П. Семенченко, **В.И. Разлуцкий**, **Ж.Ф. Бусева**, **Е.И. Сысова**

Научно-практический центр НАН Беларуси по биоресурсам, г. Минск, Беларусь

Проведены полевые и экспериментальные исследования по влиянию различных видов макрофитов на бактерио-, фито- и зоопланктон в прибрежной зоне озёр разного типа.

Установлено, что в литорали без макрофитов и в пелагиали озёр содержание микрофлоры было выше, чем в зарослях макрофитов. Это может быть вызвано аллелопатическим эффектом макрофитов, который был наиболее выражен в зарослях кубышки (*Nuphar lutea*). С другой стороны, возможно также выедание бактерий зоопланктонными организмами – тонкими фильтраторами, численность которых в зарослях была существенно выше, чем в пелагиали. Проведённые эксперименты подтвердили существование аллелопатического воздействия макрофитов на бактериопланктон и фитопланктон, которое выражается в снижении их численности в опытах в присутствии растений. Максимальное ингибирование наблюдалось для синезелёных водорослей.

Различия в развитии бактериопланктона в литорали и пелагиали оказались минимальными в эвтрофных водоемах, что говорит о сходстве процессов деструкции в открытой воде озёр более высокого трофического статуса, где развитие макрофитов ограничено низкой прозрачностью.

Проведённые исследования развития зоопланктона в мезотрофном озере показали, что типично пелагический вид (*Daphnia cucullata*) избегал зарослей макрофитов, в отличие от видов, развитие которых в основном приурочено к литорали (*Bosmina longispina*, *Diaphanosoma brachyurum* и *Ceriodaphnia pulchella*).

В серии экспериментов по влиянию макрофитов на озёрный зоопланктон (длительность экспериментов от 7 до 9 дней) были использованы тростник (*Phragmites australis*) и камыш (*Scirpus lacustris*). В контроле основным доминирующим видом была *D. longispina*, а *C. pulchella* к окончанию опытов оставалась в небольших количествах. В опытах на воде, приготовленной в присутствии камыша, в конце опыта оставалась только *C. pulchella.* В варианте опытов с тростником эти два вида оставались примерно в равных количествах.

Таким образом, различные виды высшей водной растительности оказывают различное влияние на основные компоненты питания зоопланктона (бактерио- и фитопланктон) и на зоопланктонное сообщество.

СУКЦЕССИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ОЗЕРА ГАЙТАН (ЭКОСИСТЕМА Р. ДЕСНЫ)

Т.Н. Середа

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

На примере озера Гайтан, типичного для поймы Десны, нами представлен анализ изменений фитопланктона за 70 лет: по данным Я.В. Ролла (1936) в период летней межени 1933 г. и по исследованиям современного состояния в тот же период 1999 и 2003 гг.

В августе 1933 г. в фитопланктоне озера было зарегистрировано 45 форм водорослей. Видовой насыщенностью отличались зелёные – 40%, диатомовые – 29%, эвгленовые – 16%, синезелёные – 4%, динофитовые и золотистые – по 2%. Численность фитопланктона составляла 3275 организмов/дм^3; в формировании показателей принимали участие диатомовые – 52%, зелёные – 39% (в т.ч. вольвоксовые – 15, десмидиевые – 10, хлорококковые и улотриксовые – по 7%), эвгленовые – 4%, и другие отделы водорослей – менее 2%.

В июле 1999 г. в озёрном фитопланктоне было обнаружено 30 внутривидовых таксонов водорослей (на чистых плёсах зарегистрировано 22, в зарослях макрофитов – 21 форма). В формировании видовой структуры фитопланктона преобладали зелёные водоросли (до 60%), доля синезелёных составляла – 13%, доли диатомовых и эвгленовых – по 10%, доля динофитовых – около 6%. Численность фитопланктона достигала уровня «цветения» воды и колебалась от 117.2 млн. клеток/дм^3 (в зарослях макрофитов) до 177.5 млн. клеток/дм^3 или 10250 организмов/дм^3 (на чистоводье). Массово развивались синезелёные водоросли *Anabaena flos-aquae* (58–91%), *Aphanizomenon flos-aquae* (свыше 20%), *Anabaena sheremetievi* (12.6%). Показатели биомассы колебались от 25.35 мг/дм^3 (на зарастающих участках озера) до 49.93 мг/дм^3 (на чистых плесах).

В июле 2003 г. озёрный фитопланктон был представлен 66 внутривидовыми таксонами водорослей (на чистых плесах – 44, в зарослях макрофитов – 41, в районе протоки, соединяющей озеро с рекой – 32 формы). В видовом отношении преобладали зелёные (55%), диатомовые (свыше 16%) и эвгленовые (около 14%), синезелёные и динофитовые насчитывали по 6%, жёлтозелёные – менее 2%. Показатели численности фитопланктона колебались на уровне 20.67–21.82 млн. клеток/дм^3, что соизмеримо на чистых плёсах с величиной 7740 организмов/дм^3. Доминировали, как и в 1999 г., те же синезелёные водоросли, но уровня «цветения» они не достигали. Биомасса фитопланктона находилась в пределах 20.04–26.64 мг/ дм^3.

Анализ сукцессии фитопланктона оз. Гайтан через 70 лет показал, что изменение условий существования (увеличение зарастания макрофитами, обмеление и т.п.) синхронизирует структурную перестройку сообществ водорослей. В результате потери постоянной связи с рекой, в озере наблюдается изменение условий стратификации, нарушение кислородного режима, что сопровождается «цветением» воды в летнюю межень и интенсификацией процессов эвтрофирования. Из видового состава выпали десмидиевые и золотистые, а также многие диатомовые водоросли. Изменение характера структурной организации фитопланктона (от полидоминантного в 1930-е годы до олиго- и монодоминантного в последние годы), преобладание мелкоклеточных форм синезелёных и хлорококковых в формировании высокопродуктивных сообществ, а также значительная доли жгутиковых (эвгленовых, вольвоксовых) и динофитовых водорослей в формировании биомассы фитопланктона свидетельствуют о повышении трофического статуса водоёма и характеризуют его как высокоэвтрофный.

Для оценки состояния речной экосистемы крайне важен контроль экологического и трофического статуса пойменных водоёмов, являющихся буферной системой реки и рефугиями восстановления её биологического фонда.

СТРАТИГРАФИЯ ОСАДОЧНОГО ХЛОРОФИЛЛА В МОНИТОРИНГЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ФИТОПЛАНКТОНА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Л.Е. Сигарева, **Н.А. Тимофеева**, **В.В. Законнов**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Изучение вертикального распределения осадочного хлорофилла в донных отложениях – один из традиционных подходов к оценке продуктивности водоёма в прошлом. Обоснованием для более широкого применения сведений об осадочных пигментах в продукционных исследованиях можно считать мнение Г.Г. Винберга о том, что донные (иловые) отложения имеют отношение к конечной продукции водоёма, и что между конечной и первичной продукцией существует тесная количественная зависимость (Винберг, 1960). Одно из подтверждений этой идеи – прямая зависимость, установленная между первичной продукцией водоёма и рыбопродуктивностью (Бульон, 1994). Количественная связь между содержанием растительных пигментов в отложениях и первичной продукцией фитопланктона чаще всего исследовалась для озёр. Ориентировочные данные о существовании определенного соответствия между концентрацией осадочного хлорофилла, первичной продукцией фитопланктона и продукцией рыб были получены при изучении горизонтального распределения показателей содержания растительных пигментов и физико-химических свойств верхнего (0–2.5 см) слоя донных отложений водохранилищ Верхней и Средней Волги (Сигарева, Тимофеева, 2005). В настоящем исследовании были проанализированы стратиграфические изменения содержания растительных пигментов и органического вещества в донных отложениях с целью интерпретации полученных результатов для мониторинга продуктивности фитопланктона в экосистеме водохранилища, характеризующегося исключительно высокой динамичностью абиотических условий.

Материалами послужили 5 колонок донных отложений, состоящих из разнотипных илистых грунтов, отобранных на Рыбинском водохранилище в 2009 г. Четыре станции находились в местах постоянного мониторинга продуктивности фитопланктона в речном Волжском и озеровидном Главном плёсах. Дополнительно была взята колонка в Шекснинском плёсе на участке, подвергающемся антропогенному влиянию промышленного г. Череповца. Длина колонок (46–65 см) равна толщине слоя отложений, накопленных за весь период существования водохранилища (с 1941 г.). Растительные пигменты анализировались спектрофотометрическим методом в ацетоновом экстракте.

Среднее содержание хлорофилла в сумме с феопигментами для отдельных колонок изменялось в пределах 44–140 мкг/г сухого грунта. На основании полученных результатов установлена прямая положительная связь между концентрацией пигментов и содержанием органического вещества в слоях колонок донных отложений. Получены доказательства существования количественной связи между концентрацией осадочного хлорофилла, показателями первичной продукции фитопланктона и скоростью осадконакопления в водохранилище. Характер вертикальных изменений концентраций пигментов по глубине донных отложений отражает циклический тип многолетней динамики фитопланктонного хлорофилла, обусловленной периодическими увеличениями и уменьшениями продуктивности водорослей.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 08–04–00384).

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗООБЕНТОСА В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ, СВЯЗАННЫХ С АЭС И ТЭС

А.А. Силаева, **А.А. Протасов**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

Исследования зообентоса в 1995–2007 гг. проводили на водных объектах, связанных с водоснабжением систем всех АЭС Украины – на водоёмах-охладителях Хмельницкой, Южноукраинской, Чернобыльской, Запорожской АЭС, на р. Стырь (Ровенская АЭС), а также на участке Каневского водохранилища (Трипольская ТЭС). Общий список беспозвоночных насчитывает 218 низших определяемых таксонов (НОТ). Наибольшим количеством таксонов характеризовались личинки хирономид (58 НОТ) и олигохеты (43 НОТ). Наименьшее количество НОТ беспозвоночных отмечено в охладителях Южноукраинской АЭС (15) и Запорожской АЭС (11); количество НОТ в остальных водных объектах было сходным (77–107). Общими для всех водоёмов были всего 4 НОТ – Tubificidae (juv.), Ostracoda, *Microchironomus tener* и *Chironomus plumosus*.

В лотических условиях (р. Стырь, участок Каневского водохранилища) доля олигохет в общем количестве НОТ была ниже, чем в охладителях; доля личинок хирономид была практически одинаковой во всех водоёмах. Появление дрейссены в охладителе Хмельницкой АЭС, произошедшее одновременно с увеличением техногенной нагрузки (введение второго энергоблока) в значительной мере не повлияло на богатство зообентоса.

Хотя общий список беспозвоночных довольно значителен, количество НОТ, встречаемость которых выше 50%, было невысоким – от 2 до 10.

Представители понто-каспийского комплекса (всего 17 НОТ) зарегистрированы на участке Каневского водохранилища, в охладителях Чернобыльской и Хмельницкой АЭС, что связано с распространением этих беспозвоночных в бассейне Днепра. В первых двух водоёмах Polychaeta, Isopoda, Mysidae, Cumacea, Gammaridae и Corophiidae были в основном ассоциированы с поселениями двух видов дрейссены (*Dreissena polymorpha*, *D. bugensis*); в охладителе Хмельницкой АЭС зарегистрирован лишь один вид – *D. polymorpha*.

Высоким своеобразием характеризовался зообентос р. Стырь, что объясняется наличием реофильных видов, в основном личинок хирономид. Индекс Сёренсена показал сходство таксономического состава зообентоса (> 0.50) охладителей Чернобыльской и Хмельницкой АЭС, и участка Каневского водохранилища, т.е. водных объектов бассейна Днепра. Наибольшим таксономическим богатством характеризуются сообщества зообентоса на песках средней степени заиления, наименьшим – на илах. Важную роль в формировании таксономического богатства зообентоса играет дрейссена – внутри её пространственно сложных поселений живёт большое количество беспозвоночных из различных таксономических групп. Участки, непосредственно испытывающие влияние высокой температуры сбросной подогретой воды (Ровенская АЭС, Трипольская ТЭС), характеризуются малым количеством таксонов. Однако, в целом чёткой зависимости между количеством таксонов и температурой не выявлено. Чётко выраженная зависимость количества НОТ от глубины была зарегистрирована в охладителях Чернобыльской и Хмельницкой АЭС, где глубины профундали превышали 10 м.

Таксономическое разнообразие $H_{такс}$ (индекс Шеннона, рассчитанный по количеству НОТ в таксономической группе) колебалось в значительных пределах – от 0 (зарегистрирована одна группа) до 3.5 бит/НОТ (Хмельницкая АЭС, 14 групп). В целом, распределение значений таксономического разнообразия имело тенденцию к снижению с увеличением глубины, однако лишь в охладителе Чернобыльской АЭС зарегистрирована значительная отрицательная корреляция (r = -0.82) между $H_{такс}$ и глубиной. Выравненность $H_{такс}$ во всех водоёмах была достаточно высокой, что свидетельствует о равномерном распределении количества НОТ в группах.

Специфические условия, определённая открытость охладителей для деятельности человека (рыбохозяйственные мероприятия, рекреация), связь с другими водоёмами способствуют попаданию в них видов-вселенцев из разных географических зон. Так, в охладителе Хмельницкой АЭС были обнаружены водоросль *Pleurosira laevis*, губка *Eunapius carteri*, кишечнополостное *Craspedacusta sowerbii*, брюхоногие моллюски *Theodoxus euxinus*, *Ferrisia* sp. и *Planorbella* sp. Как показали исследования, таксономический состав зообентоса в значительной мере зависит от типа и условий эксплуатации охладителя, продолжительности и интенсивности воздействия техногенных факторов.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЗООБЕНТОСА В ЗОНАХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ГАЗОВЫХ И НЕФТЯНЫХ РАЗГРУЗОК ГЛУБОКОВОДНОЙ ЗОНЫ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Т.Я. Ситникова, **Т.И. Земская**, **И.В. Механикова**, **Т.В. Наумова**, **А.Е. Побережная**, **Т.Д. Евстигнеева**, **Н.Г. Шевелева**, **И.А. Кайгородова**

Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия

В начале 1990-х годов начались планомерные исследования глубоководных районов Байкала, связанные с открытием новых естественных выходов газовых гидратов и нефтяных флюидов. Изучение видового состава и распределения бентосных животных, населяющих эти своеобразные участки дна, было впервые проведено с применением глубоководного обитаемого аппарата (ГОА) «Пайсис» в районе гидротермального вента в бухте Фролиха. После продолжительного перерыва исследования были возобновлены два года назад с применением ГОА «Миры». Кроме визуальных наблюдений из аппарата и анализа видеосъемок проведены сборы грунта как с помощью манипуляторов и пробоотборников, установленных на ГОА «Миры», так и дночерпателем «Океан». Из каждого дночерпателя взяты по 3–5 трубок (диаметром 5 см) донного осадка для качественного и количественного учета животных.

Выявлено, что в районе естественных выходов нефти у Горевого Утёса (восточное побережье Среднего Байкала) на глубинах 800–900 м существуют различные группировки животных. На битумных постройках среди макробентосных животных преобладали гигантских и средних размеров амфиподы и плоские черви; в основном это виды, известные для глубоководной зоны озера. На твёрдой фракции битумных построек присутствовали рогатковидные рыбы, турбеллярии (коконы и молодь), а также коконы гигантских пиявок, паразитирующих на амфиподах. Здесь же найдены единичные экземпляры глубоководных карликовых видов брюхоногих моллюсков и небольшая колония губки голубого цвета. Следующая группа животных ассоциирована со «сгустками светло-желтого вещества», состоящего из водных грибов, метанокисляющих и разрушающих высшие углеводороды бактерий, а также из осаждённых планктонных диатомовых водорослей. В этом своеобразном биотопе абсолютными доминантоми являлись нематоды нового для науки вида *Monhystera naphtera* Gagarin & Naumova. Донный осадок в акватории выходов нефтегазовых флюидов различной мощности представлен илами с поверхностным окисленным слоем от 1 до 2.5 мм толщиной. Бентос в верхнем пятисантиметровом слое грунта был представлен олигохетами, амфиподами, нематодами, циклопами, остракодами, гарпактицидами и турбелляриями. Плотность поселения беспозвоночных здесь превышала 12 тыс. экз./м^2, что на порядок выше, чем на ближайших участках дна, не входящих в зону разгрузки. Доминирующими группами являлись олигохеты (макробентос) и нематоды (мейобентос). Видовой состав зообентоса был представлен главным образом формами, обычными для глубоководных илов Байкала.

Работа выполнена в рамках Программы РАН №20.9 и при частичной поддержке РФФИ, проекты №09-04-00781а и 10-04-10100к.

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФИТОПЛАНКТОНА РАЗНОТИПНЫХ ВОДОЁМОВ КАРЕЛИИ

Ю.Л. Сластина[1], **С.Ф. Комулайнен**[2]

[1] *Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*
[2] *Институт биологии Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия*

В настоящее время сообщества фитопланктона широко используются как показатель состояния водных систем и качества вод. Однако в этом направлении остается ещё ряд нерешённых вопросов, которые часто осложняют правильность оценки качества вод. Одним из таких аспектов является высокая степень пространственной и временной изменчивости структурных характеристик фитопланктонного сообщества (численности, биомассы, видового богатства). В связи с этим представляется важным изучение особенностей естественной изменчивости фитопланктона в водоемах Карелии, установление степени влияния гидролого-гидрохимических факторов на изменения структуры фитопланктона.

Материалом для настоящей работы послужили пробы фитопланктона, отобранные в 1998–2009 гг. на территории республики Карелии в Онежском озере, Выгозере, Кедрозере, Тарасмозере, оз. Лососинном, Четырехвёрстном, а также архивные и литературные гидрохимические данные для этих водоёмов. Отбор и обработку проб проводили общепринятыми методами. Одновременно отбирались пробы для определения фотосинтетических пигментов спектрофотометрическим методом.

Основной особенностью таксономической структуры фитопланктона является доминирование в исследуемых водоёмах представителей в основном четырёх отделов диатомовых, зелёных, синезелёных и золотистых водорослей. Специфика «географических» особенностей альгофлоры озёр Карелии проявляется в соотношении Cyanophyta : Chlorophyta, которое составляет 1 : 2, что характерно для альгофлоры многих северных озёр и рек. При анализе сезонной динамики хлорофиллов *a*, *b* и *c* определено наибольшее содержание хлорофиллов *a* и *b* во всех изучаемых водоёмах в конце июня – июле; содержание каротиноидов и хлорофилла *c* имеет более сложную динамику, выраженную в наличии нескольких максимумов.

Биомасса фитопланктона в обследованных озёрах значительно варьировала в течение вегетационного сезона и в годовом цикле. Минимальные значения биомассы для озёр во все сезоны года не превышали 0.1 г/м^3. Зимний максимум биомассы достигал 1.5 г/м^3, а весенний, летний и осенний, соответственно, 12.5, 25.0 и 9.0 г/м^3. Весной и осенью в озёрах доминируют диатомовые водоросли, а в летний период развивается смешанный планктон. Уровень развития фитопланктона в олиготрофных озёрах значительно ниже, чем в мезотрофных и эвтрофных.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *CORBICULA JAPONICA* В БИОМОНИТОРИНГЕ ЭСТУАРИЯ РЕКИ РАЗДОЛЬНОЙ

В.В. Слободскова, **Е.Е. Солодова**, **В.П. Челомин**

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

В настоящее время в биологический мониторинг всё шире вовлекаются биохимические экспресс-методы, основанные на анализе биохимических изменений, происходящих в организме при воздействии неблагоприятных факторов среды. Биохимические показатели (маркеры) могут служить для оценки раннего проявления повреждающего действия негативных факторов среды и, по своей сути, являются сигналами возникновения угрозы развития патологических процессов. Более того, такие маркеры приобретают особое значение при оценке совместного влияния различных видов антропогенного стресса и варьирующих факторов биотического и абиотического характера, а также при прогнозировании отдалённых последствий воздействия поллютантов на экосистемы.

Для водных беспозвоночных различными исследовательскими группами на основе лабораторных экспериментов был выявлен ряд биохимических показателей, которые могут быть использованы в качестве специфических (индикаторы воздействия определенной группы токсикантов) и неспецифических (индикаторы воздействия широкого спектра химических веществ) маркеров. Среди последних, в рамках рассматриваемой проблемы, наибольший интерес представляют показатели, характеризующие степень повреждения ДНК, которое выявляется в настоящее время с помощью метода ДНК-комет.

Река Раздольная – самая протяжённая и экономически значимая водная артерия юга Приморского края. Интенсивное освоение природных богатств южной части Приморья способствует значительному загрязнению наземных и водных экосистем бассейна р. Раздольной.

Основная задача настоящей работы заключалась в том, чтобы оценить уровень влияния антропогенного загрязнения вод реки Раздольной на ДНК клеток жабр эстуарного моллюска *Corbicula japonica* с помощью метода ДНК-комет (Comet assay, SCGE). Сбор животных проводился в августе, сентябре и октябре 2009 года в эстуарии реки Раздольной. В работе использовали половозрелых особей *C. japonica* (размер 30–34 мм). Результаты исследования показали, что ДНК из клеток жабр корбикулы образует хорошо выраженные кометы, что обусловлено деградацией генома и миграцией низкополимерных фрагментов ДНК. Исходя из классификации предложенной Коллинзом и коллегами (1995), ДНК клеток жабр *C. japonica* формирует кометы, относящиеся к классу С3, что свидетельствует о высоком уровне фрагментации молекулы ДНК.

На основе проведённого исследования можно сделать вывод о том, что антропогенное загрязнение водной акватории непосредственно отражается на гидробионтах через дезорганизацию систем восстановления клеточных структур и макромолекул, в том числе и таких значимых, как молекула ДНК. Подавление системы репарации ДНК может инициировать серьёзные биологические нарушения в генетическом аппарате клетки, что, в свою очередь, может привести к возникновению мутаций и злокачественной трансформации клеток. Мы считаем, что кометный анализ даёт адекватную информацию об общем уровне повреждения клеточной ДНК и может успешно применяться при мониторинге водных акваторий.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И БИОГЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ВОДАХ ГИПЕРГАЛИННОГО ОЗЕРА МАНЫЧ-ГУДИЛО

В.Г. Сойер

Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону, Россия

Реликтовое озеро Маныч-Гудило, расположенное в верховьях долины р. Западный Маныч, является в настоящее время, по существу, бессточным водоёмом с характерной для аридных зон высокой скоростью испарения и небольшой интенсивностью выпадения атмосферных осадков. Как следствие, озеро подвержено испарительному концентрированию, обусловившему довольно высокую минерализацию его вод. В 1930-х годах произошло значительное распреснение озера после проведения ряда водохозяйственных мероприятий для обеспечения судоходства и развития рыбного хозяйства. Слом системы мелиорации в послеперестроечное время привёл практически к полной изоляции озера и к росту минерализации его вод вплоть до 45–50 г/л в последние годы.

Испарительное концентрирование работает в одном направлении как для главных ионов, так и для биогенных элементов, и приводит, по существу, к повышению трофического статуса вод. Южный научный центр РАН организовал регулярные наблюдения на оз. Маныч-Гудило для оценки интенсивности изменений в экосистеме этого довольно динамичного водного объекта и его дальнейшей судьбы. Кроме данных о вариации минерального состава вод, важны сведения о первичной продукции и обеспеченности биогенными элементами.

По результатам трёхлетнего цикла исследований установлено, что воды озера содержат весьма высокие концентрации растворённого органического углерода – около 50 мг C/л, встречающиеся в высокоевтрофных и гиперевтрофных водах. Общий азот, в составе которого превалирует органический, в среднем достигает 2.7 мг N/л, что также свидетельствует о высоком трофическом статусе вод озера. Наконец, общий и органический фосфор в летний период зарегистрированы в диапазоне 60–150 мкг P/л при нулевом содержании минерального фосфора, что свидетельствует о равновесии процессов продукции и бактериальной деструкции органического вещества. В холодное время года минеральный фосфор появлялся в детектируемых количествах и обнаруживался на уровне 10 мкг P/л и выше. По-видимому, это следствие неодинакового снижения скорости фотосинтеза и процессов минерализации органического вещества при понижении температуры и сокращении инсоляции.

Полученные данные о высоком уровне концентрации биогенных элементов в высокоминерализованных водах могут расцениваться как подтверждение действия испарительного концентрирования. Оценить степень концентрирования из полученных данных довольно сложно; по ряду причин она, возможно, неодинакова для главных ионов и биогенных элементов. Так, обнаружено, что воды озера подпитываются подземными водами с довольно низкой минерализацией (около 4 г/л) и с весьма высоким содержанием минерального фосфора, концентрация которого достигала 300 мкг P/л при полном отсутствии органического фосфора.

Уровень первичной продукции фитопланктона, измеренный методом тёмных и светлых кислородных склянок, сравнительно невелик и, скорее всего, неспособен вызвать отмеченное явление полного потребления минерального фосфора в воде. По имеющимся данным, интенсивное потребление фосфора обусловлено развитием макроводорослей, занимающих многометровую толщу вод озера. Таким образом, неуклонное повышение минерализации вод, по-видимому, вызвало смещение в составе продуцентов экосистемы озера Маныч-Гудило.

МАЛАКОФАУНА КЕНОЗЕРСКОЙ ГРУППЫ ОЗЁР И РЕКИ КЕНЫ

С.Е. Соколова

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, Россия

Вопросы пространственного распределения и географической изменчивости видового разнообразия моллюсков в пресноводных экосистемах представляют значимый фундаментальный интерес. Кенозерская группа озёр (Кенозеро, Долгое, Свиное) находится на западе Онего-Двинско-Мезенской равнины, на юго-западе Архангельской области. Кенозеро располагается в водосборном бассейне реки Кены, в среднем течении левого притока реки Онеги (Исаченко, 1995). Исследование малакофауны в обозначенных районах проводились по стандартным методикам (Методика..., 1975; Определитель..., 2004; Корнюшин, 1996; Круглов, 2005; Песенко, 1982). Изучение малакофауны Кенозерской группы озёр проводилось в ходе полевых экспедиционных работ в августе 2008 года. В озёрах Кенозерской группы (Кенозеро, Долгое, Свиное) было отобрано около 250 проб в 36 точках. Нашей задачей был максимальный разброс точек и широкий охват различных биотопов, а также исследование экологических условий местообитаний пресноводных моллюсков. Изучение фауны моллюсков реки Кены проводилось в ходе полевых экспедиционных работ в августе 2008–2009 гг. В реке Кене было отобрано 38 проб в 6 точках.

В озёрах Кенозерской группы обнаружено 32 вида моллюсков, которые принадлежат к 5 семействам класса Gastropoda (семейства Planorbidae, Bithyniidae, Valvatidae, Physidae, Lymnaeidae) и к 4 семействам класса Bivalvia (семейства Euglesidae, Pisidiidae, Sphaeriidae, Unionidae). Наибольшим видовым богатством характеризуется семейство Planorbidae (8 видов), Lymnaeidae (6 видов) и Euglesidae (7 видов). Менее богаты видами семейства Valvatidae, Bithyniidae, Physidae, Sphaeriidae, Pisidiidae и Unionidae, каждое из которых представлено 1–4 видами.

Распределение видов по баллам относительного обилия в изученных озёрах неодинаково. Наиболее распространены в озёрах Кенозерской группы следующие виды: *Cincinna piscinalis* (Mueller, 1774), *Lymnaea glutinosa* (Mueller, 1774), *L. intermedia* Lamarck, 1822, *Cingulipisidium nitidum* (Jenyns, 1832) и *Anisus vortex* (Linnaeus, 1758) (4-й балл обилия). Обычные виды представлены *A. albus* (Mueller, 1774), *A. stelmachoetius* (Bourguignat, 1860), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758), *C. depressa* (C. Pfeiffer, 1828), *C. frigida* (Westerlund, 1873), *L. auricularia* (Linnaeus, 1758), *L. ovata* (Draparnaud, 1805), *L. fragilis* (Linnaeus, 1758), *Euglesa ponderosa* (Stelfox, 1918), *Pisidium amnicum* (Mueller, 1774), *Sphaerium westerlundi* Clessin in Westerlund, 1873, *Tumidiana tumida* (Philipsson in Retzius, 1788), *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758), *Colletopterum anatinum* (Linnaeus, 1758). На долю малочисленных видов приходится суммарно 9.12% от объема сборов.

Большинство моллюсков Кенозерской группы озёр относятся к европейско-западносибирским, европейско-сибирским, палеарктическим и европейским видам. Менее представлены виды с голарктическим и сибирско-североевропейским ареалом.

В реке Кене обнаружен 21 вид моллюсков из 4 семейств класса Gastropoda (Planorbidae, Bithyniidae, Valvatidae, Lymnaeidae) и из 4 семейств класса Bivalvia (Euglesidae, Pisidiidae, Sphaeriidae, Unionidae). Наибольшим видовым богатством характеризуется семейство Planorbidae, представленное 7 видами.

Распределение видов по баллам относительного обилия неодинаково. В реке Кене наиболее распространены *Anisus contortus* (Linnaeus, 1758), *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) и *Cingulipisidium nitidum* (Jenyns, 1832). Обычные виды представлены *A. laevis* (Alder, 1838), *A. vortex* (Linnaeus, 1758), *Cincinna piscinalis* (Mueller, 1774), *Lymnaea fragilis* (Linnaeus, 1758), *L. ovata* (Draparnaud, 1805). На долю малочисленных видов приходится суммарно 13% от объема сборов.

Большинство моллюсков реки Кены относятся к европейским и европейско-сибирским видам, на их долю в зоогеографической структуре приходится почти 52% экземпляров. Виды с европейско-западносибирским и палеарктическим ареалом также хорошо представлены. Голарктических видов мало.

Население моллюсков Кенозерской группы озёр и реки Кены сходно по видовому составу, и это неудивительно, поскольку формирование малакофауны Кенозерских озёр и реки Кены, очевидно, происходило одновременно. Видовое богатство в Кене ниже, чем в Кенозерских озёрах, что можно объяснить большим разнообразием биотопов в озере, нежели в реке. Также следует отметить, что в реке обитают моллюски, характерные исключительно для водотоков, например *Ancylus fluviatilis* Mueller, 1774 (Лешко, 1998). Моллюск *Bithynia tentaculata* (Linnaeus, 1758) в реке Кене является одним из доминантов, а в озере является обычным видом. Это объясняется более благоприятными для данного вида условиями в реке – быстрым течением, высоким содержанием кислорода в воде и обилием водной растительности, в том числе мха *Fontinalis*.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ №№ 10-04-00897-а и 10-04-10125-к, междисциплинарного проекта УрО РАН «Ландшафтно-зональные условия и видовое разнообразие беспозвоночных животных на Европейском Севере: оценка роли природных и антропогенных факторов» и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы».

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЛИТОРАЛИ НА РАЗНООБРАЗИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННОЕ РАЗВИТИЕ ПЛАНКТОНА В МАЛЫХ ОЗЁРАХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ.

А.Б. Степанова[1], **Н.В. Зуева**[1], **Е.Ю. Воякина**[2]

[1] *Российский государственный гидрометеорологический университет, г. Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

Исследование посвящено изучению влияния характеристик макрофитов на структуру планктонных сообществ в малых озёрах. В качестве модельных объектов выбраны девять малых лесных озёр о. Валаам с площадью от 0.3 до 2.8 га и с максимальными глубинами от 1.9 до 8.8 м. Озёра существенно различаются по общей площади зарастания, этот параметр варьирует от 5 до 45%.

В работе рассматривается массив данных по фито- и зоопланктону за период с июня по сентябрь 1999–2009 гг. и по макрофитам – с 2005 по 2009 гг. В анализ включены экстремальные значения структурных характеристик сообществ, так как для озёр характерна значительная межгодовая изменчивость. Для макрофитов рассмотрены следующие параметры: площадь зарастания (%), доля количества видов гидрофитов в общем списке видов, видовое богатство и индекс Шеннона. Для планктона наряду с двумя последними характеристиками выбраны значения общей численности и биомассы, доля коловраток в общей численности и биомассе зоопланктона. При статистической обработке использован корреляционный анализ, уровень значимости – 0.05.

Для озёр о. Валаам отмечено большое разнообразие сочетаний значений гидрохимических параметров. Сопоставление с озёрами материковой Карелии и Карельского перешейка показало, что исследованные водоёмы отличаются повышенным содержанием органического вещества, железа и минеральных форм фосфора. Озёра можно отнести к мезополигумозному мезо- или мезополижелезистому типам; по значениям pH два из них ацидные, остальные нейтральные (Воякина и др., 2009а). Структура сообществ фитопланктона, зоопланктона и макрофитов существенно варьировала от озера к озеру; их характеристики рассматривалась в целом ряде публикаций (Воякина, 2006; Воякина и др., 2009б).

Анализ показал, что при увеличении видового богатства и разнообразия макрофитов видовое разнообразие и биомасса зоопланктона возрастают. В планктоне увеличивается количество литоральных видов и видов-детритофагов. Это подтверждается также взаимосвязью между долей гидрофитов в видовом списке и биомассой и видовым разнообразием зоопланктона. Помимо этого, при увеличении зарастания истинно водными видами увеличивается доля коловраток в общей численности и биомассе зоопланктона. Значения коэффициентов корреляции достоверны и изменяются от 0.58 до 0.77.

Кубышка жёлтая характеризуется наибольшими площадями зарастания в исследованных водоёмах; исключение составляют оз. Оссиево и оз. Витальевское. В этих водоёмах формируются обширные сфагново-осоковые сплавины. Общая площадь зарастания макрофитами не связана с показателями их видового разнообразия.

К особенностям малых лесных озёр можно также отнести отсутствие значимых корреляций между биомассой планктона и его видовым разнообразием. Максимальные значения биомассы зоопланктона отмечены в озёрах с верховым заболачиванием на водосборе и, как следствие, с пониженными значениями pH. Для этих же водоёмов характерны минимальные значения биомассы фитопланктона и невысокие значения его видового разнообразия ($K > 0.63$).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАКРОЗООБЕНТОСА ТАЗОВСКОЙ ГУБЫ

В.Б. Степанова

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, г. Тюмень, Россия

Тазовская губа – залив Обской губы Карского моря. Она расположена за Полярным кругом между полуостровами Тазовским и Гыданским на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Площадь водоёма составляет 6500 км², длина – около 330 км, ширина у входа в Обскую губу – около 45 км. Тазовская губа имеет важное рыбохозяйственное значение как место зимовки и нагула сиговых и осетровых рыб. Исследования донной фауны Тазовской губы проводились в подлёдный период 2003 г. и в сезон открытой воды 2005, 2008 и 2009 гг. Пробы отбирались в северной части Тазовской губы в районе её впадения в Обскую губу.

В составе макрозообентоса определено более 30 видов и групп более высокого таксономического ранга. Это представители круглых и малощетинковых червей, пиявок, брюхоногих и двустворчатых моллюсков, ракообразных и личинки амфибиотических насекомых. Определено 14 видов хирономид, из которых самыми массовыми являются личинки *Prodiamesa bathyphila*, *Paracladopelma camptolabis* и рода *Procladius.* Брюхоногие моллюски представлены родом *Valvata*, двустворчатые – родами *Sphaerium*, *Pisidium* и *Euglesa.* Из ракообразных отмечены ракушковые раки, мизиды, равноногие и бокоплавы. В зообентосе эстуария реки Оби обнаружены четыре вида реликтовых ракообразных, три из которых – *Pontoporeia affinis*, *Mysis relicta* и *Mesidotea entomon*, встречаются и в Тазовской губе.

В подлёдный период плотность донных организмов составляла 400–620 экз./м^2, а их биомасса – от 1.20 до 1.96 г/м^2. На всех станциях доминировали олигохеты (55–81%). В сезон открытой воды (август–сентябрь) количественные показатели развития зообентоса были значительно выше, чем зимой. Плотность донных беспозвоночных составляла на разных станциях от 40 до 3200 экз./м^2, а их биомасса – от 0.10 до 14.53 г/м^2. Максимальные величины биомассы отмечаются в центральной русловой части Тазовской губы на глубине 8–12 м, где доминирующими группами являются олигохеты (51–97%) и моллюски (до 99%). Ближе к берегам, на глубине 3.6–7 м в донной фауне преобладают ракообразные семейства Gammaridae (77–100%). Среди амфипод доминируют ледниковые реликты *P. affinis*, плотность которых достигает 2440 экз. на м^2 дна. Современные исследования показали, что таксономическое разнообразие макрозообентоса Тазовской губы не снизилось, а исходный видовой состав сохраняется на протяжении последних 25 лет наблюдений. Величины численности и биомассы донных животных находятся в пределах многолетних колебаний; изменений в соотношениях основных групп донной фауны не обнаружено. Это свидетельствует о том, что современный уровень антропогенной нагрузки пока не оказывает существенного отрицательного влияния на состояние зообентоса Тазовской губы.

СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕНИКУЛИРУЮЩЕЙ АНТЕННУЛЫ ПРЕСНОВОДНЫХ CALANIFORMES (CRUSTACEA: COPEPODA) И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ ПОСТРОЕНИЙ

Л.А. Степанова

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Основным родовым признаком в диагностике Diaptominae принято считать вооружение экзоподита левой ноги P5 самца и эндоподита P5 самки. Как дополнительный признак, используется вооружение геникулирующей антеннулы, в основном – 3-го от конца членика. Геникулирующая антеннула самца – функционально значимый орган, ответственный, в частности, за захват самки и, как показали последние исследования, за перенос и прикрепление сперматофор (Previattelli, Boxshall, 2008). Необходимость одновременного изучения строения и самки, и самца, затрудняет родовую диагностику Diaptominae. По этой причине, необходимо установить зависимость между отдельными морфоструктурами самца и вооружением эндоподита самки.

В работе использован световой микроскоп и система анализа изображений "Истра". На основе сравнительного анализа собственных и литературных данных (108 видов из 21 рода) представлено информационное содержание таких характеристик, как: (1) геникулирующая антеннула самца: вооружение и относительная длина выростов 7–16-го и дистальных члеников; (2) эндоподит P5 самки; (3) форма и вооружение боковых лопастей самки. Установлена взаимная обусловленность строения геникулирующей антеннулы самца (структура 14-го членика) и вооружения эндоподита P5 самки. Это позволило выделить четыре группы родов Diaptominae, внутри которых таксоны различаются по дополнительным надёжным признакам строения этого органа.

ХЛОРОФИЛЛ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТРОФИЧЕСКОГО СТАТУСА ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ГДАНЬСКОГО БАССЕЙНА

В.Н. Степанцова

Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГУП «АтлантНИРО»), Российский государственный университет им. И. Канта, г. Калининград, Россия

Содержание хлорофилла *a* является важнейшим показателем эвтрофирования и загрязнения вод. Оценка экологического состояния и мониторинг этого показателя в Балтийском море предусмотрены Морской стратегией и Водной Директивой Европейского Союза.

Исследования содержания хлорофилла *a*, как часть комплексных океанологических исследований, выполняемых РГУ им. Канта, проводились в восточной части Гданьского бассейна на двух участках: у северной оконечности Вислинской косы и у западного побережья Самбийского полуострова. Измерения были проведены 23–25 июня на 18 станциях и 4–7 сентября 2009 года на 8 станциях. Содержание хлорофилла *a* определялось в поверхностном и придонном слое экстракционным спектрофотометрическим методом.

Содержание хлорофилла *a* в июне 2009 г. у западного побережья Самбийского полуострова в поверхностном слое варьировало от 3.4 до 7.8 мкг/л. У северной оконечности Вислинской косы в июне 2009 г. оно изменялось от 1.7 до 6.8 мкг/л. В столбе воды содержание хлорофилла закономерно снижалось от поверхности до дна.

В период исследования у побережья Вислинской косы наблюдалось поднятие глубинных вод (локальный апвеллинг), определяемое по градиенту температуры с 11.5°C у берега до 13.8°C в конце исследуемого разреза, на расстоянии 10 км от берега. Следствием локального апвеллинга было поступление в верхний фотический слой биогенных элементов (азот, фосфор), лимитирующих развитие фитопланктона летом. В результате, вдоль разреза в течение суток наблюдалось резкое увеличение концентрации хлорофилла (обилия фитопланктона) – с 2.0–2.8 мкг/л 24 июня до 3.4–6.8 мкг/л 25 июня 2009 г. Максимальное значение хлорофилла *a* (5.2–7.8 мкг/л) было приурочено к станциям, располагающимся у берега, в особенности на траверзе г. Янтарный. Минимальное значение хлорофилла *a* (1.7 мкг/л) отмечалось на станциях, находящихся на удалении от береговой линии. Содержание хлорофилла *a*, как показатель обилия фитопланктона, соответствовало уровню начала летнего «цветения» синезелёных водорослей в Балтийском море.

Исследования, проведенные в сентябре 2009 г. у северной оконечности Вислинской косы, свидетельствовали о сохранении благоприятных условий (интенсивная инсоляция, высокий прогрев воды – до 17.8–18.2°C) и о продолжении «цветения» фитопланктона. Содержание хлорофилла *a* в сентябре 2009 г. варьировало в поверхностном слое от 6.5 до 9.7 мкг/л.

Концентрации хлорофилла *a*, полученные в июне 2009 г. на исследуемой акватории в восточной части Гданьского залива, характерны для мезотрофных (0.8–4.0 мкг/л) и эвтрофных вод (4.0–10.0 мкг/л), согласно классификации трофического статуса вод Балтийского моря (Wasmund et al., 2001). В начале сентября 2009 г. при благоприятных условиях для развития фитопланктона сохранялось эвтрофное состояние, согласно концентрации хлорофилла *a*.

Исходя из многолетних наблюдений (2003–2007 гг.), содержание хлорофилла *a* в центральной части Гданьского залива в летний период (июль) составляло 2.5–4.0 мкг/л и характерно для мезотрофного состояния (Александров, 2009). Летом 2009 г. концентрации хлорофилла *a* на станциях, расположенных в мористой части Гданьского залива, соответствовали многолетним данным. Повышенные концентрации в прибрежной зоне (траверз г. Янтарный, у побережья Вислинской косы) соответствовали величинам хлорофилла, наблюдаемым в период «цветения» (6–15 мкг/л) в прибрежной зоне у северной части Самбийского полуострова и вдоль Куршской косы (Александров, 2001). Результаты исследования подтверждают, что в современный период мезотрофное состояние характерно для большей части акватории Балтийского моря, в том числе для Гданьского залива, и лишь в прибрежной зоне наблюдается эвтрофное состояние (Wasmund et al., 2001).

ЭЛЕМЕНТЫ БИОТИЧЕСКОГО БАЛАНСА ОЗЕРА МОГИЛЬНОЕ (О. КИЛЬДИН, БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

И.А. Стогов[1], **Е.А. Мовчан**[1], **Н.Н. Шунатова**[1], **М.В. Фокин**[2], **С.С. Малавенда**[3], **О.С. Любина**[4], **А.В. Полоскин**[1], **П.П. Стрелков**[1]

[1] *Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*
[3] *Мурманский технический университет, г. Мурманск, Россия*
[4] *Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, Россия*

Могильное – реликтовое меромиктическое озеро, стратифицированное по солёности и содержанию кислорода, со специфическим сообществом морских, пресноводных и солоноватоводных организмов. На основании материалов, собранных в июле 2007–2008 гг., рассчитаны продукционные характеристики основных экологических групп гидробионтов различных трофических уровней.

Величина первичной продукции планктона на глубинах от 0 до 8 м изменялась от 0.38 до 1.34 мг O_2/л в сутки, и в среднем составила 0.82 мг O_2/л в сутки. При продолжительности вегетационного сезона около 150 суток, это соответствует 492 тоннам сырого органического вещества за год (далее по тексту – т). Суточная величина деструкции планктона для слоя 0–8 м составила 0.52 мг O_2/л в сутки. Максимальная продукция донных фотосинтетиков отмечена для биоценоза *Polydora ciliata – Tubificoides benedeni*, где составила 194 т и создавалась зелёными и синезелёными водорослями. В целом, макрофиты и микрофитобентос продуцируют в озере около 414 т.

Общая биомасса зоопланктона в озере составляет около 866 кг, в поверхностном слое (0–4 м) основную часть продукции зоопланктона создавали коловратки *Keratella quadrata*, тогда как в среднем (4–9 м) и придонном (9–12 м) слоях – веслоногие ракообразные *Pseudocalanus elongatus*. Суммарная продукция зоопланктона в озере составляет 11.6 т, большая часть из которых – около 7.0 т, создаётся в среднем слое воды. В поверхностном и придонном слоях зоопланктоном создается, соответственно, 3.6 и 1.0 т.

Общая численность мейобентоса в литоральной зоне на глубинах 0.5–1 м изменялась от 74 до 163 тыс. экз./м^2, биомасса – от 7.2 до 10.4 г/м^2. По численности преобладали харпактициды и нематоды, по биомассе – олигохеты. На глубинах 3–4 м при сходной структуре сообществ величины обилия были существенно ниже: численность – от 10 до 13 тыс. экз./м^2, биомасса – от 1.1 до 2.1 г/м^2. На глубинах 6–7 м мейобентос либо отсутствовал, либо был представлен нематодами, при этом численность изменялась от 0 до 5 тыс. экз./м^2, биомасса – от 0 до 0.1 г/м^2. На глубинах 8–9 м мейобентос отсутствовал. Продукция мейобентоса в прибрежной зоне составила 84.5 г/м^2 за год, на горизонте 3–4 м – 12.5 г/м^2 за год, на горизонте 6–7 м – 0.5 г/м^2 за год. Таким образом, продукция мейобентоса с учетом относительных площадей, занимаемых участками дна с разными глубинами, составляет 50.2 г/м^2 за год, а валовая продукция мейобентоса – около 5.35 т.

В макрозообентосе озера превалируют биоценозы *Gammarus*–Chironomidae (занимает около 28000 м^2) и *Polydora ciliata* (11600 м^2), валовая продукция которых составляет 2.01 и 0.47 т. Наиболее важный вклад в биотический баланс водоёма даёт биоценоз *Macoma – Jaera* – Oligochaeta, занимающий площадь около 3200 м^2, валовая продукция которого составляет 2.96 т. Общее количество органического вещества, создаваемого донными беспозвоночными, составляет ориентировочно 8.7 т, продукция хищного зообентоса составляет около 2.5 т.

Таким образом, озеро Могильное характеризуется низким потреблением первичной продукции консументами и высокой ролью мейобентоса, вклад которого в биотический баланс вполне сопоставим с ролью макробеспозвоночных. Годовая продукция зообентоса несколько выше, чем продукция планктонных беспозвоночных.

Благодарности: РФФИ (07-04-01734-а), WWF России и участникам экспедиций.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА МАКРОБЕНТОСНОГО СООБЩЕСТВА И ЕГО ПРОДУКТИВНОСТЬ В РАЙОНЕ МИДИЕВОЙ ЩЁТКИ ЭСТУАРИЯ РЕКИ ЧЁРНОЙ (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ, БЕЛОЕ МОРЕ)

А.П. Столяров

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Мидиевые банки – плотные скопления фильтраторов – являются важным компонентом эстуарной экосистемы. Располагаясь чаще всего в нижних областях эстуария в зоне активной гидродинамики, они играют огромную роль в осаждении взвеси и очищении от неё поверхностной прибрежной воды (Daurer, 1993; Shillabeer, Tapp, 1990).

Исследование проводилось в эстуарии р. Черной, в районе мидиевой банки на 7 постоянных разрезах. В течение летнего периода было сделано две съемки – в начале сезона (в июне) и в конце сезона (в конце августа – начале сентября).

Рассматриваемое сообщество имеет выраженную поясную структуру. В нижней литорали преобладали крупные сестонофаги *Mytilus edulis*, в средней литорали – более мелкие детритофаги *Macoma balthica* и *Hydrobia ulvae*, а в верхней литорали – ещё более мелкие олигохеты и та же гидробия. Соответственно, число видов, общая плотность и общая биомасса макрозообентоса в районе мидиевой банки были максимальными в нижней и средней литорали, а минимальными – в верхнем горизонте приливно-отливной полосы. По своему функциональному значению выделяются популяции двустворчатого моллюска *Mytilus edulis*, достигающие 80–90% биомассы всего сообщества нижней литорали и 30–50% сообщества средней литорали. При этом, *M. edulis* в нижней литорали покрывает 60–80% всей площади дна, а в средней – только 1–7%. На верхней литорали мидии обнаружены не были, а осушная полоса в основном была представлена крупнозернистым песком, заселённым олигохетами *Nais elinguis* и *Paranais littoralis*, брюхоногими моллюсками *H. ulvae* и *Littorina saxatilis*.

В течение летнего периода (с июня по сентябрь) наблюдается увеличение общей плотности и биомассы беспозвоночных во всей приливно-отливной полосе, особенно заметное в верхней литорали. Видовое разнообразие и выравненность сообщества макрозообентоса были низкими в скоплениях мидии и выше между ними. При этом в скоплениях мидии основная функциональная роль в сообществе макрозообентоса принадлежит сестонофагу *Mytilus edulis*, в промежутках между ними – детритоядному эвригалинному брюхоногому моллюску *Hydrobia ulvae*.

Для сообщества макробентоса в районе мидиевой щётки характерно резкое уменьшение размеров организмов от нижней литорали в сторону средней и особенно верхней литорали, а также в скоплениях мидии и между ними, что связано с уменьшением плотности *M. edulis* в средней и верхней литорали и их заменой на более мелкие популяции макомы, гидробии и олигохет. Обнаружена тенденция к увеличению средних размеров *M. edulis* по мере повышения мареграфического уровня от нижней литорали к средней. Самая многочисленная размерная группа популяции *M. edulis* в нижней литорали представлена особями среднего возраста (6–7 лет), а на краю банки – молодыми особями (3-х летнего возраста).

Для размерной структуры популяции *H. ulvae* характерно отсутствие молодых гидробий в скоплениях мидии и доминирование там более взрослых животных – в основном 3-х летнего возраста. В промежутках между щётками преобладали молодые особи – до года или годичного возраста. Сообщество мидиевой щётки относится к реципиентным структурам, зависимым от поступления энергии извне. Полная компенсация энергетических трат гетеротрофных организмов в нижней и средней литорали возможна только за счёт притока энергии из соседних подсистем.

Сообщество верхней литорали характеризуется более высокими значениями интенсивности метаболизма (R/B) по сравнению с горизонтами осушной полосы, расположенными ниже. Это связано с преобладанием мелких детритоядных организмов (олигохет и гидробии) на верхнем горизонте и крупных сестонофагов (в основном – *M. edulis*) на горизонтах, находящихся ниже.

Высокая гидродинамическая активность водных масс в низовьях эстуария способствует образованию в этом районе плотных поселений сестонофагов (*M. edulis*), утилизирующих взвешенные в воде органические частицы различной природы, образующиеся в основном в опреснённом районе, где располагаются обширные солёные марши с высокой первичной продукцией.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ Р. ШЕЛОНИ (ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ) ПО ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Д.Н. Судницына, **А.В. Черевичко**, **А.Е. Михайлов**

Псковское отделение ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Псков, Россия

Река Шелонь имеет длину 248 км и относится к бассейну Балтийского моря. Она берёт начало в болоте около деревни Новая Слобода (Дедовический район Псковской области) и впадает в озеро Ильмень (Новгородская область). Река используется для водозабора и сброса сточных вод. На территории Псковской области основными загрязнителями реки являются предприятия жилищно-коммунального хозяйства города Порхова и посёлка Дедовичи.

Целью данной работы является оценка экологического состояния реки Шелони в пределах населённых пунктов Дедовичи и Порхов по структурным показателям сообществ гидробионтов (фитопланктона, зоопланктона, фитоперифитона и макрозообентоса).

При выборе методов исследования мы руководствовались нормативными документами в области контроля качества воды, в которых гидробионты используются как один из показателей (ГОСТ 17.1.3.07-82 «Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоёмов и водотоков»). Пробы собирались и обрабатывались общепринятыми методами (Руководство …, 1992).

В составе фитопланктона исследованной акватории реки Шелони выявлено 82 таксона рангом ниже рода из 4 отделов: диатомовые, синезелёные, зелёные и эвгленовые водоросли. Преобладали диатомовые водоросли (Bacillariophyta) – 65.8%. Структурные показатели фитопланктона на двух изученных участках были близки и в течение года изменялись в широких пределах: число видов на станциях – от 4 до 33, общая численность – от 200 до 19330 тыс. клеток на л, биомасса – от 0.20 до 9.8 г/м^3. Наиболее высокие показатели развития фитопланктона отмечены весной в г. Порхове, расположенном ниже по течению.

Фитоперифитон исследованной акватории р. Шелони несколько богаче видами, чем фитопланктон. Всего выявлено 95 таксонов из тех же 4 отделов. На всех станциях и во все сезоны преобладали Bacillariophyta. Число видов по станциям изменялось в широких пределах – от 5 до 31. Наиболее разнообразным оказался фитоперифитон на участке в пос. Дедовичи.

Состав зоопланктона значительно различался по участкам. Самые высокие показатели выявлены в пос. Дедовичи: 21 таксон, индекс Шеннона–Уивера – 0.9–2.8 бит, численность – 0.10–1.78 тыс. экз./м^3, биомасса – 0.001–0.051 г/м^3. На участке реки в г. Порхове было отмечено только 11 видов зоопланктонных организмов, индекс Шеннона–Уивера был в пределах 0.4–1.2 бит, численность – 0.01–0.32 тыс. экз./м^3, биомасса – 0.001–0.025 г/м^3.

В сообществах макрозообентоса качественные и количественные показатели также оказались выше в районе пос. Дедовичи – 42 вида, численность – 80–2360 экз./м^2, биомасса – 0.2–25.02 г/м^2. В г. Порхове отмечено только 19 видов макробентоса, численность – 20–1590 экз./м^2, биомасса – 0.03–12.28 г/м^2.

Сапробиологическая оценка воды реки Шелони по состоянию сообществ гидробионтов оказалась неоднозначной: по планктонным сообществам и по фитоперифитону воды в пос. Дедовичи оцениваются как «умеренно загрязнённые» (III класс качества), по макрозообентосу – как «умеренно загрязнённые»–«загрязнённые» (III–IV класс). Уровень загрязнения вод в г. Порхове по всем показателям был выше: по планктонным сообществам и фитоперифитону – «умеренно загрязнённые»–«загрязнённые» (III–IV класс), по макрозообентосу – «загрязнённые»–«грязные» (IV–V класс качества).

Таким образом, структурные показатели сообществ гидробионтов и данные сапробиологического анализа позволили установить, что антропогенные загрязнения негативно влияют на сообщества водных организмов р. Шелони. Наиболее заметное влияние загрязнения отмечено в крупном населённом пункте – городе Порхове, расположенном ниже по течению реки.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ СООБЩЕСТВ БИОТЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

О.Н. Суслопарова, **А.Г. Леонов**, **О.И. Мицкевич**, **В.А. Огородникова**, **Т.В. Терешенкова**

Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства (ФГНУ "ГосНИОРХ"), г. Санкт-Петербург, Россия

Планомерные рыбохозяйственные исследования южной части Ладожского озера определяются чрезвычайно высокой значимостью данного района в формировании рыбных запасов (около 90% всех запасов рыб Ладожского озера). Представлены материалы выполненных в 2009 г. гидробиологических и ихтиологических съемок в сравнительном аспекте с данными за двадцатилетний период.

Фитопланктон. Ядро фитоценозов формировалось преимущественно видами диатомовых (с преобладанием по биомассе *Aulacoseira granulata* и *A. italica*), а летом – также синезелёных, криптофитовых, динофитовых и зелёных водорослей. Численность и биомасса варьировали в пределах 0.4–21 млн. кл./л и 0.2–5.4 г/м^3 (с наибольшими значениями в Волховской губе). Максимум биомассы на большей части акватории отмечался в начале июня, минимум – в августе. В Волховской губе, деклинальном и глубоководном районах биомасса была на уровне среднемноголетних величин за период 1989–2008 гг., в Свирской губе и бухте Петрокрепость – на уровне минимальных значений. Снижение продуктивности указанных двух заливов в последние годы, вероятно, обусловлено уменьшением биогенной нагрузки на водоём.

Зоопланктон. Доминантами сообщества повсеместно были *Mesocyclops* (*Thermocyclops*) *oithonoides*, *Eudiaptomus gracilis* и *Eurytemora lacustris*, обеспечивавшие в сумме не менее 50% от численности и биомассы зоопланктона. Численность варьировала в пределах 5.41–96.19 тыс. экз./м^3, биомасса – 0.055–1.512 г/м^3, при максимуме в мелководной Волховской губе и минимуме на глубоководных участках. Более 70% всего зоопланктона (под м^2) находилось в верхнем 20-метровом слое воды. Максимум обилия сообщества отмечался в августе, минимум – в октябре. Межгодовые колебания численности значительны (на 2 порядка величин) при относительной стабильности средней за вегетационный период биомассы. Последнее обусловливается динамичностью видовой и размерной структуры сообщества и свидетельствует о его устойчивости в меняющихся условиях.

Макрозообентос характеризовался высокой пространственной гетерогенностью по видовому составу, структуре и количественным показателям. Средняя для каждого исследованного района численность варьировала в пределах 0.33–1.34 тыс. экз./м^2, биомасса – 0.18–3.13 г/м^2. Минимальные значения отмечены в Свирской губе (на промытых песках), максимальные: численность – в Волховской губе, биомасса – в глубоководных районах, за счёт развития *Monoporeia affinis*. Сезонные изменения характеризовались в большинстве районов постепенным возрастанием численности организмов от июня к октябрю, биомасса снижалась повсеместно в августе и возрастала в октябре, превышая в несколько раз июньские показатели. Значения количественных показателей находились у нижней границы пределов колебаний, отмеченных за более чем десятилетний период, и соответствовали показателям, характерным для малопродуктивных водоемов.

Ихтиофауна. Списки круглоротых и рыб Ладожского озера насчитывают 43–58 видов (Правдин, 1956; Кудерский, 2000; Титенков, 1968), преимущественно озёрных или озёрно-речных. Планктофаги, бентофаги, хищники составляют 66, 21 и 13% видов, соответственно. Основу ихтиомассы (90%) и промысловых уловов (85%) формируют: планктофаги – корюшка (средние промысловые запасы за последнее десятилетие – 4600 т) и ряпушка (3800 т), бентофаги – сиги (2200 т), обитающие в основном в южной части на глубинах 15–38 м, и плотва (5100 т), обитающая преимущественно в южных заливах, а также хищник открытой воды – судак (3000 т), и хищник прибрежной зоны – окунь (2300 т).

Ихтиомасса ценных хищных рыб открытой воды: лосося, форели, палии, сравнительно многочисленных в первую половину 20-го века, снизилась в 4–5 раз. Численность сига и судака со второй половины 20-го века сократилась в 1.5–2 раза. Отмеченные изменения обусловлены многолетней динамикой кормовой базы рыб и в ещё большей степени – промысловым прессом, наиболее мощным на указанные ценные виды рыб.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СЕЗОННОГО ЦИКЛА ПЛАНКТОННЫХ СИСТЕМ

М.Т. Сярки

Институт водных проблем Севера Карельского НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

В условиях циклических колебаний факторов среды (температуры, освещенности и др.) планктонная система имеет собственную цикличность. В многолетнем ряду устанавливается баланс или динамическое равновесие (в терминах синергетики – аттракция) между изменениями среды и собственными колебаниями системы, её структуры и свойств (Механизмы устойчивости…, 1992; Розенберг и др., 1994). Актуальным является изучение сезонных процессов и их изменчивости под влиянием природных и антропогенных факторов, причём не только амплитуды колебания величин, но также сроков и дат основных явлений.

Для анализа сезонных процессов была создана регрессионная модель на основе рядов данных по пелагическому планктону Онежского озера. Модель состоит из серии параметрических функций от времени, описывающих наиболее вероятное среднемноголетнее состояние планктона (численность и биомассу планктона в целом, его основных групп и некоторых видов, величину первичной продукции) и факторы среды (температура) на каждые сутки вегетационного периода. Параметры модели определялись с помощью регрессионного метода с учётом ортогональных расстояний (orthogonal distance regression), что позволило более корректно описать сезонные кривые, а также, наряду с оценками дисперсии величин, получить временную дисперсию относительно среднемноголетних дат. Например, оценки временной изменчивости цикла биомассы рачкового планктона оказались сопоставимы с временной изменчивостью основных дат гидрологических и гидротермических явлений (Климат Карелии, 2004; Сярки, 2007). На кривых сезонной динамики величин выделяются особые точки, которые чётко соотносятся с важными экологическими событиями, а именно, с датами и величинами максимумов, с периодами максимальных абсолютных и относительных скоростей прироста величин, с точками перегибов и т.д. Динамические показатели модели характеризуют конкретные особенности планктонных сообществ Онежского озера.

Стабильность процессов оценивалась как величина, обратная изменчивости. Так, доля дисперсии данных, объяснённая моделью или сезонной цикличностью, для зоопланктона составляла 70% (по конкретным группам – 50–80% от общей дисперсии). На долю стохастической и межгодовой компоненты оставалось 20–50%. Такое соотношение указывает на высокую воспроизводимость циклических процессов и, следовательно, на высокую устойчивость всей системы. Необычный результат – относительно высокая устойчивость сезонного цикла коловраток и ветвистоусых рачков. Фитопланктон характеризуется гораздо более высокой изменчивостью показателей, чем зоопланктон.

Увеличение изменчивости и появление отскакивающих точек является индикатором начального этапа нарушения стабильности процессов. Так, анализ сезонного цикла первичной продукции показал, что планктонная система залива Большое Онего испытывает спорадические воздействия от выноса трансформированных сточных вод ЦБК из Кондопожской губы (Сярки, Теканова, 2008). С ростом интенсивности антропогенного воздействия (сброс сточных вод Кондопожского ЦБК) неустойчивость планктонных систем возрастает (Куликова, Сярки, 2004), что сказывается на уменьшении доли остаточной дисперсии в цикле биомасс рачкового планктона до 25% против 70% в районе озера, сохранившем свой естественный статус.

Часть работы выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06-05-64403.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МИДИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ОБИТАНИЯ И В УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Д.А. Таборский[1], **Д.Л. Лайус**[1], **С. Чанг**[2], **М.В. Иванов**[1]

[1] *Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*
[2] *Первый институт океанографии, SOA, Циндао, Китайская Народная Республика*

В подвесной марикультуре мидии обитают в условиях высоких плотностей, в связи с чем могут испытывать недостаток кислорода и пищи. Поэтому для отработки эффективной методики культивирования важно определять состояние животных, основываясь на разнообразных показателях. Настоящее исследование посвящено изучению влияния условий среды обитания на моллюсков *Mytilus edulis* L., живущих в акватории Соностровского мидиевого марикультурного хозяйства с различными гидродинамическими условиями. Мы изучали такие показатели, как плотность поселения, биохимический состав тканей, чувствительность животных к изменению уровня солёности, уровень флуктуирующей асимметрии (ФА) и устойчивость к осушению.

Восемнадцать выборок было собрано в 2006−2007 годах: 602 особи – с участка хозяйства 2000-го года постановки, 405 – с участка 2001-го года постановки, и 134 – из природного поселения, находящегося в акватории хозяйства (всего – 1141 особь).

При анализе плотности поселения мидий мы подсчитывали количество животных на 10 см субстрата и не обнаружили достоверных отличий между выборками. Для биохимического анализа мягкие ткани моллюсков высушивались при температуре 45ºС, и определялось содержание белков, жиров и углеводов по стандартным методикам. Участки хозяйства достоверно отличались между собой по содержанию белка в тканях моллюсков ($p < 0.01$, по результатам t-теста). Для определения чувствительности животных к изменению уровня солёности их помещали в освещённый аэрируемый садок и в течение 36 часов циклично понижали и повышали соленость на 1‰ каждые 10 минут. Всего было проведено 22 цикла. Для сравнения выборок использовались средние значения и дисперсии значений солёности открывания–закрывания створок для каждой особи, усреднённые по всему опыту. Минимальное значение солёности, при котором животные закрывали створки в ходе эксперимента, показали моллюски из природного поселения. Максимальное значение – животные с участка марикультуры 2000-го года постановки. Анализ уровня ФА выполнялся только на материале марикультуры. Створки раковин сканировали, изображения анализировались в программе Image Tool 3.0. На изображение наносились опорные метки, характеризующие форму отпечатков мускулов на внутренней стороне створок. Использовали 50 признаков, не проявляющих направленной асимметрии, рассчитывали индивидуальный индекс ФА. Достоверных отличий между выборками обнаружено не было. Для исследования реакции животных на осушение, их свободно и в случайном порядке выкладывали в прямоугольные кюветы, где ежедневно поддерживался исходный уровень влажности и температуры. Сравнивали выборки по среднему времени продолжительности жизни, рассчитанному в часах для каждой выборки. Выборки из природного поселения существенно отличались между собой по признаку устойчивости к осушению. Достоверных отличий между выборками из марикультуры и из природного поселения, а также внутри марикультуры, не обнаружено.

В результате сравнения животных из контрастных условий среды по совокупности всех параметров можно говорить о том, что при приспособлении к тем или иным условиям среды изменяется соотношение между разными компонентами приспособленности.

Исследование поддержано грантом РФФИ-ГФЕН, КНР (грант 05-04-39011-ГФЕН_а).

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОТЫ ТЕРМАЛЬНЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ИХ ФОРМИРОВАНИЕ

В.В. Тахтеев[1], **А.С. Плешанов**[2]

[1] *Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*
[2] *Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Байкальский регион богат термальными и минеральными водами. Коллективами наших организаций неоднократно проведены комплексные исследования флоры, фауны и биоценозов трёх гидроминеральных областей (согласно классификации Ломоносова и др., 1977). *Восточно-Сибирская область*, включает, в числе прочего, Предбайкальскую впадину, бассейны рек Улькана, Киренги и верхнего течения Лены, в которых имеются многочисленные излияния холодных хлоридно-натриевых вод «морского» типа с различной минерализацией; *Байкальская область* характеризуется обилием азотных и метановых терм, занимает северо-западное и северо-восточное побережье Байкала, Верхнеангарскую и Баргузинскую котловины; *Восточно-Саянская область* богата низкотемпературными термальными и холодными углекислыми излияниями.

Районы выхода источников со значительным дебитом имеют ярко выраженный интразональный характер биоты и водных, и наземных экосистем. Близ гидротерм формируются комплексы, свойственные более южным природным зонам или более низким поясам гор; в их водах обитает ряд термофильных реликтовых и даже эндемичных видов гидробионтов. Весенние фенологические явления возле гидротерм отмечаются на 1–1.5 месяца раньше, чем на окружающих пространствах, а наступление зимы, соответственно, задерживается. То же наблюдается в местах гидротермальных излияний на литорали Байкала; зимой там сохраняются полыньи, обильная вегетация макрофитов происходит уже в марте. Из водных организмов наиболее интересными (которых мы называем «руководящими реликтами») являются субтропическая стрекоза *Orthetrum albistilum*, известная из 10 высокотемпературных источников Байкальской рифтовой зоны, эндемичные виды моллюсков – *Lymnaea thermobaicalica* и пока не описанный новый вид *Gyraulus* sp. Как руководящий реликт в наземной биоте особо выделяется вяз японский – *Ulmus japonica.* Недавно описанные прибайкальские леса из этой породы, несущие реликтовые черты во всей совокупности своих структур, мы относим к новому для региона ландшафтному геому – к амуро-сахалинским горно-долинным широколиственным лесам.

Комплексные рефугии в Байкальском регионе формируются и в условиях локального снижения континентальности климата не только вблизи термальных, но и мощных истечений холодных вод. Классический пример – незамерзающий исток Ангары. Это не только уникальная для Сибири зимовка водоплавающих птиц, но и местообитание изолированных популяций некоторых неморальных растений – *Botrychium multifidum*, *Anemone jenisseensis*, *Daphne mezereum*. В самой Ангаре зарегистрировано единственное в Восточной Сибири местообитание полушника *Isoetes lacustris* и эндемиков истока – ряда видов и подвидов амфипод.

Излияния солёных источников формируют комплексы галобионтов, свойственные более аридным районам Земли. Берега ручьёв и образуемых ими озёр обрастают солеросом *Salicornia europaea*, при меньшей минерализации – тростником *Phragmites australis*, а для водной среды характерны галофильные гидробионты: коловратки *Notholca jugosa*, *Brachionus plicatilis asplanchnoides,* листоногий рачок *Artemia sibirica*, остракода *Cyprinotus salinus*, гарпактицида *Cletocamptus retrogressus*. Руководящими реликтами среди гидробионтов являются организмы морского генезиса: водоросль *Percursaria percursa* и фораминифера *Trochammina bami*.

Вероятно, лишь часть организмов гидротерм являются реликтами в полном смысле и пережили здесь плейстоценовые похолодания. Большая их часть заселилась уже в голоценовое время, а некоторые, видимо, являются неоэндемиками и сформировались непосредственно в местах излияний. Наличие в Предбайкалье организмов морского происхождения требует особого рассмотрения и, возможно, пересмотра достаточно общепринятых палеогеографических сценариев.

Авторы благодарят всех коллег за участие в определении материалов: А.В. Верхозину, И.Н. Егорову, Г.И. Помазкову, Г.Л. Окуневу, Т.Я. Ситникову, В.В. Чепиногу. Работа частично поддержана грантами ФЦП «Интеграция» (№ 5-193), Программы Президиума РАН (№ 23.1.1) и РФФИ (№№ 04-04-48738, 97-04-96191).

ВКЛАД ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ОНЕЖСКОМ ОЗЕРЕ

Е.В. Теканова

Институт водных проблем Севера, Карельский НЦ РАН, г. Петрозаводск, Россия

Содержание в воде органического углерода – интегрального показателя органических веществ (ОВ) различного происхождения, является одной из основ биопродуктивности водоёма. Автохтонное ОВ – менее стойкое и наиболее быстро вовлекаемое в биотический оборот. Обычно автохтонное ОВ имеет ведущее значение для биологических процессов в водных экосистемах, не подверженных влиянию сточных вод, обогащённых лабильным ОВ. В условиях Онежского озера, крупного глубоководного олиготрофного северного водоёма с огромной лесистой и болотистой водосборной площадью, в общем фонде органического углерода преобладает аллохтонное ОВ (Лозовик и др., 2005). Главным продуцентом автохтонного ОВ в водоёме является фитопланктон. Продукция высшей водной растительности составляет лишь около 10% (Теканова, 2008), автотрофный хемосинтез (нитрификация) – 3–7% (Тимакова, Теканова, 1999) от продукции фитопланктона за вегетационный период.

В настоящей работе предпринята попытка оценить вклад органического углерода, образующегося за счёт продукции фитопланктона, в общее содержание органического углерода в воде и в его легкоокисляемую часть, для открытого плёса Онежского озера.

Первичная продукция определялась радиоуглеродным методом. Общее содержание органического углерода оценивалось по перманганатной окисляемости, величины которой для условий Онежского озера были увеличены в 2 раза (рекомендации д.х.н. П.А. Лозовика). Углерод легкоминерализуемого ОВ оценивался по биохимическому потреблению кислорода ($БПК_5$). Химические данные предоставлены лабораторией гидрохимии и гидрогеологии Института водных проблем Севера.

Показано наличие сезонности в содержании легкоминерализуемого ОВ в воде. В течение вегетационного периода, его максимальные значения превышают минимальные в 9 раз. Сезонный ход концентраций легкоминерализуемого ОВ схож с изменением величин первичной продукции; период максимальных значений обоих параметров приходится на июль, тогда как максимальный прогрев воды – на август. Так как левая ветвь сезонного хода первичной продукции (до максимума) жёстко регулируется температурой воды (Сярки, Теканова, 2008), для расчетов были выделены ранневесенний (теплоинертная зона с температурой воды менее 4ºС), поздневесенний (температура воды от 4 до 10ºС) и летний (температура воды более 10ºС) сезоны. Хотя суточный вклад первичной продукции в содержание легкоокисляемого органического углерода существенно возрастал с увеличением температуры воды, в целом он оставался крайне низким, составляя в ранневесенний сезон в среднем 0.1%, в поздневесенний сезон – 0.2%, в летний сезон – 0.5%.

Более весомым оказался вклад сезонных объёмов первичной продукции в легкоминерализуемую фракцию ОВ. Так, в летний сезон за счёт первичной продукции в экосистему вносится в среднем 23% органического углерода от его содержания в легкоокисляемом ОВ, а за весенний и осенний сезоны – 7 и 8%, соответственно. В целом за вегетационный период продукция фитопланктона составляет в среднем 40% от содержания в воде углерода легкоминерализуемого ОВ.

Общий органический углерод – весьма консервативный показатель, его содержание в воде озера в течение вегетационного периода относительно постоянно; вариабельность величин за рассматриваемый период (15 лет) не достигает и 2 раз. Общий фонд органического углерода в водоёме не зависит ни от развития биологической компоненты (в том числе от первичной продукции), ни от степени прогрева воды. Суточное пополнение экосистемы органическим углеродом за счёт продукции фитопланктона по отношению к его общему содержанию в воде составляет ничтожно малую величину – от 0.01% в ранневесенний период и до 0.04% в летний период.

В целом, за весенний сезон фотосинтез фитопланктона вносит в экосистему в среднем лишь 0.7% органического углерода от его общего запаса в воде, летом – 2.1%, осенью – 0.3%, а в целом за год – около 3%.

Таким образом, в глубоководном и холодноводном Онежском озере роль первичного продуцирования ОВ в формировании фонда органического углерода чрезвычайно мала, даже принимая во внимание недоучёт внеклеточной продукции фитопланктона, которая в олиготрофных озёрах может быть близка к 30% от первичной продукции взвешенного ОВ (Бульон, 1983). Полученные данные подтверждают гетеротрофную направленность функционирования экосистемы озера.

ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ АН СССР Г.Г. ВИНБЕРГ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

И.В. Телеш, **А.Ф. Алимов**

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

31 мая 2010 г. исполнилось 105 лет со дня рождения члена-корреспондента АН СССР, профессора Георгия Георгиевича Винберга – видного гидробиолога, эколога, основателя научной школы продукционной гидробиологии, которая в настоящее время представляет собой одну из ведущих научных школ России. С 1970 г. по 1986 г. Г.Г. Винберг был президентом Всесоюзного гидробиологического общества АН СССР (ВГБО), позднее преобразованного в Гидробиологическое общество при РАН (ГБО).

Гидробиологическое общество (www.zin.ru/societies/gbo/index.html) существует уже более 60 лет (с 1947 года) и объединяет ведущих специалистов России и молодых учёных, работающих в области изучения водных экосистем. Задачи и приоритетные направления деятельности ГБО: активное содействие в подготовке научных кадров и повышение их квалификации; организация исследований, съездов и конференций; публикация и внедрение научных результатов, а также популяризация и пропаганда знаний в области гидробиологии, ихтиологии и смежных отраслей науки. Фундаментальные исследования ученых из ГБО лежат в основе новейших теоретических разработок в области функционирования водных экосистем, на которых базируются современные представления об организации биологических систем и их эволюции. Важнейшее место в этой иерархии знаний принадлежит теории биологической продуктивности водоёмов, разработанной Г.Г. Винбергом и его последователями.

В ознаменование 100-летия со дня рождения Г.Г. Винберга, с целью увековечить его память и неоценимый вклад в развитие гидробиологии и поддержание активной деятельности ВГБО, в 2005 г. Президиум Центрального совета ГБО при РАН учредил Почётную Медаль имени Г.Г. Винберга. Почётная Медаль присуждается на съездах ГБО российским и иностранным членам Общества за выдающиеся достижения в области фундаментальной гидробиологии и большой личный вклад ученых из России и других стран в развитие международного сотрудничества в этой области.

Первыми лауреатами Почётной Медали имени Г.Г. Винберга на IX Съезде ГБО при РАН в г. Тольятти (2006 г.) стали президент ГБО, академик РАН А.Ф. Алимов (Россия); президент ВГБО с 1986 по 1991 г., академик РАН Л.М. Сущеня (Республика Беларусь) и всемирно известный лимнолог, профессор У. Ламперт (ФРГ).

В 2009 г. во Владивостоке на базе Института биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН и Биолого-почвенного института ДВО РАН состоялся X Съезд ГБО. В работе съезда приняли участие 454 человека, в том числе 239 делегатов-докладчиков, представлявших более 1000 действительных и 19 коллективных членов Общества из 36 отделений ГБО при РАН на территории Российской Федерации, а также учёные из Республики Беларусь, Литвы и Украины. Лауреатами Почётной Медали имени Г.Г. Винберга в 2009 г. стали профессора В.П. Шунтов (Россия), А.А. Протасов (Украина) и Р.Д. Гулати (Нидерланды). Этот юбилейный съезд показал, что Гидробиологическое общество, в развитие и совершенствование которого большой вклад внёс Г.Г. Винберг, продолжает активно и успешно выполнять свои задачи. Деятельность ГБО способствует разработке теоретических и прикладных аспектов водной экологии, а также формированию научно-обоснованных решений проблем охраны окружающей среды и современному экологическому образованию молодёжи.

СХОДСТВО ВИДОВОГО БОГАТСТВА БИОЦЕНОЗА МИДИИ (*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) НА РАЗЛИЧНЫХ ГРУНТАХ КЕРЧЕНСКОГО ПРЕДПРОЛИВЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ

А.С. Терентьев

Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанологии, г. Керчь, Украина

Биоценоз мидии располагался на глубинах от 20 до 68 м, преимущественно на заиленной ракуше. В его составе обнаружено 80 видов животных. Число видов, в зависимости от типа грунта, колебалось от 7 на илах до 69 на заиленной ракуше. На фазеолиновом иле обнаружено 15 видов животных, на песчанистой ракуше – 16, на илистом песке – 20, на ракуше – 21 и на песчанистом иле – 34 вида. Наибольшим сходством отличалось население песчанистой ракуши и фазеолинового ила. Все виды, обнаруженные на фазеолиновом иле, присутствовали и на песчанистой ракуше. В данном случае, разницу определял только один вид – *Capitella capitata*, присутствовавшая на песчанистой ракуше. В основном, различия видового состава на разных грунтах определяются различием видового богатства. Яркой иллюстрацией этого являются участки, расположенные на заиленной ракуше и иле. Значение индекса Чекановского–Сёренсена здесь было очень низким – 0.21, а значение индекса Шимкевича–Симпсона равно 1. Это значит, что все виды, встреченные на иле, присутствовали на заиленной ракуше, т.е. население ила – это обеднённое население заиленной ракуши. Низкое значение индекса Чекановского–Сёренсена объясняется тем, что население заиленной ракуши было в 8.6 раз богаче, чем население ила. В то же время, некоторые участки, расположенные на разных грунтах, действительно сильно различались друг от друга по видовому составу. Так, в паре илистый песок – ил оба индекса оказались очень низкими. Здесь различие видового состава определяется не столько разницей видового богатства (число видов на илистом песке было в 2.5 раза выше, чем на иле), а относительно небольшим количеством общих видов, которое не превышало 38%.

В биоценозе мидии достаточно чётко выделяются две группировки. Первая располагалась на ракуше, песчанистом иле и заиленной ракуше. Здесь встречено 76 видов или 95% всего видового богатства биоценоза. В данную группировку входили 22 вида полихет, 20 видов двустворчатых моллюсков, 9 – ракообразных, 6 – брюхоногих моллюсков, по 5 видов губок и асцидий, по 3 вида кишечнополостных и иглокожих, по одному виду хитонов, щупальцевых и немертин. Общими были около 81% видов. Центральное место занимало сообщество песчанистого ила. В данной группировке оно имеет наиболее высокое значение среднего индекса сходства Чекановского– Сёренсена (0.57 ± 0.01).

Вторая группировка располагалась на фазеолиновом иле, песчанистой ракуше и илистом песке. Здесь к паре грунтов фазеолиновый ил – песчанистая ракуша присоединяется илистый песок. В эту группировку входило 28 видов, что соответствовало 35% видового богатства биоценоза. В составе этой группировки насчитывалось 28 видов или 35% всего видового богатства биоценоза. В неё входили 9 видов двустворчатых моллюсков, 6 видов полихет, по 3 вида асцидий и брюхоногих моллюсков, по 2 вида иглокожих и ракообразных, а также по одному виду губок, кишечнополостных и немертин. Отсутствовали панцирные моллюски и щупальцевые.

К первой и второй группировке примыкает население ила. Хотя сходство по видовому составу с остальным биоценозом здесь крайне низкое, однако, на иле нет ни одного вида, не встреченного ранее на других грунтах. В данном случае мы имеем дело с наиболее деградированным участком биоценоза *Mytilus galloprovincialis*.

РЫБЫ СЕВЕРНОЙ ФЕННОСКАНДИИ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

П.М. Терентьев

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского НЦ РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., Россия

Практически вся территория Северной Фенноскандии подвержена влиянию процессов аэротехногенного загрязнения тяжелыми металлами. Исследованы закономерности накопления тяжелых металлов в организмах рыб из водоёмов Северной Фенноскандии в условиях продолжительного влияния загрязнения тяжелыми металлами. Установлено, что накопление поллютантов в организмах рыб имеет градиентный характер относительно крупнейших предприятий цветной металлургии. Выявленные закономерности справедливы главным образом в отношении приоритетных загрязняющих веществ. Вместе с тем, нагрузка на пресноводные экосистемы региона ряда тяжёлых металлов, являющихся элементами глобального загрязнения, имеет чрезвычайно сложный характер, определяющийся интенсивностью поступления токсиканта в водоёмы, природными особенностями водоёмов и водосборных бассейнов. Установлено, что у рыб в водоёмах, значительно удалённых от источников промышленного загрязнения, при снижении токсического влияния приоритетных загрязняющих веществ (меди и никель) отмечено более интенсивное накопление других тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий и др.).

Выявлено, что аккумуляция приоритетных загрязняющих веществ и элементов глобального загрязнения атмосферы зависит от экологических особенностей вида, а воздействие металлов на различные внутривидовые формы одного вида, обитающие в одинаковой среде, определяются особенностями питания, различиями мест обитания и скоростью обменных процессов.

Анализ накопления металлов в органах-мишенях рыб, наиболее отчетливо характеризующих интенсивность нагрузки тяжелых металлов на пресноводные экосистемы, показал, что, несмотря на значительное снижение уровня производства предприятий цветной металлургии в конце прошлого столетия и сокращение промышленных выбросов в последнее время, состояние пресноводных экосистем региона остается без значительных улучшений. Оценены последствия загрязнения водоёмов на основе популяционных показателей и патологических изменений организмов рыб. Отмечены специфические биологические ответы, связанные с интенсивностью антропогенной нагрузки на водоёмы. Признаки деградации популяций рыб (омоложение популяции за счёт снижения продолжительности жизни, неравномерность её возрастной структуры, раннее половое созревание особей, нарушения в процессах воспроизводства, интенсивное развитие патологий внутренних органов) наиболее отчетливо прослеживаются вблизи промышленных предприятий.

Результаты многолетних исследований по накоплению тяжёлых металлов в организмах рыб показали, что практически во всех исследованных водоёмах выявлена тенденция к росту содержания ртути в органах и тканях различных видов. Выявленная закономерность свидетельствует о глобальном характере распространения данного элемента в субарктических широтах, что требует усиления внимания к изучению и постоянного контроля над содержанием данного элемента в природных средах.

ИЗМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИТОПЛАНКТОНА В ЗОНЕ ПОВЫШЕННОЙ МУТНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАСШТАБНЫХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

Т.В. Терешенкова

Государственный научно-исследовательский институт озёрного и речного рыбного хозяйства (ФГНУ "ГосНИОРХ"), г. Санкт-Петербург, Россия

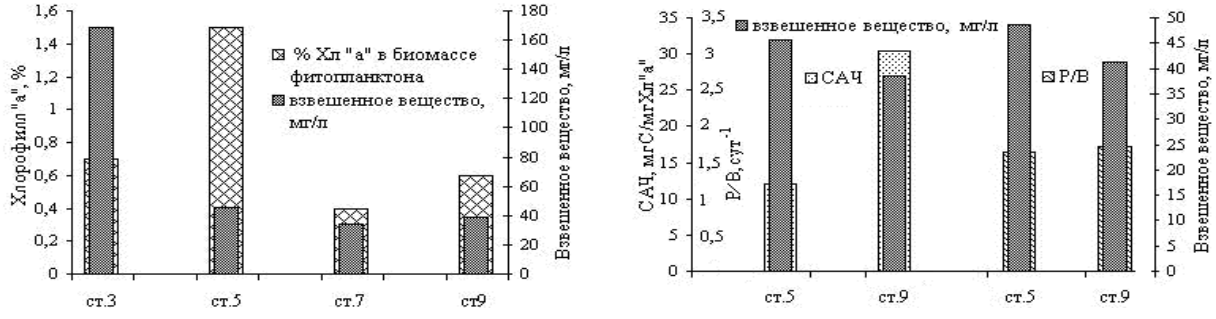
Оценка влияния на фитопланктон повышенной мутности воды – основного негативного фактора при выполнении гидротехнических работ – дана на основе материалов, полученных в 2000–2009 гг. в ходе проведения локальных рыбохозяйственных мониторингов на участках акватории восточной части Финского залива, подверженных сильному техногенному прессу (Невская губа, пролив Бьеркезунд, Выборгский залив, включая Сайменский канал).

Мутность воды отрицательно влияет на фитопланктон в основном за счёт снижения прозрачности воды и механического воздействия взмученных частиц на клетки водорослей (реже – за счёт токсичности грунтов). Положительное воздействие обусловлено обогащением воды биогенными элементами из перемещаемых донных отложений – «эффект удобрения»; такое воздействие в основном наблюдается в глубоководных районах подводных отвалов грунта. На участках дноуглубления при прозрачности воды менее 0.5 м ингибирующий эффект обычно преобладает над стимулирующим.

В наших исследованиях отрицательное влияние на фитопланктон выражалось в снижении числа видов (в 1.5–5 раз), снижении биомассы доминантов (нитчатых синезелёных и диатомовых) и биомассы фитопланктона в целом (в 1.5–7 раз), в нарушении сезонной динамики биомассы (отсутствие пиков при её низких значениях), а также в снижении фотосинтетической активности фитопланктона. Уменьшение валовой первичной продукции в целом на акватории, подверженной существенному воздействию мутности, в основном было обусловлено значительным сокращением трофогенного слоя (в 1.5–10 раз) в результате уменьшения прозрачности воды. Ингибирующее воздействие мутности наиболее чётко прослеживалось на снижении удельной фотосинтетической активности хлорофилла *a* в непосредственной близости к участку работ: суточное ассимиляционное число (САЧ) снижалось в 1.5–8 раз. Суточные P/B-коэффициенты (удельная фотосинтетическая активность биомассы) снижались менее значительно (в 1.5–3 раза), за счёт адаптационной способности фитопланктона к повышению содержания хлорофилла в единице биомассы. Однако, при очень высоких концентрациях взвешенного вещества этого не наблюдалось из-за сильного ингибирующего воздействия на физиологическое состояние водорослей (рис. 1).

Под влиянием повышенной мутности воды в ходе проведения гидротехнических работ, в сообществе отмечались следующие структурные перестройки. На начальном этапе ингибирующее влияние на фитопланктон проявлялось лишь на физиологическом уровне и непосредственно на участке работ (снижение удельной фотосинтетической активности, повышение относительного содержания хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона). При длительном проведении работ отмечалось существенное ингибирование фитопланктона (снижение числа видов, биомассы и продукционных характеристик) на значительных акваториях (при снижении прозрачности воды до 0.1–0.5 м) в течение продолжительного времени. После прекращения работ, в результате существенного повышения прозрачности воды фотосинтетическая активность фитопланктона возрастала, отмечалось сравнительно быстрое увеличение числа видов и относительно медленное повышение его биомассы.

Рис. 1. Относительное содержание хлорофилла *a* в биомассе фитопланктона, значения коэффициентов САЧ и суточных P/B-коэффициентов в Невской губе в августе 2002 г.; ст.3 – участок дноуглубления (район пос. Стрельна); ст.5, ст.7 и ст.9 – прилегающая акватория (в порядке удаления от участка дноуглубления).



ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВ ГЕТЕРОТРОФНЫХ ЖГУТИКОНОСЦЕВ (PROTISTA) В ГРАДИЕНТЕ СОЛЁНОСТИ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ О. КИНГ-ДЖОРДЖ (АНТАРКТИКА): ВЛИЯНИЕ ТАЯНИЯ ЛЕДНИКА

Д.В. Тихоненков

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

Антарктический полуостров – самая северная часть Антарктиды, выдающаяся на тысячу километров в сторону Огненной Земли, демонстрирует наиболее значительные климатические изменения, чем какой-либо другой регион планеты (Говоруха, 1998; Алексеев, 2003). Здесь наблюдается наиболее быстрое по сравнению с другими Антарктическими районами потепление климата (Vaughan, 2003) и связанное с этим таяние льдов (Cook et al., 2005; Gross, 2005).

Были исследованы годовые изменения количественной и качественной структуры сообществ гетеротрофных флагеллят в прибрежной зоне о. Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова, Антарктика) на трёх станциях в период с марта 2008 по март 2009 гг. Станция 1 (глубина 20–25 м) расположена у берега в бухте Ардли; пробы отбирали с поверхности воды и на глубинах 10, 15 и 20 м. Станция 2 (глубина 60 м) находилась в открытой части бухты Ардли; пробы отбирали с поверхности воды и на глубинах 10, 15, 25, 50 м. Станция 3 (глубина 38 м) расположена в непосредственной близости от ледника Коллинз (северо-восточная часть бухты Коллинз); пробы отбирали с поверхности воды и на глубинах 5, 10, 15, 25, 35 м.

Температурный режим изучаемой акватории характеризуется выраженной сезонностью с максимальными температурами в начале марта (2.0–2.2ºС) и минимальными (-1.8ºС) в начале июля. На станции 3, расположенной в непосредственной близости от ледника Коллинз, был выявлен чёткий вертикальный градиент изменения солёности с глубиной, вызванный опреснением поверхностного слоя воды в процессе таяния ледника (от 26% в поверхностном слое до 34% в придонном слое на глубине 35 м).

В составе сообществ гетеротрофных жгутиконосцев выявлено 45 видов и форм из 13 таксономических групп и неопределённого таксономического положения (*incertae sedis*). Наиболее часто встречались *Bodo designis*, *Cafeteria roenbergensis*, *Stephanoeca diplocostata* и *Paraphysomonas* sp. Наибольшим видовым богатством характеризуются хоанофлагелляты, эвгленид, бикозоециды, кинетопластиды и жгутиконосцы неопределенного систематического положения. Наибольшее обилие и биомасса приходятся на ноябрь и декабрь (950–1236 экз./см^3; 0.10–0.16 мкг/см^3). В целом, от зимы к лету численность и биомасса сообществ гетеротрофных флагеллят повышается. Наименьшие численность и биомасса гетеротрофных жгутиконосцев приходятся на май–июнь (419–456 экз./см^3; 0.082–0.084 мкг/см^3).

Видовое богатство на станциях 1 и 2 сходно и составляет 31 и 29 видов, соответственно. Большую часть биоразнообразия здесь составляют типично морские виды. На станции 3, находящейся под влиянием опреснения вследствие таяния ледника, видовое богатство существенно ниже (20 видов). При этом, облигатно морские виды здесь практически не встречаются.

В вертикальном распределении организмов по глубинам на прибрежной станции 1 и на станции 2, расположенной в открытой части бухты Ардли, закономерностей не выявлено. На станции 3, где присутствовал вертикальный градиент солёности, напротив, наблюдается увеличение количественного обилия с глубиной. Вследствие опреснения поверхностного слоя упрощается видовая, трофическая и размерная структура сообществ. Типичные для Антарктики виды гетеротрофных флагеллят замещаются эврибионтными и космополитно распространёнными формами (*Ancyromonas sigmoides*, *Petalomonas minuta*, *P. pusilla*, *Rhynchomonas nasuta*, *Goniomonas pacifica*), достигающими значительного количественного развития при низком общем видовом разнообразии.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЁМОВ

И.И. Томилина, **В.А. Гремячих**, **Л.П. Гребенюк**

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

В природные водоёмы попадает и накапливается в донных отложениях множество веществ различного химического состава, которые даже в малых концентрациях при длительном воздействии способны изменять состояние водных экосистем. Однако в комплексной эколого-токсикологической оценке состояния пресноводных водоемов влиянию фактора токсичности всё ещё не уделяется должного внимания. Токсичность, обусловленную присутствием в грунте совокупности загрязняющих веществ, можно определить с помощью биотестирования.

Использование донных отложений в качестве индикатора состояния водной среды имеет ряд преимуществ: во-первых, они имеют более длительную “память” на внешнее воздействие, чем такая динамичная среда, как вода. Во-вторых, уровни содержания химических элементов в донных отложениях на несколько порядков превышают их концентрацию в толще воды. В-третьих, относительно простая процедура отбора, хранения и подготовки проб делает такие работы доступными для сравнительно скромно оборудованных лабораторий. Биотестирование донных отложений может быть использовано: 1) для определения взаимоотношения между биодоступностью загрязняющих веществ и вызываемым ими токсическим эффектом; 2) для выяснения типа взаимодействия загрязняющих веществ; 3) для определения пространственного и временного распределения загрязняющих веществ; 4) для выявления загрязнённых и незагрязнённых территорий.

Цель данного исследования – оценка эколого-токсикологического состояния разнотипных пресноводных водоёмов европейской территории России на основе анализа данных биотестирования донных отложений и сравнении с гидрохимическими и гидробиологическими данными.

В качестве тест-организмов в работе использовали ветвистоусого рачка *Ceriodaphnia affinis* Lillijeborg (для оценки токсичности водной вытяжки грунтов) и личинок комаров *Chironomus riparius* Meigen. Критерием токсичности для цериодафний служила гибель более 20% особей и достоверное снижение репродуктивных показателей за 7 дней, для личинок хирономид – смертность, изменение линейных размеров и морфологические нарушения в строении ротового аппарата.

Показано, что высокий уровень токсичности донных отложений, свидетельствующий о загрязнении, в том числе экологически опасными токсикантами (соединениями тяжелых металлов, органическими загрязняющими веществами), подтверждается данными гидробиологических наблюдений. Применение методов многомерной статистики даёт возможность интегрировать геохимические и токсикологические данные с результатами, характеризующими состояние бентосных сообществ, и выделить наиболее информативные параметры.

Обилие и разнообразие водных объектов на территории России практически исключает возможность их полного и комплексного обследования. Таким образом, применение методов биотестирования представляется перспективным для рекогносцировочной оценки экологического благополучия водоёмов.

КОРМОВАЯ БАЗА И УСЛОВИЯ НАГУЛА МОЛОДИ ЛОСОСЕЙ В БАССЕЙНЕ Р. БОЛЬШАЯ

Т.Н. Травина, **Н.В. Ярош**

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, Россия

Обеспеченность молоди лососей пищей в реках влияет на выживаемость и рост молоди не только во время пресноводного нагула, но и на ранних этапах морского. Зоопланктон в реках отсутствует либо встречается в незначительных количествах, и молодь лососей питается главным образом макрозообентосом.

В среднем (р. Плотникова и р. Быстрая) и нижнем течении реки Большой за период исследований (апрель–октябрь 2008–2009 гг.) было обнаружено 136 таксонов зообентоса; основными компонентами являлись амфибиотические насекомые. В желудках у молоди лососей отмечались разнообразные группы беспозвоночных, но их роль была неравнозначна. Как показали многочисленные трофологические исследования, в реках основным кормом для всех видов лососевых рыб служат амфибиотические насекомые. В весенне-летний период как в бентосе, так и в дрифте в разных водотоках, представители отряда двукрылых – хирономиды, преобладали по видовому составу, численности и биомассе. В течение сезона в исследуемых биотопах происходила смена одних доминирующих видов этого семейства другими. Субдоминантами являлись веснянки, подёнки и ручейники; эти же группы чаще всего встречались в пище у лососей и составляли основную массу пищевого комка в период их нагула и ската. В осенний период в видовой структуре бентофауны отмечены значительные изменения. В это время преобладали ракообразные, малощетинковые черви и насекомые.

Динамика численности и биомасса беспозвоночных в разных биотопах существенно отличались в течение сезона и по годам. Наибольшая численность и биомасса гидробионтов в бентосе была отмечена в среднем течении в апреле (как в 2008 г., так и в 2009 г.). Во время подъёма уровня воды, численность гидробионтов в бентосе сокращалась, а в дрифте – увеличивалась. Среднегодовые значения численности и биомассы основных кормовых организмов, как в бентосе, так и в дрифте, были относительно высокими по сравнению с другими годами. Значительное увеличение численности и биомассы амфибиотических насекомых за последние два года произошло под влиянием нескольких причин. Во-первых, ранняя и теплая весна в эти годы вызвала более ранний и дружный вылет насекомых весенних генераций. Во-вторых, в эти годы отмечен невысокий и непродолжительный весенний паводок, что привело к быстрому восстановлению и заселению биотопов в бассейне реки Большой и к развитию гидробионтов в летний период. Кроме этого, при относительно низком уровне воды в летний период, концентрация беспозвоночных на единицу площади и объема увеличилась. В-третьих, количество производителей, зашедших на нерест в 2007 г., было в несколько десятков раз ниже по сравнению с 2008 г.

Рост рыб является интегральным показателем их обеспеченности кормом. В течение двух лет наблюдений размерно-весовые характеристики у всех видов и возрастных групп молоди лососей были выше средних многолетних. Рыбы с пустыми желудками встречались редко (их доля не превышала 2% за весь сезон). В 2009 г. молодь лососей наиболее интенсивно питалась, по сравнению с аналогичным периодом 2008 г., о чем свидетельствуют коэффициенты упитанности по Фультону, Кларк и индексы наполнения желудков. Возможно это обусловлено аномально жарким летом, и, как следствие, средние показатели температуры воды в весенне-летний период были на 1.5–2.0°С выше.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В РЕКЕ ДНЕСТР

Л. Унгуряну

Институт зоологии АН Молдовы, г. Кишинэу, Молдова

В результате многолетних (1989–2009 гг.) исследований фитопланктона реки Днестр в пределах Республики Молдова было обнаружено 233 вида и разновидности, относящихся к следующим систематическим группам: Cyanophyta – 28, Chrysophyta – 1, Bacillariophyta – 91, Xanthophyta – 1, Dinophyta – 6, Euglenophyta – 24, Chlorophyta – 82. На протяжении вегетационного периода в составе фитопланктона преобладали диатомовые, эвгленовые и зелёные водоросли, представители остальных групп водорослей развивались незначительно. Относительно большое разнообразие фитопланктона в реке объясняется многообразием экологических условий. Существенное влияние на видовое разнообразие и количественное развитие фитопланктона реки оказывают Днестровское и Дубэссарское водохранилища, расположенные в среднем участке Днестра. Сравнение полученных данных с данными прошлых лет (Шаларь, 1984) позволило выявить ряд изменений качественного и количественного состава планктонных водорослей, вызванных антропогенными факторами. Можно отметить, что за последние годы видовой состав фитопланктона уменьшился почти в 2 раза, в основном за счёт синезелёных, эвгленовых и зелёных водорослей.

Интенсификация процессов загрязнения воды в реке существенно сказалась на соотношении видов-индикаторов сапробности. В фитопланктоне преобладают виды-индикаторы полисапробной и мезосапробной зон загрязнения. Появились малоспецифичные виды, приуроченные к определённым экологическим факторам, некоторые из них достигают массового развития.

В количественном отношении развитие фитопланктона реки Днестр обнаруживает значительные колебания, как в течение вегетационного периода, так и на разных участках реки, вызванные непостоянством гидрологического режима и значительными колебаниями уровня загрязнения воды. В среднем участке реки средняя за вегетационный период численность составляла 4.80 млн. клеток/л, биомасса – 4.46 г/м^3, при колебаниях от 0.72 до 34.12 млн. клеток/л, и от 0.52 до 10.14 г/м^3, соответственно. В нижнем участке реки средняя за вегетационный период численность составляла 5.01 млн. клеток/л, биомасса – 3.88 г/м^3, при колебаниях от 0.17 до 20.28 млн. клеток/л и от 0.93 до 9.21 г/м^3, соответственно.

Первичную продукцию фитопланктона и деструкцию органического вещества в реке Днестр определяли скляночным методом в кислородной модификации, раз в сезон ежегодно. Скорость фотосинтеза ($\sum$A) колебалась от 0.14 до 6.62 г O_2 / м^2 × сут., а скорость деструкции (R) – от 0.01 до 15.48 г O_2 / м^3 × сут. Максимальные величины продукции фитопланктона и деструкции наблюдались в нижнем участке реки, а минимальные – в среднем. Неоднородность в распределении величин первичной продукции на разных участках реки Днестр совпадает с характером распределения фитопланктона, которое контролируется гидрологическим и гидрохимическим режимом. Межгодовые колебания первичной продукции и деструкции органического вещества связаны с сезонными сукцессиями массовых видов планктонных водорослей и с климатическими условиями соответствующих лет. Для оценки трофического статуса реки и определения её буферной емкости было рассчитано отношение $\sum A / \sum R$, которое в большинстве случаев оказалось менее 1.

Возрастающее загрязнение Днестра органическими веществами вследствие прогрессирующего эвтрофирования и резких колебаний уровня воды представляет угрозу деградации его экосистемы.

ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ ЕВРОПЕЙСКОГО ХАРИУСА В УСЛОВИЯХ ГИДРОТЕРМАЛЬНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

О.В. Усачёва

Институт экологических проблем Севера УрО РАН, г. Архангельск, Россия

В качестве объекта исследований были выбрана р. Пым-Ва-Ю, в которую впадают горячие источники Пым-Ва-Шор. Урочище Пым-Ва-Шор характеризуется единственными на Крайнем Севере термальными источниками и с 2000 г. является памятником природы. Расположено оно на юго-востоке Большеземельской тундры в среднем течении р. Адзьва, истоки которой начинаются из системы Вашуткиных озёр.

Отбор гидробиологических проб осуществлялся в ноябре 2009 года, когда уже установился твердый снежный покров. Целью исследований была оценка влияния термальных источников Пым-Ва-Шор на питание хариуса европейского в зимних условиях.

Материал собирался и обрабатывался по стандартным методикам (Правдин, 1966; Методическое пособие…, 1974). Состав пищи исследовался у рыб из сетных уловов (размер ячеи 24–30 мм) и рыб, пойманных крючковой снастью. Всего было отобрано 30 пищевых проб. Содержимое каждого желудочно-кишечного тракта исследовалось отдельно.

По материалам анализа пищевых и бентосных проб определена встречаемость различных систематических групп бентоса. В период исследований беспозвоночные были представлены в рационе рыб в основном моллюсками, паукообразными (Hydracarina) и насекомыми (личинки и куколки Chironomidae, личинки Trichoptera, Plecoptera, Diptera, имаго Heteroptera и Coleoptera). Из насекомых рыбы потребляли главным образом личинок и куколок хирономид, и, в меньшей степени, личинок ручейников и веснянок, клопов и жуков. Водяные клещи и цератопогониды встречались в пище довольно редко. Также отмечены фрагменты макрофитов и детрит. Необходимо отметить, что доля двустворчатых моллюсков в пище хариуса наименьшая. Как по массе, так и по численности доминирующими являются представители семейства Lymnaeidae.

Как правило, моллюски уступают другим кормовым объектам хариуса. Известно, что в весенне-летний период хариус питается в основном личинками хирономид и ручейников, но в некоторых водоемах Большеземельской тундры моллюски занимают первое место в его пище (Зверева, 1966). Также некоторые авторы отмечают, что к осени значение моллюсков в пище хариуса падает (Соловкина, 1966; Лешко, 1998).

По результатам проведённых нами исследований, в зимний период моллюски преобладали в пище хариуса по частоте встречаемости, по биомассе и по количеству особей. Если учесть, что основную долю в бентосе р. Пым-Ва-Ю и термальных источников занимают моллюски, то закономерно, что они являются основной пищей бентосоядных видов рыб, т.е. термальные источники являются для них постоянным кормовым ресурсом.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы», междисциплинарного проекта УрО РАН «Ландшафтно-зональные условия и видовое разнообразие беспозвоночных животных на Европейском Севере: оценка роли природных и антропогенных факторов», а также грантов РФФИ № 09-04-02100-э_к и №10-04-00897-а.

ЗООПЛАНКТОН РЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ДОЛГОВРЕМЕННОГО НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Е.Б. Фефилова

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

Экосистема реки Колва, приток второго порядка р. Печоры, с 1980-х годов находится под воздействием загрязнения, причиной которого являются многочисленные утечки нефти из нефтепровода “Возей – Головные сооружения”, расположенного вдоль русла реки. Обследованная река протекает в двух природно-климатических зонах: в тундре и в тайге. Её протяженность составляет 387 км. Характер реки равнинный, дно преимущественно песчаное. В 1994 г. на нефтепроводе произошла крупная авария, в результате чего на водосборе р. Колва разлилось более 100 тысяч тонн нефти. Немалая часть нефти поступила в левобережные притоки и в основное русло. Были предприняты и до сих пор предпринимаются меры для уменьшения последствий этой аварии, включающие механическую уборку нефти, её сбор с помощью боновых заграждений и дамб (гидрозатворов), и биологическую рекультивацию почв на водосборе. Исследования зоопланктона р. Колва и ее притоков проводились в летне-осенние сезоны 1995–1998, 2000, 2001, 2005 и 2007 гг. До промышленного освоения водосбора реки, её зоопланктон характеризовался как бедный (Попова, 1962). В 1955 г. в составе сообществ было выявлено лишь 15 планктонных видов. Коловраточный планктон был представлен только двумя видами. Значения численности зоопланктона в реке не превышали 1 тыс. экз./м^3. В период после аварии состав речного зоопланктона изменялся из года в год. Максимальное число таксонов было найдено в 2000 г. (74, из них 44 – коловратки). До 2000 г. их число последовательно повышалось, а после 2000 г. – снизилось (к 2007 г.). Рассчитанные по индикаторным видам коэффициенты трофности изменялись по годам и соответствовали статусу водоёма от олиго-мезотрофного до эвтрофного. Численность и биомасса зоопланктона в магистральном русле в первый после аварии летний сезон оказались низкими и сравнимыми с контрольными показателями, зарегистрированными в 1955 г. В 2000 г. численность превысила эти показатели в 1.5 тыс. раз, а биомасса – в 14 тыс. раз. К 2005 г. произошло снижение показателей развития сообщества, а в 2007 г. они сравнялись с контрольным уровнем. Состав основного планктонного комплекса изменялся по годам. Постоянно доминировала в реке только коловратка *Kellicottia longispina* Kellicott. Пространственное распределение показателей структуры зоопланктона в реке соответствовало представлениям о дискретности реобиома (Протасов, 2008). На обследованном участке водотока эта дискретность была связана с влиянием на магистральное русло притоков, так как его метамерное строение было выражено достаточно слабо. В зоопланктоне обследованных левобережных притоков р. Колва было выявлено 92 вида: 61 вид – в устьях и 79 видов – в бьефах гидрозатворов. Из них соответственно 40 и 51 вид приходился на коловраток, остальные 21 и 28 видов – на ракообразных. В верхних бьефах гидрозатворов развивались прудовые виды (около 25% видового состава зоопланктона), которые оказалась способны к проникновению в русло реки и развитию в устьях притоков. Массовое появление в магистральном водотоке этих видов приходилось на 2000 г., а в 2005 г. они сохранялись. Специфичность фауны верхних бьефов гидрозатворов отчасти обеспечивает её высокое разнообразие для речного континуума в целом и способствует его устойчивости в меняющихся условиях среды. Ответные реакции зоопланктона на нефтяное загрязнение р. Колва оказались разнообразными. Большинство этих реакций сводилось к активации процессов самоочищения среды. Участие зоопланктона в самоочищении обнаруживалось как на уровнях рефугиумов и малых водоемов, как самостоятельных экосистем, так и на уровне речной системы в целом.

СОВРЕМЕННОЕ И ПРОШЛОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЁРНОЙ СИСТЕМЫ БОЛЬШЕЗЕМЕЛЬСКОЙ ТУНДРЫ ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Е.Б. Фефилова[1], **М.А. Батурина**[1], **О.Н. Кононова**[1], **Л.Г. Хохлова**[1], **О.П. Дубовская**[2]

[1] *Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия*
[2] *Институт биофизики СО РАН, г. Красноярск, Россия*

Харбейские озёра расположены в восточной части Большеземельской тундры. Для региона они являются достаточно крупными и по одной из классификаций относятся к глубоким озёрам среднего размера и малым озёрам нормальной глубины (Стенина, 2009). Площадь озёр – около 26 км^2, максимальная глубина – 18.5 м. Озёра имеют сложную конфигурацию дна и хорошо выраженную мелководную литораль. Донные субстраты в них изменяются от каменистых в прибрежной зоне до илисто-глинистых – в глубоководной. В районе расположения Харбейских озёр господствует субарктический континентальный климат. За период с 1960 по 2009 гг. наблюдался тренд незначительного снижения среднемесячных температур воздуха по данным ближайшего поста регистрации погодных условий. Летом 2009 г. на озёрах Большой Харбей и Головка проводились гидробиологические исследования, целью которых была оценка современного состояния гидрофауны экосистем в свете её возможных долговременных изменений. Химический состав обследованных вод в 2009 г. качественно не изменился по сравнению с 1965, 1968, 1969, 1998 и 1999 гг. Остались характерными низкая минерализация, благоприятное содержание растворённого кислорода, нейтральные и слабощелочные значения pH. В зоопланктоне Харбейских озёр в 2009 г. встречен 31 вид, из них 14 видов – коловратки, 17 – ракообразные. Это число видов меньше, чем было отмечено в составе планктона в 1960-е годы, но больше по сравнению с концом 1990-х. Комплекс видов, доминирующих в озёрах в 2009 г., был невелик и представлен *Conochilus unicornis* Rousselet, *Kellicottia longispina* Kellicott, *Keratella cochlearis macracantha* Lauterborn и *Bosmina longispina* Leydig. Значение некоторых видов, входивших в число доминантов в годы прошлых исследований, в 2009 г. снизилось. Индексы видового разнообразия зоопланктона Харбейских озёр, рассчитанные по численности, составили в этот период от 0.5 до 2.4 (индекс Шеннона) и от 0.16 до 0.89 (индекс Симпсона). Показатели численности и биомассы зоопланктона достаточно равномерно распределялись в акватории и превышали значения как 1960-х, так и 1990-х годов. В зообентосе Харбейских озёр в 2009 г. выявлено 17 групп различного ранга. По численности в бентосе в этот период исследований доминировали ракообразные (до 80% от общей численности). В составе донной фауны обнаружено 17 видов ракообразных, относящихся к ветвистоусым и веслоногим. Бентосные рачки были представлены родами *Ilyocryptus*, *Paracyclops*, *Diacyclops*, *Paracamptus*, *Bryocamptus* и *Moraria*. Сравнение данных разных периодов изучения донной фауны ракообразных показало динамику состава доминирующих видов. Наряду с ракообразными значительную долю от общей численности зообентоса обследованных водоемов в 2009 г. составляли личинки хирономид, олигохеты и моллюски. Общие значения численности зообентоса в озёрах в этот период увеличились относительно показателей предшествующих этапов исследований, величины биомассы – снизились. Выявленные изменения состояния сообществ Харбейских озёр могут быть обусловлены их естественной эвтрофикацией.

Исследования были поддержаны грантами №09-С-4-1017 (для УрО РАН) и №65 (для СО РАН).

ИНВАЗИОННЫЕ ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ В МАЛАКОФАУНЕ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.И. Филинова

Саратовское отделение ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Саратов, Россия

Трансформация донной фауны водохранилищ после зарегулирования стока рек, приводящая к изменению биопродуктивности вновь созданных водоёмов, привлекает пристальное внимание специалистов в связи с необходимостью рационального использования биоресурсов. Многолетние мониторинговые исследования зообентоса Волгоградского водохранилища, проведенные с 1980 по 2008 гг., позволили выявить роль моллюсков в донных биоценозах (Филинова, 2003, 2009). В среднем по водохранилищу моллюски формируют до 99.9% биомассы и до 99% продукции донных сообществ, в том числе двустворчатые составляют в открытой части водоёма до 99% биомассы и до 98% продукции, а на пойменных мелководьях – до 86% и 74%, соответственно.

Всего идентифицировано 36 видов моллюсков, в том числе 22 вида брюхоногих и 11 видов двустворчатых, из них 3 вида – адвентивные. Установлено значение инвазионных двустворчатых моллюсков – *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), *D. bugensis* (Andrusov, 1897) и *Adacna colorata* (Eichwald, 1929), в трансформации структуры малакофауны за исследуемый период. *Dreissena polymorpha* – каспийский вселенец, обитал на незарегулированном участке р. Волги и бурно развился с первых лет существования водохранилища (Константинов, 1969; Нечваленко, 1980; и др.). Согласно нашим данным, биомасса этого вида дрейссены достигла максимальных величин во всех зонах водохранилища к 1983–1984 гг. В эти вегетационные сезоны биомасса *D. polymorpha* в открытых участках достигала 900 г/м^2. Разрушение затопленной древесины – основного субстрата для поселения этих моллюсков – послужило причиной постепенного угасания *D. polymorpha*. С начала 1990-х гг. по настоящее время средневзвешенный по водохранилищу показатель биомассы *D. polymorpha* не превышает 30 г/м^2, а встречаемость на разных участках составляет не более 5%. *Adacna colorata* – случайный интродуцент, занесённый в водохранилище в период акклиматизационных работ по вселению полихет и мизид, с 1960 по 1967 гг. (Нечваленко, 1976). Вид обитает в русловой части и на открытых мелководьях. В исследуемый период максимальная встречаемость этого моллюска по всему водохранилищу (50%) зарегистрирована в 1984 г., однако его биомасса не превышала 2% от общей биомассы малакофауны. Начиная с 1999 г., *A. colorata* встречается единично на различных биотопах и составляет менее 1% от количественных показателей всех моллюсков. В 2000 г. в водохранилище была впервые обнаружена *Dreissena bugensis* (Филинова, 2003). Быстро осваивая все биотопы водохранилища, эти самопроизвольные вселенцы уже в 2001 г. дали вспышку развития (биомасса на русловых участках превышала 1000 г/м^2), а в 2003 г. *D. bugensis* повсеместно доминировала. В 2008 г. средневзвешенная биомасса *D. bugensis* в открытой зоне водохранилища равнялась 2070 г/м^2, а встречаемость достигла 75%.

Количественные соотношения распределения *D. polymorpha* и *D. bugensis* варьировали по продольной оси и по поперечному сечению водохранилища в зависимости от глубины, степени заиления и течения, а на мелководных участках – также в зависимости от уровня воды в паводковый и меженный периоды, степени зарастания водоема и конфигурации береговой линии. В современных условиях отмечено снижение численности аборигенных видов моллюсков в связи с сокращением естественных местообитаний. Их биомасса составляет в среднем менее 1% на незащищённых мелководных участках и до 60% на отдельных биотопах затопленных пойм. Инвазионные виды являются единственными представителями малакофауны на глубоководных биотопах.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИИ ГРЕБНЕВИКА *MNEMIOPSIS LEIDYI* И КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЕГО РОЛИ В ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ КРЫМСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ЧЁРНОГО МОРЯ

Г.А. Финенко, **Г.И. Аболмасова**, **З.А. Романова**, **Н.А. Дацык**, **Б.Е. Аннинский**

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Украина

В прибрежных районах Крымского побережья плотность мнемиопсиса и сейчас, спустя 20 лет после вселения в Черное море, в отдельные годы достигает величин, наблюдавшихся в 1990-е годы до вселения другого гребневика – берое, потребляющего мнемиопсиса. Продолжительность присутствия мнемиопсиса в планктоне и его численность регулируются как факторами среды, так и временем появления в планктоне берое, и варьируют от года к году. Соответственно, пресс мнемиопсиса на зоопланктон (кормовую базу рыб) и пищевая обеспеченность рыб зависят от обилия и длительности развития популяции мнемиопсиса.

Цель данной работы – оценить состояние популяции гребневика *Mnemiopsis leidyi* в последние годы (2004–2008) и степень выедания мнемиопсисом мезопланктона в прибрежных районах Крымского побережья Черного моря (Севастопольская бухта и шельф).

В течение всех лет наблюдений характер динамики развития популяций обоих видов гребневиков в течение года был сходен, однако время появления и количественные показатели обилия видов различались в отдельные годы. В 2004 г. отмечено позднее появление мнемиопсиса в планктоне и высокая численность, сохранявшаяся в течение долгого времени (2.5 месяца против обычных 2–3 недель) из-за позднего появления берое; 2005 и 2008 гг. характеризовались значительно более высокой численностью и биомассой мнемиопсиса на шельфе в зимний период по сравнению со средними значениями.

Оценка пищевых показателей мнемиопсиса, проведённая по наблюдениям за качественным и количественным составом пищи гребневиков в море и по лабораторным экспериментам – по времени переваривания ими корма, показала, что в течение всего периода наблюдений (апрель–сентябрь 2008 г.) в гастральной полости гребневиков по численности доминировали личинки двустворчатых моллюсков (до 60–80% от общей численности жертв), при том, что их доля в планктоне не превышала в среднем 10–20%. Величина облавливаемого объёма воды тесно коррелировала с массой тела животных на разных видах жертв. При этом объём воды при потреблении велигеров двустворчатых моллюсков был самым высоким по сравнению с копеподами и кладоцерами.

В летний период 2004–2008 гг. суточное выедание зоопланктона популяцией мнемиопсиса составляло от 12 до 16% численности зоопланктона в бухте и на шельфе, соответственно. Наибольший пресс на зоопланктон гребневики оказывали в 2004 и 2008 гг. Это годы, отличающиеся от других продолжительным присутствием мнемиопсиса в планктоне и его количеством. Столь высокие скорости выедания привели к резкому снижению биомассы зоопланктона и к усилению пищевой конкуренции с планктоноядными рыбами.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГРЕСС В ИЗУЧЕНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МИРОВОГО ОКЕАНА

З.З. Финенко

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Украина

В биоокеанологических исследованиях последних лет большое внимание уделяется изучению первичной продукции. Хотя сама проблема не нова, однако теперь она рассматривается с новых позиций и изучается новыми методами. Во второй половине прошлого века в биологической океанологии произошел качественный скачок в изучении продуктивности Мирового океана, который связан с появлением искусственных спутников Земли, оснащённых приборами, позволяющими измерить интенсивность выходящего из моря солнечного света на определённых длинах волн. Уже первые наблюдения показали, что данные натурных измерений спектральной яркости восходящего от поверхности моря света можно использовать для оценки концентрации хлорофилла в поверхностном слое. Определение концентрации хлорофилла в поверхностном слое по спутниковым данным позволило впервые в буквальном смысле увидеть временные и пространственные изменения фитопланктона на масштабах от нескольких десятков до нескольких тысяч километров. Эта информация была использована не только для построения карт распределения хлорофилла в Мировом океане, но и для оценки величин первичной продукции. За короткое время исследования продуктивности фитопланктона по спутниковым данным получили широкое признание, хотя многие методические трудности, встречающиеся при этих измерениях, ещё не решены. Обращение измеренных оптических характеристик в концентрацию хлорофилла и затем в продукцию фитопланктона требует привлечения дополнительной информации, которую можно получить только путем прямых измерений в океане. Использование данных, характеризующих оптические свойства морской воды и водорослей, а также параметров, контролирующих фотосинтез фитопланктона, привело к развитию сложных моделей, позволяющих проводить количественную оценку первичной продукции в широком диапазоне пространственных и временных масштабов. Биооптические модели существенно различаются, но все они основаны на том, что скорость фотосинтеза контролируется плотностью светового потока и концентрацией пигмента. Количество световой энергии, поглощаемой фитопланктоном, изменяется в пространстве и во времени и зависит от количества водорослей, их видового состава и скорости протекания процессов, регулирующих фотосинтез. По этой причине невозможно использование одного универсального алгоритма для оценки продукции фитопланктона во всех морях и океанах. Необходимы региональные алгоритмы, основанные на данных натурных измерений фотосинтетических и оптических свойств фитопланктонного сообщества, подводной освещённости, концентрации пигментов. Такая модели были разработаны для океанических вод и внутренних морей. В биооптической модели для расчёта первичной продукции Чёрного моря нами использованы результаты исследований фотосинтетических характеристик черноморского фитопланктона и вертикального распределения хлорофилла, послужившие основой для обоснования и создания регионального алгоритма. Использованная параметризация учитывает совместное действие плотности светового потока, температуры и концентрации хлорофилла в поверхностном слое на фотосинтетические параметры кривой фотосинтез–свет и их изменение с глубиной. Полученные закономерности соединены с данными спутниковых измерений для оценки пространственно-временной вариабельности фотосинтетических характеристик фитопланктона. Совместное использование спутниковых данных и модельных расчётов позволило получить полную картину пространственно-временной изменчивости продукции фитопланктона для всей акватории моря и оценить её межгодовые различия для отдельных регионов. Средняя величина годовой первичной продукции в глубоководных и прибрежных районах с привлечением спутниковых измерений концентрации хлорофилла составила 150 г $C \times м^{-2} \times год^{-1}$, или 61 млн. т С для всей акватории моря. Если судить о трофическом статусе Чёрного моря по годовым величинам продуктивности фотосинтеза, следует признать, что большая часть акватории Чёрного моря относится к типично мезотрофным водам. К эвтрофному типу принадлежат лишь прибрежные воды, расположенные вблизи рек.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ С ПАСТБИЩНОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ВЫРАЩИВАНИЯ РЫБОПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАРПА ПО РАЗВИТИЮ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА

М.И. Хижняк

Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины, г. Киев, Украина

Исследования проводились на прудах опытного хозяйства «Нивка» ИРХ УААН при отработке элементов технологии выращивания качественного рыбопосадочного материала с повышенными показателями средней массы на естественной кормовой базе (органическое рыбоводство). Использовались традиционные мелиоративные мероприятия по подготовке прудов (расчистка, дезинфекция мелиоративной сети, боронование ложа), различные плотности посадки личинок карпа (от 30 до 50 тыс. экз./га) и органические удобрения (навоз – 50% от потребности). Однако рыбоводные пруды – мелководные водоёмы с невысокой проточностью, и они характеризуются ухудшением качества среды в результате накопления органических веществ. Очень чувствительными показателями накопления органических веществ в водоёме могут быть количественное развитие и функциональная активность бактериопланктона и особенно численность его гетеротрофного компонента (сапрофиты).

Общая численность бактериопланктона в течение вегетационного сезона колебалась в пределах 0.87–13.35 млн. клеток на мл, биомасса – 0.82–13.06 мг/л, при среднесезонных показателях 3.71–4.40 млн. клеток на мл и 3.48–4.22 мг/л, соответственно. Около 60% бактерий находилось в агрегированном состоянии, что повышает их пищевую ценность для других планктонных организмов и способствует интенсивному прохождению процессов деструкции органического вещества. Развитие гетеротрофных (сапрофитных) бактерий было незначительным и составляло 0.1–0.5% компонентного состава бактериопланктона. В абсолютных величинах эти показатели мало отличались в прудах с различной плотностью посадки рыбы. Среднесезонный показатель гетеротрофов в пруду с плотностью посадки рыбы 30 тыс. экз./га составлял 2.98 тыс. клеток / мл, 40 тыс. экз./га – 2.38 тыс. клеток / мл, 50 тыс. экз./га – 2.15 тыс. клеток / мл. Среднесезонные показатели общей численности бактериопланктона и его гетеротрофного компонента находились в пределах рыбоводных норм, регламентируемых для воды рыбоводных прудов. Индекс Романенко колебался в пределах 0.05–0.08, что соответствует категории "чистой" воды. По экологической классификации качества поверхностных вод суши, разработанной в Институте гидробиологии НАНУ, по среднесезонным микробиологическим показателям вода прудов относится к водам β-мезосапробной зоны. Не наблюдалось накопления органических веществ в прудах с применением данных плотностей посадки рыбы и с использованием навоза. Это подтверждают и показатели содержания растворенного в воде кислорода и перманганатной окисляемости, которые в наиболее критические периоды выращивания рыбопосадочного материала находились в пределах нормативных величин.

Средняя биомасса выращенных сеголеток карпа была на уровне 27.7–49.7 г, выход 30–41.3%, общая рыбопродуктивность прудов находилась в пределах 469–495 кг/га. Таким образом, интенсификационные мероприятия, которые применялись при пастбищной технологии, позволяют получить качественный рыбопосадочный материал, а применение органических удобрений не приводит к ухудшению качества среды.

ЯВЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СОЛЁНОСТИ – СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ

В.В. Хлебович

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Явление критической солёности было описано в результате синтеза экологических и физиологических данных (Хлебович, 1974). К этому времени накопились факты о том, что в бесприливных морях с плавным градиентом солёности количественные и качественные характеристики фауны меняются не постепенно, а с явственным перегибом соответствующих кривых в узком солёностном диапазоне – около 5–8‰. До этих пределов в сторону моря доходит минимальное количество пресноводных видов, а в сторону пресных вод – минимальное количество морских элементов. Кроме того, для широко эвригалинных или проходных форм, пересекающих в своём жизненном цикле эту границу, она часто оказывается пределом размножения и личиночного развития. Естественной была попытка связать происходящие в этом диапазоне биологические события с изменениями физико-химических факторов. Предполагалось, что биологическая граница связана с изменением здесь соотношений ионов. Это было показано на построенных нами графиках относительного содержания кальция в природном и экспериментальном градиенте солёности. До последнего времени таких данных было немного. Замечательное подкрепление пришло недавно. Химики Кубанского государственного университета выполняли работу по анализу взаимодействий разных пар ионов, взятых в разных концентрациях. Эта чисто химическая работа была дополнена анализом зависимостей от величины общей солёности морской воды, важнейшей экологической характеристики (V. Burko, I. Sukhno, A. Polushin: Aqua Solution Software http://public.kubsu.ru/AquaSolSoft).

На графиках, построенных по этим программам, везде выражен резкий перелом коэффициентов активности и осмотических коэффициентов при солёностях ниже и выше 5–8‰. Это подтверждает наше положение о том, что в экологическом и эволюционном отношении внешняя солёность около 5–8‰ разделяет качества и масштабы экологических воздействий. Одно из них – процесс осадкообразования в экологическом и историческом масштабах. Кроме различий органического осадкообразования, по обе стороны критической солёности должны влиять факторы ионных взаимодействий, действующих через флоккуляцию. Иными словами, характер осадкообразования по обе стороны критической солености должен быть разным. Отсюда, явление “маргинального фильтра” (Лисицын, 1994) есть частный случай проявления описанного нами ранее явления критической солёности.

Для экологической стороны критической солёности удачным оказывается термин О. Кинне (1971) «хорогалинная зона» (“horohalinicum”: horeo, *греч.* – разделяю). Физиологическая сторона критической солёности в полной мере стала ясной, когда все формы выражения концентрации ионов внутренней среды стали оценивать, как и внешнюю солёность, в промилле. Оказалось, что основная масса пойкилоосмотических животных не проникает ниже 5–8‰, и эта внутренняя солёность обычно является пределом жизнедеятельности организма и клеток. Иными словами, критическая солёность внешней и внутренней среды совпадает. На стыке экологического и физиологического подходов оказывается наше заключение о солёностной зависимости внекишечного поглощения гидробионтами растворённых органических веществ (Комендантов, Хлебович, 1989).

Масштабное общебиологическое открытие последнего десятилетия касается взаимоотношений внутренней солёности и внутриклеточной ионной среды. Блестящая гипотеза Ю.В. Наточина (2005, 2007) исходит из того, что основные носители жизни, нуклеиновые кислоты, могут быть нативными и, очевидно, потому зародились в калиевой среде. Натриевый насос сначала возник для откачки из протоклетки вредного натрия, а затем стал обязательным механизмом транспорта разных веществ через клеточные мембраны. Натриевая среда, основа внутренней и внешней солёности, стала обязательной для животных, причём в концентрации не ниже критических значений.

СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ВЕСЕННЕМ ЗООПЛАНКТОНЕ ОЗЕРА КРИВОГО (КАНДАЛАКШСКИЙ ЗАЛИВ БЕЛОГО МОРЯ)

Т.В. Хлебович

Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

Озеро Кривое – малый водоём, находящийся в Карелии, в 30 км к югу от Полярного круга. Его отличают низкие температуры и низкая минерализация воды. Протозоопланктон озера Кривого исследовали весной 2009 г., с 29 мая по 11 июня, сразу после таяния льда (лёд растаял 25 мая); при этом в воде наблюдалась весенняя гомотермия при температуре 4–6ºС. Цилиопланктон был представлен крупными миксотрофными видами инфузорий, характерными для олиготрофных водоёмов – *Amphileptus trachelioides*, *Cyclotrichium viride*, *Bursella spumosa*, *Strombidium viride* и *Didinium balbianii.* В период биологической весны биомасса зоопланктона в озере на 90% состояла из инфузорий, то есть весной инфузориям принадлежала основная роль в потреблении первичной продукции и в переносе вещества и энергии на следующий трофический уровень. Важно было узнать, изменяется ли в течение суток, особенно в период белых ночей, роль инфузорий в трофических цепях в озере. Для решения этой задачи была выбрана суточная станция с глубиной 12 м, в 20 метрах от причала. Пробы отбирали 6–7 июня с 10 часов утра через каждые 4 часа. При анализе результатов изучения динамики развития инфузорий и основных видов зоопланктона на суточной станции, было отмечено значительное изменение количества зоохлорелл в клетке крупной инфузории *A. trachelioides* с 10 часов утра до 16 часов: утром зоохлореллы были равномерно распределены внутри особи, занимая до 70% объёма клетки, к 16 часам у большинства особей симбионты были обнаружены только в нижней части клетки. Отсюда следует, что амфилептусы, вероятнее всего, днём питались исключительно зоохлореллами, а активное питание у них наступало в вечернее время. В клетках амфилептусов из ночных проб встречались керателлы, церациумы, нотолка, наблюдался каннибализм, так что можно говорить о суточном ритме питания этих крупных инфузорий, биомасса которых весной составляла до 30% от общей биомассы цилиопланктона. Это предположение может иметь важное значение для установления истинной величины рациона инфузорий, имеющих зоохлореллы; оно требует дальнейших исследований.

Снижение численности амфилептусов с 18 часов (рис. 1) можно объяснить увеличением роли потенциальных хищников – копеподитных стадий циклопов *Cyclops scutifer*, численность которых в это время суток возрастала с 1000 до 2000 экз./м^3. Как можно видеть из рис. 2, в 18 часов наблюдалось значительное увеличение численности циклопов (предположительно, происходят горизонтальные миграции из более глубоких слоев озера), что привело к сокращению численности мелких кормовых объектов.

Круглосуточные наблюдения за весенней динамикой развития зоопланктона в приполярном озере показали, что существует суточная ритмичность в питании миксотрофных инфузорий и горизонтальные миграции мезопланктона из более глубоких слоев воды в мелководные, происходящие в вечернее время. Всё это указывает на значительную динамику биологических процессов в естественных водоёмах.

Рис. 1.

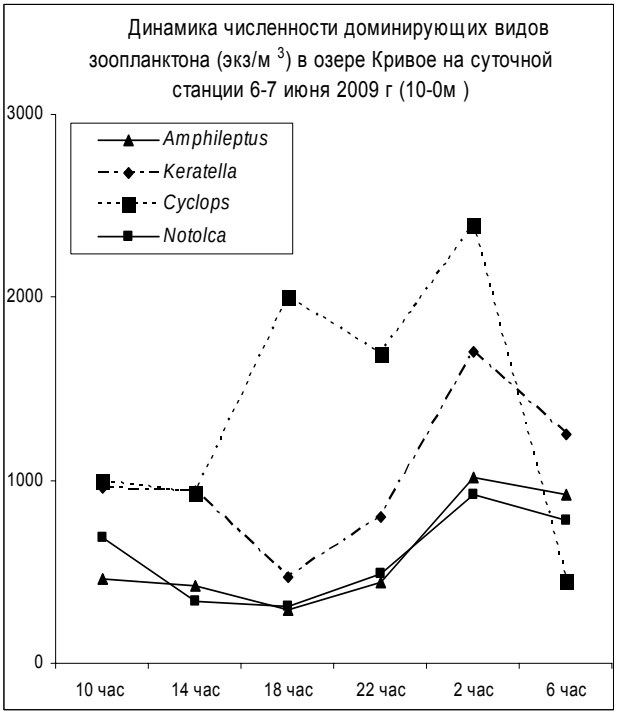


Рис. 2.

БИОИНДИКАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ОСНОВЕ БИОМАРКЕРОВ КАРДИОАКТИВНОСТИ БЕНТОСНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

С.В. Холодкевич[1], **А.С. Куракин**[1], **Е.Л. Корниенко**[1], **К. Лехтонен**[2], **Я. Штранд**[3], **Т.В. Кузнецова**[1], **Н.Н. Камардин**[1], **В.А. Любимцев**[1], **А.В. Иванов**[1]

[1] *Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

[2] *Институт окружающей среды Финляндии, г. Хельсинки, Финляндия*

[3] *Национальный научно-исследовательский институт окружающей среды, г. Роскиль, Дания*

В физиологических реакциях организма на изменение среды обитания всегда присутствует обязательная обратная связь, показывающая отношение животного-биоиндикатора к качественным и количественным изменениям характеристик среды. Ясно, что инструментальные измерения величин этих реакций могут использоваться, например, для решения обратной задачи – для оценки качества поверхностных вод, поскольку организм животного является наиболее объективным и универсальным индикатором состояния качества воды, как среды его обитания. В настоящее время значительное развитие получили физиологические методы, основанные на неинвазивной регистрации и анализе в реальном времени кардиоактивности бентосных беспозвоночных с экзоскелетом: раков, крабов, раковинных моллюсков. В настоящее время существует несколько вариантов биоэлектронных систем индикации состояния водной среды на основе интегральной оценки функционального состояния организма, в которых кардиоактивность выступает как основной физиологический биомаркер. Существенным преимуществом биоиндикации качества воды этими инструментальными экофизиологическими методами является их экспрессность, а также возможность практической реализации непрерывного автоматизированного биомониторинга качества поверхностных вод и донных отложений в реальном времени, что принципиально необходимо при решении задач информационной подготовки принятия управленческих решений для обеспечения экологической безопасности экосистем в аварийных и чрезвычайных ситуациях. При этом животное, используемое качестве биосенсора, которому обеспечиваются условия обитания, приближённые к естественным, непосредственно включается в состав такой биоэлектронной системы экологического мониторинга.

В настоящей работе освещаются результаты экспериментального исследования, направленного на поиск и разработку новых биомаркеров кардиоактивности бентосных беспозвоночных, которые могут использоваться в методах активной биоиндикации экологического состояния морских и пресноводных объектов и здоровья экосистем. Методологической основой данного исследования является оценка адаптивной способности тест-организмов с помощью разрабатываемых стандартизованных тест-воздействий (в пределах толерантности вида). Объектами исследования служили двустворчатые моллюски *Mytilus edulis* и *Macoma balthica,* а также краб *Carcinus maenas,* обитающие в чистых и загрязнённых акваториях в различных субрегионах Балтийского моря. В качестве тест-воздействий использовались: быстрое изменение температуры на 5°C, одночасовое повышение или понижение солености на 50% от исходной величины и др.

Обнаружено, что и моллюски, и крабы, взятые из экологически благополучных, чистых зон, отличаются от животных из загрязнённых акваторий тем, что после прекращения тест-воздействия они демонстрируют более высокую адаптивную способность, выражающуюся в существенно более коротком времени восстановления исходных значений частот сердечных сокращений (ЧСС). Кроме того, по сравнению с животными из загрязнённых акваторий, животные чистых акваторий демонстрируют более высокую однородность реакций, которая выражается в сходном (в процентном отношении) повышении ЧСС, обусловленном тест-воздействием. Результаты лабораторных и полевых исследований указывают на возможность использования при биоиндикации состояния экосистем акваторий предлагаемых нами новых биомаркеров кардиоактивности: 1) величина разброса (в процентах от средней по 7 животным) значений ЧСС тестируемой группы животных в состоянии возбуждения, вызванного тест-воздействием; 2) характеризующее адаптивную способность тестируемого животного время восстановления (в часах) исходной для каждого животного (до начала тестирования) величины ЧСС после прекращения тест-воздействия. Предложенные биомаркеры могут применяться в исследованиях экологического состояния экосистем акваторий, вне зависимости от уровня их солёности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 08-04-92424-BONUS_a.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЗООБЕНТОСА И ВОДОРОСЛЕЙ В ОЗЁРАХ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛОТНОГО ЗАКАЗНИКА (БАССЕЙН Р. ПЕЧОРЫ)

Л.Г. Хохлова, **О.А. Лоскутова**, **А.С. Стенина**, **Е.Н. Патова**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия

В июле–августе 2009 г. в рамках международного проекта ПРООН/ГЭФ «Укрепление системы особо охраняемых природных территорий Республики Коми в целях сохранения биоразнообразия первичных лесов в районе верховьев реки Печора» проведено исследование зообентоса и водорослей в озёрах, расположенных на территории самого крупного в Европе болотного заказника «Океан» (нижнее течение р. Печора). В центральной части заказника было обследовано оз. Нижнее Маерское, в юго-восточной части – озёра Ыджыд Косты и Волочанское, а также ряд более мелких озёр. Площадь водного зеркала крупных озёр составляет 1.5–1.8 км^2, максимальная глубина – 5 м, средняя глубина – 1.0–1.5 м, прозрачность воды – 0.4–0.8 м. В мелководной зоне озёр наблюдались сплошные заросли макрофитов.

В период изучения озёр зафиксирована относительно высокая температура воды (16.0–25.0°), слабощелочные значения pH (7.30–7.55), низкая минерализация (35.3–97.3 мг/дм^3) при гидрокарбонатно-кальциевом составе и достаточно высокое содержание органического вещества, в том числе гумусового происхождения. Пределы изменения перманганатной и бихроматной окисляемости составили 5.6–13.6 и 20.0–34.0 мг/дм^3, соответственно. Более высокие показатели характеризуют воду оз. Нижнее Маерское. Аммонийный азот и минеральный фосфор зафиксированы в минимальных количествах. Содержание соединений железа во всех случаях в 4.5–6.6 раз превышало предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов (ПДК$_{рбхз}$). Микроэлементы в виде соединений кремния, марганца, меди, цинка, свинца, кадмия, кобальта, молибдена и никеля отсутствовали, либо обнаружены в концентрациях, не превышающих ПДК$_{рбхз}$.

В большинстве исследованных крупных озёр заказника наблюдалось сильное «цветение» воды цианопрокариотами (синезелёными водорослями). Во всех водоёмах основу фитопланктонных сообществ формировали *Anabaena flos-aquae*, *A. lemmermanii* и *Aphanizomenon flos-aquae*. Среди сопутствующих видов – *Anabaena spiroides*, *Coelosphaerium kuetzingianum*, *Pseudanabaena limnetica* и *Snowella lacustris*. Состав цианопрокариот – возбудителей «цветения» типичен для северных регионов.

Кроме того, фитопланктон почти во всех озёрах характеризуется развитием диатомовых водорослей из родов *Aulacoseira*, *Asterionella* и *Fragilaria*. Основу фитобентоса в озёрах Нижнее Маерское, Волочанское, Ыджыд Косты формируют преимущественно представители родов *Achnanthes*, *Fragilaria* и *Navicula*, а в заболоченном озере – *Eunotia*, *Frustulia*, *Navicula* и *Tabellaria*. Состав преобладающих видов диатомовых водорослей отражает мезотрофные условия в озёрах первой группы с умеренной степенью загрязнения вод нестойкими органическими веществами природного происхождения и дистрофные условия в заболоченном водоёме.

Получены первые сведения о видовом разнообразии водной фауны, о структуре донных сообществ озёр и их количественном развитии. Основу донного населения составляют олигохеты, хирономиды и низшие раки. Зообентос прибрежной зоны более разнообразен, на глубоководных участках озёр обнаружено 4–6 групп гидробионтов и более высокая биомасса. Установлено довольно слабое количественное развитие зообентоса – низкая кормовая база для рыб-бентофагов (средняя биомасса 1.1–1.6 г/м^2). В небольших озерках болотного заказника выявлена богатая фауна насекомых – стрекоз, водных жуков и ручейников. Виды, занесённые в Красные книги Республики Коми и Российской Федерации, на территории заказника не обнаружены.

ПРОДУКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ МЕЛКОВОДИЙ КИЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Е.Н. Цаплина, **Н.В. Майстрова**, **Н.Е. Семенюк**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

В каскаде днепровских водохранилищ Киевское – головное. Площадь его мелководий составляет около 34%. Растительный покров разнообразен; основные районы зарастания расположены в верхней части водохранилища. Доминирующие воздушно-водные растения – рогоз узколистный (*Typha angustifolia* L.) и тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) образуют большие массивы в зоне подтопления центральной и прирусловой поймы, а также пойменных островов. Проективное покрытие составляет 90–95%, а фитомасса – 6 кг/м^2 сырой массы. Среди зарослей в небольшом количестве регистрируется роголистник (*Ceratophyllum demersum* L.).

Сообщества растений с плавающими листьями, среди которых доминируют кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith) и кувшинка белая (*Nymphaea alba* L.), занимают значительные площади между этими массивами. В последние годы всё большая площадь мелководий верхнего участка водохранилища зарастает водяным орехом плавающим (*Trapa natans* L.), средняя фитомасса которого составляет до 0.560 кг/м^2 сырой массы.

Сообщества погружённых растений, которые в первые годы существования водохранилища занимали значительную площадь, сейчас располагаются по краям зарослей и имеют низкий показатель фитомассы.

В пределах средней и нижней части водохранилища заросшие мелководья занимают небольшую площадь. В правобережных разреженных зарослях погруженных растений доминирует рдест пронзённолистный (*Potamogeton perfoliatus* L.); фитомасса до 0.6 кг/м^2. В зависимости от водности года и ветро-волновых колебаний уровня воды в левобережных (больших по площади) сообществах погруженных растений по фитомассе преобладают либо рдест пронзеннолистный, либо нитчатые водоросли.

Сообщества планктонных водорослей в зарослях представлены разнообразно; среди наиболее часто встречаемых доминатов – представители синезелёных, диатомовых и зелёных, в частности, виды рода *Microcystis*, *Melosira varians* Ag., *Stephanodiscus hantzschii* Grun., *Cocconeis placentula* Ehr. Низкое видовое богатство, а также численность и биомасса фитопланктона, отмечены в зарослях водяного ореха.

В фитоперифитоне Киевского водохранилища доминируют представители диатомовых и зелёных водорослей. На рогозе узколистном преобладают *Cocconeis placentula*, *Melosira varians*, *Eunotia bilunaris* (Ehr.) Mills, в обрастаниях водяного ореха – *C. placentula*, на роголистнике – *M. varians*, на рдесте пронзённолистном – *C. placentula*, *Staurosira construens* Ehr., *Oedogonium* sp.

Продукция автотрофов (ккал/м^2) была рассчитана по участкам водохранилища, для различных типов зарослей за 3 летних месяца вегетационного сезона.

В сообществах воздушно-водных растений максимальной продукцией (81%) отличается рогоз узколистный. Продукция фитомикроперифитона и фитопланктона среди зарослей в сумме не превышает 20%. В сообществах растений с плавающими листьями основную продукцию (54%) формируют именно эти растения, из них на водяной орех приходится около 20% от продукции всего растительного сообщества. Продукция фитопланктона составляет треть от продукции всего сообщества, остальная часть формируется за счёт фитомикроперифитона.

В сообществах погружённых растений при доминировании рдеста пронзённолистного продукция нитчатых водорослей была минимальна, а продукция фитопланктона была равна продукции погруженных растений. Основная продукция в автотрофном звене создавалась фитоперифитоном (57%). При доминировании нитчатых водорослей в сообществах погружённых растений максимальная продукция принадлежит нитчатым водорослям (53%), четвёртая часть продукции создается фитомикроперифитоном, а остальная часть приходится на погружённые растения и фитопланктон.

Таким образом, основные потоки энергии в зарослях воздушно-водных растений и растений с плавающими листьями проходят через звено высших водных растений. В сообществах погружённых растений в год средней водности ключевой поток энергии идет через нитчатые водоросли, а в многоводный год – через перифитон.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

О.А. Чиженкова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГУП «КаспНИРХ»), г. Астрахань, Россия

Одной из актуальных задач гидробиологии является получение фундаментальных знаний о качественных и количественных изменениях, происходящих в акватории моря с богатой кормовой базой при воздействии комплекса абиотических факторов. В современный период формирования Каспийского моря макрофитобентос мелководной зоны оказывает воздействие на все трофические уровни экосистемы района, определяя распространение и аутэкологические особенности доминирующих видов. Развитие донных сообществ теснейшим образом связано с фитоценозами и играют определяющую роль в сохранении видового разнообразия гидробионтов. Особенно важна оценка фито- и зооценозов в районах с наибольшей уязвимостью экосистемы, связанной с комплексным антропогенным воздействием. В связи с этим, проведены исследования по определению видового состава и распределения водорослей и гидробионтов в зависимости от основных абиотических факторов.

Применялись общепринятые гидробиологические методики и методы подводных исследований с использованием легководолазной техники и подводной телевизионной станции. Биоразнообразие морских водорослей и приуроченных к ним групп донных организмов в северной части Каспийского моря определялось комплексом абиотических факторов, таких как солёность, прозрачность воды, температурный режим и тип донных отложений. В комплексе они сформировали четыре основные специфичные зоны, в которых выявлены 16 основных формаций макрофитов: 5 формаций – в зоне с солёностью 0.1–2.0‰ и глубинами 1.5–2.5 м, 3 формации – в зоне с солёностью 2.0–7.0‰ и глубинами 2.5–6.0 м, 3 формации – в зоне с солёностью 4.0–11.0‰ и глубинами 6.0–8.0 м, и 5 формаций – в зоне с солёностью 8.0–12.0‰ и глубинами до 24.0 м. Установлено, что для выделенных зон характерна динамика растительных ассоциаций и сообществ, обусловленная солёностью, тогда как изменения температуры влияли на количественные параметры фитоценозов. Фитобентосные формации западной части были сформированы представителями высшей и низшей водной растительности: *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Vallisneria spiralis*, *Zostera marina*, *Myriophyllum spicatum*, *M. verticillatum*, *Chara tomentosa*, *C. aspera*, *Chaetomorpha linum*, *Laurencia caspica*, *Polysiphonia violacea*, *P. caspica*, *P. sanguinea*, *Ceramium tenuissimum*, *Cladophora vagabunda*, *C. sericea*, *Chaetomorpha linum*, *Ulva prolifera.* зообентос представлен в фитоценозах следующими таксонами: малощетинковые (Oligochaeta) и многощетинковые черви (Polychaeta), личинки Chironomidae, моллюски (Bivalvia и Gastropoda), ракообразные (Amphipoda, Cumacea и Mysidacea) и представители десятиногих раков (Decapoda) – *Pontastacus leptodactylus* и *Rhithropanopeus harrisii.* Наибольшая частота встречаемости (до 30%) отмечается в основном для видов автохтонного комплекса: для моллюсков *Adacna angusticostata*, *A. vitrea* и *Didacna trigonoides*, для ракообразных *Stenocuma graciloides*, *Pterocuma pectinata*, *Schizorhynchys bilamellatus*, *Stenogammarus macrurus*, *S. compressus*, *S. similis*, *Corophium nobile* и *C. curvispinum*, а также для полихеты *Hypaniola kowalewskii*. Частота встречаемости до 30% также отмечена для нескольких видов из средиземноморского комплекса – для моллюсков *Mytilaster lineatus* и *Abra ovata* и для полихеты *Hediste diversicolor*. Oligochaeta по частоте встречаемости достигают 90–100%. В результате исследований установлено, что видовой состав и распределение гидробионтов в первую очередь определяется солёностью. Многие виды обитают только на определённых грунтах. Своеобразие каспийской донной фауны определяется в основном моллюсками и ракообразными. Эндемизм этих групп составляет 65.4 и 87.2%. Для Северного Каспия характерно качественное разнообразие зообентоса до 90 видов.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИХЛОРИРОВАННЫХ БИФЕНИЛОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ НАКОПЛЕНИЯ В ЛИЧИНКАХ ХИРОНОМИД

Г.М. Чуйко[1], **И.И. Томилина**[1], **Е.С. Бродский**[2]

[1] *Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия*
[2] *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия*

Загрязнение окружающей среды является глобальной экологической проблемой современного мира. Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – одна из самых распространённых в окружающей среде групп стойких органических загрязняющих веществ (СОЗ) антропогенного происхождения. За период их массового производства (1929–1986 гг.) в мире было произведено около 2 млн. т ПХБ. По экспертным оценкам, из этого объема около 31–35% поступило в окружающую среду и лишь 4% подверглось разложению. В настоящее время загрязнение окружающей среды ПХБ входит в перечень глобальных общепланетарных экологических проблем, требующих незамедлительного решения. В 2001 г. в Стокгольме была принята и подписана Глобальная международная конвенция о запрещении производства и использования СОЗ (включая ПХБ), к которой в 2002 г. присоединилась и Россия. Однако ПХБ продолжают глобально циркулировать в водных экосистемах, в том числе и в России (Порядин, 2000).

ПХБ относятся к классу хлорорганических ароматических соединений, состоящих из двух бензольных колец и включающих в свой состав от одного до десяти атомов хлора. Благодаря такой структуре существует 209 индивидуальных конгенеров ПХБ, отличающихся числом и положением атомов хлора в молекуле и имеющих различную токсичность. ПХБ обладают рядом специфических свойств: биоаккумуляцией за счет высокой липофильности; высокой стойкостью к физическим, химическим и биологическим факторам; глобальной распространённостью; способностью оказывать токсическое действие на организмы в крайне малых дозах. При поступлении в водный объект только 1% ПХБ остается в растворённом виде, а остальная часть переходит в донные отложения (ДО), откуда мигрирует по трофическим сетям, накапливаясь на разных трофических уровнях в количествах, способных оказывать негативное воздействие на живые организмы. В России проблеме загрязнения окружающей среды ПХБ уделяется мало внимания в связи с трудностями их определения (Майстренко, Клюев, 2004).

Проведено исследование пространственного распределения ПХБ в целом и по отдельным конгенерам в ДО Рыбинского водохранилища. Установлено, что ПХБ распределяются в ДО неравномерно. Максимальные уровни содержания ПХБ зарегистрированы в районе г. Череповец в Шекснинском плёсе северной части водохранилища, достигая 4116 мкг на кг сухой массы, что свидетельствует о локальном источнике их поступления в эту часть экосистемы водохранилища. Вниз по течению, по мере удаления от источника поступления ПХБ, их содержание падает. В остальной части водохранилища количество ПХБ находится на фоновом уровне 20–60 мкг на кг сухой массы. Это указывает на глобальный характер их поступления, связанный с трансграничным атмосферным переносом. Аккумуляция ПХБ происходит главным образом в илистых ДО мелкодисперсной структуры с высоким содержанием органического вещества, которые приурочены к бывшим руслам рек, формирующих водохранилище.

Выращивание личинок хирономиды *Chironomus riparius* Meigen в лабораторной культуре на ДО Рыбинского водохранилища с различным содержанием ПХБ до IV возраста показало, что они накапливают до 40% ПХБ, содержащихся в грунте, независимо от их количества в ДО. При этом, профили конгенеров ПХБ в личинках и в ДО сходные при условии высокого уровня загрязнения грунтов, но различаются при низком содержании ПХБ в грунтах. В последнем случае личинки накапливают низкохлорированные малотоксичные конгенеры более интенсивно, чем в первом. Обсуждаются возможные токсические эффекты ПХБ на бентосные организмы.

ГИДРОЭКОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ БИОЛОГИЯ: ВЗАИМОСВЯЗИ В ДВИЖЕНИИ К НОВЫМ ПАРАДИГМАМ

Н.В. Шадрин

Институт биологии южных морей НАН Украины, г. Севастополь, Украина

Не касаясь общих закономерностей развития наук, отметим, что плавное развитие любой науки в рамках основной парадигмы неизбежно приводит к необходимости перехода к новой парадигме. В настоящее время мы наблюдаем это как в гидроэкологии, так и в эволюционной биологии. Рассматривая потребность нового эволюционного синтеза, автор (Шадрин, 2009) обосновал, почему такой синтез невозможен без широкого участия в нём гидробиологов / гидроэкологов.

Балансово-энергетический подход, дополняемый балансами других сущностей – венец современной гидроэкологии. Однако, уже его создатели – Г.Г. Винберг и В.С. Ивлев – видели необходимость не только развития данного подхода, но и его ограниченность. Балансово-энергетический подход – это реализация принципов термодинамики, законов сохранения, которые позволяют очертить область возможного, но не описать поведение системы в области возможного.

И синтетическая теория эволюции (СТЭ), и современная гидробиология / гидроэкология делают акцент на устойчивости экосистем, неплохо согласуясь друг с другом. Но экосистемы существуют в меняющейся среде. Рассмотрев типы глобальной изменчивости среды, приходишь к выводу, что значительная их часть в принципе непредсказуема. Это делает невозможным выживание систем с одной точкой устойчивости и естественным отбором как основной движущей силой эволюционных преобразований.

На смену понимания водной экосистемы, как имеющей одну точку устойчивости, приходит её понимание как системы с несколькими альтернативными точками устойчивости. Приводятся примеры, демонстрирующие это. В таком случае возможен, а часто и необходим, перенос акцента с механизмов поддержания устойчивости на причины и механизмы трансформации, переключения из одного состояния в другое. В эволюционной биологии накапливается всё больше данных, подтверждающих то, что основные эволюционные преобразования происходят не микроэволюционным путем, а через быстрые кардинальные структурные преобразования / трансформации. Приводятся примеры подобных преобразований у гидробионтов. Гидробиология дает множество примеров дестабилизации онтогенеза в популяциях перед их быстрой трансформацией.

И современные водные экосистемы, и палеонтологическая летопись показывают, что периоды дестабилизации предшествуют периодам перехода из одного альтернативного состояния в другое. Важно отметить, что при этом могут возникать и новые, ранее не проявлявшиеся состояния. В этих случаях можно говорить об эволюции.

Важный недостаток СТЭ – то, что она не экосистемна, не биосферна. Учитывая роль гидросферы в биосфере, легко понять, что без активного участия гидробиологов не удастся избежать этого недостатка в новом эволюционном синтезе. Конечно, для этого в самой гидробиологии должны смениться акценты.

В условиях глобальных изменений климата практически важным становится прогноз переключений в структуре и функционировании экосистем, учёт возможностей трансформации экосистем в стратегиях устойчивого развития. В частности и потому, что это поможет сэкономить человечеству немало средств на борьбе с неизбежным.

Я рад, что основные мысли доклада, ещё не оформившиеся, мне повезло обсуждать с Г. Г. Винбергом….

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗООПЕРИФИТОНА КРУПНЫХ РЕК ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Т.А. Шарапова

Институт проблем освоения Севера СО РАН, г. Тюмень, Россия

Для территории Западно-Сибирской равнины характерна развитая речная сеть, включающая огромное количество крупных рек. Большая часть крупных рек образует огромный по площади Обь-Иртышский бассейн – около 3 млн. м^2. Изучение зооперифитона проводили на крупных реках Обь, Иртыш, Тобол, Демьянка, Тура, Ишим и Таз.

Всего в зооперифитоне крупных рек найден 141 таксон беспозвоночных, наибольшее богатство отмечено в Оби и Иртыше, меньше было в реках Тобол, Тура и Таз, минимальное богатство отмечено для Ишима и Демьянки. Для сравнения видового сходства между различными реками рассчитан индекс Серенсена. Дендрограмма кластерного анализа показывает, что наименьшее сходство зооперифитона выявлено для рек Демьянка и Ишим, остальные реки объединены в единый кластер. Сходный характер отмечен при рассмотрении видового состава хирономид зооперифитона – здесь также Демьянка и Ишим имеют небольшое сходство с другими реками. Вероятно, сказывается влияние ряда негативных природных химических характеристик, связанных с сильной заболоченностью бассейна Демьянки, а для р. Ишим – значительные колебания химического режима (минерализации, жёсткости) в течение года. Анализ фаунистического состава личинок ручейников показал, что для комплекса этих беспозвоночных характерно сходство внутри Обь-Иртышского бассейна, а река Таз имеет низкое сходство с остальными реками.

В зооперифитоне крупных рек на незагрязнённых участках наибольшее значение по биомассе имеют личинки *Neureclipsis bimaculata* L., *Hydropsyche ornatula* McLach. и *Brachycentrus subnubilus* Curt., причём в реках бассейна Иртыша преобладает *Hydropsyche ornatula*, в Оби и Тазу – *Neureclipsis bimaculata* и *Brachycentrus subnubilus*. На загрязнённых участках редко встречается *Athripsodes annulicornis* Steph. На изменения в структуре доминантов влияют как природные факторы, так и антропогенное воздействие. К природным факторам, в наибольшей степени влияющим на состав и структуру зооперифитона, относится снижение скорости течения, а также негативное влияние болотных вод. Снижение скорости течения вызывает перестройку сообществ, связанную с выпадением реофильного комплекса видов, повышение роли детритофагов, но качественные и количественные показатели развития остаются высокими. Влияние болотных вод, закисление вызывает резкое снижение таксономического богатства и количественного развития зооперифитонтов.

Урбанизированные территории оказывают сильное и разнообразное влияние на водные экосистемы, поскольку сочетают химическое и физическое загрязнение. Исследования по влиянию урбанизированных территорий проведены на реках Обь (г. Сургут, г. Нижневартовск), Тура (г. Тюмень), Ишим (г. Ишим). Рассмотрены участки рек выше урбанизированных территорий и в черте города. Наиболее сильное воздействие сказывается на показателях гидробиоценозов – видовом разнообразии, численности, биомассе. Происходит “раскачивание” системы, сопровождающееся внутренней перестройкой ценозов, в ряде случаев – с изменением доминирующих групп. Наблюдается снижение количества таксонов, общей численности и биомассы. При этом, загрязнение оказывает наиболее сильное воздействие на личинок ручейников – наиболее значимую группу в зооперифитоне крупных рек, играющих огромную роль в создании биомассы. Либо плотность личинок ручейников резко снижается, либо они исчезают. Так, по сравнению с вышележащим участком, численность ручейников в черте г. Нижневартовска снизилась в среднем в 12 раз, в г. Сургуте – в 37 раз, в г. Тюмени – в 20 раз, в г. Ишиме – в 22 раза. Для зооперифитона крупных рек, в отличие от малых рек и озёр, обычно не наблюдается значительного расширения экологических ниш представителей других таксономических групп (олигохет, личинок хирономид), что и приводит к резкому снижению общей плотности и биомассы. В ряде случаев, отмечено снижение показателей количественного развития всех таксономических групп беспозвоночных перифитона, но в меньшей степени, чем для личинок ручейников.

АНТРОПОГЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

А.Н. Шаров

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, г. Москва, Россия

Природные условия Севера европейской территории России (ЕТР) определяют олиготрофный характер водной среды: средние значения концентраций фосфатов не превышают 3 мкг/л, нитратов – 26 мкг/л. В результате длительной антропогенной нагрузки на водоёмы, обусловленной развитием крупных горнодобывающих, металлургических и деревоперерабатывающих предприятий, АЭС на прямоточной системе охлаждения, городов и посёлков, транспортировки углеводородов и т. д., происходят сложные процессы трансформации среды обитания, которые затрагивают все звенья водных экосистем.

В экосистемах малых озёр под влиянием закисления происходит снижение биоразнообразия за счёт сокращения роли видов, чувствительных к низким значениям pH, упрощение межвидовых отношений, уменьшение пространственной гетерогенности, упрощение структуры сообществ и увеличение роли водных мхов в первичной продукции при одновременном увеличении прозрачности воды и снижении содержания хлорофилла «а» в планктоне.

В больших озёрах загрязнение тяжелыми металлами (увеличение концентрации в воде Ni до 90 раз и Cu до 6 раз, относительно фоновых районов) не оказывает выраженного токсического влияния на уровень биомассы фитопланктона. Высокое содержание биогенных элементов в воде, поступающей с коммунальными стоками, снижает токсичность металлов и стимулирует развитие фитопланктона. При комплексном воздействии нескольких видов антропогенного загрязнения наибольшее влияние на фитопланктон оказывают хозяйственно-бытовые сточные воды.

В период неконтролируемого сброса отходов целлюлозно-бумажного, медно-никелевого и апатито-нефелинового производства наблюдалось полное уничтожение донных биоценозов. При умеренном загрязнении образуются сообщества, представленные несколькими устойчивыми видами хирономид и олигохет, биомасса которых превышает природные показатели в 50–200 раз за счёт увеличения эффективности использования потреблённой энергии на рост, снижения конкурентных взаимоотношений и выедания хищниками.

Эвтрофирование водоемов Севера в результате поступления хозяйственно-бытовых сточных вод приводит к увеличению общей биомассы фитопланктона (до 20 г/м^3), которое сопровождается перестройкой структуры доминирующих комплексов: возрастает роль криптофитовых (до 30%), динофитовых и вольвоксовых водорослей. В зоопланктонных сообществах преобладают мелкие коловратки. В субарктических водоёмах и крупных озёрах Севера ЕТР температура воды при высокой биогенной нагрузке является основным лимитирующим фактором развития процессов эвтрофирования.

Тепловое загрязнение подогретыми водами АЭС в субарктических условиях ведет к увеличению обилия и изменениям структуры фитопланктона на акватории около 10 км^2. Отмечается интенсивное развитие перифитона. В планктоне преобладает *Ceratium hirundinella* (численность – до 20 тыс. клеток на литр). Видовая структура бентоса во многом сохраняет черты природных сообществ, что связано с влиянием компенсационных, более холодных течений у дна. В районе сильного влияния подогретых вод на площади около 1 км^2 развиваются типичные донные стенотермные организмы, за исключением реликтовых ракообразных, верхний температурный предел для которых не превышает 10–14°С.

При снижении антропогенного загрязнения экосистемы не возвращаются в природное состояние. Происходит формирование новой устойчивой стадии с характерными признаками: реколонизация озёр отдельными северными видами и появление новых интродуцентов, повышение роли крупных форм и хищных видов, успешная утилизация минеральных форм биогенных элементов. Снижение содержания общего фосфора в воде не приводит к быстрому снижению концентрации хлорофилла *a* и обилия фитопланктона.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРАЛИЗАЦИИ РЫБЦА (*VIMBA VIMBA VIMBA*) В ВОЛГОГРАДСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

В.А. Шашуловский, **В.П. Ермолин**, **И.А. Белянин**

Саратовское отделение ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Саратов, Россия

На сегодняшний день в Волгоградском водохранилище отмечено 7 видов (16%) рыб – акклиматизантов, 6 из которых – мелкие непромысловые виды (головёшка-ротан, бычок-цуцик, игла-рыба, звёздчатая пуголовка, бычок-головач и малая южная колюшка). Наибольший интерес для изучения вызывает рыбец (*Vimba vimba* (Linnaeus, 1758)), принадлежащий к семейству карповых (Cyprinidae) и являющийся одним из ценных промысловых видов рыб.

Естественный ареал обыкновенного рыбца (*Vimba vimba vimba* (Linnaeus, 1758)) включает бассейны рек Чёрного, Азовского и Балтийского морей. В Волгоградское водохранилище рыбец был вселён в 1988–1990 гг. с целью использования имеющихся резервных кормов и для повышения рыбопродуктивности водоема. За прошедшие годы в водохранилище сформировалась самовоспроизводящаяся популяция.

В пределах естественного ареала рыбец повсеместно является ценным видом, причём его численность в последние десятилетия неуклонно сокращается. В связи с этим, рассмотрение результатов натурализации этого вида в новых водоёмах представляет большой научный и практический интерес.

Предварительное исследование ряда биологических параметров вновь созданной популяции показало, что рыбец полностью вписался в структуру рыбного сообщества Волгоградского водохранилища. Он сохранил привычный для своего вида спектр питания, включающий моллюсков, ракообразных, олигохет, личинок хирономид. Сеголетки питаются в основном зоопланктоном. Пища двухлетних рыб состоит из организмов мягкого бентоса (более 90%), преимущественно из олигохет и гаммарид. С третьего года жизни рыбец начинает потреблять моллюсков, доля которых с возрастом увеличивается и у рыб старше 5–6 лет становится доминирующей.

Сравнение показало, что пластические признаки рыбца из исследуемого нами водоёма укладываются в пределы индивидуальных и групповых вариаций значений признаков в пределах ареала. На первом году жизни рыбец растёт медленно. В дальнейшем наблюдается ускорение роста. На втором году рост средний, с третьего года – быстрый. В целом для популяции, по пятибалльной системе оценки роста (очень медленный, медленный, средний, быстрый и очень быстрый), рост рыбца может быть охарактеризован как быстрый, что свидетельствует о благоприятных условиях его нагула.

Нерестовая популяция рыбца Волгоградского водохранилища характеризуется относительно коротким возрастным рядом и включает самок трёх – семи лет, при средних показателях: возраст – 4.8 года, длина – 26.3 см, вес – 367 г. Короткий возрастной ряд нерестового стада характерен для молодых популяций с быстрым нарастанием численности, что характерно для исследуемого вида в Волгоградском водохранилище.

Плодовитость укладывается в пределы колебаний, характерных для популяций из основных мест обитания. Так, средняя плодовитость рыбца в Волгоградском водохранилище равна 55 тыс. икринок, при колебаниях в пределах ареала от 46 тыс. (в р. Дон) до 63 тыс. икринок (в р. Кубань). Икрометание порционное. В гонадах чётко различается три размерных фракции икры: крупная – соответствующая первой порции нереста, средняя – вторая порция и мелкая – третья порция нереста. Наибольшее количество икры приходится на первую порцию – 67%, значительно меньше на вторую – 27%, а доля третьей порции незначительна – 6%.

На основе динамики траловых уловов по месяцам и периодам года можно предположить, что нагуливается рыбец в нижней зоне водохранилища, а на нерест поднимается в верхнюю зону, где условия приближены к речным. Согласно полученным материалам рыбец встречается на 15–17% площади водоёма.

Натурализация рыбца в Волгоградском водохранилище может привести к его распространению по всему Волго-Камскому каскаду. Учитывая возможную территорию расселения рыбца, возникает необходимость более углубленного изучения адаптивных механизмов этого вселенца.

ПРОДУКТИВНОСТЬ ПЛАНКТОНА ЗАЛИВОВ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Н.Г. Шевелева[1], **Г.И. Поповская**[1], **М.В. Пастухов**[2]

[1] *Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск, Россия*
[2] *Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Братская ГЭС является второй в ангарском каскаде. Водохранилище создано подпором вод плотиной рек Ангары, Оки и Ии, в результате чего по руслу затопленных рек и речек образовались большие и малые заливы.

В июле–августе 2009 г. с целью оценки современного состояния фито- и зоопланктона были исследованы 26 заливов в Ангарской, Окинской и Ийской частях Братского водохранилища, находящихся под интенсивным влиянием лесотранспортировки. В указанный период в заливах обнаружено 144 вида водорослей. Ведущее положение в видовом разнообразии принадлежит зелёным, синезелёным и диатомовым. Доминирующий комплекс представлен 31 таксоном. К массовым относятся 7 видов. В Ангарской части почти во всех заливах в июле доминировали динофитовые водоросли (*Ceratium hirundinella*). В заливах Окинской части первое место по биомассе также занимали динофитовые, к которым в заливах Верхний Ижбей и Топорок добавлялись синезелёные (*Aphanizomenon flos-aquae*) и диатомовые (*Aulocoseira granulata*, *Fragilaria crotonensis*). В Ийской части в заливах Худобка и Добчур отмечается интенсивное «цветение» синезелёных. Численность фитопланкткона в заливах изменялась от 0.5 до 4.4 млн. клеток на л, биомасса – от 1 до 6.7 г/м^3.

Видовой состав зоопланктона заливов включает 22 вида коловраток, 13 видов ветвистоусых и 7 видов веслоногих. Байкальский эндемик – *Epischura baicalensis*, была отмечена только в заливах Ангары – Карахун, Подволочная и Пятый Ручей. Основу численности и биомассы в заливах определяли 12 видов зоопланктона. Структурообразующий комплекс состоял из 6–7 видов. Как правило, это индикаторы эвтрофных вод. Так, в заливах Ангарской части массовыми были *Conochilus unicornis*, *Kellicottia longispina*, *Polyarthra dolichoptera*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Daphnia galeata.* Численность зоопланктона в Ангарской части складывалась главным образом из коловраток, была наибольшей и колебалась от 151 тыс. экз./м^3 до 639 тыс. экз./м^3; максимальная биомасса не превышала 12 г/м^3. По составу доминантного ядра (*C. unicornis*, *K. longispina*, *K. cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Ascomorpha ecaudis*, *D. galeata*) заливы Окинской части имели черты сходства с заливами Ангары. Количественные показатели здесь были намного ниже. Так, максимальная численность не превышала 160 тыс. экз./м^3, а биомасса – 3 г/м^3. По качественному и количественному составу выделяются заливы Ийской части. Здесь основа зоопланктона складывалась за счёт ракообразных, главным образом, за счёт ветвистоусых – *D. galeata*, *D. cristata, Diaphanosoma brachyurum*, *Chydorus sphaericus*, *B. crassicornis.* Из коловраток наибольшая численность отмечена для *Ascomorpha ecaudis*, а из веслоногих – для *Thermocyclops crassus.* Максимальная численность зоопланктона не превышала 201 тыс. экз./м^3, биомасса – 30 г/м^3.

Отмечено, что фито- и зоопланктон заливов, находящийся под влиянием лесонакопления и лесотранспортировки, в исследуемый период не испытывает значительных изменений по сравнению с открытыми участками водохранилища.

По величине биомассы фито- и зоопланктона большинство заливов относятся к мезотрофному типу, отдельные заливы в местах интенсивного цветения синезелёных и обильного развития ветвистоусых можно отнести к водоёмам эвтрофного типа.

Заметного повышения уровня трофии в заливах в сравнении с 1980-ми годами по фито- и зоопланктону не отмечено.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта СО РАН № 122.

ВЫСШИЕ ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ КАК БИОМАРКЕРЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО НЕБЛАГОПОЛУЧИЯ В ВОДОЁМАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.Л. Шевцова

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

При характеристике экологического состояния водоёмов, загрязнённых химическими и радиоактивными поллютантами, необходимо особо выделять оценку мутагенного потенциала среды. Мутагенные поллютанты вызывают повреждение наследственного аппарата. Как правило, эти повреждения генетического аппарата не элиминируются после удаления мутагенных агентов из среды, они накапливаются и сохраняются в генофонде в течение десятков поколений. В районах, подвергающихся сильному техногенному влиянию, загрязнения имеют преимущественно комплексный характер и выявление полного спектра мутагенных поллютантов физическими и химическими методами практически нереально, учитывая ещё и возможные взаимодействия между индивидуальными мутагенами. Поэтому всё чаще прибегают к методам биологической индикации, так как известно, что чувствительность биологических тест-систем как индикаторов мутагенного потенциала среды во многих случаях оказывается выше, чем у химико-аналитических и радиометрических методов (Brusick, 1987; Гилева, 1997).

Одним из эффективных методов оценки генетической опасности является учёт цитогенетических нарушений. Частота хромосомных аберраций (т.е. структурных перестроек хромосом) в высокой степени коррелирует с частотой точечных мутаций, повреждающих индивидуальные гены, контролирующие тот или иной признак организма (Brudwell, 1989; Ярмоненко, Филюшкин, 1992). Лук (*Alium cepa* L.) – один из наиболее часто используемых биоиндикаторных организмов. Однако, при оценке последствий длительного хронического облучения в малых дозах в комплексе с химическими воздействиями, такой тест-организм выявляет лишь сиюминутную мутагенность окружающей среды, без учёта длительности воздействия. Поэтому в качестве индикаторных видов при оценке мутабильности водоёмов, имеющих долгую историю загрязнения радиоактивными и химическими мутагенами, предпочтительно использовать аборигенные виды из исследуемых водоёмов. Наши исследования направлены на выявление возможных биомаркеров (по показателю частоты аберрантных повреждений) среди видов высших водных растений, типичных для литорали водоёмов географической зоны севера и центра Украины.

В течение 2005–2009 гг. в водоёмах, расположенных на территории Чернобыльской зоны отчуждения, отбирали виды высших водных растений и проводили анафазный экспресс-тест по частоте хромосомных аберраций в апикальных клетках меристемных тканей корней 13 видов воздушно-водных растений и 2 видов погружённых растений с плавающими на поверхности листьями (по классификации Б.А. Федченко). Паралельно вели отбор проб в водоёмах с фоновым уровнем радионуклидного загрязнения. Среди рассматриваемых видов было выделено несколько наиболее перспективных. При этом учитывалось количество хромосом и размеры хромосомного аппарата, широта распространения вида в водоёмах и степень его доминирования в растительных сообществах литорали. Анализ данных, полученных анафазным экспресс-тестом, выявил значительное превышение спонтанного уровня структурного мутагенеза у видов-доминантов и субдоминантов в ценозах высших водных растений литоральных зон полигонных водоёмов. Для фоновых водоёмов, уровень нарушений в хромосомном аппарате растений не превышал 2%. Установлены дозовые зависимости для показателей частоты аберрантных анафаз (ЧАА) и количества аберраций на одну аберрантную клетку. Полученные данные используются в радиоэкологическом мониторинге водоёмов Чернобыльской зоны отчуждения.

ДИНАМИКА ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОЦЕНОЗОВ ОСНОВНЫХ ОТРОГОВ ЧЕБОКСАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Г.В. Шурганова, **В.В. Черепенников**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

Сукцессия лимногенеза, происходящая в результате зарегулирования речного стока при создании водохранилищ, затрагивает гидробиоценозы всей затопленной акватории, в том числе и устьевые участки рек-притоков. Последние, превращённые в лиманообразные водоёмы, отроги водохранилищ, и заполненные водами притоков, характеризуются замедленным течением и являются зонами аккумуляции органических веществ и биогенов.

В работе приведены результаты исследования многолетней динамики видовой структуры зоопланктонных сообществ наиболее крупных отрогов Чебоксарского водохранилища – Керженецкого, Сурского и Ветлужского, с момента образования водохранилища (1981 г.) по 2009 г., а также данные о состоянии зоопланктона устьевых участков рек Керженца, Суры и Ветлуги до создания водохранилища (Шурганова, 2007). В период до образования водохранилища видовая структура сообществ зоопланктона исследуемых рек существенно различалась, однако во всех реках доминировали коловратки. В первый год существования водохранилища произошло резкое увеличение количественных показателей развития зоопланктона, что явилось проявлением так называемого «биопродукционного эффекта подпора». Основным направлением перестроек видовой структуры зоопланктона за период исследований было значительное возрастание индивидуальной массы зоопланктеров за счёт развития крупных видов ракообразных, типичных представителей лимнофильной фауны. Для всех исследуемых отрогов было характерно сокращение видового богатства коловраток и увеличение числа видов Cladocera и Copepoda, возрастание доли рачкового планктона в общей численности и биомассе, существенное возрастание общей биомассы зоопланктона. Таким образом, зоопланктоценозы основных отрогов Чебоксарского водохранилища характеризовались одинаковой направленностью перестроек видовой структуры с усилением лимнофильных черт. При этом скорости перестроек в исследованных отрогах различались, а также изменялись по величине в каждом из них на отдельных этапах существования водохранилища. С течением времени, различия видовой структуры зоопланктона Керженецкого, Сурского и Ветлужского отрогов сглаживались, а сама видовая структура приобретала черты типично лимнофильного планктонного комплекса. Сравнение видовой структуры зоопланктона отрогов на современном этапе существования водохранилища проводилось на основе многомерного анализа с использованием количественных и качественных компонент вектора дискриминантных численностей (Черепенников и др., 2004). Наибольшее сходство видовой структуры зоопланктона отмечено в Сурском и Ветлужском отрогах. Тем не менее, сурской зоопланктоценоз отличался от ветлужского увеличением доли веслоногих рачков *Mesocyclops leuckarti* и реофильных коловраток *Brachionus calyciflorus*. В ветлужском зоопланктоценозе значительно выше, чем в сурском, доля *Bosmina longispina*, *Daphnia cristata*, *Leptodora kindtii*, *Bythotrephes longimanus*. В настоящий момент перестройки видовой структуры зоопланктона изучаемых отрогов, по-видимому, нельзя считать закончившимися. Длительность перестроек видовой структуры зоопланктоценозов в отрогах Чебоксарского водохранилища обусловлена сложным комплексом взаимодействующих абиотических и биотических факторов среды, меняющимся с течением времени.

ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЙ МНОГОЛЕТНИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВИДОВОЙ СТРУКТУРЫ ЗООПЛАНКТОНА ВОДОХРАНИЛИЩ СРЕДНЕЙ ВОЛГИ НА ОСНОВЕ ИНДЕКСОВ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ, ВЫРАВНЕННОСТИ И РЕДКИХ ВИДОВ

Г.В. Шурганова, **В.В. Черепенников**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород, Россия

Перестройки видовой структуры зоопланктона водохранилищ, происходящие под действием природных и антропогенных факторов, многогранны и сопровождаются изменением видового разнообразия, для количественной оценки которого в практике экологических исследований используют различные индексы. Наиболее часто для оценки сложности видовой структуры зоопланктона водохранилищ применяют информационный индекс Шеннона. При этом, в литературе практически отсутствуют публикации, характеризующие изменения видовой структуры отдельных, различающихся между собой зоопланктоценозов водохранилищ по многолетней динамике совокупности индексов, а также публикации о направленности многолетних изменений видовой структуры зоопланктоценозов, происходящих в процессе становления и развития водохранилищ. Этим и обусловлена актуальность наших исследований.

Нами рассмотрены изменения видовой структуры зоопланктоценозов, выделенных нами в водохранилищах Средней Волги на основе многомерного анализа (Шурганова, 2007). Исследования проводились с использованием многолетней динамики индексов видового разнообразия, выравненности и редких видов, традиционно используемых в практике экологических исследований. При этом мы учитывали замечание Рамона Маргалефа (1992) о том, что точечные разнообразия, т.е. разнообразия проб, взятых в точке, всегда бессмысленны. Разнообразие должно рассматриваться как функция пространства и, как добавляют авторы «Количественной гидробиологии» (2003) – времени.

Анализ многолетней динамики индексов видового разнообразия Шеннона, Симпсона, Животовского и индекса выравненности Пиелоу позволил сделать вывод о том, что в Чебоксарском водохранилище с течением времени значения индексов имели тенденцию к снижению в правобережном речном и озёрном зоопланктоценозах, что свидетельствует о перестройке этих ценозов по типу регрессии, с упрощением видовой структуры. Неоднозначные результаты получены при анализе динамики перечисленных индексов в переходном и в левобережном речном ценозах. Индексы Маргалефа и редких видов Животовского не обнаруживали ярко выраженных тенденций к изменению в многолетнем аспекте на всей акватории водохранилища. Для большинства индексов наблюдались статистически значимые различия средних многолетних значений в двух речных зоопланктоценозах, и отсутствовали различия этих значений в переходном и озёрном планктонных сообществах.

В Горьковском водохранилище отсутствовала чётко выраженная тенденция направленного изменения во времени всех рассчитанных нами индексов, что является свидетельством существенно меньших структурных изменений зоопланктоценозов в этом водохранилище по сравнению с Чебоксарским. В Горьковском водохранилище также не наблюдались статистически значимые различия значений индексов во всех ценозах при единовременной съёмке, хотя методы многомерного анализа показали присутствие нескольких зоопланктоценозов с различной видовой структурой (Шурганова и др., 2005; Шурганова, 2007). Таким образом, для большинства планктонных сообществ, выделенных нами и отличающихся по видовой структуре, не обнаруживаются статистически значимые различия значений индексов. Задача идентификации планктонных сообществ не может быть однозначно решена только на основе индексов разнообразия, выравненности и т.п.

ИЗМЕНЕНИЕ ВИДОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ МАКРОЗООБЕНТОСА РАЗЛИЧНЫХ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Г.Х. Щербина

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская обл., Россия

В настоящее время общепризнано, что в большинстве случаев наиболее удобным, надёжным и информативным индикатором состояния водной среды и антропогенного влияния на неё служат организмы макрозообентоса. При оценке экологического состояния водоёмов и их изменений под воздействием природных и антропогенных факторов наибольшее внимание должно уделяться чувствительным таксонам зообентоса – видам-индикаторам, и биотическим индексам (Семенченко, 2004).

В результате проведённых исследований, в составе макрозообентоса различных пресноводных экосистем обнаружено 382 таксона, из которых наиболее разнообразны хирономиды – 177 видов, моллюски – 68, и олигохеты – 48 видов. При этом установлено, что суммарная доля вышеперечисленных групп закономерно возрастает по мере увеличения трофического статуса водных объектов. На основе литературных данных (Wegl, 1983; Uzunov et al., 1988) и результатов собственных исследований водоёмов и водотоков Северо-Запада России даны величины сапробности для 377 видов макробеспозвоночных, которые могут быть применены при сапробиологической оценке грунта и придонного слоя воды по методу Пантле–Букк.

При изучении влияния на состав и структуру макрозообентоса различных абиотических факторов (глубины, типа биотопа, водности года, сработки уровня, ветрового волнения и др.) установлено, что наибольшее влияние на видовое разнообразие и на размерную структуру оказывают первые два фактора. При этом выяснено, что в глубоководных озёрах с широкой литоралью наибольшие видовое богатство и размерная структура «мягкого» макрозообентоса наблюдаются в прибрежных биоценозах, наименьшие – в профундали водоема. В водохранилищах со значительной сработкой уровня воды в течение года отмечена обратная зависимость – максимум в глубоководной зоне, минимум в осушаемом открытом прибрежье. При этом, в озёрах биомасса макрозообентоса прибрежной и глубоководной зон в течение сезона различаются в 12–27 раз, а в водохранилищах – значительно меньше – в 2.5–3 раза. Установлено, что в маловодный год видовое богатство и биомасса макрозообентоса в прибрежной зоне Рыбинского водохранилища значительно ниже, чем в зоне возможного осушения; в многоводный год эти различия незначительны. Выяснено, что сработка уровня воды в водохранилищах формирует различные адаптации к неблагоприятным условиям обитания у массовых в открытом прибрежье видов зообентоса.

Среди биотических факторов, наибольшие изменения в структуре макрозообентоса исследованных озёр и верхневолжских водохранилищ, и в экосистемах этих водоёмов произошли при формировании постоянных биоценозов средообразующих видов – дрейссенид. Экспериментально установлено, что повышенная плотность *Dreissena polymorpha* не только увеличивает видовое богатство и размерную структуру видов-вселенцев в составе макрозообентоса, но также друзы дрейссены служат убежищем для крупных макробеспозвоночных при питании рыб-бентофагов. При изучении влияния инженерных видов (бобров) на макрозообентос малой реки показано, что процесс формирования донных сообществ макробеспозвоночных в ходе зоогенного эвтрофирования сходен с таковым в верхневолжских водохранилищах, но проходит значительно быстрее, минуя «мотылёвую» стадию.

Таким образом, наибольшее влияние на видовой состав и структурно-функциональную организацию сообществ донных макробеспозвоночных в разнотипных пресноводных экосистемах оказывают чужеродные виды, способные выступать в роли средообразующих (ключевых), аллогенное поступление органических и биогенных веществ в результате антропогенного и зоогенного воздействия, глубина, водность года, изменение уровенного режима и воздействие ветровых волн. Относительная значимость различных экологических факторов для становления видового состава и структуры макрозообентоса в конкретном водоёме определяется специфическими природно-антропогенными условиями его существования. Проявление общих закономерностей процесса формирования донных сообществ может модифицироваться и требует специального подхода и изучения в каждом отдельном случае.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРЕСНОВОДНЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ К ЭСФЕНВАЛЕРАТУ В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю.А. Юрченко, **Е.А. Бояршева**, **О.Э. Белевич**, **Ю.А. Носков**

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Наиболее широко применяемым тест-объектом в экотоксикологических исследованиях и биотестировании является вид *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera, Crustacea). Однако, данные о чувствительности одного вида, особенно лабораторной популяции, не могут в полной мере отразить степень опасности какого-либо вещества для биоты водоёма. Кроме того, устойчивость различных популяций, даже в пределах одного вида, может варьировать в существенных пределах. Поэтому при оценке эффектов загрязнителя возникает необходимость в получении дополнительной информации по чувствительности как можно большего числа природных популяций гидробионтов.

В работе тестировался эсфенвалерат – инсектицид с широким спектром действия, применяемый во всём мире для борьбы с насекомыми-вредителями. Были получены данные о чувствительности природных популяций 9 видов гидробионтов. Дополнительно тестировалась лабораторная культура *D. magna*. Для этого, в лабораторных условиях были поставлены острые (96 ч.) токсикологические опыты (при экспозиции 24 ч.) с представителями различных таксономических групп, среди которых: *Lestes sponsa* (Hansemann, 1823) (отряд Odonata), *Plea minutissima* Leach, 1817 (отряд Heteroptera), *Chaoborus crystallinus* (De Geer, 1776), *Anopheles messeae* Falleroni, 1926 (отряд Diptera), *Gammarus lacustris* Sars, 1863 (отряд Amphipoda), *Lynceus brachyurus* Müller, 1776 (отряд Conchostraca), *Cypris pubera* Müller, 1776 (отряд Ostracoda), *Simocephalus vetulus* Müller, 1776, *D. magna* (отряд Cladocera). На основании полученных данных были рассчитаны значения 50%-ных летальных концентраций ($ЛК_{50}$).

Выявлено, что чувствительность отдельных видов гидробионтов колеблется в больших пределах и возрастает в ряду: *Cypris pubera* < *Lestes sponsa* < *Lynceus brachyurus* < *Daphnia magna* < *Scapholeberis mucronata* < *Simocephalus vetulus* < *Plea minutissima* < *Chaoborus crystallinus*. Чувствительность лабораторных и природных популяций *D. magna* статистически достоверно ($p < 0.05$) различалась. Значения $ЛК_{50}$ для данных популяций составляли 0.47 мкг/л (0.29–0.78) и 1.18 мкг/л (0.81–1.71), соответственно.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований проект № 07-04-92280-СИГ_а.

ВЛИЯНИЕ ЧУЖЕРОДНЫХ ВИДОВ РЫБ НА РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ ВОДОЁМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Е.Н. Ядренкина, **Е.А. Интересова**

Институт систематики и экологии животных СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Известно, что ландшафтно-климатические особенности региона, геоморфология ложа водных экологических систем, характер гидрологического и гидрохимического режимов в значительной мере определяют продуктивность водоёмов Западно-Сибирской равнины. Зимнее недонасыщение кислородом вод свойственно подавляющему большинству рек и озёр Обь-Иртышского междуречья. Заморы (массовая гибель рыб) происходят в мелких озёрах и обычно наблюдаются ранней весной, когда нарастание толщины льда достигает максимума, а количество растворённого в воде кислорода падает ниже 0.5 мг/л по всей толще воды в течение нескольких суток. Помимо гипоксии, фактором, лимитирующим видовое разнообразие рыб, выступает повышенный фон минерализации воды в зимний период, поскольку нарастание льда способствует многократному увеличению концентрации солей в оставшемся горизонте воды. Из 13 видов рыб, населяющих озёрно-речные биотопы степной и лесостепной зон Западной Сибири, только озёрный гольян (*Phoxinus percnurus*), золотой карась (*Carassius carassius*) и серебряный карась (*C. gibelio*) выдерживают повышение минерализации воды до 11–14 г/л. Поэтому в периоды маловодья население рыб изолированных озёр составляют один–два вида. Однако, показатели продуктивности водоёмов чрезвычайно высоки, что было положено в основу развёртывания активных мероприятий по вселению ценных промысловых видов рыб в прошлом столетии. В течение 50–70-х годов XX века внешние параметры среды оказались благоприятными для натурализации леща (*Abramis brama*), судака (*Sander lucioperca*), верховки (*Leucaspius delineatus*), с 80-х годов – амурского карася (*Carassius auratus gibelio*), сазана (*Cyprinus carpio*), уклеи (*Alburnus alburnus*), а с 90-х – ротана (*Perccottus glenii*). Несмотря на жёсткие условия обитания, за последние два десятилетия доля интродуцентов в составе ихтиофауны многократно увеличилась, превысила 50–60% от общей численности рыб, и достигла 80–100 % от общей ихтиомассы. Структура видового состава рыб изолированных и бессточных озер изменилась от окунево-плотвичного типа к карасёвому. В промысловых уловах повсеместно преобладает амурский карась. Высокая плодовитость этого вида способствует увеличению плотности популяций и, тем самым, усилению пресса на кормовые ресурсы. За последние годы рыбопродуктивность озер уменьшилась на 15–30%. Продукция мелководных водоёмов, изолированных от основных водотоков Чано-Барабинской лесостепи и Кулундинской степи, сократилась с 80–100 кг/га до 60–70 кг/га.

Таким образом, на современном этапе виды-интродуценты доминируют в составе населения рыб большинства водоёмов юга Западной Сибири. Данные контрольных уловов последнего десятилетия свидетельствуют о чрезвычайно высоком уровне сходства структуры ихтиофауны разнотипных озёр Кулундинской степи по вкладу каждого вида в величину общей ихтиомассы. Например, несмотря на то, что в мелководных заморных водоёмах комплекс рыб ограничен 1–2 видами, в уловах небольших проточных озёр регистрируют 5–6 видов, а в крупных озерах – 11 видов. По показателям биомассы повсеместно доминирует амурский карась. При этом, численность популяций аборигенных видов рыб – щуки, плотвы и окуня – сокращается. По мере освоения водоёма интродуцентами возникла угроза разрушения механизмов регуляции динамики численности и пространственной организации популяций аборигенных видов. Так, окунёво-плотвичный тип населения рыб сменился карасёвым, резко снизилась рыбопродуктивность водоёмов в целом. Хотя озёрный комплекс Обь-Иртышского междуречья проявляет себя как единая дренирующая водная система, и в период трансгрессии видовое разнообразие мелководных водоёмов резко увеличивается за счёт расселения рыб из более глубоких водоёмов, не подверженных зимним заморам, вытеснение популяций коренной фауны видами-вселенцами вызывает вполне обоснованные опасения по поводу сохранения и поддержания видового богатства региона.

СТРУКТУРА ЗООБЕНТОСА КАК ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТИПИЗАЦИИ РЕК БАССЕЙНА ОБИ

Л.В. Яныгина

Институт водных и экологических проблем СО РАН, г. Барнаул, Россия

В настоящее время в экологии рек большое внимание уделяется изучению пространственного распределения биоты. Знание закономерностей распределения организмов в зависимости от факторов среды позволят подойти к решению таких важных задач, как создание экологической классификации водотоков, разработка системы биоиндикации природных вод, научных основ прогнозирования и управления состояния речных экосистем (Вшивкова, 1988).

Обь – одна из крупнейших рек мира, в её бассейне насчитывается свыше двух тысяч водотоков (без учёта очень малых рек). К настоящему времени разработана только типизация рек бассейна Оби по гидрологическим и морфологическим характеристикам, основанная на различии рек по длине, площади водосбора и расходу воды (Корытный, 2001). Однако, различия рек по величине не всегда соответствуют их различиям по биологическим признакам.

Донные сообщества формируются под воздействием абиотических факторов, среди которых одним из основных является уклон русла. Для водотоков бассейна р. Обь показано, что при уклоне более 0.3‰ в реке преобладают литореофильные сообщества, при уклоне менее 0.3‰ начинают преобладать процессы седиментации, в результате которых литореофильные сообщества ритрали сменяются псаммо-, а затем и пелофильными сообществами потамали. Соответственно, происходит смена комплексов доминирующих видов.

В результате многолетних комплексных исследований речных экосистем бассейна р. Обь выявлены тенденции изменения структуры донного населения водотоков вдоль по течению. Обследовано свыше 100 водотоков и выполнена типизация рек бассейна. Оби. Следует отметить, что видовой состав – более стабильный показатель, чем численность и биомасса, он менее подвержен сезонным и многолетним изменениям (если условия обитания не изменяются катастрофически). В связи с этим, в основу типизации положены данные по таксономической структуре сообществ макробеспозвоночных, как наиболее стабильных речных сообществ.

Для анализа особенностей изменения таксономической структуры зооценозов вниз по течению наиболее показательными оказались различия на уровне семейств (для хирономид – на уровне подсемейств). Смена доминирующих по биомассе таксономических групп вдоль исследованной речной системы происходит в следующей последовательности: (1) для семейства Chironomidae: подсемейства Diamesinae – Orthocladiinae – Chironominae – Tanypodinae; (2) для отряда Trichoptera: семейства Glossosomatidae – Brachycentridae, Rhyacophilidae – Hydropsychidae; (3) для отряда Ephemeroptera: семейства Heptageniidae – Ephemerellidae – Baetidae – Ephemeridae.

Изменения количества фитопланктона, таксономической структуры макрофитов, а также видового богатства ихтиоценозов вдоль по течению рек соответствовало изменениям таксономической структуры зообентоса (Кириллов и др., 2007). Все исследованные водотоки были разделены на 5 типов по комплексу абиотических факторов и биоценотических показателей. В особую группу выделены реки со структурой зообентоса, упрощённой вследствие высокой антропогенной нагрузки.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА ВОДОЁМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ХМЕЛЬНИЦКОЙ АЭС

Л.П. Ярмошенко, **В.И. Решетарь**

Институт гидробиологии НАН Украины, г. Киев, Украина

Водоёмы-охладители атомных и тепловых электростанций, где термический режим определяется сбросом подогретых вод, являются модельными объектами для изучения процессов в гидроэкосистеме. Один из крупных водоёмов-охладителей в Украине – охладитель Хмельницкой АЭС. Водоём создан в 1986 г. и представляет собой водохранилище на р. Гнилой Рог (левый приток р. Горынь) площадью около 20 км^2 и объёмом более 100 млн. м^3. Это достаточно мелководный водоём: несмотря на наличие глубин 10–19 м, 40% его акватории имеет глубину 3 м и менее. Ранее исследования фитопланктона водоема-охладителя Хмельницкой АЭС были проведены в 1998–1999 гг. Для анализа использованы архивные материалы по фитопланктону лаборатории технической гидробиологии Института гидробиологии НАН Украины, на базе программного пакета WACO, а также данные по летнему и осеннему сезону 2008 г. и весенне-летнему сезону 2009 г.

В 2008 году произошло резкое снижение качественного и количественного развития фитопланктона. Видовой состав фитопланктона в 2008 г. был очень беден, показатели численности были очень низкими. Зарегистрировано 18 видов водорослей, принадлежащих к трём отделам (Euglenophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta), 6 классам, 10 порядкам и 15 родам. Видовое богатство на исследованных станциях не превышало 4 видов. Численность фитопланктона колебалась в пределах 22–1386 тыс. клеток на дм^3. Максимальная численность наблюдалась летом в северном районе, при этом по численности преобладали виды рода *Aulacoseira – A. granulata* (Ehr.) Sim. и *A. ambigua* (Grun.) Sim. Эти же виды доминировали по численности во всех пяти районах водоёма, выделенных для изучения. Исключением был отводящий канал, где регистрируются максимальные по водоёму температуры. Здесь структура фитопланктона отличалась своеобразием – доминантом по численности был *Stephanodiscus hantzschii* Grun. Осенью численность фитопланктона в двух из пяти районов ещё более снизилась. В центральном районе это произошло за счёт смены доминанта на *Pediastrum simplex* Meyen. Биомасса фитопланктона колебалась в пределах 0.04–2.04 г/м^3. Минимальная биомасса наблюдалась осенью в южном районе, а максимальная – летом в отводящем канале. Здесь же наблюдалось и резкое снижение биомассы от лета к осени, обусловленное изменением структуры доминирующего комплекса. Доминант по численности и биомассе сменился на *Pediastrum simplex* Meyen.

Таким образом, по сравнению с предыдущими годами структурно-функциональные показатели фитопланктона резко снизились. Так, средняя по водоёму биомасса за предшествующие годы (период с 1998 по 2007 гг.) составила 5.10 г/м^3. Максимальная биомасса за этот период составила 45.4 г/м^3, а в июне 1999 г. на отдельной станции – 1134.51 г/м^3. Эти значения в 22 и 556 раз, соответственно, превышают максимальное значение биомассы в 2008 г. В 1998 г. фитопланктон характеризовался достаточно большим видовым богатством (72 вида). В 2005 г. было отмечено снижение видового богатства за счёт зеленых водорослей. В последующие годы, наблюдалось его резкое снижение с «выпадением» из состава желтозелёных, золотистых и криптофитовых водорослей.

От весны к лету 2009 г. происходило плавное повышение видового богатства и обилия фитопланктона, а также мозаичности в распределении сообществ по районам водоёма.

Обсуждаются возможные причины такой флуктуации в фитопланктоне.

ДИНАМИКА ИНТЕНСИВНОСТИ «ЦВЕТЕНИЯ» ВОДЫ СИНЕЗЕЛЁНЫМИ ВОДОРОСЛЯМИ В ЧУДСКО-ПСКОВСКОМ ОЗЕРЕ

В.В. Ястремский

Псковское отделение ФГНУ «ГосНИОРХ», г. Псков, Россия

Чудско-Псковское озеро (3555 км²) состоит из трёх частей (озёр), различающихся по ряду лимнологических показателей: из северной части – Чудского озера (2611 км^2; средняя глубина 8.3 м), южной части – Псковского озера (708 км^2; 3.8 м), и соединяющего их пролива, носящего название Тёплого озера (236 км^2; 2.5 м). Чудско-Псковское озеро относится к бассейну Финского залива Балтийского моря и соединяется с ним короткой (77 км) рекой Нарвой. В связи с этим, информация о состоянии его экосистемы имеет международное значение. За период наших исследований (1970–2009 гг.) в планктоне пелагиали Чудско-Псковского озера было встречено около 500 таксонов водорослей рангом ниже рода; 108 таксонов (21.5%) пришлось на долю синезелёных, из них 15 таксонов вошло в состав руководящего (структурообразующего) фитопланктонного комплекса.

«Цветение» воды синезелёными водорослями отмечается в Чудско-Псковском озере ежегодно. Его интенсивность значительно меняется по сезонам и годам, в зависимости от погодных и гидрохимических условий. Чаще всего наиболее интенсивное «цветение» наблюдается с июля до сентября (максимум в августе), но в отдельные годы оно начинается в конце мая и продолжается до глубокой осени. В июне–июле высокой численности достигают в основном различные виды *Anabaena*, в июле–августе – *Gloeotrichia*, *Gomphosphaeria* и *Microcystis*, а в августе–сентябре (октябре) – *Aphanizomenon.* Относительно высокой численности в летне–осенний период достигают также виды *Planctolyngbia*, *Coelosphaerium* и ряд других таксонов, значительно усиливающих степень «цветения».

В течение многолетнего периода среднесезонная (май–октябрь) биомасса синезелёных водорослей фитопланктона в Псковском озере менялась в пределах 1.23–25.60 г/м^3, а их доля в общей биомассе фитопланктона составляла от 10.9 до 76.9%. Эти же показатели в Чудском озере колебались в диапазоне 0.74–10.82 г/м^3 и 4.1–63.6%, соответственно. Во время интенсивного «цветения» воды в Чудско-Псковском озере, биомасса отдельных видов в ряде случаев достигала нескольких сотен г/м^3. В разные годы степень интенсивности «цветения» (Кривопалова, Танаева, 1985; Никулина, 2007) по величинам биомасс в летние месяцы изменялась от слабого (II степень, биомасса в поверхностном слое не более 40–50 г/м^3, появление пленок водорослей на поверхности, некоторое ухудшение качества воды – 1979, 1980, 1985, 1987 гг.) до сильного и очень сильного («гиперцветение») (IV и V степени, биомасса 250–500 г/м^3 и выше, образование «пятен цветения» и нагонных масс водорослей, заморные явления, значительное биологическое загрязнение – 1972, 1988, 1992, 1996, 2002, 2003 гг.). Интенсивность «цветения» усиливается в годы с преобладанием антициклональных погодных условий, характеризующихся более низкими уровнями воды и высокими температурами. Развитие синезелёных водорослей в Чудском озере меньше зависит от погодных условий по сравнению с Псковским. В последнем биомасса синезелёных водорослей значительно выше, чем в Чудском. Большинство синезелёных водорослей, вызывающих «цветение» воды в Псковско-Чудском озере, потенциально токсичны. С конца 1980-х годов наметилась тенденция к увеличению интенсивности «цветения» и доли синезелёных водорослей в общей биомассе фитопланктона в каждом из озёр.

EFFECT OF MASS AND TEMPERATURE ON THE RATE OF ENERGY METABOLISM AND PHOSPHORUS EXCRETION IN MOLLUSCS

Ekaterina Arakelova, **Lyudmila Umnova**

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

The goal of this study was to use a new synthetic model based on principles of thermodynamics. The model describes the effects of body size and temperature on physiological rates according to a single expression $V = V_0 M^{3/4} e^{-Ei / kT}$ (Brown et al., 2004), where V is rate of process, M is body mass, V_0 – normalization constant independent of body size and temperature, T – absolute temperature in Kelvins, Ei – mean activation energy in the limits ($T_1 – T_2$) in eV, and k is the Boltzmann's constant. We used own data obtained experimentally and those compiled from the ecological literature to quantify the combined effect of mass and temperature on energy metabolism of bivalves and gastropods within the natural temperature range using a quantitative framework of the metabolic theory of ecology (Gillooly et al., 2001; Brown et al., 2004). The main assumptions of the metabolic theory are that metabolic rate scales with the 3/4-power of body mass and that the rate of physiological processes increases exponentially with temperature and, as all kinetics, can be described by the Vant Hoff – Arrhenius equation. Respiration rates of molluscs were measured at different natural temperatures ranging from 5 to 30°C. The power coefficient of the metabolic rate to body mass regressions varied within 0.57–0.81. We standardized the data by accepting the 3/4 power and by proper recalculating the normalization constant R_0. The mass-normalized respiration rate (R_0, $\mu mol \times g^{-1} \times h^{-1}$), as a function of inverse absolute temperature (1/T), was expressed as the linear equation $\ln R_0 = -7521.4 / T + 29.28$ ($n = 51$, $r^2 = 0.60$) for molluscs. As follows from this equation, the activation energy Ei (eV) in molluscs is equal to 0.65. Taking into account that $Q_{10} = e^{10Ei / kTTo}$, it was determined for molluscs that Q_{10} decreased in interval of 5–30°C from 2.7 to 2.4. The excretion rate of phosphorus like other physiological functions depends first of all on the mass of animals and on temperature. Bivalves and gastropods did not differ in the relationships between the rate of P-excretion and body mass. It is supposed that accelerating the influence of temperature on the rate of excretion is the same as on the metabolic rate, and hence, the same temperature dependence can be applied. From the linear equation $\ln P_0 = -7541.1 / T + 23.33$ ($n = 10$, $r^2 = 0.52$) derive $Ei = 0.65$ and Q_{10}, which are the same as the corresponding values for respiration rate. The obtained equations support the theoretical predictions and as a first approximation can be used for comparisons of physiological rates of mollusc species independently of body mass and temperature.

ALIEN SPECIES IN THE INLAND WATERS OF LITHUANIA: DISTRIBUTIONS, IMPACTS AND PERSPECTIVE

Kęstutis Arbačiauskas

Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania

Invasions of most of alien aquatic species to Lithuanian inland waters have resulted from human activity. The first newcomers (*Dreissena polymorpha*, *Lithoglyphus naticoides*, *Chelicorophium curvispinum*) invaded after the junction of the basins of the Baltic and Black seas through the channel connecting the Pripet and the Nemunas rivers. Another set of Ponto-Caspian species was deliberately transferred attempting to supplement fish-food resources. These species, amphipods (*Pontogammarus robustoides*, *Obesogammarus crassus* and *Chaetogammarus warpachowskyi*) and mysids (*Paramysis lacustris*, *Limnomysis benedeni* and *Hemimysis anomala*), in particular, were introduced into the newly-constructed water reservoir on the Nemunas River during the 1960s. Since then, these peracaridan species were transferred to numerous bodies of water and dispersed naturally. The latest invaders reached Lithuanian waters by natural dispersal from adjacent countries (e.g. *Orconectes limosus*) or came through Baltic waters, apparently with ships (e.g. *Gammarus tigrinus*). Currently, alien species are widely distributed in Lithuanian inland waters, and their expansion is still ongoing. A few species originally introduced to Lithuania occur today in different sites of the Baltic Sea basin, and their further dispersal may be expected. Some alien species proved to be highly ecologically aggressive. Introduced Ponto-Caspian amphipods, in particular *P. robustoides* which was recently investigated for impacts, were able to change resident aquatic macroinvertebrate communities causing species extinctions and diversity decrease. It seems that Ponto-Caspians may negatively impact also native glacial relict peracaridan species. The original purpose of the introduction of Ponto-Caspian peracaridan species, i.e. the enhancement of fish production, was not fulfilled, at least in lakes.

Alien species are not specifically mentioned in the Water Framework Directive, however, they constitute a pressure and detract from naturalness. Consequently, the discussion how alien species might be incorporated within WFD implementation is ongoing. Although due to biological invasions local communities may changed irreversibly, assessment of impacts and mitigation of negative consequences are warranted. First steps in the evaluation of the status of inland waters with respect to alien species have been undertaken.

FUNCTIONAL DIVERSITY OF LAMPREY AND BONE FISH COMMUNITIES IN THE COASTAL ZONE OF THE BALTIC SEA AND CURONIAN LAGOON (SOUTHEASTERN BALTIC SEA)

Egidijus Bacevičius[1,2]

[1] *Department of Fishery Research and Science, Lithuanian Ministry of Agriculture, Klaipeda, Lithuania*
[2] *Coastal Research and Planning Institute, Klaipeda University, Klaipeda, Lithuania*

Species diversity of hydrobionts was recently related to some fundamental functional characteristics of ecosystems such as productivity, resilience and vitality. Nevertheless, investigations mainly considered only one facet of biodiversity: the species richness. It is now generally accepted that functional diversity is a key factor for ecosystem processes and ecological interactions. However, due to the lack of a sound definition its nature and measurements are still poorly understood. Lampreys and bone fish according their feeding type should be considered as a functional group – feeding guild (Root, 1967).

The aims of our study were: (1) to define the taxonomical and functional diversity of a lagoon fish community and to underline its ecological importance, (2) to present the different "faces" of functional diversity and a simple way to estimate them, and (3) to seek for relations between functional diversity of lamprey-fish communities and environmental gradients in the shallow area in the sea and the lagoon. We used fish samplings taken from the Baltic Sea coastal zone at the Lithuanian coast (brackish water) and the Curonian Lagoon (partly oligohaline, partly freshwater) that differ considerably in terms of water physics-chemistry. One species of lamprey and 15 bone fish species of different age (body size) groups from the sea, and 10 species from the Curonian Lagoon were investigated for structural morphology, feeding peculiarities, diet compositions, as well as for metazoan parasites of the intestine.

All food organisms were grouped according to their height/length (categories of food organisms) and localization in the water column. Feeding and parasitoses (extensity and intensity) similarity and diet overlap indices were calculated. Using functional traits measured from each individual (e.g. age group), different faces of functional diversity of fish communities were estimated using recently published functional diversity indices. Thereafter the functional diversities were related to parasitological indices and some environmental variables. All data were grouped using multidimensional scaling technique (MDS). According to statistical data on the feeding type, food peculiarities and parasitological indices within species, all lamprey and bone fish species in the SE Baltic Sea and the Curonian Lagoon were divided into 11 elective trophic guilds, 6 feeding strategies and feeding types. Seasonality of the functional role of each guild-segments in communities was determined. Metazoan endoparasites of fishes could be used as "biological tags" (living markers) to separate elective feeding guilds from each other.

THE EFFECT OF CURRENT VELOCITY ON THE VERTICAL DISTRIBUTION OF ZOOPLANKTON ASSEMBLAGES IN THE SHALLOW, LARGE AND TURBULENT LAKE BALATON (HUNGARY)

Eszter Baranyai[1,2], **László G.-Tóth**[2], **Ágnes Vári**[2], **Zalán Gábor Homonnay**[3]

[1] *Department of Limnology, University of Pannonia, Veszprém, Hungary*
[2] *Balaton Limnological Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Tihany, Hungary*
[3] *Department of Microbiology, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary*

The influence of current velocity on zooplankton organisms is manifold. Moderate current velocity is beneficial for zooplankton, but through various mechanisms too high current velocity can have detrimental effects. We examined how current velocity acts on zooplankton in Lake Balaton at different levels and found a highly significant, negative relationship between current velocity and the density of zooplankton assemblages. Of the studied assemblage, *Daphnia galeata* × *cucullata* and *Eudiaptomus gracilis* exhibited the greatest sensitivity to the degree of current velocity. During calm weather, when the water surface was calm too, for both *D. galeata* × *cucullata* and *E. gracilis* the nocturnal migration was observed. We demonstrated that the vertical migration of these two species started before the storm as the usual nocturnal migration, but during the storm the regular pattern was confused.

COMMUNITY ORGANIZATION IN MEDITERRANEAN LAGOON ECOSYSTEMS

Alberto Basset, **Enrico Barbone**, **Luigi Potenza**

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambentali, Università del Salento, Lecce, Italy

A basic component of ecology is organisation. Organisation summarises the interactive networks working at different levels of temporal and spatial scales that underlie biodiversity, ecosystem functioning and their relationships.

Mediterranean lagoons are ideal model ecosystems to study organization at the community and ecosystem levels. In fact, they are island habitats in the coastal landscapes and ecotones between terrestrial, freshwater and marine ecosystems as well as among spatially and temporaly variable drivers; accordingly, they show characteristic patterns of heterogeneity at every scale, among lagoons, years and seasons and within lagoon, habitat patch and seasonal period.

Being small habitat patches among large ecosystem realms, Mediterranean lagoons may individually host a small proportion of the available biological heterogeneity occurring in the potential pool of colonizers, including biodiversity, functional diversity and body size diversity, which may or may not reach any stable equilibrium in such a variable abiotic context (i.e. the environmental niche context).

Theories and ecological paradigms are challenged by the understanding of lagoon biodiversity determinants. Lottery competition and landscape ecology approaches, classical and stochastic niche theory, recent trait-constrained niche theory, neutral theory, metabolic theory and size-mediated coexistence, may play a unique or an interacting role in determining lagoon biodiversity.

Here, we test experimentally the implications of different theoretical frames using data on the macroinvertebrate biodiversity, functional diversity and body size diversity available at the Transitional Water Platform of the TWReferenceNET DB. The data are from two different sources; at the Mediterranean Sea and the Black Sea scale, literature data on macroinvertebrate biodiversity are available for more than 80 lagoons; at the Eastern Mediterranean scale, synoptically collected experimental data are available for 12 lagoons.

Benthic macroinvertebrate guilds show clear constraints between species, extremely high в-diversity, high redundancy and resilience. Niche filtering seems to have a relevant role selecting traits more than species and factors related to hydrodynamical components and explain even more than 60% of biodiversity patterns of macroinvertebrate guilds.

Among functional traits, body size is shown to play a major role in the organization of macroinvertebrate guilds of Mediterranean lagoons. Deterministic patterns are observed both at the guild and at the species level. A strict determinism seems to explain the energy allocation among benthic invertebrate species according to their size rank.

A hierarchical organisation of benthic invertebrate guilds in Mediterranean lagoons is suggested by the data. At the taxonomic level, a competitive lottery occurs at every local site, maximising connectivity and resilience of lagoon guilds; however, at the functional and body size level, niche filtering, metabolic theory and size-mediated coexistence explain the deterministic patterns of the size structures. These size-dependent and functional responses are powerful tool to decode the ecological status of lagoon ecosystems, too.

THE ROLE OF *LEPTODORA KINDTI* FOCKE IN THE TROPHIC WEB OF LAKE AZABACHYE (KAMCHATKA)

L.A. Bazarkina

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

The community of pelagic crustaceans in the mesotrophic salmon lake Azabachye consists of a small number of forms typical for the northern lakes. *Cyclops scutifer* Sars is the most abundant species in all seasons of the year. In summer and autumn, *Eurytemora kurenkovi* Borutzky, *Daphnia galeata* Sars and *Leptodora kindti* Focke occur in the lake. The population density of *L. kindti* is not high (230 ind./m^3), as compared with the averaged for many years (1981–2009) abundance of plankton crustaceans in the lake (92000 ind./m^3). However, being an active part of predatory zooplankton, *L. kindti* can strongly affect the abundance dynamics of prey, including rotifers, juvenile cladocerans and nauplial copepods. In the years of low abundance of the diatom phytoplankton, competitive interactions may appear between the populations of *L. kindti* and *C. scutifer.*

The nauplial *E. kurenkovi* individuals in Lake Azabachye do not undergo elimination by *L. kindti* due to their short persistence in plankton, in June after the ice-opening, when leptodoras*,* similarly to daphnias*,* still stay at the winter egg stage. The mass emergence of *C. scutifer* nauplii and the intense development of *D. galeata* and rotifers in August and in September coincide with the domination of adults in the population of *L. kindti*. The averaged daily diet of a *Leptodora* individual equals 0.019 mg. According to this, a *Leptodora* individual is able to consume 6–7 juvenile daphnias or 30–35 small rotifers, or 10–13 nauplial copepods per day.

The main forage for *L. kindti* in the pelagic part of the lake is *D. galeata* juveniles (0.20–0.60 mm), which is testified by a significant positive correlation between the daily diet of the *Leptodora* population and the biomass of eliminated juvenile daphnias in July and September ($r = 0.796$; $P > 0.95$). During the summer and autumn, the population of *L. kindti* can consume averagely 85% of juvenile *Daphnia* in the lake, which is indicative of a strong press to the *Daphnia* population by this predator. In the years of *D. galeata* low density (< 4000 ind./m^3), leptodoras fed on shell-less rotifers and nauplial cyclopes. Judging by the average abundance of *C. scutifer* population (87000 ind./m^3) and rotifers (60000 ind./m^3) in Lake Azavachye, the *L. kindti* population can consume only 5% of nauplial *Cyclops*, which makes up 3% in the total abundance of the species or 16% in the abundance of rotifers. A comparison of the biomass of eliminated *C. scutifer* nauplii and rotifers with the daily diet of the *L. kindti* population has not revealed any significant correlations.

The level of potential competition for food between *C. scutifer* and *L. kindti* in the years when both species consumed rotifers has been assessed on the amount of forage necessary for each species and the biomass of shell-less rotifers in summer and autumn. It has been revealed that in summer and autumn the cyclopes averagely consumed 40% of rotifers occurring in the lake, and the leptodoras, 9%. This result should mean that the predators do not produce serious effect on the populations of rotifers, and competition for food does not appear between them.

Due to the large body size of *L. kindti* in Azabachye Lake (2.5–6.3 mm), this species is easy available to juvenile sockeye salmon and to other planktivorous foragers in the pelagic part of the lake. However, because of the low abundance of *Leptodora*, its frequency in the diet by fish does not exceed 5%. In the other lakes of the Kamchatka River system, where the abundance of *Leptodora* is high, a part of this species in the fish stomach bumbles is 45% (Bugaev, Nikolaeva, 1989).

PHOSPHORUS RELEASE BY BENTHIC INVERTEBRATES IN DIFFERENT LAKES

N.A. Berezina[1], **X. Cao**[2], **S.M. Golubkov**[1], **Y. Zhou**[2]

[1] *Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia*
[2] *Hydrobiological Institute of Chinese Academy of Sciences, Wuhan, China*

Phosphorus flux from sediments to water mediated by benthic invertebrate activity (bioturbation, vertical migration, feeding/defecation and excretion/urine production) is an important source of this macronutrient in lakes, often closely compared to other known nutrient sources including inputs from catchment areas. Direct release of a nutrient by animals is a function between the nutrient contents in the animals' body and in their food, therefore it is related directly to the assimilation efficiency of food and excretion rate of animals. Phosphorus released by animals is almost completely in the form of soluble (dissolved) reactive orthophosphate (SRP), which is considered to be completely available for algae (producers) while a large part of the external phosphorus load enters to water systems as particulate phosphorus with very low availability to algae. In addition, it was shown that aquatic animals can influence the activity of alkaline phosphatase, a hydrolase enzyme, which is responsible for removing phosphate groups from many types of molecules, may be important means for bacteria to generate free phosphate groups for uptake and use of additional source of free phosphorus in the case of low availability of phosphates in water, e.g. in oligotrophic lakes. In spite of a high interest, the questions on the role of benthos in nutrient cycling and interspecific/taxonomic differences in phosphorus release by benthic organisms are still unclear.

The combined experimental and field studies were conducted during 2007–2009 in order to assess comparatively seasonal, spatial and interspecific variations in phosphorus release by zoobenthos. SRP excretion rates of different benthic animals (amphipods, chironomids, oligochaetes and others) and activity of alkaline phosphatase (AP) during the phosphorus excretion by these taxa were measured. Also, the distribution of benthic biomass was studied in different-type bodies of water (a small oligotrophic Lake Krivoe (northern Karelia, Russia), shallow eutrophic Neva Bay (northwestern Russia) and a hypereutrophic Lake Dong (eastern China). We found significant differences between taxa in the mass-dependent SRP excretion rate and AP activity as a result of diverse behaviour traits and feeding habits. Among benthic animals, amphipods tended to show the highest excretion rate and a notable increase in the AP activity than other benthic animals (chironomids and oligochaetes) obviously due to their highest metabolic and feeding rates. Temperature is one of the most important factors influencing the metabolic rate and the SRP excretion rate in animals. Furthermore, oxygen consumption estimated experimentally in several species of amphipods (*Gammarus lacustris*, *Gammaracanthus loricatus*, *Pontogammarus robustoides* and *Gmelinoides fasciatus*) occurred to be dependent on the diet type, availability and quantity of food. It was significantly higher in specimens feeding as predators than in others foraging on detritus and algae. The phosphorus regeneration by benthic community (calculated on the basis of mass-specific SRP excretion rate and biomass of benthic animals in studied ecosystems) was the most intensive during the summer and in the littoral zone of lakes, where a bulk of benthic biomass concentrated at least six times exceeding this value in deeper habitats. The total phosphorus flux by benthos considerably varied spatially (deepwater/littoral and anoxic/oxic conditions) and seasonally (summer/winter). The results demonstrated high importance of benthic invertebrates in the phosphorus transporting from producers to high order consumers, especially in oligotrophic lakes and in oxic habitats of eutrophic lakes.

This work was supported by the programme of bilateral Sino-Russian projects partially funded by the Russian Foundation for Basic Research.

FORMATION OF MACROPHYTE AND MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE RE-ESTABLISHED RIVERBED OF STREAM SLAMPE

Ilmars Bodnieks[1], **Davis Ozolins**[2]

[1] *Faculty of Biology, University of Latvia, Riga, Latvia*
[2] *Institute of Biology, University of Latvia, Salaspils, Latvia*

Slampe is a small lowland stream that is located in Kemeri National Park. In 1960s, the riverbed was straightened up with a purpose to drain the surrounding territories. In spring 2005, within the framework of Project LIFE, the riverbed was restored.

In this study, benthic macroinvertebrates and macrophytes were investigated at the reestablished riverbed of the stream Slampe.

The cover of vegetation was repeatedly identified in July 2006, August 2007 and August 2008 by the method of Braun-Blanquet. The data on macroinvertebrate communities in the stream Slampe and in water courses connected with it, were collected in October 2005, 2006, 2007, June 2006 and 2008. Totally, 54 samples of macroinvertebrates were analysed. The samples of water chemistry were taken in summer and autumn.

A total of 106 plant species including 78 terrestrial plants and 28 submerged and emergent plants were found in the restored part of Slampe. Typical primary features of succession in the examined part of the stream were recognized. During the three seasons of restoration of the stream, annual and biannual plant species were recognized. The annual plants were observed to have been succeeded by biannual plants. During the three seasons of restoration of the stream, the number of terrestrial species decreased, and the number of submerged and emergent species increased.

The highest number of macroinvertebrate specimens was observed half a year after the restoration. Mostly dipterans and mayflies colonized the re-established riverbed. The highest numbers of oligochaetes, leeches and molluscs were observed in the second year after restoration. The inflow of nutrients from headwaters and lack of shadow caused green algae blooms in summer. The re-colonization rates are low because the substrates in the restored riverbed are not stable. By comparing the diversity of macroinvertebrates with earlier studies, it was established that after the restoration the diversity became higher in the re-established riverbed as well as in the old riverbed.

The research was made at the Faculty of Biology, University of Latvia from autumn 2007 to spring 2009.

FOOD SPECTRUM OF *DAPHNIA LONGIREMIS* SARS IN THE PELAGIC ZONE OF LAKE KURILSKOYE (KAMCHATKA)

T.V. Bonk, **E.V. Lepskaya**

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Daphnia longiremis is the second principle species of the pelagic zooplankton in Kurilskoye Lake, contributing from 10 to 25% to the total biomass of crustacean plankton. Previous studies of feeding by *Cyclops scutifer* Sars (Nosova, 1972; Lepskaya, Bonk, 2007; Lepskaya, Bonk, 2007), the dominant species in the zooplankton community, have demonstrated that diatoms provide the basis of feeding for this crustacean, which has also been confirmed by biochemical analysis of fat acids composition of zooplankton in Kurilskoye Lake (Gladyshev et al., 2010). The trophic interactions between filtering *D. longiremis* and phytoplankton were not studied in this lake yet. However, an instant direct examination of the stomach content of newly-collected daphnias has revealed *Stephanodiscus*, *Cyclotella* and 2–3-cell fragments of *Aulacoseira* colonies. The consumption of two taxa mentioned first was known from the literature, but the occurrence of *Aulacoseira* in the food bumbles was not recorded. The feeding by *D. longiremis* in Kurilskoye Lake was studied in 2008. Four seasonal samples of plankton were taken; they were different in the structure of phytoplankton species. A total of 82 *Daphnia* adults of similar size (1.1–1.3 mm) were examined. Since the feeding by *Daphnia* was studied with the technique of direct counting of forage particles, and the remains of diatom shells were usually found in stomachs only as small fragments, counting the number of organisms consumed was impossible. Nevertheless, it did not influence taxonomic identification of microalgae (20 taxa have been found). The structureless mass was classified as detritus. The diatoms *Aulacoseira subarctica, Stephanodiscus alpinus* and *Cyclotella tripartita* always occurred in stomachs of daphnias. The occurrence frequency of *A. subarctica* was maximum in July, when the species quantitatively dominated in phytoplankton. The maximum frequency of *S. alpinus*, in contrast, was observed at low abundance in April and August. It was found in 16% of daphnias in September, when the contribution to phytoplankton did not exceed 2%. *Cyclotella tripartita* was observed in stomachs of 80% of daphnias in August and September – in the period of quantitative dominance. In April and July, the frequency of this species in daphnia stomachs was much lower (respectively 11 and 51%). During the whole period of observations, daphnias consumed *Fragilaria* and *Synedra* algae, and 8–30% of the crustaceans had detritus in stomachs. The most diverse in phytoplankton *Stephanodiscus* sp. was found in 25% of daphnias in April. In the other seasons, this diatom species was not found in stomachs of crustaceans. The consumption of *Diatoma elongatum* by daphnias can also be characterized as seasonal; the species was found in 29% of crustaceans in July (when it was not observed in plankton) and in August (when its abundance was 48 cells/ml). The number of macroalgae taxa in the diet of daphnias varied during the period of observations. The maximum number of species was found in August, when phytoplankton diversity reached the maximum. The minimum of microalgae taxa in the diet of daphnias was observed in mid-September, at a rather high species diversity of phytoplankton community. At the same time, the biomass of bacterial plankton was maximum. It should be noted that although the diversity of phytoplankton in the diet of daphnias was low, in addition to taxa abundant in the period considered, it included diatom algae of the genera *Cocconeis*, *Navicula* and *Amphora*, which were rare in samples. Thus, the diet of *D. longiremis* in Kurilskoye Lake reflects changes in the species structure of phytoplankton.

GENETIC BIODIVERSITY OF *DAPHNIA CUCULLATA* IN THE DEEPEST LAKES OF EASTERN LATVIA

Aija Brakovska, **Natalja Škute**

Institute of Ecology, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia

Cladocerans are of great importance in the aquatic food chains. They mostly feed on algae, detritus or both, and are in turn consumed by plankton-feeding fish.

During seasonal studies of the deeper lakes of eastern Latvia, zooplankton samples were collected from these lakes over the period of 2006–2008. Summarizing the results of the research, it was revealed that representatives of Cladocera have a significant role in the zooplankton of the lakes under research. In general, approximately 25–30 species of Cladocera were found in lakes, that is a very good figure. It is known that species of the order Cladocera are an important component of the food chain. On the one hand, they regulate bacterial and detrital quantity, and, on the other hand, they are an important component of the food of juvenile fish, plankton-feeding fish and many other aquatic animals, because the biological productivity of waterbodies is often characterized by the composition and biomass of Cladocera species. Some species of Cladocera such as *Daphnia magna* and *Daphnia cucullata* are often used as bioindicators of water pollution. For all the lakes under research, the predominant species are *Diaphanosoma brachyurum*, *Daphnia cucullata*, *Bosmina crassicornis*, and *Bosmina longispina*, depending on the season. Molecular genetic techniques will help to reveal the genetic diversity and plasticity of *Daphnia cucullata* between individual Latvian deepest lakes. Some cladoceran genera (e.g. *Daphnia*) have been used as a model organisms in ecological genetics. During most of the year, a population consists of females that reproduce parthenogenetically and can be considered as a conglomerate of many clones. We studied the genetic structure of the population of *Daphnia cucullata* from the deepest places of Svente Lake (Latvia). The genetic structure was studied using nuclear randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) method. For this study, 11 random primers (OPB-01, OPB-05, OPB-07, OPB-08, OPB-10, OPB-11 and OPB-17 from B-group; OPB-03, OPF-08 and OPF-09 from F-group) were tested for PCR amplification of DNA from the *Daphnia* population.

The influence of some factors on the genetic structure of this population (depth, chlorophyll maximum, oxygen, temperature, dissolved organic carbon) was discussed.

SINUSOIDAL SWIMMING IN FISHES: THE ROLE OF SEASON, FISH LENGTH AND SOLAR RADIATION

Martin Čech, **Jan Kubečka**, **Oldřich Jarolím**, **Mojmír Vašek**, **Jiří Peterka**, **Josef Matěna**

Institute of Hydrobiology, Biology Centre, Academy of Sciences of Czech Republic, České Budějovice, Czech Republic

The sinusoidal swimming of fish, the swim-search feeding behaviour (Čech & Kubečka, 2002), was studied with respect to season, fish length and solar radiation in Římov Reservoir, Czech Republic, using a bottom-mounted, split-beam transducer (7º, nominal angle; frequency 120 kHz). The proportion of sinusoidally swimming fish increased from April to August, while this behaviour was absent in October. The occurrence of sinusoidal swimming showed an apparent pattern throughout the day; it increased sharply around sunrise, was highest within 5–6 hours around solar noon and sharply decreased around sunset. Significantly less frequent occurrence of sinusoidal swimming was recorded during cloudy days compared to sunny days. The vast majority of records came from fish of standard length ranging from 100 to 400 mm, which represents the typical size range of common bream (*Abramis brama*) and roach (*Rutilus rutilus*) of age >1+, the main zooplanktivores in the reservoir. The presence of larger fish in open water of the reservoir, as well as the presence of sinusoidal swimming, apparently correlates with the presence of larger zooplankton (*Daphnia*, *Leptodora*, *Cyclops vicinus*) in the epilimnion. The increase of sinusoidal swimming from April to June and, finally, to August, resulted in an increase of zooplankton component in fish guts. It appears that high values of solar radiation and stable calm weather during high pressure periods result in optimum optical conditions for sinusoidal swimming, making this swim-search feeding behaviour more efficient and widely used in fishes exploiting the zooplankton production in the reservoir.

DEEP SPAWNING OF PERCH (*PERCA FLUVIATILIS* L.) IN THE NEWLY CREATED CHABAŘOVICE LAKE, CZECH REPUBLIC

Martin Čech, **Jiří Peterka**, **Milan Říha**, **Tomáš Jůza**, **Vladislav Draštík**, **Michal Kratochvíl**, **Milan Muška**, **Jan Kubečka**

Institute of Hydrobiology, Biology Centre, Academy of Sciences of Czech Republic, České Budějovice, Czech Republic

The distribution of egg strands of European perch was studied during April and May 2007, 2008 and 2009 in Chabařovice Lake, Czech Republic. Three SCUBA divers spent over 120 hours underwater, during which they found 896 (2007), 581 (2008) and 231 (2009) individual egg strands. Depth distribution of egg strands differed significantly between sampling dates, being much deeper in May compared to April, which was most likely due to warming of upper layers of the water column. Surprisingly, only negligible portion egg strands was found shallower than 2 m. Egg strands were found up to the depth of 16.6 m in 2007 and up to the depth of 20.2 m in 2008. Perch regularly used at least 7 different spawning substrates in 2007. While live submerged vegetation (curly pondweed *Potamogeton crispus*, Eurasian water milfoil *Myriophyllum spicatum* and common stonewort *Chara vulgaris*), although more abundant, was generally avoided, dead submerged vegetation (common reed *Phragmites communis*, worm weed *Artemisia* sp., trees and branches including black elder *Sambucus nigra*) was highly preferred. In 2008, live submerged vegetation almost disappeared from the lake and vast majority of egg strands was placed on dead submerged vegetation. It appears that those large three-dimensional structures are an ideal spawning substrate for perch since placement of egg strands practically into the open water column ensures that eggs remain well oxygenated for whole 24 hours a day.

THE IMPACT OF THE SMALL WATER RESERVOIRS ON THE POPULATION STRUCTURE OF AQUATIC INVERTEBRATES

Fedor Čiampor, **Jr.**, **Zuzana Čiamporová-Zaťovičová**

Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

At present, the human activities increasingly influence the natural environment. We face changes in species habitats like fragmentation or physical conditions changes. One of such impacts is artificial water reservoirs built on streams and rivers. The newly created waterbodies divide lotic ecosystems and thus influence reasonably their natural conditions. Subsequently, stream fragmentation can cause the changes in genetic structure of species populations and even loss of genetic polymorphism in aquatic organisms. Within this study, the influence of such a fragmentation was tested in submontane Vývrat stream on the west side of the Small Carpathians and lowland Podhájsky potok stream (western Slovakia). Both streams are equally cut into two parts by reservoir, retaining water for agriculture and fishery. Two model species were selected for molecular analysis of the genetic variability: *Elmis maugetii* (Coleoptera: Elmidae), representing slowly moving benthic organisms with both larval and adult stages aquatic, and *Hydropsyche angustipennis* (Trichoptera: Hydropsychidae), more agile species with aquatic larvae and terrestrial, well flying adults. Specimens of each species were collected from inlet and outlet of respective reservoir. We sequenced 339bp (*E. maugetii*) and 360bp (*H. angustipennis*) fragments of cytochrome b mtDNA, which were used for subsequent haplotype analysis. Within *Elmis* samples, 8 haplotypes were identified, 5 of which were common for both sites, three haplotypes were unique for inlet and three, for outlet. Within *H. angustipennis*, only two haplotypes were identified, occurring equally in inlet and outlet. The results suggest different haplotype composition in the populations of both species, which is likely related to their different mobility. Significant impact of artificial reservoirs on the haplotype polymorphism was not yet confirmed, especially in case of *H. angustipennis*. However, more samples and fragments should be analysed to describe the influence in detail.

The genetic survey represents a part of the multidisciplinary project investigating the impact of artificial reservoirs on biota and results gained from the DNA analyses will be included in the final suggestions for ecological management of newly built or existing reservoirs.

The study was supported by the project SAV-FM-EHP-2008-03-04 and partly also by the Scientific grant agency VEGA project No. 02/0028/09.

FINE-SCALE POPULATION GENETICS OF ALPINE LAKE DIVING BEETLES (THE HIGH TATRA MOUNTAINS)

Zuzana Čiamporová-Zaťovičová, **Fedor Čiampor**, **Jr**.

Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

High mountain lakes and ponds of glacial origin belong to the most remote and undisturbed aquatic environments over the World. Recovery from anthropogenic pollution, classification of lakes, and potential impact of climate change on these ecosystems are scientific hot topics at present. However, little attention is still paid to the study of population genetics and phylogeography of their inhabitants, especially macroinvertebrates, not only on the large scale (between mountain ranges), but also within smaller areas. Results of analysis based on proper and sensitive molecular methods can considerably contribute to the knowledge of their distributional trends, to identifying their possible refugia, and consequently to conservation of these unique aquatic environments and their biodiversity.

The High Tatra Mountains (western part of Carpathian arch) were formed about 10000 years ago. As a consequence of the last Ice Age, more than 110 permanent lakes of glacial origin and many other small ponds rested there. In 2009, the study of genetic variability of model alpine macroinvertebrate species started there. At the preliminary stage, aquatic beetle *Agabus bipustulatus solieri* (Coleoptera: Dytiscidae), representing aquatic insects with the whole life cycle spent in the water and with a restricted possibility of long-range motion, was chosen. At first phase, DNA of up to 100 specimens from about 25 lakes and ponds (located on Slovak as well as on Polish side of the High Tatras) belonging to 11 different valleys was isolated. Partial cytochrome b – 345bp mitochondrial DNA fragment, was used for haplotype analysis. Within the *Agabus* samples, 5 well-supported haplotypes were identified, and other 7 haplotypes were suggested until now. To support the latter ones, more samples must be analyzed, as the sequences were questionable at several nucleotide sites. Interestingly, all sampled lakes were genetically uniform. With only two exceptions, each lake was characterized by a single haplotype. One of the confirmed haplotypes was dominant (almost 60% of all samples), scattered over the whole area. The remaining haplotypes were almost exclusively restricted to one of the sampled valleys (each haplotype to another valley). The haplotype distribution suggests a higher genetic variability in the eastern part of the mountain system.

Although the genetic structure of the *A. bipustulatus solieri* was outlined in this study, many more samples and additional fragments of DNA will be analyzed in the next future to describe it more precisely. Subsequently, additional species representing permanent and temporal aquatic fauna will be selected for similar phylogeographic studies to determine common features or differences in the population genetic patterns.

The study was supported by the project SAV-FM-EHP-2008-03-04 and VEGA 2/0028/09.

INFLUENCE OF WASTE WATER ON ZOOPLANKTON COMMUNITIES IN THE DAUGAVA RIVER ABOVE AND BELOW DAUGAVPILS OVER THE LAST 50 YEARS

Rasma Deksne[1,2], **Artūrs Škute**[2], **Davis Gruberts**[2]

[1] *Rezekne Higher Education Institution Latgale Sustainable Development Research Institute, Rezekne, Latvia*
[2] *Institute of Ecology, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia*

In 2008 and 2009, during the seasonal studies (May–October) the samples of zooplankton were taken upstream and downstream of Daugavpils on the right and left banks of the river, as well as in the middle of the Daugava River. The APHA 10200 method was used for quality and quantity analyses of zooplankton. Saprobity index S was calculated according to Sladecek's method, using the created by P. Cimdiņš catalogue of species-bioindicators, which was adapted for Latvian conditions. The results were compared with the Daugava zooplankton records of the research carried out by Škute in 1962–1968 in similar stretches of the river.

Both in 1962–1963 and in 2008–2009, the base complex of zooplankton in the Daugava consists of cosmopolitic species, as Rotatoria was the leading group of organisms in the diversity of species.

The total amount of taxa in the investigated stretch of the river has not substantially changed – 29 taxa were found in 2008–2009, and 27 taxa, in 1962–1963. However, qualitative changes are substantial considering that only 13 taxa have been recorded in both the studies. There is a tendency of changes in zooplankton communities from cold-loving species to warm-loving species.

Such changes could be attributed to the long-term changes in climate and hydrology of the Daugava drainage basin. According to the results of this study, the mean annual air temperature in Daugavpils has raised for about 1.3ºC during the last 50 years. The mean annual discharge of the Daugava River at Daugavpils remained almost the same since the beginning of hydrological records in 1960. Meanwhile, the highest annual discharge has obviously decreased, whereas the lowest annual discharge has increased.

The Daugava River is polluted by Daugavpils wastewaters; however, unfavourable influence of pollution on the zooplankton appears only in the years of low fall, which was in 2008 as well as in the seasons with low water flow rate. The decrease in the amount of zooplankton results not only from the dominant species, but also from decreasing or even disappearing oligosaprobes. Only for two species, *Brachionus quadridentatus* (β) and *Brachionus angularis* (α-β), the number of organisms increased. In 2008, the saprobity at the right bank of the river, where waste waters from the Daugavpils purification plant flow into, has increased from 1.34 upstream of Daugavpils to 1.79 downstream of Daugavpils, and, in its turn, the value of Shannon-Wiener diversity index has decreased from 4.2 upstream of Daugavpils to 3.6 downstream of Daugavpils.

A comparison of the study places by Renkonen index shows that similarity between the years 1962 and 2008–2009 is not high.

It has been found that changes in zooplankton, e.g. in the abundance, biomass, diversity and taxa, are significantly affected by temperature and water level fluctuations.

TEMPERATURE AND THE METABOLIC BALANCE OF STREAMS

Benoît O.L. Demars[1], **J. Russell Manson**[2], **Jon S. Ólafsson**[3], **Gísli M. Gíslason**[4], **Rakel Gudmundsdóttir**[4], **Guy Woodward**[5], **Gabriel Yvon-Durocher**[5], **Daniel M. Perkins**[5], **Julia Reiss**[5], **Doris E. Pichler**[5], **Jes J. Rasmussen**[6], **Nikolai Friberg**[1,6]

[1] *The Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, UK*
[2] *Computational Science, The Richard Stockton College, Pomona, New Jersey, USA*
[3] *Institute of Freshwater Fisheries, Reykjavik, Iceland*
[4] *Institute of Biology, University of Iceland, Reykjavik, Iceland*
[5] *School of Biological and Chemical Sciences, Queen Mary University of London, London, UK*
[6] *Department of Freshwater Ecology, National Environmental Research Institute, University of Aarhus, Silkeborg, Denmark*

It is becoming increasingly clear that fresh waters play a major role in the global C cycle. Stream ecosystem respiration (ER) and gross primary productivity (GPP) exert a significant control on organic carbon fluxes in fluvial networks and sum up to a global net ecosystem production (NEP = GPP–ER) of -0.12 $PgC \times y^{-1}$, with the negative sign indicating a source of CO_2 to the atmosphere. However, little is known about how climate change will influence these fluxes. Here, we used a 'natural experiment' to demonstrate the role of temperature in the whole system metabolism (ER, GPP and NEP), in naturally heated geothermal (5–25°C) Icelandic streams with similar water chemistry. Despite extremely low water nutrient concentrations, high metabolic rates in the warm streams were supported by fast cycling rates of nutrients, as revealed from inorganic nutrient (N, P) addition experiments. ER exceeded GPP in all streams and was more strongly related to temperature than GPP, resulting in elevated negative NEP with warming. We show that, as a first approximation based on summer investigations, global stream NEP would nearly double to -0.21 (-0.33 to -0.15) $PgC \times y^{-1}$ with a 5°C warming. Consequently, stream nutrient processing is likely to increase with warming, protecting downstream ecosystems (rivers, estuaries, coastal marine systems) during the summer low flows from nutrient enrichment, but at the cost of increased CO_2 flux back to the atmosphere.

The rational of this study was based on the metabolic theory of ecology as follows. In streams, ER is controlled not only by GPP but also by the allochthonous organic matter inputs, so ER generally exceeds GPP even during the summer period of maximum light availability for photosynthesis in groundwater fed streams. Morever, dissolved organic carbon (DOC) and nutrients are retained within surface biofilms, in matrices of extracellular polymeric substances (EPS) produced primarily by algae and bacteria, so stream water nutrient supply rate may not control metabolic rates in mature biofilms. Hence, in streams, ER should increase faster than GPP with increasing stream temperature due to higher activation energy (minimum amount of energy necessary for a chemical reaction to occur) for respiration ($E_r \approx 0.65$ eV) than for photosynthesis ($E_p \approx 0.32$ eV). Since in stream ecosystems ER > GPP whatever the temperature, it means that ER system metabolic efficiency, c_r, is higher than GPP efficiency, c_p. In streams, E_r approximates the activation energy E_h of heterotrophic respiration (HR), and c_r approximates the system metabolic efficiency c_h of HR, because of insignificant role of autotrophic respiration. It should therefore be both the differential in activation energy and system metabolic efficiencies between ER and GPP driving NEP. This implies that NEP will become more negative with warming, so more respired carbon (CO_2) will flow from streams to the atmosphere, thereby leading to a potential positive feedback in the greenhouse effect.

MACRO- AND MICROALGAE AS BIOINDICATORS OF ECOLOGICAL QUALITY OF SALACA RIVER, LATVIA

Ivars Druvietis[1], **Inga Konosonoka**[2], **Ilga Kokorite**[2]

[1] *Faculty of Biology, University of Latvia, Riga, Latvia*
[2] *Laboratory of Hydrobiology, Institute of Biology, Salaspils, Latvia*

Long-term monitoring observations of algae flora was performed in the salmon river Salaca from 1982 till nowadays. The River Salaca (length of 95 km) is situated in the North Vidzeme Biosphere Reserve (area of 400 km^2) in the northern part of Latvia, the eastern Baltic. According to the structure of periphytic and microphytobenthic communities, there are mosaic-like changes of habitats along the River Salaca causing an alternation in periphyton and phytobenthos communities. There were observed inverse relationships between biomass of diatoms and amount of Fe and Si. Lower reaches of the Salaca River are characterised by biotopes formed by boulders, cobbles, pebbles, gravel, sand and macrophytes. In summer vegetation period, the periphytic community formed on hard substratum is rich in the red algae *Lemanea fluviatilis* and *Hildenbrandia rivularis*. Freshwater rhodophytes *Batrachospermum* spp. and *Chantransia* sp. were found on cobbles, pebbles and reeds. In summer period, mats of the green algae *Rhizoclonium hierogluphicum* and *Cladophora glomerata* develop in stands of reeds and bulrushes. Exposed parts of cobbles are covered with filamentous cyanobacteria *Oscillatoria* spp. and *Lyngbia* sp., but shaded parts of the same cobbles are covered by thalli of the red algae *Hildenbrandia rivularis*. Macroscopic algae, especially large-scale development of red algae, show high quality of the Salaca River environment (oligo-beta-mesosaprobity). Periphytic and epiphytic algae communities of the Salaca River are rich in diatoms: in one sample, 24–77 diatom species from 20 genera can be found. Mean number of diatom taxa per sample was 60. Predominatant species are *Achnanthes minutissima*, *Melosira varians*, *Fragilaria brevistriata*, *F. capucina*, and *Nitzschia dissipata*. Stems of submerged macrophytes *Butomus umbellatus* and *Schoenoplectus lacustris* serve as substrata for more than 20 diatom species. Trophic diatom index (TDI) varied between 51 and 72. It testifies to some processes of eutrophication.

AN ENIGMA OF HIGH DIVERSITY OF EPIPHYTIC COMMUNITIES OF ROTIFERA FROM SINGLE-SPECIES BEDS OF INVASIVE *VALLISNERIA SPIRALIS* IN HEATED KONIN LAKES

Jolanta Ejsmont-Karabin

Department of Hydrobiology, Institute of Biology, University of Bialystok, Bialystok, Poland

An analysis of the taxonomic structure of rotifer communities inhabiting single-species *Vallisneria* and many-species submerged vegetation beds showed that the communities were relatively rich in species and the numbers of rotifer species inhabiting the uniform beds of *Vallisneria* were among average values observed in the littoral zone rich in macrophyte species from lakes different in morphometry and trophic state. An aim of the study was to search for factors explaining this relatively high species richness of rotifer communities occupying single-species beds of the invasive macrophyte. Studies were carried out in Lake Licheńskie on one occasion, *i.e.* on 1 August 2006. Small-scale patchiness was studied in *Vallisneria* beds at two locations in the lake and in seven sampling points at each location. Differences were studied in rotifer numbers, species composition and diversity between particular sampling points within the same macrophyte assemblage. The two beds differed in a set of rotifer dominants: plankton communities were dominated by *Testudinella patina* and *Lecane hamata* at location 1 and by *Plationus patulus*, *Lepadella patella* and *Lecane hamata* at location 2. Epiphytic communities were dominated by predatory *Cupelopagis vorax*, sessile *Limnias ceratophylli* and free-swimming *Lecane hamata* at location 1, and by two sessile species, *L. ceratophylli* and *Sinantherina socialis* at location 2. Percentage similarity for plankton and epiphyton communities of Rotifera from the same station was relatively high, *i.e.* from 42 to 76% at location 1 and from 42 to 69% at location 2. Two factors could be responsible for high diversity of rotifer communities inhabiting *Vallisneria* beds, (1) high density of invertebrate predators and a lack of appropriate refugees, and (2) high vulnerability *Vallisneria* to disturbances of epiphyton communities due to wave action.

CURRENT AND PAST STATE OF LAKE SYSTEM OF BOL'SHEZEMEL'SKAYA TUNDRA ON BIOLOGICAL TRAITS

E.B. Fefilova[1], **M.A. Baturina**[1], **O.N. Kononova**[1], **L.G. Khokhlova**[1], **O.P. Dubovskaya**[2]

[1] *Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia*
[2]*Institute of Biophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia*

Kharbey Lakes are situated in the eastern part of Bol'shezemel'skaya tundra. They are rather large for the region and belong to deep medium-sized lakes and small lakes of normal depth (Stenina, 2009). The area of Kharbey Lakes is about 26 km^2, the maximum depth is 18.5 m. The lakes have irregular shape of the bottom and a well-developed shallow littoral zone. The bottom substrata in the lakes vary from stony near the shore to clay and silt in the deep zone. The subarctic continental climate predominates in the region under study. During the period from 1960 to 2009, a trend to small decrease of average monthly air temperatures is observed, according to the data of the nearest weather station. In summer 2009, we conducted hydrobiological research of lakes Bol'shoy Kharbey and Golovka. The aim was an inventory of the current ecological status of aquatic fauna of the lakes in the light of their long-term changes. Hydrochemical parameters did not change considerably in 2009 as compared with the data of 1965–1969 and 1998–1999. Low mineralization, optimum oxygen concentration, neutral and alkalescent pH values remained typical. In 2009, 31 species were found in zooplankton in Kharbey Lakes; 14 of these belong to rotifers and 17 ones, to crustaceans. This species number was lower than in the 1960s, but higher than in the 1990s. In 2009, the complex of species dominant in plankton was not large and represented by *Conochilus unicornis* Rousselet, *Kellicottia longispina* Kellicott, *Keratella cochlearis macracantha* Lauterborn and *Bosmina longispina* Leydig. The role of some earlier numerous species was lower. In this period, indices of zooplankton species diversity in Kharbey Lakes were 0.5–2.4 (Shannon Index) and 0.16–0.89 (Simpson Dominance Index). Zooplankton abundance and biomass were rather evenly distributed in the lakes and were higher than in the 1960s and in the 1990s. In 2009, zoobenthos of Kharbey Lakes included 17 groups. Crustaceans predominated by abundance in the zoobenthos. They accounted for 80% of the total abundance. In bottom communities, only 17 species belonging to cladocerans and copepods were recorded. Benthic crustaceans were represented by the genera *Ilyocryptus*, *Paracyclops*, *Diacyclops*, *Paracamptus*, *Bryocamptus* and *Moraria*. A comparison of the data on bottom crustacean faunas of the lakes in different periods under study showed changes in the composition of dominant species. Along with crustaceans, chironomid larvae, oligochaetes and molluscs had high abundance or biomass in bottom biotopes in Kharbey Lakes in 2009. Total abundance of benthos increased in the current period as compared with earlier periods, but the total biomass of benthos decreased. These observations may indicate a beginning of eutrophication of Kharbey Lakes.

The research was supported by grants No 09-C-4-1017 of UrB RAS and No 65 of SB RAS.

GLOBAL CHANGE IMPACTS ON LAKE GENEVA AND LAKE ANNECY: CONSEQUENCES ON ECOSYSTEM, FISH AND FISHERIES

Daniel Gerdeaux

INRA, Institute of Limnology, Thonon Cedex, France

Lake Annecy is situated near Lake Geneva (50 km). Lake Geneva is large and very deep (580 km², 309 m), Lake Annecy is smaller (26 km², 65 m). Lake Geneva sustained a stage of eutrophication (t-P increasing from 20 µg/l to 90 µg/l) from 1960s to mid-1970s since when it is restoring. Lake Annecy was mesotrophic in the 1970s and is now an oligotrophic lake. Whitefish and Arctic char were not native species in Lake Annecy and were introduced late XIX century.

During the last 30 years, many changes occurred in the lakes: warming, reoligotrophication, pollution, fisheries management with an increase of stocking and sport fishery.

The mean temperature of Lake Geneva increased by 2°C during the last decades while Lake Annecy returned cold each time after two cold winters. Thus the warming has actually an impact on the ecosystem of Lake Geneva and less impact on Lake Annecy. The phenology of phytoplankton and zooplankton is now one month forward 30 years before in Lake Geneva. The reoligotrophication changed the structure of algal communities and the depth of the maximum production.

Models on Lake Annecy show that the lake will be warmer at the end of this century, with regular overturns reoxygenating the deep water. The threshold of 7°C will be exceeded in the second part of the century. Above this temperature, the reproduction of Arctic char will be jeopardized. By now, the impact of warming on Arctic char in Lake Geneva seems to be perceptible. The recruitment of Arctic char is negatively correlated with the temperature in the deep water of the lake.

At the same time, the better water quality could contribute to a better reproduction of fish such as whitefish (*Coregonus lavaretus*) and Arctic char (*Salvelinus alpinus*). The stocking was increased during the 1980s both for whitefish and Arctic char. The whitefish stocking was done with larvae before, and now with larvae and also juveniles. The changes in the whitefish fishery in Lake Geneva are very positive. The yield during the last years was never attained since 50 years. The stocking could explain the restart of the dynamics of the whitefish population but not totally. The climate change and the better water quality could contribute to a better recruitment of whitefish due to a better match between the dynamics of zooplankton and hatching time of whitefish. On the contrary, the warming of the lake seems to impact the dynamics of Arctic char. French commercial fishermen at Lake Geneva adapted quickly their fishing habits while the Swiss fishermen were slower to shift from perch to whitefish resource.

CONTRIBUTION OF SULPHUR STABLE ISOTOPES TO THE UNDERSTANDING OF FOOD WEB IN LAKE ANNECY (FRANCE)

Daniel Gerdeaux, **Yamin Janjua**

INRA, Institute of Limnology, Thonon Cedex, France

Gut content analysis and $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ stable isotope values are commonly used for food web studies. In Lake Annecy (France) these methods were used to evaluate the dietary niches of five important fish species in Lake Annecy. However the analysis of these data is not easy because bulk zooplankton isotopic signatures displayed seasonal variation, and chironomids isotopic signatures varied with depth. These variations are so large that whitefish and Arctic char are very close together when we plot $\delta^{13}C$ versus $\delta^{15}N$. The data from marine systems and few papers on lakes suggest that stable isotopes of sulphur ($\delta^{34}S$ valuesmay be useful to discriminate between the pelagic and deep benthic food chain. A part of the food chain in Lake Annecy is based on chironomids living in deep sediments. Because of these facts, we tested the use of stable isotopes of sulphur in this regard.

DIET OVERLAP OF JUVENILE PIKEPERCH (*SANDER LUCIOPERCA*), RUFFE (*GYMNOCEPHALUS CERNUUS*), PERCH (*PERCA FLUVIATILIS*) AND ROACH (*RUTILUS RUTILUS*) IN LAKE VÕRTSJÄRV (ESTONIA)

Kai Ginter, **Andu Kangur**, **Peeter Kangur**, **Külli Kangur**

Centre for Limnology, Estonian University of Life Sciences, Rannu, Tartumaa, Estonia

Pikeperch, perch, ruffe and roach are four fish species that often co-occur in many lowland lakes throughout Europe. In spite of differences in the diet patterns, they are all zooplanktivorous at the juvenile stage. As the abundance of coarse fish like ruffe and roach is considerably high in Lake Võrtsjärv, there was a need to investigate the diet overlap of juvenile pikeperch, perch, ruffe and roach. Therefore, we measured and dissected the stomaches of 427 fish fries (4–12 cm long), investigated their prey selection in summer and autumn of 2009, and calculated the Schoener's niche overlap index (O). We tested the following hypothesis: (1) there is a significant diet overlap in the diet of these four fish species, and (2) the diet overlap increases towards autumn. In summer, *Mesocyclops leuckarti* was the most abundant prey item consumed by perch and ruffe, whereas pikeperch consumed high numbers of *Leptodora kindti* and roach, high numbers of macrophytes. Towards autumn, *M. leuckarti* was the most abundant prey for perch, pikeperch and ruffe; only roach consumed high numbers of macrophytes and *Bosmina* sp. However, for ruffe, *Chironomus plumosus* larvae were the most important food item measured by weight both in summer and in autumn. In summer, the diet overlap was the highest for perch and pikeperch ($O = 0.95$) and the lowest for ruffe and roach ($O = 0.01$). In autumn, the diet overlap was significant with pikeperch, perch and ruffe ($O > 0.6$). The diet overlap was higher in autumn for all the species investigated. In addition, the weight of average stomach content of ruffe and the number of prey items eaten were considerably higher than in others. Therefore, the potential for negative consequences of abundant ruffe populations for valuable game fish pikeperch and perch should not be underestimated.

ECOLOGICAL-PHYSIOLOGICAL OPTIMUM AND TEMPERATURE LIMITS OF LIFE ACTIVITY OF AQUATIC ORGANISMS

V.K. Golovanov

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl Province, Russia

Concept of an ecological-physiological optimum of life activity of aquatic animals is widespread in the scientific literature. Static and dynamic optimum can be distinguished. At the same time, the delayed effect of ecological factors on optima of invertebrates is known (Verbitsky, Verbitsky, 2007). A number of publications is devoted the problem of astaticism of optimum in fishes (Zdanovich, Konstantinov, Pushkar, 1988–2009). Widespread specific adaptation in the form of thermoregulatory behaviour is a spontaneous selection of optimum temperatures in a given gradient of this factor (Golovanov, 1996, 2006). By the example of fishes, several optimum levels of temperature are revealed within the vital activity range (Golovanov, 1984, 1996, 2006; Svirsky, Golovanov, 1991, 1997). A characteristic example of dynamics of optimum conditions is daily vertical migrations of hydrobionts (Brett, 1971; Malinin et al., 1996).

There are numerous methods for assessment of optimum conditions. Except standard conditions of the maintenance and cultivation in a range of factor, often a method is used based on determining the final selected temperatures (FST or «final thermopreferendum»). The values of FST practically coincide with temperatures of an ecological-physiological optimum of aquatic organisms, their effective growth and successful feeding (Jobling, 1981; Brett, 1971; Golovanov, 2006). Based on the experimental data on thermopreferenda of animals, their thermal niches can be quantitatively determined (Magnuson, 1979; Golovanov, 2006).

For animals living in aquatic environment, the range of temperatures of vital activity in natural habitats is equally important. In freshwater and marine hydrobionts, the range is limited by the upper lethal (~43–45°C) and the lower lethal temperatures (–1.5°C). In addition to the optimum performance zones, there are areas of sublethal values of the factor near the lethal limits. Animals are able to survive in these areas but only during a short interval of time (Schmidt-Nielsen, 1982; Bigon et al., 1989).

In comparison with the lower limits the upper temperature, the limits for life activity of aquatic organisms are better studied. There are several basic methods for determining the upper lethal temperatures. Among them are the method of threshold lethal temperatures or «temperature jump» (Fry, 1947; Elliott, 1981), the method of the critical thermal maximum and the method of final lethal temperatures («chronical thermal method») (Becker, Genoway, 1979; Lapkin et al., 1990; Beitinger at al., 2000; Michailenko, 2002; Smirnov, Golovanov, 2004; Golovanov, Smirnov, 2007). Lethal temperatures can be determined by means of all methods, but their values often do not coincide and bear various semantic loads (Beitinger et al., 2000).

The quantitative characteristics obtained in the studies of both optimum and pessimum in fishes and invertebrates, serve as criteria for definition of permissible thermal loads on waterbodies and their inhabitants.

The modern situation in freshwater and marine reservoirs is characterized not only environmental contamination. There is a dangerous tendency to climate warming and a trend to a temperatures increase in the aquatic environment. The number of habitats subject to «thermal pollution» increases under the influence of waters heated by nuclear and thermal power stations, and also by large industrial enterprises. In the native basins, there are new species-invaders, with unpredictable consequences. It is obvious that the data about temperature optima and temperature limits should be used in the context of «optimum coexistence» of hydrobionts and people.

Increasing quantity of species, for which it is necessary to get objective experimental data, at present, is most actual. Such information is obviously insufficient for native species, in particular for fish and invertebrates. Unification of methods of the analysis optimum and pessimum criteria is necessary. Ordering of the available results in the form of electronic bases with the subsequent publication is important as well.

The research work is supported by the Program of Department Biological Sciences of the Russian Academy of Sciences «Biological resources of Russia».

THERMOPREFERENDUM OF FISHES: NEW DATA AND APPROACHES

V.K. Golovanov, **A.K. Smirnov**

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl Province, Russia

Thermopreferendum is a traditional direction for investigations of aquatic ecologists, ichthyologists and hydrobiologists. First of all, it is because thermoregulatory behaviour (or thermopreferendum), as one of forms of temperature adaptations, is widespread among animal of various classes, from invertebrates to mammals. About 300 species of fishes from 60 families, both thermophilous and cryophilous, including Antarctic and tropical species, and also species of the temperate zone, demonstrate the phenomenon of "a spontaneous choice" in heterothermal conditions within a zone of temperatures. This zone is associated with the optimum temperature of feeding, growth and behaviour of hydrobionts (Reynolds, Casterlin, 1979; Golovanov, 1996), i.e. with the range of their ecological-physiological optimum (Brett, 1971; Jobling, 1982).

Traditionally, thermopreferendum of fishes and some invertebrates was a subject of research and subsequent analysis in the USA and Canada. Only in the 1950–90s, no less than 250 works have been published in these countries (Golovanov, 1996; Golovanov, 2006; Cherry, Cairns, 1982; Reynolds, Casterlin, 1978). In Russia, a much lower number of similar investigations have been conducted. Only at the Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences, and also at the Ichthyology Department (Biological Faculty of the Moscow State University) there are groups of explorers who studied (and continue to study) thermopreferendum of fishes and invertebrates. Recently the circle of researchers interested to study temperature adaptations, including thermopreferendum of aquatic animals, has essentially broadened. Scientists from countries of Latin America, southeastern Asia, from Spain, Norway and small European countries, etc., "have opened" for themselves the phenomenon of a spontaneous choice of optimum temperature zones by animals in gradients of environment.

In the last several years, we have conducted a number of the investigations being of essential interest. Distribution and behaviour in a gradient of temperatures were investigated for juveniles of carp, small larvae and fry of roach (Smirnov, 2009; Smirnov, Golovanov, 2008), adults of minnow, juveniles of perch and pike (Golovanov, 2009; Kapshay, Golovanov, 2009), and sterlet (Smirnov, 2009). The final selected temperatures (FST or final thermopreferendum) were determined for the most thermophilic fishes (a carp and a silver crucian), thermophilic eurytermic (bream, roach, perch, pike) and cold-loving fishes (rainbow trout and Atlantic salmon). Classification of fishes of Rybinsk Reservoir and northwestern Russia by their thermopreferendum, lethal temperatures and amplitude of a temperature range live activity (Golovanov, 2009, 2010; Kapshay, Golovanov, 2009), is refined.

By the example of perch fingerlings, influence of food distribution in thermogradient environment is shown on the level of selected temperature and on FST of fishes (Smirnov, 2010). Details of a daily thermopreferendum rhythm are revealed for juvenile and adult fish (Golovanov, Kapshay, 2010). It is shown that in the conditions of a gradient of temperature, larvae and small fry in the first month of development steadily select higher and higher temperature (25–26°C), as compared to the temperature of preliminary acclimation. The range is determined of the temperatures used by fish individuals kept for a long time (10–40 days) in a gradient for food search. The relationships of group, territorial, search, social and foraging behaviour with thermopreferendum are estimated. Thermogradient installations have been improved to provide a possibility for automatic registration of selected temperatures and continuous tracking behaviour of fish.

The most important directions of further research are as follows: role of different forms of behaviour in gradients of temperatures, role of temperature and trophic factors in choice of optimum conditions, daily rhythmics of thermopreferendum, thermopreferendum in early fish ontogenesis, ecological-physiological and biochemical mechanisms of temperature choice in gradient of factor, and also the expansion of number of the investigated species of fishes.

Research work is supported by the programme «Biological resources of Russia» of the Department of Biological Sciences of the Russian Academy of Sciences.

POLYCHLORINATED BIPHENYL AND CARBOHYDRATE HYDROLYSIS IN BREAM FROM RYBINSK RESERVOIR

I.L. Golovanova

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl Province, Russia

Rybinsk Reservoir is the largest artificial waterbody in the Volga cascade. Development of an industrial complex of Cherepovets city at the northeastern part of the reservoir and especially a large-scale failure at the metallurgical plant (1986–1987) have resulted in chemical contamination of the region. Among the pollutants, which have been found in the sediments of the Sheksna Reach accepting sewage of Cherepovets, the leading part in the negative influence on hydrobionts belongs to polychlorinated biphenyl (PCB) (Flerov et al., 1990).At present, PCB was registered in all basic ecosystem components not only the Sheksna Reach, but also in the downstream Central, Volga and Mologa reaches of Rybinsk Reservoir (Kozlovskaya, German, 1997; Chuiko et al., 2007). PCB concentrations in sediments, benthic organisms and fish in the Sheksna Reach are 10–100 times as high as in the Volga and Mologa reaches (Chuiko et al., 2008; German et al., 2010).

In waterbodies, PCB are accumulated in the bottom sediments serving as a primary store, from which they are transferred to benthic organisms. The factor of PCB accumulation in the biota is very high, and fish can accumulate them in the concentration 1000 times exceeding the concentration in water. PCB enter aquatic organisms with water and food, and even in the smallest doses they have toxic, mutagen and cancerogenic effects (Niimi, 1996). They alter food behaviour of fish, reduce survival rate, cause delay and stop of sexual development, disturb hormonal balance, the exchange of vitamins and mineral elements, change glycogen synthesis in liver, and cause various morphological pathologies (Nakayama et al., 2005). Previous ecotoxicological studies have documented the relationships between the level of PCB from food or ground and digestive activities of hydrolase in fish intestine (Golovanova et al., 2008). However, the data on the influence of PCB accumulated in liver on the activity of digestive enzymes are absent.

The purpose of this study was to determine intestinal glycosidase activities and kinetic and temperature characteristics of enzymes hydrolyzing carbohydrates in bream (*Abramis brama* (L.)) with various accumulation of PCB in liver.

PCB concentrations were 24 and 796 ng/g wet weight of liver in bream (weight 680 g) from the Mologa and Sheksna reaches, respectively. Amylolytic, maltase and succharase activities in the intestinal mucosa homogenates were estimated in vitro in a wide range of temperature (0–70°C). PCB content in liver of bream from the Sheksna Reach was 33 times as high as that in specimens from the Mologa Reach, but the enzyme activities and the temperature optimum of enzymes (50°C) in fish from different locations did not differ significantly. Values of activation energy (E_{act}) in the live temperature range of bream from a purer area was statistically lower (i.e. efficiency of process is higher). At the same time, a decrease is recorded in the values of the Michaelis constant (K_m) of carbohydrates hydrolysis testifying to increasing enzyme-substrate affinity in bream from the Sheksna Reach as compared with fish from the Mologa Reach. Summarizing, the obtained data testify to a considerable similarity of the activity level and curves of temperature dependence of intestinal glycosidase in bream with different accumulation of PCB in liver. Higher E_{act} values of glycosidase in bream from the Sheksna Reach testify to the decreasing efficiency of hydrolysis of food carbohydrate components in fish with higher accumulation of PCB in liver. The increase of enzyme-substrate affinity testifies to adaptive changes of this indicator with the increasing accumulation of PCB in fish liver.

The study is performed with the support of the Russian Fund for Basic Research (project No. 08-05-00805).

PROFESSOR GEORGII WINBERG AND A PROGRESS OF AQUATIC ECOLOGY IN THE 20TH CENTURY

Sergey M. Golubkov

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

Professor Georgii Winberg is an outstanding Russian (Soviet) hydrobiologist, who together with Lindeman, Hutchinson and Odum was one of the founders of the functional direction in ecology. As early as 1936, six years before Lindeman (1942), he formulated the energy principle and balance approach to the research of functioning of aquatic ecosystems. This approach predetermined the development of hydrobiology for many decades and culminated in the International Biological Programme (IBP, 1964–1974). During this programme, many national scientific teams worked using similar approaches, to determine the absolute and relative productivity of different freshwater environments from the tropics to the Arctic. Georgii Winberg was the first convener of the IBP. Many of his ideas are at the very beginnings of modern directions of ecology. For instance, in a number of publications from the 1930s to 1950s, he established the relationships between body mass and metabolic rates of bacteria, protozoans, crustaceans, molluscs, insect larvae, fish, etc. His book "Metabolic Rate and Food Requirement of Fishes" had become widely known after its first publication in Russian, 1956, and the following translation in Canada, 1960. In the mid-1960s he demonstrated close relationships between growth rate and metabolic rate of animals and proposed the equations for the three types of growth and estimation of secondary production by physiological method (Winberg, 1966, 1968). His followers from different republics of the former Soviet Union later accumulated an enormous data set on the allometric relationships between metabolic rate, growth rate, food consumption, specific rate of production, intrinsic rate of population increase, and body size in different groups of animals. These works underlie the modern metabolic theory in ecology (MTE), which postulates that nearly all characteristics of organisms, from their structure and function at molecular, cellular and whole-organism levels to ecological and evolutionary dynamics, are correlated with body mass (West et al., 1997, 1999; Golloly et al., 2001, 2002; Brown et al., 2007). His follower Irina Ivleva (Ukraine) already in the 1970s has documented clearly the importance of the Boltzmann–Arrhenious factor for quantitative expression of the dependence of metabolic rate upon temperature, which is one of the basic postulates of the modern MTE. The ideas and concepts of Georgii Winberg were inculcated in public use by means of several handbooks, one of which, "A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters" edited together with Prof. W.T. Edmondson (1971), was published in the series of IBP handbooks. Georgii Winberg's handbooks influence on the methodology of aquatic ecology for many decades. In parallel with the study of secondary production, Prof. Winberg has made a great contribution to the study of primary production. He summarized the results of the primary production research in freshwater and seawaters by the late fifties in another book, "Primary Production in Water Bodies" (1960), which was translated in the USA, 1961. Georgii Winberg also contributed greatly to the applied limnology, for instance, in the usage of mineral nitrogen-phosphorus fertilizers to increase productivity of fishponds. Practical recommendations and experience were summarized by him and V.P. Lyakhnovich in the book "Pond Fertilization" published in Moscow, 1965, and translated in Poland, 1968, and in Canada, 1970. Prof. Winberg's outstanding contributions and untiring commitment to elucidation of water metabolism and its role in functioning of aquatic ecosystems have been recognized by the International Association of Theoretical and Applied Limnology, which awarded him the Einar Naumann – August Thienemann Medal "De limnologia optime merito" at its XX Congress in Copenhagen. Publications of Georgii Winberg have predetermined the development of aquatic functional ecology for many decades, and his books are still in use by modern hydrobiologists.

CRUSTACEAN ZOOPLANKTON AS AN INDICATOR OF THE ECOSYSTEM HEALTH, WIGRY LAKE (NORTHEASTERN POLAND)

Andrzej Górniak, **Maciej Karpowicz**, **Adam Cudowski**, **Piotr Zieliński**

Department of Hydrobiology, Institute of Biology, University of Białystok, Białystok, Poland

Wigry Lake, located in northeastern Poland, has one of the longest series of crustacean zooplankton investigations. They were started in 1920 by A. Lityński from the Hydrobiological Station situated at the lake shore. The research was continued in the mid-1970s by A. Karabin from the Polish Academy of Science in Mikołajki. Wigry Lake was added to the IUCN list of the World's most precious lakes and was adopted by the SIL Project. This large natural reservoir (area of 21 km^2, volume of 36.7×10^6 m^3) has appeared during the Vistulian glaciation and contains two main parallel ground valleys connected meridionally. Wigry Lake was mesotrophic for a long time, but during the 1980s its trophic status increased. This change was induced by the inflow of untreated water from the Czarna Hańcza River, which received sewage from the nearby city of Suwałki, and due to intensive management of the lake basin. There has been a noticeable improvement in lake water quality in recent years due to a constructed sewage water treatment plant in Suwałki and arrangement of municipal sewage in households located within the direct water catchment. Since 1994, active fishery management and biomanipulation occurred (number of predatory fish and reduced number of cyprinid fish).

The shape of the lake and the lake bottom is conducive to diverse habitat conditions, in particular in trophic, thermal and oxygen conditions, and in water exchange. It gives an opportunity to conduct research on the response of species and communities to the spatial diversification of habitat conditions within the lake. A comparative limnological study was carried out in 2007 and 2009 to investigate the spatial and horizontal distribution of crustacean zooplankton communities and their relations to environmental factors such as varied trophic state, chlorophyll *a* concentration, total phosphorus (TP), and total nitrogen (TN).

Pelagic zooplankton abundance in Wigry Lake is averaged, as compared to the other lakes of the area, but the zooplankton diversity is a much higher – in summer, 27 species of crustaceans were found. Zooplankton in the deeper part of the lake indicates the low trophy and consists mainly of large herbivorous species of the genus *Daphnia* and *Eudiaptomus graciloides*. The shallower parts and lake bays were more eutrophic, and the higher zooplankton abundance was observed, mainly due to the increased development of Cyclopoida. Similar to the 1920s, many co-occurring species of the same genus, *Daphnia*, were recorded in the lake; 3–5 species were found at each station. The lake is highly specific in the occurrence of relict and very rare species for Polish lakes, such as *Eurytemora lacustris*, *Heterocope appendiculata*, *Bythotrephes longimanus*, and *Daphnia longiremis*. The aim of this study was to determine not only the current state of zooplankton as a health indicator of the aquatic ecosystem in each part of the lake, but also to assess the changes that have occurred in recent years (1995–2007) as compared to the long-term succession (1921–2007).

SEASONAL AND HORIZONTAL DYNAMICS OF PLANKTON IN NAREW RIVER BELOW A DAM

Magdalena Grabowska, **Jolanta Ejsmont-Karabin**, **Maciej Karpowicz**, **Piotr Zieliński**

Department of Hydrobiology, University of Białystok, Białystok, Poland

The Narew River is one of the last natural, anastomosing rivers in central Europe. Its humoeutrophic status is determined by numerous valley bogs and forests in its catchment and a large hypertrophic Siemianówka Reservoir in the upper course of the river. To estimate influence of the reservoir on the river ecosystem downstream, plankton samples were collected at 6 stations along the 130 km distance of the Narew River from June to September 2009. The aim of the work was to assess the changes in abundance of bacterio-, phyto- and zooplankton and taxonomic structure of phyto- and zooplankton along the Narew River.

As a rule, at station situated 130 km below the dam, phytoplankton species composition in the river was similar to that in the shallow reservoir. Potentially toxic *Planktothrix agardhii* was the main phytoplankton dominant both in the reservoir and in the river, but its proportion in the phytoplankton biomass gradually decreased with the distance from the dam. Rotifers carried with river current in upper part of the studied river originated probably from Siemianówka Reservoir. Species dominating in the reservoir, e.g. *Brachionus angularis*, *Keratella cochlearis* f. *tecta*, *Pompholyx sulcata*, and *Trichocerca similis*, dominated also in the potamoplankton down to the 56th km, and they were present, although in low densities, down to the 90th km. The "reservoir rotifer community" disappeared completely on the last two stations (120 and 130 km). Drift from the reservoir was the primary source of crustacean plankton in the Narew River. The abundance of larger species rapidly decreased within several kilometers of the dam, but main dominant species from reservoir were present down to the 56th km. After that, crustaceans in the current became less numerous, and only small Cladocera and littoral species remained. Drifting zooplankton from the reservoir could be an important food source for downstream predators, especially for fish. The study indicates that the eutrophic Siemianówka Reservoir is the main and rich source of phytoplankton and zooplankton for the outflowing Narew River.

The highest abundances of bacteria cells (BA) were observed in August at the 55th km from the reservoir dam (11.3×10^6 cells/ml), and the lowest numbers of bacteria were noted in June (1.2×10^6 cells/ml) at this same station. The typical tendency was decreasing bacterial abundance in river water along the river course except for a very hot period in August when increasing BA were noted. Using the rank test, statistically significant differences ($p<0.001$) in BA were found between the first and last two investigated sites.

The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education under project number N N305 156136.

SEASONAL AND HORIZONTAL DYNAMICS OF NITROGEN IN NAREW RIVER BELOW DAM

Magdalena Grabowska, **Elżbieta Jekatierynczuk-Rudczyk**

Department of Hydrobiology, University of Białystok, Białystok, Poland

The Narew River is the largest river in the catchment of the Vistula River (northeastern Poland). This lowland river drains a periglacial sandy-loam catchment covered with forests and wetlands. Its humoeutrophic status is determined by catchment and a large reservoir in the upper course of the river. The Siemianówka Reservoir (52º55'N, 23º50'E) is a highly eutrophic shallow lake with a high content of mineral phosphorus and nitrogen forms that lead to very high concentrations of chlorophyll *a* during the vegetation season. Since 1992, the development of blue-green algal blooms has been a regular phenomenon every year.

Surveys of water quality were made twice a month from July to October 2009. The studies were carried out in the reservoir and at 6 river stations downward. The river sampling stations were situated from 9.1 to 132.6 km downstream of the dam. The three later river stations were situated in the Narew National Park (NNP). The effect of the dam reservoir on the concentrations of particular nitrogen forms in the outflowing river was examined.

The results showed that the eutrophic reservoir was the main and rich source of nitrogen for the outflowing river during all the season. Concentration of organic nitrogen at all sampling stations ranged between 0.6–6 mg/dm^3. The highest values of organic nitrogen were noted during summer mass development of phytoplankton in the reservoir. In June and October, its concentrations decreased along river together with an increase of mineral forms of nitrogen (mainly $N–NO_3$). This situation indicates intensive processes of mineralization of organic matter along the river. Significantly higher concentrations of nitrate nitrogen on the last three river stations (below the 88th km) in comparison to other stations confirm the important role of natural anastomosing character of the river (in NNP) in the transformation of nitrogen compounds.

From August to September, the concentrations of organic and mineral nitrogen were similar at all river stations.

The study was supported by the Ministry of Science and Higher Education under project number N N305 156136.

CHIRONOMIDAE AND SIMULIIDAE OF SMALL WATER RESERVOIRS (INLETS, OUTLETS AND LITTORALS) OF WEST SLOVAKIA

Daniela Illéšová, **Zuzana Pastuchová**

Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia

In six small reservoirs of West Slovakia belonging to two catchments (the Váh River and the Morava River catchments), a total of 44 taxa of Chironomidae in four subfamilies were recorded: Tanypodinae (6 taxa), Diamesinae (1 taxon), Orthocladiinae (14 taxa) and Chironominae (22 taxa). The number of taxa in individual reservoirs ranged from 12 to 22. Only *Cladotanytarsus* gr. *mancus* was recorded in all six reservoirs. Differences between two catchments were observed. In the Váh River catchment, the most abundant were *Cricotopus* (*Isocladius*) *trifasciatus* (351 ind./m^2), *Dicrotendipes modestus* (168 ind./m^2) and *Glyptotendipes pallens* (66 ind./m^2). In the Morava River catchment, *Microtendipes* gr. *pedellus* (410 ind./m^2), *Endochironomus tendens* (361 ind./m^2), and *Paratanytarsus* sp. (190 ind./ m^2) prevailed.

In inlets and outlets, taxa of the subfamily Orthocladinae dominated: *Tvetenia* sp. and *Parametriocnemus stylatus* together with the filter-feeder *Prodiamesa olivacea* (Prodiamesinae).

Of the Simuliidae, in inlets and outlets a total of 11 species were found, 5 species in the Váh River catchment and all 11 species in the Morava River catchment. The most diverse community in inlets of Lozorno Reservoir included 7 submountain species intolerant to pollution. An ubiquist species *Simulium ornatum* was found in all sampling sites. *Simulium noelleri*, which is tolerant to organic pollution, prevailed mainly in outlets of reservoirs.

The study was supported by the project SAV-FM-EHP-2008-03-04.

TRANSFORMATION OF BIOGENIC SUBSTANCES IN RIVER/LAKE SYSTEM IN NORTHEASTERN POLAND

Elżbieta Jekatierynczuk-Rudczyk

Department of Hydrobiology, Institute of Biology, University of Bialystok, Bialystok, Poland

Many parameters of water quality, for instance, nutrient concentrations and particular and dissolved organic matter, vary naturally along the course of a river from the source to the mouth. This is related to changes in flow velocity and water discharge, riverbed width and depth, and access of light to water. This phenomenon was characterized by Vannote *et al*. (1980) as the "river continuum concept". However, natural lakes situated in river courses cause essential disturbances in this continuity. In most cases, lakes act as a sink for nutrients so that nutrient concentrations decrease considerably in lentic sections of rivers. Sometimes, lakes can be a source of nutrients from internal loading.

The problem of the transport of biogenic substances (carbon, nitrogen and phosphorus forms) in the Szeszupa River is described. The Szeszupa River is the confluent of the Niemen River, located in Suwałki Lakeland, which constitutes a part of the mesoregion of Lithuanian Lakelands. The study covered the upper Szeszupa channel system down to its opening into Pobondzie Lake. The river is 17.25 km long, and the average channel slope reached 3.2‰. The river basin is used agriculturally. Arable land covers 43% of its area, permanent grassland –15%, and forests – approximately 25%. Lakes constitute a significant portion (6.3%) of the total area. In the upper course, the Szeszupa flows through twenty lakes. The majority of lakes are eutrophic, but only two (Jaczno and Kojle) are mesotrophic.

Hydrological and hydrochemical studies of the Szeszupa river/lake system were conducted in May, July and early September 2009. The concentration of total organic carbon increased along the Szesupa River (7.6–18.6 $mg \times dm^{-3}$). In the river water after passing through the lake, the proportion of dissolved organic carbon in the structure of organic carbon reduced (93–70%), and the value of parameter SUVA (specific UV absorbance) decreased (25–9 abs. 1 cm $\times 1\ gC^{-1}$). Lakes are effective removal for mineral nitrogen transported by the river, particularly for nitrate nitrogen delivered to river fragments from adjacent arable land and point sources (0.18–0.06 $mg \times dm^{-3}$). This is due mostly to denitrification enhanced in lakes because of their organic sediments and anoxic conditions. The concentration of organic nitrogen significantly increased along the river, with the maximum increase in July (0.50–1.73 $mg \times dm^{-3}$). Lakes can also effectively remove the phosphorus load transformed by rivers. There were no clear changes depending on the concentration of phosphorus forms in the Szeszupa river/lake system.

River/lake systems are unified ecological systems being important and visibly delimited components of the postglacial landscape structure. The occurrence of lakes connected hydrologically with running waters, increases the diversity of habitats and biota at the landscape scale as well as the tightness of nutrient spiralling in rivers.

FLOWS OF DISSOLVED ORGANIC MATTER IN THE LAKES OF LATVIA

Ilga Kokorite, **Maris Klavins**, **Linda Ansone**

Faculty of Geography and Earth Sciences, University of Latvia, Riga, Latvia

Dissolved organic substances play a significant role in the global biogeochemical cycle of carbon. They influence mineral weathering, nutrient cycling, pollutant behaviour and toxicity in waters as well as physiology of aquatic organisms. Many researchers (e.g., Evans et al., 2005; Roulet, Moore, 2006) reported about an increase of total organic carbon (TOC) concentrations in surface waters during the last decades. Information about compositional changes and properties of dissolved organic matter (DOM) can help to understand flows and sources of organic matter. Considering that dissolved organic matter is composed from a large number of individual molecules, the sum of parameters describing properties of majority of organic substances can be used. Spectroscopic analyses, including UV and fluorescence spectra, are applied to study properties of DOM and help to identify sources of DOM (e.g., McKnight et al., 2001). The aim of this study was to analyze long-term changes of concentrations of DOM in Latvian lakes and possible sources of organic matter.

Long-term monitoring data about the changes of water colour, chemical oxygen demand (parameters characterizing dissolved organic matter) and water level were obtained from the Latvian Environment, Geology and Meteorology Centre for the period of 1977–2005. Detailed surveys of lakes were started in 2009. Within this study, concentrations of nutrients, major dissolved ions, total organic carbon and dissolved organic carbon were analysed. TOC and DOC concentrations were measured using a Shimadzu Total Organic Carbon Analyser TOC – V_{CSN}. The fluorescence spectra were determined on a spectrofluorometer Perkin Elmer LS55 at room temperature (25°C).

Fluorescence index ($FI_{450/500}$) was calculated as a ratio of the emission intensity at a wavelength of 450 nm to that of 500 nm at an excitation wavelength of 370 nm. As suggested by McKnight et al. (2001), lower FI values are indicative of terrestrial sources of organic matter, but higher values, of autochthonous (microbially derived) organic matter.

Average TOC concentrations in the studied lakes are 23.1–26.2 mg/l. Preliminary results show that $FI_{450/500}$ does not differ much for the studied lakes. Low values (1.45–1.57) of FI both in summer and autumn testify to the dominance of terrestrially derived organic matter. It should be mentioned that these lakes are clear-water lakes; Lakes Puzes and Usmas are recognized as salmonid waters. FI values in November are slightly higher if compared to those observed in August.

Further studies are planned to investigate more lakes with different trophic status in order to link optical properties of DOM with lake productivity and catchment characteristics.

ROLE OF SURFACE AREA OF AQUATIC PLANTS FOR ZOOPHYTOS AND FISH LIVING IN PLANT STANDS

K.A. Korlyakov

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

Communities in the stands of submerged aquatic plants include various organisms, from microorganisms to fishes representing the highest the trophic level in aquatic ecosystems. Many researchers have reported that the biomass and abundance of organisms of zoophytos and zooperiphyton in the stands of aquatic plants, as a rule, is higher than the biomass and abundance of zoobenthos (Savateeva, 1978; Zimbalevskaya, 1981; Oksiyuk et al., 1994; Protasov, 2005; Sharapova, 2007). In its turn, various characteristics of surfaces have been proposed for terrestrial plants, such as specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI) and others. Later on, it has been found that the surface areas of plant substrata are several times or sometimes even an order of magnitude as great as the surface area of the land sites on which they grow (Utkin, Yermolova, Utkina, 2008).

In this connection, the purpose of this study was to reveal the dependence between abundance and biomass of organisms living in stands of aquatic plants, and surface area of these plants. Research aims were as follows: (1) to determine abundance and biomass of zoophytos and fish living in stands composed by various plant species; (2) to determine specific surface areas of various aquatic plants; (3) to estimate dependence between abundance and biomass of organisms, and surface areas of aquatic plants. The surface areas of various aquatic plants, abundance and biomass values for organisms living on these plants, were determined using a technique developed earlier (Korlyakov, 2009). The research was conducted in 2008–2009 at waterbodies of the Chelyabinsk Province different in hydrodynamics and trophic structure. For a statistical estimation of the relationship between plant area index (PAI) on the one hand, and zoophytos abundance and biomass on the other hand, Kendall nonparametric correlation was used. Calculations and graphic constructions were made using in a KyPlot package.

As a result of the study, high biomass of zoophytos was found, mainly accounting for the organisms associated with stands of aquatic plants. This biomass fluctuated within 7–90 g/m^2, with periphyton and microorganisms not taken into account. The biomass of three fish species living in plant stands was also high (5–160 g/m^2). It is necessary to note that the biomass of the last trophic levels – organisms of zoophytos and fish living in plant stands – in the communities in stands of three aquatic plant species, for zoophytos constituted 1–8% of the weight of plants, and for fish, 1–35%. Indices of leaf area (LAI) have been found for *Elodea canadensis*, *Ceratophyllum demersum* and *Myriophyllum verticillatum*; they constituted 3.5, 2.7 and 1.8 m^2/m^2, respectively. It is known that LAI values for terrestrial plants are higher and fluctuate within 1–15 m^2/m^2 (Yermolova, Utkin, 1998). According to my data, the full surface (PAI) of aquatic plants ranged from 3 to 8 m^2/m^2. A significant positive dependence is found between the abundance and biomass of organisms, and the surface of plant substrata. Depending on sample size, its depth and height, abundance and biomass of some zoophytos organisms (including Mollusca, Ephemeroptera, larvae of Odonata etc.) increased with increasing surface area a plant (PAI). This tendency has been revealed for the stands of *Elodea*, *Ceratophyllum* and *Myriophyllum*. The fish species *Pungitius platygaster*, *Percottus glenii* and *Cobitis taenia* had high biomasses in stands of these plants. According to the reliable data by some researchers (Kitaev, 1994; Rudenko, 2000), it is known that the biomass of fish, mainly in small freshwater reservoirs, fluctuates within 0.3–40 g/m^2. The biomasses of three fish species recalculated per unit of plant surface area (rather than per unit of the bottom area of reservoir) ranged from 0.5 to 19 g/m^2, which agrees well with the norms of fish biomass established by ichthyologists and fish breeders for the bodies of water of the temperate zone.

Thus, it is possible to assume that high abundance and biomass of organisms dwelling in the stands of aquatic plants is determined by large «trophic areas» in the form of the plant substrata, exceeding in times the area of surface of substrata on which they grow. It is quite probable that aquatic plants and seaweed, in addition to the primary production, provide the subsequent links with biotopic "tanks" in the form of trophic areas, which affects the last trophic level, fish (Korlyakov, 2010).

BACTERIAL ACTIVITY AT AIR-WATER INTERFACE IN DYSTROPHIC LAKES

Iwona Kostrzewska-Szlakowska

Centre for Ecological Research, Polish Academy of Sciences, Dziekanów Leśny, Poland

Activity of neuston and bacterioplankton were studied in two dystrophic, acidic lakes with different contents of organic matter and trophic state. However, the bacterial biomass and enzymatic activity was higher in the polyhumic lake and in the surface microlayer, though enrichment factors were stronger in the oligohumic lake. The activity measured as thymidine incorporation was also higher in the polyhumic lake but in the bulk water. The percent of active bacteria (measured by Live/Dead kits) was higher in subsurface water during summer and was similar in both water layers during spring and autumn.

It could be stated that, although the polyhumic lake is characterized as more eutrophic, with higher concentration of organic matter, nutrients and more active bacteria than the oligohumic lake, enrichment of the surface microlayer of bacterial biomass, chlorophyll *a*, and some enzymes, were higher in the second one.

IS THERE ANY INFLUENCE OF PARASITES INFECTION ON FISH HABITAT USE?

Lenka Košuthová[1], **Ladislav Pekárik**[2], **Ján Koščo**[3]

[1] *Department of Breeding and Diseases of Game and Fish, University of Veterinary Medicine, Košice, Slovakia*
[2] *Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia*
[3] *Faculty of Human and Natural Sciences, University of Prešov, Prešov, Slovakia*

Fishes exhibit non-random distribution within the microhabitat scale that is influenced by many variables. Parasite infections are mostly overlooked factors that can be responsible for the microhabitat shifts of fishes. Microhabitat shift can be predicted by the differences in the occurrence of parasites depending on whether the fishes serve as definitive or intermediate hosts. We aimed to compare the microhabitat use by fish infected by different groups and life stages of parasites. For the purposes of the study, we sampled four streams (Bodva, Bačkov, Udava and Olšava) in the Tisza River basin in Slovakia, using the modified point sampling method. In each point, water depth, water velocity and distance from bank were measured. Three fish species with different ecological requirements – stone loach (*Barbatula barbatula*), Carpathian barbel (*Barbus carpathicus*) and spirlin (*Alburnoides bipunctatus*), were selected for the evaluation of infection intensity. Fish specimens were examined for the presence of endohelminth parasites. Most of them were found in the intestine (Nematoda, Acanthocephala) and in the eyes (larvae of Trematoda). Two data matrices were created for each species, one with the number of parasites (groups of parasites) per fish and water depth, velocity and distance from bank. We used Canonical Correspondence Analysis (CCA) to evaluate the relationships between particular parasites (group of parasites) and environmental variables. Although our proposed models explained only 5–10% of the model variability, several trends in the parasites related to environmental variables were visible. In this case we assume that there are shifts in microhabitat use of individuals infected by different parasites (groups of parasites). To uncover such relations, the further model formulation based on Generalized Linear Models (GLM) with different error distribution is necessary, where fish length and size are taken into account.

The study was funded by the Slovak Grant Agency VEGA projects Nos. 1/0352/08, 1/0718/08 and APVV-0154-07.

PECULIARITIES OF PLANKTON FOOD WEB STRUCTURE DURING CYANOBACTERIAL BLOOM IN TWO HIGHLY EUTROPHIC LAKES

Alina Krevs, **Judita Koreiviene**, **Stase Mazeikaite**

Institute of Botany, Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania

The objective of the present study was to examine and compare the structure of planktonic community (algae, bacteria, flagellates, ciliates, rotifers, and crustaceans) as well as to evaluate possible role of different plankton groups in organic carbon flow during the different species cyanobacterial bloom in shallow highly eutrophic lakes Gineitiskes and Sirvys (April–October 2004 and 2009).

In Lake Gineitiskes, cyanobacteria predominated in phytoplankton from July to October, reaching up to 98% of the abundance and up to 91% of the total biomass. In July, water bloom was caused mainly by *Anabaena lemmermanii*, in August – by *Microcystis* species, in October – by *Microcystis* species and *Planktothrix agardhii*. In summer and autumn large algae prevailed, whereas edible made up only 8–15% of the total phytoplankton biomass. Among metazooplankton, rotifers had the highest density throughout the study period, whereas cladocerans had the highest biomass from June to August (in July also rotifers), copepods together with rotifers, in October. During the mass development of cyanobacteria, the abundance and biomass of cladocerans decreased 2–20 times and those of copepods, 2–4 times. Bacteria had the dominant role in the microbial loop, while the abundance of heterotrophic flagellates was low during the period of investigation.

In Lake Sirvys, after the short-time mass development of *Anabaena* spp., water bloom was caused by *Planktothrix agardhii* (up to 98% of the total algae biomass) from August to October. Large filamentous *Planktothrix agardhii* are inedible and therefore inhibit the growth of filtrators like *Daphnia*. The lowest biomass of cladocerans was determined in midsummer and composed only 5% of the total metazooplankton biomass. At the same time, the maximum abundance of bacteria (4×10^6 cell / ml), ciliates (10772 ind./ l) and rotifers (2139 ind./ l) was observed. In midsummer, bacteria dominated in the microbial loop, while heterotrophic flagellates were the main contributors to the microbial carbon pool in autumn. In metazooplankton community, rotifers had the highest density throughout the study period, whereas in most cases copepods dominated the biomass.

The comparison of the plankton food web structure in two highly eutrophic lakes showed the higher absolute and relative carbon biomass of crustaceans, stronger dominance of cladocerans in the total metazooplankton biomass and prevalence of bacteria in microbial loop during *Anabaena* and *Microcystis* bloom in Lake Gineitiskes. While in Lake Sirvys, during *Planktothrix agardhii* bloom, the heterotrophic flagellates and ciliates carbon biomass were higher, and the dominance of copepods in the total metazooplankton biomass was stronger. The composition of heterotrophic community was different as well. The proportion of different groups in the total biomass of heterotrophic organisms revealed that the role of small zooplankters as well as organisms of the microbial loop increased in carbon flow under the cyanobacteria bloom conditions. Moreover, different species of cyanobacteria dominating during water bloom determine structural features of heterotrophic communities.

BACTERIAL ROLE IN PRODUCTION-DESTRUCTION PROCESSES IN KARST LAKES OF LITHUANIA

Ale Kucinskiene[1,2], **Alina Krevs**[1]

[1] *Institute of Botany of Nature Research Centre, Vilnius, Lithuania*
[2] *Vilnius Pedagogical University, Vilnius, Lithuania*

Unique sulfate-rich karst lakes are located in an active gypsum area of North Lithuania. The holes appearing during intensive karst events later turn into small (0.01–4.0 ha), 5–10 m deep lakes, with predominant Ca^{2+} and SO_4^{2-} ions reaching 0.6 and 1.4 g/l, respectively. In this work, we attempted to evaluate the role of bacteria in the organic matter production and destruction processes during the midsummer stratification period in 2008 in pelagic parts of two 5–6 m deep karst lakes. Their banks are overgrown with bushes and trees, thus fallen leaves provide poorly degradable organic substances in bottom sediments. Bacteria of sulfur cycle play a key role in the biogeochemical cycles of carbon and sulfur in karst lakes of sulfur type. The highest total amount of bacteria was recorded in the microaerobic metalimnion with an intersection zone of O_2 and H_2S. According to Bchl *c* and Bchl *d* characteristic of green sulfur bacteria, the most intensive development of these bacteria took place in the microaerobic metalimnion and anaerobic hypolimnion. Using cultivation and culture independent approaches, the restriction 16S rRNR analysis has shown the domination of the green sulfur bacteria genus *Chlorobium*, the nonsulfur purple bacteria genus *Rhodopseudomonas*, and the heterotrophic bacteria genus *Pseudomonas.* The maximum primary production was determined in the aerobic epilimnion, where phytoplankton was the main producer of organic matter. In the process of anoxygenic photosynthesis in the layers of most intensive development of phototrophic coloured sulfur bacteria, 9% and 14% of total organic carbon was synthesized in two sinkholes, respectively. Anaerobic conditions and high amounts of organic carbon (up to 16%) favoured an intensive activity of anaerobic benthic bacteria in bottom sediments. Up to 2496 mg of inorganic $C \times m^2 \times d^{-1}$ has been released to water during anaerobic decomposition of organic matter. The highest amount of sulfate reducing bacteria, which are responsible for the main part of carbon mineralization in sulfate-rich natural environment, was determined in the anaerobic water layers and bottom sediments – up to 10^5–10^6 CFU (colony forming units) per ml, accordingly. Sulfate reduction process was registered in two zones: in bottom sediments with the highest rate (up to 1.97 mg $S^{2-} \times dm^3 \times d^{-1}$) and in microaerobic and anaerobic water layers, from 0.02 till 0.23 mg $S^{2-} \times dm^3 \times d^{-1}$, respectively. In some littoral areas of karst lakes, where bottom sediments were enriched with detritus of planktonic origin, sulfate reduction rate reached 11.36 mg $S^{2-} \times dm^3 \times d^{-1}$. It is suggested that karst lakes are very sensitive to organic pollution because under such impact, in the presence of high sulfate amounts, sulfate reduction may become very intensive and, as consequence, the release of H_2S and development of sulfur bacteria may reduce the variety of other hydrobionts.

CHANGE OF THE ORGANIC DETRITUS QUALITY AND QUANTITY IN DISTURBED AND UNDISTURBED SEDIMENTS IN A CLOSED COASTAL LAGOON

Mauro Lenzi[1], **Francesca Birardi**[1], **Monia Renzi**[2], **Rugiada Roffilli**[1], **Duccio Solari**[1]

[1] *Lagoon Ecology and Aquaculture Laboratory (LEALab), Orbetello Pesca Lagunare Company, Orbetello, Provincia di Grosseto, Italy*
[2] *Department of Environmental Science, University of Siena, Siena, Italy*

In the framework of a series of studies on the closed coastal lagoon of Burano (Tuscany, Italy), the aim of which was to evaluate the possibility of managing environmental quality through disturbance and resuspension of superficial sediments, a field experiment was conducted in 2008–2009. Differences in quality and quantity of organic matter in sediments were compared between an undisturbed area and an area of the lagoon disturbed by means of a specially equipped boat. The disturbed area, measuring 32 ha, was divided into nine units, each subjected to a different frequency of disturbance in the period from October 2008 to April 2009. In one unit, three sites (about one per hectare) were chosen, from where sediment samples were collected in October, January and May (three replicates per site) for the determination of chlorophyll pigments, proteins, carbohydrates, lipids and total organic load. Other three sites were chosen as control in an undisturbed area of 3 ha. In the two areas, physicochemical data of water and vegetation were also obtained. The following results were obtained: 1) direct proportionality between the frequency of disturbance and decline in organic matter in sediment; 2) increase in the more refractory component of biopolymeric carbon of autotrophic origin in the disturbed area; 3) decrease in the protein component, which is readily broken down by bacteria in the critical summer period, in the disturbed area; 4) chlorophyll : phaeopigment ratios did not reflect any decline in photosynthesis in the disturbed area. On the basis of these and previous results, a schedule is suggested for resuspension operations.

VEGETATION CYCLIC SHIFT IN LAGOON ENVIRONMENT IN RESPONSE TO EUTROPHIC STATUS. ASSESSMENT OF DYSTROPHIC RISK INDICES BASED ON STANDING CROP EVALUATIONS

Mauro Lenzi[1], **Monia Renzi**[2]

[1] *Lagoon Ecology and Aquaculture Laboratory (LEALab), Orbetello, Provincia di Grosseto, Italy*
[2] *Department of Environmental Science, University of Siena, Siena, Italy*

The Orbetello lagoon (Tuscany, Italy) is a meso-eutrophic, shallow-water ecosystem which showed cyclic shifts in macrophyte dominance, starting from 1970. From 1983 to 2008, we acquired the field data on the total standing crop of Chlorophyceae and Rhodophyceae produced by the ecosystem each year, and from 1998 to 2007, also the data on the angiosperms. The data on the general dystrophic level (DL, a variable ranging from 0 to 3) were acquired during the same period. This paper relates, on the basis of a multivariate statistic approach, the total standing crops observed during 26 years of monitoring to the DL with the aim to evidence the relationships between standing crops of macrophytes and general quality assessment of the lagoon system. We also proposed two indices, Abundance of Macroalgae Index (AMI) and Abundance of Seagrass Index (ASI), and tested their effectiveness in discrimination the field data relating to the factor DL. The results of the multivariate analyses performed showed a high significance of the factor DL (ANOSIM test one-way: $R = 0.406$, $p = 0.1\%$) confirming that dystrophic crises represent a determinant in the observed macroalgae distribution inside the lagoon system. Of the proposed indices, AMI has a better performance than ASI showing that data on macroalgae are much more informative than those on angiosperms. This paper evidenced that the AMI index could be a useful tool in environmental monitoring and management strategies in the coastal and inland aquatic ecosystems.

SEASONAL PATTERN OF *DAPHNIA GALEATA* VERTICAL DISTRIBUTION IN A DEEP DIMICTIC RESERVOIR WITH REGARD TO POPULATION STRUCTURE AND DYNAMICS

Jiří Macháček, **Jaromír Seďa**

Institute of Hydrobiology, Biology Centre, Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice, Czech Republic

This study was performed at Římov Reservoir, which is a relatively small, low eutrophic dam lake in southern Bohemia. It was constructed by damming the deep and narrow valley of the Malše River. Therefore, the reservoir is canyon-shaped, 13 km long, with an area of 2.1 km^2, and the maximum depth of 44 m at the dam. The water surface is 471 m above the sea level; theoretical retention time is 95 days. It is a typically dimictic reservoir with thermal stratification from May through November. There are usually two short periods of homothermy in April and December. From January through March the reservoir is covered with ice, and the thermal stratification is inverse. The warmest water with the temperature of about 4°C is above the bottom. The hydrobiology, including zooplankton, is being studied at the Institute of Hydrobiology since the origin of the reservoir up to the present. In the last decade, a detailed study of the vertical distribution of the population of the key zooplankter *Daphnia galeata* was performed. This species is the dominant cladoceran for all the period of the reservoir existence. The aims were to investigate the dynamics of vertical distribution of *D. galeata* for all the year round in context with seasonal changes of the environment, and to find out the significance of the vertical distribution for the growth, reproduction strategy and efficiency, morphology, genetic structure and overall performance of the population. In the years of study, we repeatedly registered a regular yearly pattern in *D. galeata* vertical distribution. From the very beginning of thermal stratification in April–May up to the autumnal homothermy, the major part of the population was in the epilimnion. In the second half of December the population moved downwards, and in the period of inverse thermal stratification, the corresponding inverse distribution of *D. galeata* overwintering population was recorded, with the highest densities above the bottom. In early spring the population moved upwards again. This pattern of distribution is in tight connection with other features of the *D. galeata* population. First, the aggregation of the population in the developing epilimnion in spring very likely contributes to the induction of male offspring production and to the initiation of the spring phase of sexual reproduction. Second, the individuals in overwintering population exhibit some features, which are most likely an adaptation to extremely low temperatures and low food levels. It is especially the morphological change of the filtering structures on the thoracic limbs, which surprisingly goes against the concept of the food level effect. It can however be interpreted as an adaptation to the environment with higher viscosity. During the summer stratification, usually a certain minor part of the population inhabited permanently the deepest layers of the water column above the bottom. Morphological changes of the filtering structures in these individuals were similar to those in the overwintering ones.

CHANGES IN AMPHIPOD COMPOSITION AND DISTRIBUTION IN THE LUGA RIVER AND THE COASTAL ZONE OF THE LUGA BAY (EASTERN GULF OF FINLAND) IN 2006–2009

Stanislaw Malavin

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

Since 2006, four non-indigenous amphipod species have been discovered in the Luga Bay (the eastern Gulf of Finland): *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899), *Chelicorophium curvispinum* (Sars, 1895), *Pontogammarus robustoides* (Sars, 1899), and *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939. *Gmelinoides fasciatus* came to European Russia through intentional introductions from the Lake Baikal area. This species is expanding its secondary area now. DNA analysis revealed that the Luga population of *G. fasciatus* originates from the Neva Bay, the easternmost Gulf of Finland (Malavin, Kuzmenkova, 2010). The finding of *C. curvispinum* in the Luga Bay in 2006 became the first detection of this species in the Russian part of the Gulf of Finland. Originating from the Ponto-Caspian area, it was revealed in the southern Baltic at the beginning of the 20th century. *Pontogammarus robustoides* was among the Ponto-Caspian peracaridean species used for enrichment of fish food base in some natural and artificial waterbodies of Lithuania in the 1970s. It was detected in the Neva Bay in 2003 (Berezina, Panov, 2003). The North American *G. tigrinus* is the most recent newcomer in the Gulf of Finland. In 2005, it was observed for the first time in the Russian part of the gulf (Berezina, 2007).

During our study in 2006, the only alien amphipods found in the river and its estuary were *G. fasciatus* and *C. curvispinum*. The first species occupied all types of riverside habitats but was absent at the bay littoral zone. It was most abundant in complex substrates like *Scirpus* rootstocks and *Hydrodyction* beds. The second was found building its tubes on macrophytes and gravel in the river as well as in the bay. In the river, *C. curvispinum* was found inhabiting places with relatively high current velocity, whereas in the bay it occupied shallow and well-warmed littoral zone with *Potamogeton* and *Ceratophyllum* beds. Native amphipods in this year were represented by *Gammarus pulex* (Linnaeus, 1758) in the river and *Gammarus zaddachi* Sexton, 1912 in the bay littoral.

In 2007–2008, some changes in amphipod composition and abundance occurred. The state of *C. curvispinum* did not undergo significant changes. The range of *G. fasciatus* in the river increased upstream by about 5 km. The abundance of the species (ind. per m^2) did not change significantly since 2006. At the same time a new invader, *P. robustoides*, has appeared, found in the river mouth and in the sandy littoral of the bay in small numbers. The native *G. pulex* disappeared from the studying area, and the state of *G. zaddachi* remained unaltered.

In 2009, the littoral communities of the bay were found completely dominated by *G. tigrinus*. The abundance of *P. robustoides* was also relatively high, and *G. zaddachi* almost completely disappeared. In the river the expansion of *G. fasciatus* continued and followed by *P. robustoides*, which was also found ascended approximately 3 km upstream.

Factors affecting such distributional patterns in the amphipod species including ecological demands and species interactions are discussed.

I am grateful to Zh.I. Kuzmenkova for DNA analyzing. The study was supported by the Scientists Support Grant of the Government of St.Petersburg (2008) and the RFBR grant N 05-04-90588-HHCa.

THE NORTH-ATLANTIC OSCILLATION AND DYNAMICS OF LAKE ECOSYSTEMS IN NORTHWESTERN RUSSIA

Alexey Maximov

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

The North Atlantic Oscillation (*NAO*) controls the climate of the vast areas of the Northern Hemisphere, influencing significantly aquatic and terrestrial ecosystems. The positive anomalies in *NAO* are associated with strong west winds bringing warm and wet Atlantic air to the North of European continent. As a result, winters become mild, and precipitation increases. Contrary to this, during negative anomalies, fall of temperature and decrease in precipitation were observed. The role of *NAO* in forming the long-term dynamics of inland waters in northwestern Russia remains unstudied, despite of numerous publications on adjacent areas of Northern Europe.

I have analyzed the published long-term hydrobiological data on three lakes in the study region, which are different in the geographic position and morphometric characteristics. In all waterbodies studied, biological processes responded sensitively to climate oscillations. However, the character of response differed between individual lakes. The development of planktonic communities in lakes Krivoe and Krasnoe correlated positively with *NAO* index, whereas in Lake Syamozero, correlation was negative. Apparently, processes in the catchment areas of lakes played the main role in forming the plankton dynamics. In the years with positive *NAO* anomalies, the inflow of nutrients to lakes Krivoe and Krasnoe increased because of high precipitation and probable decline in the consumption of nutrients by terrestrial communities that provided favourable conditions for phytoplankton growth. The opposite reaction of communities in Syamozero to climatic oscillations is apparently associated with strong bogging of the catchment area. In this case, *NAO*-induced increase in precipitation and runoff favoured the inflow of dissolved allochtonic organic matter to the lake and water brownification, which limited phytoplankton growth because of deteriorating light conditions for photosynthesis. Changes of bottom communities in lakes Krivoe and Syamozero practically coincided with the changes in the pelagial, i.e. high benthic biomass was observed in the years with high plankton productivity. Thus, in this situation climatic processes affected directly the general level of biological productivity of the waterbody, that respectively reflected on all components of the lake ecosystem including zoobenthos. In the more eutrophic Lake Krasnoe, a coincidence of changes in bottom and planktonic communities was not observed. It seems that in this lake benthos was not limited by trophic resources. Apparently, in Lake Krasnoe as well as in other regional eutrophic waterbodies, oxygen regime is of primary importance for the bottom communities, and correlation of their dynamics with climate was determined by the appearance of near-bottom hypoxia in the years with low *NAO* indexes, as a consequence of weak wind-induced mixing and early water freezing typical for these years. The results indicate the ambiguity and contradictions in lake response to climatic variations. Particularly, one can draw a conclusion about antiphased changes in the biological productivity of humified and non-coloured lakes of the region under study. The links between the lake ecosystem processes and *NAO* should be taken into account during the cadastral surveys and interpretation of monitoring data, because investigations carried out in different phases of the climatic cycle lead certainly to dissimilar results. Ignoring this may result in incorrect assessments of the trophic status of lakes and the reasons of current changes. Research of *NAO* role will promote further understanding of climate-driven processes in biological communities, forming the basis for their forecast.

LARGE LAKE RESEARCH IN ESTONIA IN THE 21TH CENTURY

Peeter Nõges[1], **Tiina Nõges**[1,2]

[1] *Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia*
[2] *Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, Ispra, Italy*

There are two large lakes in Estonia, Peipsi-Pihkva (Chudsko-Pskovskoe Lake, 3.555 km^2, mean depth 7.1 m) located at the Estonian-Russian border and Võrtsjärv (270 km^2, mean depth 2.8 m) in Central Estonia. Hydrobiological investigations of Lake Peipsi-Pihkva were started by K.E. von Baer in 1851 and continued during the 20th century, partly separately and partly in collaboration with Russian institutions. Due to the establishment the border regime, mostly the Estonian part of the lake has been monitored by Estonian researchers since 1992. The first complex investigations on Võrtsjärv were carried out in 1911–13, and regular works started in the 1960s with the establishment of the Limnological Station of the Institute of Zoology and Botany, Estonian Academy of Sciences (present Centre for Limnology, Estonian University of Life Sciences), which remained the basis for large lake research in Estonia.

Joining the EU and the general globalization have brought about new challenges but also new opportunities for large lake research. The new challenges include the need to conform with the requirements of the EC Water Framework Directive (WFD) and the emerging climate change issues. The new opportunities include our involvement in large national and international projects, the fast development of instrumentation and info-technology.

For management purposes, WFD requires the type-specific ecological status of waterbodies to be determined. There are several problems regarding the implementation of WFD for large lakes: no reference sites can be used to define undisturbed conditions; large lakes have usually a long exploitation history; different parts of large lakes may belong to different types and have different qualities; the effects of commercial fisheries on trophic levels used in water quality assessment are not explicitly addressed in the directive; most of the large lakes have been invaded by exotic species that complicates the assessment. The WFD related research has been focused on the defining of reference conditions and has activated paleolimnological studies in collaboration with the Institute of Geology in Tallinn. In collaboration with Tartu Observatory we have tested satellite remote sensing for large lakes monitoring. The Estonian University of Life Sciences is a partner in the EU project WISER addressing integrative systems to assess ecological status and recovery of water bodies.

A 6-year national project should answer to the question whether climate change will alter the relative importance of catchment and in-lake processes in the carbon balance of shallow lakes. It is carried out in Võrtsjärv, where the Centre for Limnology, a partner of the Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON), applies high frequency measurements using lake sensors. The first questions are: is Võrtsjärv an autotrophic or heterotrophic system, and what is the role of autochthonous and allochthonous organic matter in its budget. Studies on climate impact on lakes started within the EU project CLIME in 2003. The new EU project REFRESH is focusing on adaptive strategies to mitigate climate change impacts on European Freshwater Ecosystems.

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON LAKE ECOSYSTEMS

Tiina Nõges[1,2]

[1] *Estonian University of Life Sciences, Tartu, Estonia*
[2] *Institute for Environment and Sustainability, Joint Research Centre, Ispra, Italy*

Multiple uses of lakes create multiple pressures on the ecosystems that may lead to regime shifts, degradation of water quality and loss of some or most of the ecosystem services. There are many indications that water bodies, which are already under stress from human activities, are highly susceptible also to climate change impacts that often aggravates their situation and may hinder attempts to prevent further deterioration of their status.

Proved climate-related physical changes of lakes and rivers include increase in water temperature, shortening of ice-cover duration, changes in river flow and lake water balance. Freshwater ecosystems have shown changes in productivity, species composition, organism abundances, and phenology. The effects of anthropogenic climate change are so much masked and interweaved with other local and regional anthropogenic effects, that the Intergovernmental Panel of Climate Change in its 4th assessment report (2007) had to conclude: "Due to strong anthropogenic impacts not related to climate change, there is no evidence for consistent climate-related trends in other water quality parameters (e.g., salinity, pathogens or nutrients) in fresh waters".

Recent research, however (e.g., within the projects EUROLIMPACS and CLIME), has added massive evidence to the mechanisms and effects of climate change on physics, chemistry and biology of lakes. Temperature-related changes in lake ice cover duration are of critical ecological importance as they affect underwater light levels, nutrient recycling, phytoplankton production, oxygen conditions, and occurrence of winter fish kills. Due to warming, many lakes stay longer stratified that decreases nutrient concentrations in surface layers, and prolonged oxygen depletion in deeper layers. Populations of cold stenothermic species such as Arctic charr are likely to decline in response to increasing water temperature.

Eutrophication and organic matter pollution problems in Europe may be exacerbated by the effects of climate change. Increased temperature will enhance mineralization of nitrogen in catchment soils, leading to high nitrate flushes into rivers and lakes. Algal blooms may be enhanced, and harmful invasive algal taxa such as *Cylindrospermopsis* and *Gonyostomum semen* may be encouraged. In addition, changes in food web structure and reductions in hypolimnetic oxygen concentrations in lakes will further increase symptoms of eutrophication and offset current attempts to mitigate eutrophication. Phenological changes in growth of some species may lead to mismatches of life-history patterns and complex impacts on plankton communities and lake ecosystem functioning.

Increasing frequency of extreme events is expected to have major impact on future freshwater quality and ecological status. In temperate regions of Europe, increased rain and flash floods cause erosion of agricultural soils and more frequent overflows of sewage treatment systems that will contribute to eutrophication.

Efforts have been made to adapt EU water policy to climate change. The new Water Framework Directive guidance document on climate change emphasizes the importance of monitoring reference sites and warns not to use climate change as a general justification for relaxing the WFD objectives.

CHLOROPHYLL CONTENT AND PRIMARY PRODUCTION OF PHYTOPLANKTON IN THE ECOSYSTEM OF KUIBYSHEV RESERVOIR

V.I. Nomokonova

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti, Samara Province, Russia

Kuibyshev Reservoir is the largest reservoir of the Volga cascade by the volume of water and by the area of water surface, and the only one with seasonal regulation of discharge. In this report, the results are considered of the study of space distribution of phytoplankton primary production (P) and chlorophyll *a* content (Chl) in water and in surface sediments of the reservoir, based on the original material and the published data. It is demonstrated that the productivity of phytoplankton differs between the sites of the reservoir. After the filling of the reservoir in 1957, the following lower areas were most productive: the Cheremshan Bay with flooded fertile ground and bottom lake-shaped widenings, Priplotinnyi Reach and Novodevihenskii Reach (Salmanov, Sorokin, 1962). Since 1958, the maximum values of P and Chl were registered in the Cheremshan Bay and in the upper Volga Reach, which accepted river phytoplankton of the most productive site of the Volga between the cities Gorodets and Cheboksary (Pyrina, 1960; Ivatin, 1978). After the formation of the Cheboksary Reservoir upstream in 1980, in the Volga Reach of the reservoir a decrease occurred in the species number of phytoplankton, algal biomass and, accordingly, productivity of phytoplankton (Ecology of phytoplankton…, 1989; Nomokonova, 1991; Pautova, Nomokonova, 1994). Lake-shaped widenings located downstream of the confluence of the Volga with the Kama and the Cheremshan Bay became distinctive in the maximum P values. In August 2009, Chl content in the surface water layer of the Volga Reach of the reservoir varied in the limits of 7.6–17.1 mg/m^3, in the Kama branch of the reservoir, 2.5–5.4 mg/m^3, and in lake-shaped widenings, from 4.1 up to 93–384 mg/m^3 (as well as earlier in sites of algal bloom). P varied in the Volga Reach from 0.83 up to 2.46 mg O/l × day, in the Kama branch, from 0.42 to 0.83 mg O/l × day, and in lake-shaped widenings, from 0.42 up to 6.6–13.5 mg O/l × day (in sites of algal bloom).

In 1986–2009, the distribution of pigments in bottom sediments of the reservoir also is non-uniform, as well as in the water (Ecology of phytoplankton…, 1989; Nomokonova, 1991; 2009; Nomokonova, Pautova, 2009). Quantity of pigments is governed to a greater extent by hydrodynamical features of a site and is intimately related to the type of bottom sediments. The average contents of Chl plus pheopigments (Chl+Ph) did not exceed 12 μg/g d.w. (μg per 1 g of dry sediments in a layer of 0–1.5 cm) in sandy sediments, 50 μg/g d.w. in silty-sandy sediments, and 50–238 μg/g d.w. in grey silty deposits of the deep-water zone. Along the lengthy axis of the reservoir, the minimum contents of pigments is characteristic of the upper sites of the Volga reach and the Kama branch of the reservoir, which are distinguished by the increased current and sandy ground (Zakonnov, 1993). Maximum content was typical of channel sites of lake-shaped widenings, mainly with silty deposits. In the open littoral zone, the content of Chl+Ph in sandy ground at a depth of 0.5–1.6 m was 3.4–13.2 μg/g d.w. in the layer of 0–1.5 cm. Taking into account the areas with different sediment types, the average content of pigments in the sediments of the reservoir equaled 42 μg/g d.w. In the reservoirs located upstream, it varies from 32.0 (Uglihskoye Reservoir) to 71.6 μg/g d.w. (Cheboksarskoye Reservoir) (Sigareva, 2005). The minimum average contents of pigments, 17.5 μg/g d.w., is observed in the Saratov Reservoir (Nomokonova, 2009) characterized by high values of water exchange rate (18.6 years^{-1}), low accumulation rate of sediments (0.6 mm × y^{-1}), and low percentage silty grounds (10% of the area of reservoir).

The work supported by the grant from RFFI, No. 08-04-00384.

PERIPHYTON STRUCTURE ALONG ENVIRONMENTAL GRADIENTS AND HYDROLOGICAL CONNECTIVITY WITHIN OXBOW LAKE

K.T. Obolewski

Pomeranian University in Słupsk, Poland

Periphyton is an aggregation of bacteria, fungi, algae and animals in the form of thin coatings on various types of surface being in contact with non-sterile water or other fluids. The term was introduced by Behning in 1924 for an assembly of plants and animals settled on different materials submerged in water reservoirs. Periphyton is distributed in all types of aquatic ecosystems and is responsible for decomposition of organic contaminants. In spite of its common occurrence, the structure of bryophiles in natural aquatic ecosystems was not thoroughly studied. In oxbow lakes, the most favourable substrate for periphyton development is reed (*Phragmites australis*). Due to lentic and eutrophic character of this type of reservoirs, the discussed ecological formation develops intensively there.

In our study, we made an attempt to indicate relationships between physical, chemical and biological parameters of oxbow lakes and periphyton patterns depending on the connectivity with a riverine system by the example of the Słupia River (northern Poland).

The sampling sites were distributed in three river-floodplain areas. They were natural oxbow lakes: the first one (OLS1) was connected to the river and located 15 km from the city of Słupsk, the second one (OLS2) was periodically connected, and the last one (OLS3) was closed and located 2 km from the city.

Reed samples were collected during four seasons in 2006 and analysed according to the accepted methodology. In order to identify the primary environmental gradients affecting periphyton assemblages, we used Canonical Correspondence Analysis (CCA) between 11 environmental variables and 12 groups of periphyton.

Generalized additive models (GAM) were used to test the relationships between the periphyton community (measured by abundance and diversity) and key environmental variables. A nonparametric analysis of variance (Kruskal-Wallis and Dunns test, $p < 0.05$) was used to identify differences in richness and abundance among the types of connectivity.

The performed CCA analysis explained 91% of the total periphyton variance (70% for the first CCA axis, 21% for the second one) and indicated relationships between periphyton density and biogenes, particularly dissolved organic nitrogen. Concentration of phosphorus compounds ($P–PO_4$ and DOP) influenced the abundance of diatoms, cladocerans and odonatans, which can be explained by trophic dependences. Considerable abundance of hirudineans and molluscs was caused by manganese concentration, partly by water temperature, salinity and water pH.

This scientific study was financed by 2007–2010 educational funds and conducted within the research project no. N N305 3247 33.

PARASITES OF INVASIVE GAMMARIDS (AMPHIPODA) OCCURRING IN POLAND

Mykola Ovcharenko[1,5], **Jerzy Rokicki**[4], **Irena Wita**[1], **Doina Codreanu-Balcescu**[2], **Michal Grabowski**[3], **Alicja Konopacka**[3], **Karolina Bącela-Spychalska**[3], **Piotr Wóblewski**[1]

[1] *Institute of Parasitology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland*
[2] *Research Institute of Biology, Romanian Academy, Bucharest, Romania*
[3] *Department of Invertebrate Zoology & Hydrobiology, University of Lodz, Lodz, Poland*
[4] *University of Gdańsk, Poland*
[5] *Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian Academy High School, Słupsk, Poland*

Transport of pathogens associated with invasive species is important yet still poorly studied field of hydroparasitology. According to "pathogen release" hypothesis, species invasion to a new territory is enhanced for the migrating populations losing their parasites on subsequent stages of range expansion. However, a possibility of recurrent uptake of pathogens by host migrating in subsequent waves through the same invasion route cannot be excluded. The goal of our research was to identify parasites of Ponto-Caspian and North American amphipods recently colonizing Polish inland and coastal waters. Altogether, over 2000 individuals of amphipods from the Vistula, Oder and Bug Rivers, Vistula Lagoon and the littoral zone of the Baltic Sea have been studied continuously since 2005. Parasites were identified with light and electron microscopy. Molecular methods (rDNA study) were used to identify some Microsporidia. Representatives of three phyla of parasites (Apicomplexa, Microsporidia, Acanthognatha) were registered in invasive gammarids occurring in Poland: *Pontogammarus robustoides*, *Dikerogammarus haemobaphes*, *D. villosus*, *Chaetogammarus ischnus*, *Obesogammarus crassus*, and *Gammarus tigrinus.*

Gregarines (Apicomplexa) were recorded in Ponto-Caspian and North American hosts. The Ponto-Caspian species *P. robustoides*, *C. ischnus* and *D. haemobaphes* are the hosts of *Cephaloidophora mucronata*; *C. similis* was found in *D. villosus*. Both gregarine species were previously reported from Danube Delta. Five taxa of gregarines belonging to the genus *Uradiophora* (*U. ramosa*, *U. longissima* and *Uradiophora* spp. 1–3) were registered in Polish waterbodies. Two of them (*U. ramosa* and *U. longissima*) were found in Ponto-Caspian hosts (*P. robustoides* and *D. villosus*). *Uradiophora ramosa* was reported also from North American *G. tigrinus*. It is the only gammarid species in Poland, which was parasitized by a gregarine infecting Ponto-Caspian hosts. *Dikerogammarus villosus* was infected by three species of gregarines (*C. mucronata*, *C. similis* and *U. longissima*). Two of them (*C. mucronata* and *C. similis*) infect only Ponto-Caspian gammarids, but *U. longissima* is the widespread parasite of fresh- and brackish-water hosts, excluding species of Ponto-Caspian origin. Presence of *U. longissima* in a Ponto-Caspian host can be explained partially by the changes of ecological status of the hosts in the colonized area. *Dikerogammarus villosus* is a voracious predator destroying native invertebrate fauna up to absolute domination in colonized biotopes.

Microsporidia (*Nosema pontogammari*, *Cucumispora dikerogammari*, *Thelohania* spp.) were found in all Ponto-Caspian hosts examined in Poland. These microparasites have been found earlier only in the Ponto-Caspian region. The prevalence and the mean intensity of *C. dikerogammari* were significantly higher in Central and West European biotopes than in the Dnieper Basin. The previous molecular data confirmed the presence of rDNA sequences of some Atlantic-Boreal Microsporidia (*Dictiocoela brevilovum*, *D. muelleri*) in the Ponto-Caspian host *D. haemobaphes*.

The study was supported by the grant of Polish Ministry of Sciences and Higher Education N N304081535.

SEASONAL VARIABILITY IN ZOOPLANKTON COMMUNITIES AS AN INDICATOR OF ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE LARGEST FLOODPLAIN LAKES OF THE RIVER DAUGAVA (2005–2008), LATVIA

Jana Paidere

Department of Chemistry and Geography, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia

Seasonal zooplankton and water physico-chemical measurement data were obtained in 2005–2008 in Skuķu and Dvietes, the largest floodplain lakes of the Daugava River. The study is realized in the framework of several projects. Samples and measurements were taken 2–3 times a month during flood or flash flood, and monthly in the low water period, in the lake pelagic zone, at 0, 5 m depth. It was found (Canoco for Windows 4.5) that temperature and water level changes have a significant impact on changes of the zooplankton abundance, biomass, species diversity and taxa number, especially in spring, coinciding with flood or flash flood periods. Total abundance of zooplankton increased with rising water level in Lake Dvietes. Possibly the water rising is a favourable environmental factor for the plankton in the floodplain lakes. In spring, both the phytoplankton and the zooplankton are dominated by species that are characterized by short life cycle, thus they are able to react quickly to environmental changes (*Synchaeta oblonga*, *Synchaeta* sp.) during flood or flush flood, as well as bdelloids that occupy unstable and unpredictable habitats exposed to frequent desiccation, where conditions quickly change from suitable to unfavourable and probably more effectively describe these small shallow floodplain lakes – Skuķu and Dvietes. Close positive correlation is observed between rainfall and Rotifera in the floodplain lakes, testifying to the ability of Rotifera to react quickly to environmental changes as well as to a homogeneous environment. In the period of water decrease and low water, the biomass and abundance of Copepoda increased as well as species diversity of littoral and benthic taxa of Rotifera and Cladocera that are characteristic for shallow water lakes.

Research project was supported by the national research programme "Climate Change Impact on Water Environment in Latvia" (www.kalme.daba.lv) and by scientific grants of Daugavpils University, the project nr. VPD1/ESF/PIAA/04/NP/3.2.3.1/0003/0065.

ZOOPLANKTON COMMUNITIES AND DISTRIBUTION DURING SUMMER 2009 IN THE DEEP PRIORITY SALMONID LAKES OF EAST LATVIA

Jana Paidere[1], **Renāte Škute**[2], **Artūrs Škute**[3]

[1] *Department of Chemistry and Geography, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia*
[2, 3] *Institute of Ecology, Daugavpils University, Daugavpils, Latvia*

According to the Latvian environmental legislation, lakes with high water quality and suitability for existence of such protected salmon species as *Coregonus albula* (L.) (vendace) and *Coregonus lavaretus* (L.) (whitefish) are included in the list of priority fish waters. This status is institutionalizing to 26 mainly Latvian deep lakes. Some of these lakes also included in special protection natural areas of Latvia. To provide recommendations for the lake management and protection of fish populations, studies on their basic food – zooplankton, water quality and other conditions of these lakes, have been started. Samples of zooplankton were collected in July 2009 in 7 salmonid lakes, with simultaneous physico-chemical measurements. Zooplankton samples and physico-chemical measurements were carried out in the lake's deepest place at 0, 5 m depth. Vertical zooplankton samples were taken in the epilimnion, termocline and hypolimnion. A total of 54 zooplankton taxa and Copepoda development phases (copepodite and nauplii) have been found. Cladocera and Copepoda predominated the total biomass in the termocline or in the epilimnion of the lakes. Rotifera were found in large numbers mainly in the termocline of the lakes. Species such as *Keratella cochlearis*, *Kellicotia longispina*, and in some lakes (Dubuļu), *Filinia longiseta*, were found in the hypolimnion in large quantities. Largely, the vertical distribution of zooplankton abundance and biomass in the epilimnion, termocline and hypolimnion depends on nutrition (chlorophyll), oxygen distribution and sampling time (morning, noon or evening), or solar radiation.

Research project was supported by the project nr. 2009/0214/1DP/ 1.1.1.2.0/09/ APIA/VIAA/089.

SMALL WATER RESERVOIRS: MACROINVERTEBRATE ASSEMBLAGES AND WATER QUALITY RELATIONS IN THE CONTEXT OF ANTHROPIC PRESSURE

Zuzana Pastuchová[1], **Zuzana Čiamporová-Zaťovičová**[1], **Tomáš Čejka**[1], **Daniela Illéšová**[1], **Eva Bulánková**[2], **Pavol Beracko**[2], **Fedor Čiampor, Jr.**[1]

[1] *Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia*
[2] *Department of Ecology, Faculty of Natural Sciences, Comenius University, Bratislava, Slovakia*

Small water reservoirs are an important component of lowland landscape through their diverse functions. They present important landscape elements for effective water management and for other economic purposes, together with environment function for broad scale of aquatic organisms. However, there has been only little attention paid to this kind of biotopes in Slovakia so far. Concerning this, diversity of macroinvertebrate communities of six West Slovakian reservoirs in two different river catchments (Morava and Váh rivers) was analysed in 2008–2009. Obtained environmental and biological data improve the knowledge of the biodiversity of aquatic ecosystems influenced by small water reservoirs (inlets, littoral and outlets) in this area.

Studied catchments differ in respect to the land use and anthropic pressure. Three reservoirs (Doľany, Suchá nad Parnou and Dolné Dubové) belong to the Váh River catchment. Intensive agricultural land use is characteristic for them, leading to runoff from adjacent agricultural land and settlements, reflected in chemical agents content. Other three reservoirs (Kuchyňa, Lozorno and Vývrat) belong to the Morava River catchment, are situated at a higher altitude and are not directly under human pressure. Inlet catchments lie within the protected area. Chemical parameters also suggest different trophic status of reservoirs in these two geographical areas. Despite this, it appears that affiliation to catchment does not play an important role here. Benthic assemblages of ponds did not show any significant differences between both catchments divided by the heights of the Small Carpathians. No taxa were found exclusively in the Váh River catchment, and only two taxa (*Ablabesmyia monilis* and *Endochironomus tendens*) were found only in the Morava River catchment. Instead, every studied pond littoral was represented by its own benthic assemblage, with almost one-third of total taxa number unique for respective reservoir. The number of taxa in ponds ranged from 50 to about 70. Only five taxa were common for all six ponds: *Gyraulus parvus/laevis* (Mollusca), *Caenis luctuosa*, *Cloeon dipterum* (Ephemeroptera), *Micronecta* sp. (Heteroptera), *Cladotanytarsus* gr. *mancus* (Chironomidae) and *Helochares lividus* (Coleoptera). Analyses suggest that driving forces of these artificial ponds are related to agricultural management and fish farming. Influence of variables related to nutrient content (P content, BOD5, chlorophyll *a*) overrode the natural gradients of studied ponds, such as altitude, prevailing substrate and catchment.

Biodiversity and species richness of individual locations were enhanced by adjacent inlets and outlets (up to at least 380 taxa in total). It seems that inlets reflect more natural conditions of both catchments. On the other hand, outlets are more influenced by human intervention such as eutrophication, channel regulations, settlements and fields runoff.

The study was supported by the project SAV-FM-EHP-2008-03-04.

CERCOPAGIS PENGOI OSTROUMOV, 1891 AS AN INVASIVE SPECIES IN VISTULA LAGOON

Ewa Paturej

Department of Applied Ecology, Faculty of Environmental Sciences and Fisheries, University of Warmia and Mazury, Olsztyn, Poland

Biological invasions are at present a widespread event all over the World. Results of invasive species appearing in a new environment are difficult to predict and estimate. The up-to-date observations of introductions of foreign species suggest that they sometimes cause serious ecological consequences (changes in biodiversity and disturbed balance in ecosystems). Among such species is a waterflea *Cercopagis pengoi* Ostroumov, 1891. Being an invasive species, *C. pengoi* has been extremely successful over the last 5–7 years, i.e. since its introduction. This success is mainly attributable to its euryhalinity and parthenogensis as a dominant mode of reproduction. The appearance of *C. pengoi* has led to a series of different ecological consequences, including interference with the structure of zooplankton and trophic chains. This species has quickly adapted to ecosystems and created permanent populations. As a result, large economic loss has been experienced, due to the blocking of fishing nets. Long-term studies on the Caspian waterflea have covered mainly the northeastern part of the Baltic Sea and the Great Lakes in North America. In the Polish part of Vistula Lagoon, it seems necessary to conduct investigations on the Caspian waterflea, as the references are scarce and date back to the 1990s (in the Russian part of this waterbody, the relevant studies have been carried out on a larger scale). This research, completed in 2007–2008, has confirmed that *C. pengoi* occurs in Vistula Lagoon. The abundance and biomass of this species were 2–14 ind./dm^3 and 0.0068–0.0605 mg/dm^3, respectively. *Cercopagis pengoi* is a euryhaline species, which can invade both fresh and brackish waters, therefore it has been recorded in ecologically diverse parts of Vistula Lagoon. Temperature is one of the factors modifying the life cycle of *C. pengoi*. Ponto-Caspian species are considered thermophilous. The optimum temperature at which they attain the highest abundance, above 15°C, occurs in summer, and it is during this time of year, i.e. warm spring (May) and summer (July), that the species was observed in Vistula Lagoon. Oral reports from fishermen prove that the Caspian waterflea occurs in extremely large numbers in the lagoon, causing obstacles to fishing. The appearance of *C. pengoi* has also altered local trophic links. Elimination of small filtratory organisms from the zooplankton association by the Caspian waterflea, due to the top-down effect, releases phytoplakton from the pressure produced by zooplankton and can contribute to increased eutrophication of the lagoon. Thus, it is necessary to obtain detailed knowledge on the distribution, abundance, population structure of *C. pengoi* and its interaction with other organisms so as to determine the extent of invasion and influence produced by *C. pengoi* on the ecosystem of Vistula Lagoon.

DYNAMICS OF DIURNAL AND NOCTURNAL FISH SPECIES IN LOWLAND RIVERS IN SLOVAKIA

Ladislav Pekárik[1], **Ján Koščo**[2], **Lenka Košuthová**[3], **Michal Nowak**[4]

[1] *Institute of Zoology, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovakia*
[2] *Faculty of Human and Natural Sciences, University of Prešov, Prešov, Slovakia*
[3] *Department of Breeding and Diseases of Game and Fish, University of Veterinary Medicine, Košice, Slovakia*
[4] *Department of Ichthyobiology and Fisheries, Agricultural Univerisity of Kraków, Kraków, Poland*

Lowland rivers as endangered biotopes maintain high species diversity. However this diversity is still not well documented due to many problems with sampling methods. In this case, we aimed to test the suitability of small beach seine net (2 × 5 m, mesh size 6 mm) in two lowland rivers in Slovakia. The Latorica and Tisza rivers are the most important lowland rivers in the lowland area of Eastern Slovakia. Considering their natural character, few recent studies were focused on these large rivers. We aimed to investigate one shallow beach (riparian area) of each river in early summer (June–July) and in late summer (August–September). Seine netting was undertaken every 2 hours during the 24-hour cycle. Altogether, 4818 specimens of 20 species were recorded from the Tisza River and 936 specimens of 26 species, from the Latorica River. The number of species as well as the number of individuals varied during the 24-hour cycle, reaching the highest values during dusk. The occurrence and the proportion of species varied over the diurnal cycle, however no significant differences (Kruskal–Wallis test, $p < 0.05$) was detected between particular samples within the diurnal cycle. However, the distinction between the diurnal group and the nocturnal group was apparent. Percids (*Gymnocephalus schaetser*, *Zingel zingel*, *Sander lucioperca*), breams (*Abramis brama*, *A. bjoerkna* and *A. sapa*), other cyprinids (*Leuciscus idus* and *L. cephalus*) and *Sabanejewia balcanica* were mostly sampled during night, *Alburnus alburnus*, *Chondrostoma nasus* and *Romanogobio kesslerii* were sampled preferably during daylight. On the other hand, *Perca fluviatilis*, *Leuciscus cephalus*, *Romanogobio albipinnatus*, *Rutilus rutilus* and *Aspius aspius* showed no affiliation to diurnal or nocturnal group. The assessment of the fish species motivation to use the shallow riparian zones of lowland rivers will be the key topic for the further research.

The study was funded by the Slovak Grant Agency VEGA projects Nos. 1/0352/08, 1/0718/08, 1/0125/10 and APVV-0154-07.

SINUSOIDAL FORAGING: SPECIES-SPECIFIC RESPONSE TO LIMITED FORAGING OPPORTUNITIES IN THE EPIPELAGIC ZONE OF RESERVOIRS

Jiří Peterka[1], **Martin Čech**[1], **Mojmír Vašek**[1], **Josef Matěna**[1]

[1] *Hydrobiological Institute, Biological Centre, Academy of Sciences of Czech Republic, České Budějovice, Czech Republic*

Sinusoidal swimming of fish in the epipelagic zone of a deep stratified reservoir was described by Čech and Kubečka (2002). The authors gave a detailed description of regular up-and-down swimming of fish larger than 130 mm (standard length) during the daytime in summer period, using hydroacoustic monitoring. Although the hydroacoustic method produced detailed information on fish movement characteristics, it was unable to determine the observed fish species. To fulfill particularly this basic gap, the epipelagic zone of Římov Reservoir (Southern Bohemia), the reservoir where the above-mentioned hydroacoustic observations were performed, was monitored using an underwater camera (Splashcam Delta Vision HD B/W). The period of the highest transparency (Secchi depth 5 m) and thereafter the highest water volume monitored (approx. 40 m^3) were used for the observations. During three days of daytime monitoring (08.00–20.00 hours) in May–June, 777 individuals of 5 fish species were recorded. Common bream (*Abramis brama*) was most common occurring in 47.5% of the records, followed by European roach (*Rutilus rutilus*) with 28% and European perch (*Perca fluviatilis*) with 21%. Other fish species – carp (*Cyprinus carpio*) and pike (*Esox lucius*) – occurred only marginally (no more than 0.3% each). Only 24 records remained unidentified. Total fish density in the epipelagic habitat monitored (upper 5 m) was evaluated to 6.3 fish $\times m^{-3} \times day^{-1}$. For most of the records, the swimming characteristics (sinusoidal or non-sinusoidal) were possible to evaluate. In 63% records of bream and 45.5% records of roach, sinusoidal swimming was confirmed. On the other hand, movement pattern just remotely similar to sinusoidal swimming was observed only in 5% of perch records. Although bream and roach were swimming slowly in sinusoids with regular amplitude, perch, when swimming in sinusoids, were swimming approximately twice as fast as both the cyprinids and with very irregular amplitude. Swimming of perch was rather performed in direct horizontal or vertical directions. Moreover, in bream and roach the characteristic prey intake while swimming was reported repeatedly. This prey intake is denoted as "gulping", i.e. rhythmic suctions to capture prey items while swimming slowly or remaining nearly stationary. On the contrary, perch were not continuously foraging while swimming, but vigorous feeding strikes on particular prey ("particular feeding") were observed, and only in less than 10% of the records. These observations are consistent with findings of other authors, who suggested sinusoidal swimming to be related to zooplanktivory, when fish profit from planktonic prey appearing more visible from upward or downward view rather than from the horizontal one. Our observations support this suggestion, and moreover, give evidence of possible species specificity in this way of swimming.

PRODUCTIVITY OF ZOOBENTHOS IN THE SHALLOW LITTORAL ZONE OF LAKE KRIVOE (NORTHERN KARELIA): RATIO BETWEEN MEIOBENTHOS AND MACROZOOBENTHOS

V.A. Petukhov, **N.A. Berezina**

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

The present paper aims to study the structure and abundance of meiobenthos and macrobenthos in the littoral zone of Lake Krivoe (northern Karelia). The other objectives include an analysis of correlations between the abundances of different benthic taxa and assessment of the role of both zoobenthic components in production and decomposition of organic matter. Nematodes and chironomids were dominant groups in terms of abundance (35% and 24%, respectively), while hydracarines (this name is traditionally used for water mites of order Acariformes including some taxa of the suborders Actinedida (phalanx Hydrachnidia) and Oribatidae recorded in Lake Krivoe) prevailed in terms of biomass (44%) among other meiobenthic invertebrates. The abundance and biomass of macrobenthos varied within the limits of 1670–1900 ind./m^2 and 6.87–10.54 g/m^2, respectively. The amphipod *Gammarus lacustris* contributed about 30% to the total biomass and 18%, to the total abundance. Caddisflies were also abundant, contributing 22% to the total biomass of macrobenthos. Significant differences in the biomass distribution of meiobenthic and macrobenthic taxa between the sampling sites and observation dates were revealed by ANOVA ($p < 0.001$). Significant positive correlations ($p < 0.05$) were revealed between the abundance values of some taxa, such as hydracarines and nematodes, oligochaetes and chironomids, chironomids and molluscs, as well as between the total abundance of meiobenthos and macrobenthos. Significant negative correlations ($p < 0.05$) were found between the abundance values in the following pairs: hydracarines and chironomids, amphipods and chironomids, chironomids and meiobenthic crustaceans, stoneflies and chironomids, beetles and amphipods. The production of organic matter by macrobenthos (P_M) and meiobenthos (P_m) for the season (140 days) in the littoral zone was considerable, varying within 70–80 and 27.5–45.5 kJ/m^2, respectively. The decomposition values of organic matter by macrobenthos (R_M) and meiobenthos (R_m) were 73.2–142.2 and 58–92 kJ/m^2, respectively. The decomposition by macrobenthos was 1.27–1.66 times as high as that by meiobenthos, while the macrobenthic production was 2.6 times the meiobenthic production. The average annual P/B-coefficients varied from 1.29 to 2.72 for the macrobenthos and from 2.98 to 3.25, for the meiobenthos. The P/B-coefficient of macrobenthos, calculated by Alimov (1982) for the season in diverse lakes, averages 2.2, and this value is close to the ratio in Lake Krivoe. The P/B-coefficients of meiobenthos were more variable in diverse lakes, ranging from 3.8 to 8.4 (Kurashov, 1994); in Lake Krivoe, this ratio varied near the low value of the range. The ratio of meiobenthic and macrobenthic biomass in the littoral zone of Lake Krivoe averaged 0.3–0.4, as well as the ratios of their production and decomposition of organic matter. These ratios are similar with the same ratios in another waterbody of northern Karelia, Lake Starushechie. In the littoral zone of Lake Ladoga, the ratio of meiobenthic and macrobenthic productions was even higher (0.5). In contrast, these ratios for the studied community of Lake Krivoe were at least 3 times as high as the same ratios in small lakes of Leningrad Province. The obtained results testified that meiobenthic invertebrates have an important significance in the energy flow and productivity of Lake Krivoe and in other lakes of northern Karelia.

MEASURING TOP-DOWN AND BOTTOM-UP EFFECTS IN *DAPHNIA*: CONTRIBUTION ANALYSIS OF BIRTH RATE

Leonard V. Polishchuk[1], **Jacobus Vijverberg**[2], **Dmitry A. Voronov**[3], **Wolf M. Mooij**[2]

[1] *Department of General Ecology, Biological Faculty, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*
[2] *Department of Aquatic Ecology, Centre for Limnology, Netherlands Institute of Ecology, Nieuwersluis, Netherlands*
[3] *Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Top-down (predator) and bottom-up (food) effects play a key role in driving population dynamics and shaping ecological communities, but measuring them in comparable units in order to determine which is stronger, remains challenging. Using the cladoceran *Daphnia* as a model organism, we propose a new method to measure the strength of these effects based on the contributions of changes in fecundity (number of eggs per adult female) and in the proportion of adults to changes in birth rate. Changes in fecundity *F* reflect the strength of the bottom-up effect because fecundity depends chiefly on food. Changes in proportion of adults *A* reflect the strength of the top-down effect because predators in zooplankton are typically size-selective, preying upon either juvenile (most of invertebrate predators) or adult (fish predators) daphnids. Birth rate *b* is used as a basis against which to compare changes in *F* and *A*, because according to the Edmondson-Paloheimo model, both *F* and *A* contribute to *b*. While changes in *F* and *A* are incomparable on their own, their contributions to change in birth rate, denoted by |*ConF*| and |*ConA*| respectively, are measured in the same units – units of *b* – and thus can be readily compared. The ratio of contributions, |*ConA*| / |*ConF*|, is considered to be a measure of the relative strength of the top-down versus the bottom-up effects. We performed laboratory experiments and computer simulations to test the use of this novel metric and to calibrate it. Both types of tests consistently show that when bottom-up effect is strong and top-down effect is weak, |*ConA*| / |*ConF*| is 0.55–0.70. Contrastingly, when bottom-up effect is weak and top-down effect is strong, with the latter being implemented through size-selective removal of adult daphnids, which mimics fish predators, |*ConA*| / |*ConF*| is 2.05–2.20. When bottom-up and top-down effects are both intermediate, with the latter being implemented through size-selective removal of juvenile daphnids which mimics invertebrate predators, |*ConA*| / |*ConF*| is likely to be close to 0.7. We conclude that the ratio of contributions is indicative of the top-down effect caused by fish predators but may not always help to distinguish between the bottom-up effect and the top-down effect caused by invertebrate predators.

PERIPHYTIC MACROALGAE AND WATER MOSSES AS LIFE ENVIRONMENT FOR THE MAYFLIES (EPHEMEROPTERA) LARVAE IN LATVIAN RUNNING WATERS

Arkadijs Poppels[1], **Ivars Druvietis**[2]

[1] *Riga National Zoological Garden, Riga, Latvia*
[2] *Faculty of Biology, University of Latvia, Riga, Latvia*

The study was carried out in summer period of 2007–2009 in four streams of the Slitere National Park and in three streams of the Northern Vidzeme Biosphere Reserve in Latvia. The development of mayflies at the larval stage mainly occurs in the periphyton, i.e. in mats of filamentous algae and in water moss, which provide habitats for aquatic insects. The Ephemeroptera species *Baetis vernus*, *Caenis horaria*, *Ephemerella ignita*, *E. mucronata*, *Heptagenia sulphurea*, *H. lateralis*, and *Ecdyonurus venosus* are typical for shaded and exposed rhitral habitats formed by cobbles and pebbles covered by thalli of the red algae *Hildenbrandia rivularis* and the water moss *Fontinalis antipyretica* as well as by the mats of the filamentous chlorophytes *Cladophora glomerata*, *Stigeoclonium hierogluphicum* and filamentous cyanobacteria. Potamal habitats mainly characterized by silty bottom with dominance of the filamentous cyanobacteria *Oscillatoria* spp., *Lyngbia* spp., and epiphytic filamentous green algae on macrophytes are typical for *Caenis rivulorum*, *Cloeon dipterum* and *Baetis rhodani*, which dwell there in high abundance and biomass. In total, 44 Ephemeroptera species are recorded in the periphyton (macroalgae) and in water moss habitats (at present, 58 species belonging 11 families are known from the Latvian inland waters). In addition, *Ephemerella notata*, *E. carelica*, *Siphlonurus lacustris*, and *S. armatus* are recorded for the first time from the lotic environments of Latvia.

CHIRONOMIDS IN THE SHALLOW ZONE OF MODEL LAKES KRIVOE AND KRUGLOE (NORTHERN KARELIA): SPECIES COMPOSITION AND CHANGES IN COMMUNITIES OVER A 30-YEARS PERIOD

Andrey Przhiboro

Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

Precise identifications of Diptera are almost lacking in ecological studies of freshwaters in northern Russia, because most species of Diptera can be determined only as adults. A sufficient quantity of dipteran adults is difficult to rear and is time-consuming to identify. Precise and correct identifications of Chironomidae are most important considering that the species composition of chironomids may serve as a good indicator of conditions in the waterbody as a whole as well as in its habitats.

Dipteran communities were studied in the shallow zone of two model oligotrophic lakes Krivoe and Krugloe situated in northern Russian Karelia. Qualitative and quantitative samples were taken in the littoral zone at 0–1 m depth and in the water margin zone. Species composition of chironomids was studied by conic emergence traps, which were installed on three sites corresponding to main habitats and bottom types of the littoral, except for rocky and stony bottom. Species composition in the water margin zone was studied by rearing adults from the substrata kept in the laboratory. The study was conducted during two seasons (1996–97) resulting in about 3500 chironomid adults sampled; additional material was collected from the same sites in 2000–2008. Thus, species structure of chironomid communities was determined for the waterbodies of northern Russia for the first time in the last 30 years.

In 1996–97, chironomid immatures accounted for 5–29% of the total biomass of macroinvertebrates and for 40–100% of the biomass of Diptera in different habitats of the littoral zone. A total of 55 chironomid species in 29 genera were found to develop in the littoral zone, and 9 species in 4 genera, in the water margin zone. Sixteen species were recorded for the first time from European Russia, and 40 species, for Russian Karelia. Larval habitats were discovered for 7 species, and 7 more species were first recorded from lakes. In addition, the diagnoses of 18 species were supplemented or improved. Larval morphology, diagnostic characters and bionomics was examined for 3 poorly known species, *Orthocladius smolandicus*, *Zalutshia mallae* and *Tanytarsus recurvatus*, as well as the morphology of adult female of *Limnophyes er*. Probably, similar research in other aquatic habitats in the Russian North will provide many new regional records of chironomids and new data on species' ecology.

Species structure of chironomid communities differ dramatically between the littoral habitats. Habitat 1 (0.2–0.7 m; abrasion zone of littoral; sparse stands of *Carex rostrata*; sand with gravel and pebbles) is characterized by *Corynoneura edwardsi* and *Cladotanytarsus* cf. *mancus* predominant in numbers, and by *Ablabesmyia monilis*, *Conchapelopia melanops*, *Cryptochironomus supplicans* and *Stenochironomus fascipennis* predominant in biomass. Habitat 2 (0.5–1 m; flat upper accumulative zone of littoral; very sparse stands of *Phragmites*; sand covered with a 1–5 cm layer of detritus with colonies of Cyanobacteria) is characterized by predominant *C. edwardsi* and *T. recurvatus*. Habitat 3 (0.3–1.0 m; flat accumulative littoral; organic silt covered with a 2–4 cm layer of detritus with colonies of Cyanobacteria) is characterized by predominant *Procladius flavifrons*, *Parakiefferiella bathophila*, *Stempellinella edwardsi* and *Cladotanytarsus nigrovittatus*. Habitat 1 is characterized by the highest species number and the highest evenness in species abundance. Trophic structure is characterized by predominating detritus- and algae-feeding species (mostly collectors) represented by Orthocladiinae and Chironominae, and facultative predators, 8 spp. of Tanypodinae.

In the scope of the study, the Chironomidae material (slide-mounted larvae, pupae and adults) collected from the same lakes, sites and habitats in 1968–69 and originally identified by V.Ya. Pankratova, was re-mounted and re-examined, which enabled one to refine the species list for that period of time. A comparison of the data on 1996–2008 with the material and published results on 1968–69 (Pankratova, 1975; Alimov, Finogenova, 1975) showed the significant changes in littoral chironomid communities, both in the species lists and in predominant species. However, indicator species testify to the retaining oligotrophic status of both the lakes. Based on original and published data on the larval habitats of chironomid species, additions are proposed to the system of indicators of the trophic status of waterbodies (Sæther, 1975, 1979).

DIPTERA IN NEARSHORE ZONE OF WATERBODIES IN NORTHWESTERN RUSSIA: TENDENCIES IN COLONIZATION OF AQUATIC ENVIRONMENT AND ROLE OF DIPTERA IN AQUATIC AND SHORE HABITATS

Andrey Przhiboro

Zoological Institute of Russian Academy of Sciences, St.Petersburg, Russia

Diptera is the richest group of invertebrates in the number of species associated with the aquatic environment. In many aquatic and in most of semiaquatic habitats, dipteran larvae predominate in biomass. Larvae of Diptera colonize essentially all the types of standing and running waters including extreme habitats, such as hot springs, hypersaline and temporary waters. At the same time, species composition in most of families and the role of Diptera in semiaquatic and shallow habitats are poorly known, as well as the larval habitats of most species. These gaps stem from the difficulties in rearing adults, which is necessary for precise identifications; in addition, it is not always possible to determine larval habitats only from the sampling of larvae.

Recent studies by the author have shown that taxonomic composition of Diptera that develop in (semi)aquatic shore habitats is much wider than assumed earlier. Species of no less than 61 families of Diptera develop in semiaquatic habitats at the shores of standing and running waters. Among them are 20 families of Nematocera, 8 families of Orthorrhapha and 28 families of Cyclorrhapha. In northwestern Russia, members of 20, 7 and 23 families, respectively, are associated with the shallow-water and shore zone. In particular, larvae of some Sciaridae, Mycetophilidae, Cecidomyiidae and Drosophilidae are abundant specialized inhabitants of semiaquatic shore biotopes.

On the other hand, larval habitats of most dipteran families associated with waterbodies are limited to semiaquatic environment and the shallow-water zone. Similar to other amphibiotic insects, this fact is first related to the respiratory problems of larvae under the water surface. Larvae of most Diptera are meta- or amphipneustic, i.e. possess open spiracles; as a rule, they need atmospheric oxygen for respiration and do not survive when placed under the water surface for a long time. The capability to live permanently in the water without direct access to air is proven for larvae in 17 dipteran families only (6 of them are confined only to running waters), including the larvae in 9 families with the open tracheal system.

Meta- and amphipneustic dipteran larvae have colonized several habitats distant from the water margin: 1) Stands of higher vegetation with developed aerenchyma were colonized by larvae of 6 families (especially by plant-miners and dwellers of the turf layer), which developed morphological adaptations for piercing plant tissues and respiration via aerenchyma. 2) Floating algal mats, accumulations of plant remains and other semiaquatic microhabitats near the water surface are used by larvae of 12 families, which are normally confined to the water margin. 3) In cold running waters and northern shallow-water habitats, larvae of some Tipulidae, Limoniidae, Scathophagidae etc. are able to live under the water surface at low temperature and high oxygen concentration.

A second important limitation is the pupation habitats. They can be situated below the water surface only in a few families of Diptera; in addition to this, most dipterans tend to pupate inside the substrate protecting the pupa from damage. As a rule, pupae use air for respiration, including the pupae of many Diptera whose larvae larvae develop underwater (Ceratopogonidae, Tabanidae etc.); in this case, larvae pupate only in semiaquatic conditions, normally, in the water margin zone. Members of only few families are able to complete the development under the water surface. Among them are most of Chironomidae, Chaoboridae, Simuliidae, Blephariceridae, many Empididae, some Ceratopogonidae and Limoniidae. Diptera of other families are either confined to semiaquatic environment during the entire developmental cycle because of the respiratory mode of larvae, or associated with the nearshore zone because semiaquatic conditions are necessary for pupation (an exception is some Ceratopogonidae, whose larvae are able to swim actively and to cover a distance up to some kilometers).

In northwestern Russia, dipteran species of 35 families are abundant in semiaquatic habitats. At a distance of the water margin, in the littoral zone of standing waters and at the bottom of running waters, this number decreases to 12 families. In the profundal zone of lakes, representatives of only 3 families (Chironomidae, Ceratopogonidae, Chaoboridae) can be abundant.

The tendencies, limitations and adaptations mentioned above govern substantially the abundance and role of different families of Diptera in aquatic habitats.

LINKING PHYSICAL TRANSPORT AND BIOLOGICAL KINETICS IN TRANSITIONAL WATERS: SCALING DOWN AND UP

Artūras Razinkovas

Coastal Research & Planning Institute, Klaipeda University, Klaipeda, Lithuania

Hydrology is well known to be an important factor in assessment the scale and direction of transport processes in transitional water ecosystems. Nowadays, when hydraulic models became widely accessible for a wide community of ecologists, parameters related to hydraulic circulation pattern, such as bottom shear stress and spatially calculated and distributed water residence time, could be easily calculated. These parameters serve as an important factor used to explain the spatial and temporal dynamics of biological processes. However, the biological structure of water ecosystems has another challenge – the scale and functional heterogeneity of biological processes themselves. In many cases continuous (or semicontinuous) statistical or imitational models of aquatic ecosystems are limited to the lower trophic levels as they are unable to capture biological dynamics, spatial distribution and production processes of such important groups as fish, water birds or even nectobenthic species. By the example of the Curonian Lagoon, the largest coastal lagoon in Europe, it was shown how the hydraulic circulation could be used to explain the spatial distribution patterns and how the NPZD (nutrient-phytoplankton-zooplankton-detritus) model could be linked and modified to include the dynamics of higher trophic groups.

CONSEQUENCES OF GLOBAL CHANGE ON THE PLANKTON COMMUNITIES IN THE CURONIAN LAGOON (SOUTHEASTERN BALTIC SEA)

A. Razinkovas[1], **Z. Gasiunaite**[1], **A. Erturk**[2], **E. Griniene**[1]

[1] *Coastal Research and Planning Institute, Klaipeda University, Klaipeda, Lithuania*
[2] *Environmental Engineering Department, Civil Engineering Faculty, Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey*

The climate development scenario for the Baltic Sea: increase of average temperature, structural changes in the Nemunas River outflow (Graham, 2004) and rise of the Baltic Sea water level, was localized to the Curonian Lagoon of the Baltic Sea. Advanced NPZD model (Erturk et al., 2008) was used to model the seasonal dynamics of planktonic community in the Curonian Lagoon under the modified climatic and hydrological forcing. The results point towards some decrease in the total biomass of zooplankton community during the summer due to the increase in dominance of the non-edible cyanobacteria species. Further development of NPZD model towards more detailed zooplankton representations and possible invasion of non-indigenous species are discussed.

HYDROLOGICAL REGIME AND WATER AVAILABILITY CHANGES IN SOUTHERN EUROPEAN FORESTED WETLANDS: EFFECTS OVER SPACE AND TIME

Patricia María Rodríguez-González[1], **Filipe Campelo**[2], **António Albuquerque**[1], **Rui Rivaes**[1], **Teresa Ferreira**[1], **João Santos Pereira**[1]

[1] *Forest Research Centre, High Agronomy Institute, Technical University of Lisbon, Lisboa, Portugal*
[2] *Centre for Functional Ecology, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Coimbra, Portugal*

There is now consensus among scientists and many managers that humankind is imposing combinations of constraints that may soon fall outside the ranges within which many species and communities evolved. Global climate change presents new uncertainties about the variability of watershed hydrology, potentially leading to increased water-engineering responses and escalating ecosystem stress. The predictable relationship between water availability and radial growth in many tree species has made it possible to use relative changes in tree-ring widths as an excellent surrogate for climate/hydrological variation, particularly on moisture-limited areas of the globe. In South Europe, where few forested wetlands remain because of intensive land use and extensive hydrological alteration, wetland tree sensitivity to changes in water availability is not well understood.

In the present study, we investigated the effects of different hydrological regimes (running water versus stagnant water) and water availability changes (variation in distances to water table), in tree growing conditions in southern European forested wetlands. The field sampling was carried out between 2003 and 2009 in freshwater forested wetlands located along the Atlantic coastal belt of the Iberian Peninsula, between 6º and 9ºW longitude and 42º to 38ºN latitude. The study was focused on *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, a species distributed throughout Europe, Asia and NW Africa, and one of the most frequent dominant species in Ibero-atlantic forested wetlands. The sampling included wetland trees, dependent of stagnant water (lentic hydrological regime) and riparian trees, dependent of running water (lotic hydrological regime). The sampled trees differed in distance and height from the water table level. The collected data included tree geographical position (coordinates, elevation and distance from the water table), tree dimensions (height, diameter, number of stems), wood cores, and a characterization of the plant community. Additional hydrological and climatic data were obtained from National Water Institute databases. We cored the largest individuals in the canopy with a standard 5-mm increment borer, taking two (three when needed) perpendicular cores at 1.3 m. Cores were mounted, polished and visually cross-dated, and ring increments were measured to an accuracy of 0.01 mm using a linear table Lintab and the program TSAP-Win. A total of 249 increment cores were taken, corresponding to 121 trees. Influences in growth conditions derived from hydrological regime (lentic *vs* lotic) and variation in water availability over time were tracked from trees differing in distance and elevation from the water table level. Fourth order polynomial functions were fitted to the mean values of annual ring widths of all the individuals of each species and stratified by levels of water availability. Differences among levels of water availability in the age-corrected growth rates were tested by analysis of variance (ANOVA).

We found significant differences between the trends in annual increment growth for trees growing in the sites with different levels of water availability. For the period studied, the differences in growth rate decrease with age, but are still apparent at age of 20 years, particularly for wetland (lentic-dependent) trees. Responses observed in *Alnus glutinosa* growth can give important clues to predict how wetland trees would react to climate change and associated alterations of hydrological regime and variations in water availability.

PLANKTONIC FOOD WEB IN A SOUTHWESTERN MEDITERRANEAN LAGOON (BIZERTE LAGOON, NORTH TUNISIA): A SEASONAL STUDY

Asma Sakka Hlaili[1], **Boutheina Grami**[1], **Nathalie Niqui**[2], **Michel Gosselin**[3], **Hassine Hadj Mabrouk**[1]

[1] Laboratoire de Cytologie végétale et de Phytoplanctonologie, Faculté des Sciences de Bizerte, Zarzouna, Bizerte, Tunisia
[2] Université de La Rochelle-CNRS, Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs), La Rochelle, France
[3] Institut des Sciences de la Mer de Rimouski, Université du Québec à Rimouski, Rimouski, Québec, Canada

Seasonal dynamics of the planktonic food web was assessed in the Bizerte Lagoon during summer–autumn 2004 and winter–spring 2005. One station, located in a shellfish farm, was sampled for biomasses and composition of plankton ((bacteria; pico-, nano- and microalgae; microzooplankton; mesozooplankton). Production rates of bacteria and size-fractionated phytoplankton as well as grazing rates of microzooplankton feeding on them were measured. Production rates of microzooplankton were also determined.

Carbon biomasses and production of bacteria (108–277 $mgC \times m^{-2}$, 34–288 $mgC \times m^{-2} \times d^{-1}$) and phytoplankton (647–2527 $mgC \times m^{-2}$, 386–1779 $mgC \times m^{-2} \times d^{-1}$) exhibited significant seasonal variation, with highest values in summer and lowest in autumn/winter. Microalgae dominated by diatoms contributed more than 80% of the total algal stock and production. Microzooplankton mainly represented by heterotrophic ciliates and dinoflagellates exhibited higher biomass in autumn (2568 $mgC \times m^{-2}$) than in other seasons (1228–1526 $mgC \times m^{-2}$). Mesozooplankton dominated by copepods was more abundant in summer (1697 $ind. \times m^{-3}$) than in winter (1184 $ind. \times m^{-3}$) and in autumn/spring (550 $ind. \times m^{-3}$).

Production and consumption rates of different planktonic components, which exhibited seasonal heterogeneity, provided a picture of trophic interactions within the planktonic food web during each season.

In summer, micrograzers exerted significant pressure on bacteria (71% of bacterial production was consumed) and high grazing pressure on pico- and nanoalgae corresponding to carbon loss of 63% of the production of small algae. However, only a small fraction of microalgal production (41%) was removed by microzooplankton. Most of microalgal production can be consumed by numerous copepods. Then, during the same season, microbial and herbivorous activities were performed together in channelling biogenic carbon. This multivorous food web can contribute to an efficient carbon transfer to higher trophic levels.

During autumn, microzooplankton continued to exhibit high consumption of microbes (63% of bacterial production and 65% of pico- and nanoalgal production). However, herbivory activities were low since micrograzers consumed only 28% of microalgal production and metazoans (mainly copepods) were not abundant. So, biogenic carbon can reach higher consumers via the microbial food web that seemed to be inefficient in carbon transfer, since small cells were not the main producers in the lagoon and thus the bulk of algal production would sink. During winter and spring, productions of bacteria and algae (small and large cells) were mainly grazed by microzooplankton and then channelled to higher consumers. During these seasons, copepods were scarce, and hence, biogenic carbon was exported with less efficiency than in summer, when numerous copepods having significant control over microalgae, the principal producers of the lagoon.

BENTHIC FAUNAL DIVERSITY AND SEASONAL CHANGES IN MUTHUPETTAI MANGROVE WATERS, EAST COAST OF INDIA

A. Saravanakumar, **B. Thilagavathi**, **Bandana Das**

Faculty of Marine Science (Centre of Advanced Study in Marine Biology) and Faculty of Science, Annamalai University, Tamil Nadu, India

The present study was carried out in the Muthupettai mangrove area, east coast of India, and in the open sea, to evaluate the diversity of macrobenthic organisms and its distribution with respect to hydrographical parameters. During the present study, the water temperature varied from 23.5° to 31.8°C, salinity fluctuated from 24 to 34‰, pH varied from 7.4 to 8.3, dissolved oxygen concentration varied from 3.36 to 5.33. The texture of bottom sediments in the open sea and Sethukuda was classified as clay, silt and sand. A total of 39 species of macrobenthic organisms were recorded. Among them are 17 species of Polychaeta, 10 species of Crustacea, 10 species of Mollusca, one species of Sipunculida, fish larvae and hermit crab. The abundance of macrofauna varied from 17 to 409 ind./m^2. The maximum abundance of macrofauna was 409 ± 17 ind./m^2, the minimum abundance, 91 ± 30 ind./m^2.

LONG-TERM PATTERN OF SPATIAL HETEROGENEITY OF THE *DAPHNIA LONGISPINA* SPECIES COMPLEX IN A LONG AND NARROW RESERVOIR

Jaromir Sed'a[1], **Katerina Kolarova**[1], **Barbora Horova**[2], **Jiri Machacek**[1], **Adam Petrusek**[2]

[1] *Hydrobiological Institute, Biology Centre, Academy of Sciences of Czech Republic, Ceske Budejovice, Czech Republic*
[2] *Department of Ecology, Faculty of Science, Charles University in Prague, Czech Republic*

Three *Daphnia* species from the *D. longispina* species complex, including their hybrids, are present in the eutrophic canyon-shaped Vranov Reservoir (Czechia). Long-term data on their spatial distribution show that there is a relatively stable seasonal pattern in *Daphnia* dynamics. The strongest spatial segregation was found in summer when small-bodied species *Daphnia cucullata* and its hybrids (if present) mostly occurred in the nutrient- and food-rich upstream regions. *Daphnia longispina* and its hybrids were more commonly found in the downstream part and often dominated in the meta- or hypolimnion. *Daphnia galeata* does not show strong longitudinal segregation in summer. The overall increase of *D. galeata* × *longispina* hybrids seems to be typical for autumn, when *D. cucullata* abundance decreases. The latter species does not overwinter in the water column of the reservoir, However, *Daphnia* populations seem to be spatially segregated also in winter: the downstream part, near the reservoir dam, is occupied purely by *D. longispina* and *D. galeata* × *longispina* hybrids, whereas the upstream parts seems to be more favourable for overwintering of *D. galeata*.

This dynamics in the taxa composition of the *D. longispina* species complex is probably closely linked to the spatio-temporal dynamics of algal food and fish predation. In summer, the upstream end of the reservoir is always richer in nutrients and algal crop than more downstream regions. Additionally, longitudinal gradient in fish density can be observed in the reservoir, with more fish in shallow upstream parts. These conditions favour small *D. cucullata* and *D. galeata* × *cucullata* hybrids, while the deeper downstream parts, which are poorer in nutrients, are more suitable environment for *D. longispina* and its hybrids. Overwintering success of *D. galeata* in the upstream part might be positively influenced by the fact that the river is an important source of particulate organic matter when algal food is scarce and the reservoir is covered by ice.

STRATIGRAPHY OF SEDIMENTARY CHLOROPHYLL FOR MONITORING OF PHYTOPLANKTON PRODUCTIVITY IN RYBINSK RESERVOIR

L.Ye. Sigareva, **N.A. Timofeeva**, **V.V. Sakonnov**

I.D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl Province, Russia

Study of fossil pigment profiles is one of traditional approaches to estimation of productivity of waterbodies in the past. G.G. Winberg's opinion that bottom (silty) sediments concern the final production of waterbodies, and that there is a close quantitative dependence between final and primary production (Winberg, 1960), can be considered as a substantiation for wider application of sedimentary pigments in research of productivity of waterbodies. One of acknowledgements of this idea is the direct dependence established between primary production of waterbodies and production of fishes (Boulion, 1994). Quantitative relationship between the concentrations of sedimentary plant pigments and primary production of phytoplankton was investigated in lakes more often. Rough data of a certain conformity between sedimentary chlorophyll concentration, phytoplankton primary production and production of fishes were received in the study of spatial distribution of plant pigments and physical and chemical properties in surface sediments (0–2.5 cm layer) of the Upper and Middle Volga reservoirs (Sigareva, Timofeeva, 2005). In the present research, fossil pigment and organic matter stratigraphies were analyzed to interpret the results for monitoring of phytoplankton productivity in an ecosystem of a water basin characterized by exclusively high dynamism of abiotic conditions.

As material for this study, we used five cores consisting of different silty sediments collected in Rybinsk reservoir in 2009. Stations were situated on 4 sites used for monitoring of phytoplankton productivity in the riverine Volga reach and the lake-like main part of the reservoir. The core from a site in the Sheksna River reach, being under anthropogenous influence of the industrial city of Cherepovets, was taken in addition. Heights of cores (46–65 cm) were equal to the thickness of the bottom sediment layer, which has been accumulated for all the period of existence of the reservoir (since 1941). Plant pigments were extracted in 90% acetone and analyzed by a spectrophotometric method.

The mean concentrations of chlorophyll *a* and pheopigments for separate cores varied in the range of 44–140 μg/g (dry matter). On the basis of our results, a direct positive relationship was established between the concentration of pigments and the organic matter in the layers of cores. We found an evidence of quantitative relationships between the concentration of sedimentary chlorophyll, indicators of phytoplankton primary production and the rate of sediment accumulation in the reservoir. Fossil pigment profiles reflect the cyclic type of long-term dynamics of phytoplankton chlorophyll caused by periodic increases and decreases in phytoplankton productivity.

Research was supported by Russian Fund of Fundamental Research (grant № 08-04-00384).

MACROPHYTES AS INDICATORS OF HEAVY METALS BIO-ACCUMULATION IN UPPER NAREW RIVER

Elżbieta Skorbiłowicz

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Bialystok, Poland

The problem of aquatic environment contamination with heavy metals is still serious despite of numerous activities associated with limitations of anthropogenic emission of these elements (Calmano et al., 1994; Baptista Neto et al., 2000; Cobelo-Garcia & Prego, 2003; Budek et al., 2004). Evaluation of the aquatic environment quality includes monitoring of heavy metals contents in bottom sediments, as well as in flora and fauna living in water reservoirs or flows (Szymanowska et al., 1999; Samecka-Cymerman & Kempers, 2001; El-Sikaily et al., 2004; Jamnická et al., 2005; Pajević et al., 2005; Sadecka, 2008). They may be a valuable source of information on qualitative and quantitative changes within rivers (Skorbiłowicz, 2004; Samecka-Cymerman & Kempers, 2004, 2007)

The study aimed at evaluating the cadmium, nickel, zinc, copper, cobalt, chromium, and lead contents in bottom sediments as well as in roots and above-ground parts of *Carex elata* and *Acorus calamus* in the upper Narew River. Field studies were carried out in summer 2008 at 10 measurement points localized on the Narew River (Bondary, Ploski, Doktorce, Rzędziany, Uhowo, Bokiny Złotoria, Siekierki, and Tykocin). The bottom sediment has been collected from the shore zone, where the sedimentation of suspended material occurs. Samples were air-dried and sieved through a polyethylene screen (0.2 mm mesh). At the same time, roots and above-ground parts of tussock sedge and sweet flag were collected. Then, bottom sediments and plant material was digested in nitric acid in a hermetic microwave system CEM Mars-5. The bottom sediments samples were also subjected to extraction of metals soluble forms in cool 1 mol×dm^{-3} HCl. The metals concentrations were determined by means of AAS technique (spectrophotometer Varian SpectraAA-100).

Examined heavy metals in roots were accumulated in the following sequence:
Tussock sedge (*Carex elata*): Zn > Co > Ni > Pb > Cr > Cu > Cd.
Sweet flag (*Acorus calamus*): Zn > Co > Ni > Pb > Cr > Cu > Cd.

Studied metals occurred in above-ground parts in the following sequence:
Tussock sedge (*Carex elata*): Zn > Co > Pb > Cr > Ni > Cu > Cd.
Sweet flag (*Acorus calamus*): Zn > Pb > Co > Ni > Cr > Cu > Cd.

Calculated bioaccumulation coefficients for roots of tested plants were as follows:
Tussock sedge (*Carex elata*): Cu > Cd > Zn > Ni > Cr > Pb > Co.
Sweet flag (*Acorus calamus*): Cd > Cu > Zn > Ni > Cr > Co > Pb.

It can be supposed that household activity, including influences of a local transport and surface runoffs, were the main sources of examined metals deposited in bottom sediments and aquatic plants of the upper Narew River. Studied plant material and bottom sediments were only slightly contaminated with cadmium. The habitat conditions, type of local emission, and plant species had different effects on the occurrence of heavy metals in above-ground parts, roots, and bottom sediments. Examination of heavy metals in aquatic plants is a quite good method for evaluating the contamination status of aquatic environments and adjacent lands.

THE USE OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (AAN) TECHNIQUES TO ESTIMATE THE CONCENTRATION OF MINERAL FORMS OF NITROGEN IN WATERS OF THE SUPRAŚL RIVER

Mirosław Skorbiłowicz

Faculty of Civil and Environmental Engineering, Białystok, Poland

Holmberg et al. (2006), using artificial neural network technique (ANN), predicted the total nitrogen, soluble organic carbon, and total phosphorus concentrations in waters of the Kelopuro and Hietapuro rivers in Finland based on temperature and rainfall sum. Applied predicting method gave satisfactory results. The ANN method also helped to predict nitrogen compounds concentration in flowing waters of 927 North American catchments using different environmental variables.

The study aimed at constructing an artificial neural network for predicting the concentrations of inorganic nitrogen forms in waters of the Supraśl River, depending on some characteristic catchment features.

The Supraśl River with its whole catchment is localized in northeastern Poland, Podlasie region, Wysoczyzna Białostocka meso-region. The river is about 90 km long and is a right tributary of the upper Narew River flowing into it at 300 km exerting an enormous influence on its outflow conditions. The total surface of the Supraśl River catchment occupies 1856 km^2.

Determinations of nitrogen compound concentrations and water flow rates were made once a month. Average monthly and annual sums of rainfall during the study were taken from Institute of Meteorology and Water Management (IMGW) in Białystok measured by a meteorological station in Białystok. The atmospheric precipitation sums were compared to the whole Supraśl River catchment. Concentrations of $N–NH_4$, $N–NO_2$, and $N–NO_3$ were determined in water samples using a spectrophotometer HACH DR-4000.

The present study was made with the help of the automatic designer of neural networks included in Statistica 8.0 software. An algorithm with reciprocal error propagation was applied to design the network. Based on accumulated input and output data, 1000 networks were tested and only one was selected during its learning, using a given set of numerical data. In the case of input variables for ANN model building, mean values were used, while for output data, results from every measurement were applied. The achieved type of ANN network is a so-called multi-layer perceptron consisting of 3 layers.

The first layer is composed of 4 input neurons (input variables), the second, hidden, consists of 10 neurons, whereas the third output layer is composed of 3 output neurons (output variables). Such constructed ANN model was tested and verified by "back" method consisting in setting the predictions by the network, which covered the real results.

The achieved network is of quite good quality. Its parameters and high values of correlation coefficients between the real values and variables predicted due to its verification can prove it. The testing phase during the artificial neural network constructing revealed that the most accurate predictions were obtained in the case of nitrite (III) nitrogen concentration ($N–NO_2$), which was indicated by high value of Pearson coefficient ($r = 0.90$). Good predictions were also achieved in the case of $N–NH_4$ with $r = 0.86$.

The designed network made possible the limited predictions of mineral nitrogen forms concentrations based on implemented input variables.

The sensitivity analysis of the designed network revealed that the catchment area had the largest share in shaping the concentrations of mineral nitrogen forms, while the rainfall sum appeared to have the smallest share due to a considerable afforestation.

FROM CLADOCERA REMAINS TO THE RECONSTRUCTION OF HUMAN INFLUENCE ON THE LAKES

Krystyna Szeroczyńska, **Edyta Zawisza**

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

During the centuries, the environment changed, especially fast in the last decades. Human farming activity and industry disturbs the biological balance in the wildlife. In order to define the degree of man's influence on the natural environment, for example of the lakes, not only the present state should be investigated, but also the effects of human activity in the past ought to be known. Among different "water reservoirs", the lakes or, in fact, their sediments with abundant plant and animal remains, are examined and supply valuable information about the past. The lakes often contain continuous sedimentary records of environmental and climatic changes over thousands of years.

Cladocera (Crustacea) is the best group of aquatic fauna that leave remains (well-preserved) in the lake deposits. The fauna is an excellent tool for the reconstruction of palaeoenvironmental factors, mainly climate, trophy, and hydrological conditions.

During the Holocene, the Cladocera species composition and the frequency of specimens often changed. These changes resulted mainly from the climate, but also from the human activity. On the basis of changes in Cladocera species composition it is possible to describe the state of lakes trophy extending from oligotrophy through high trophy to degradations. The authors analysed states of trophy in many different lakes. The analysed lakes are small and large (Jelonek, Biskupińskie), shallow and deep (Skrzetuszewskie, Wigry). They indicate that intensive changes of trophy were mostly provoked by human activity. The data of Cladocera remains analysis were compared to the abundance of some plants reflecting human influence. In all analysed lakes, it was noticed that usually during the periods when the plants occurred in high abundance, the Cladocera species preferring high trophy water were also much better represented than during other times. According to the comparative palynological and archaeological studies, in the smaller Polish lakes, the high trophy states strongly correlated with the activity periods of settlers groups', from the Neolithic time. The most visible changes in the species composition of Cladocera (in all lakes) were observed in the lake sediments from the Medieval Period. They have been brought on by the agricultural revolution, which lasts uninterruptedly up to now. The changing state of the lakes and often a high level of their pollution, are mainly the effect of the intense influence of economic activity. The contemporary problem of water pollution is different from eutrophication, caused by the activity of man living during the Holocene time. Often the present-day pollution is caused by industry. Two regions were under special emphasis, Karkonosze Mountains and Warsaw Region. In first site, influences of acid rains were studied. In the second case, the major factor was an impact of river management and flood dam construction on oxbow lakes in the Vistula valley. The multi-proxy investigations allowed reconstructing pH and trophy conditions.

PALEOECOLOGY OF SPITSBERGEN AND FINNISH LAPLAND LAKES RECORDED IN CLADOCERA REMAINS

Krystyna Szeroczyńska, **Edyta Zawisza**

Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warsaw, Poland

Reconstruction of the development of lakes located in the Polar regions in Europe was done on the basis of the subfossil Cladocera analysis. Surface sediments from the lakes located near the Polish Polar Station in Hornsund (Spitsbergen), Oulanka National Park and Kevo Strict Nature Reserve (Finland, Lapland), were analyzed. All the lakes are characterized by cold clear water, and their status is oligo-dystrophic. The Spitsbergen lakes are small and shallow, and Lapland lakes are middle in size and quite deep.

The sediments were analyzed at 1 cm intervals. All Cladocera remains were counted: headshields, shells, postabdomens, postabdominal claws and ephippia. The results of our research are presented on the diagrams of absolute frequency. The frequency was very low, from a few to 1850 specimens in 1 cm^3, and differed depending on the geographical location of the lake. We found the cosmopolitan species (*Chydorus sphaericus*), "arctic species" typical for Polar regions (*Acroperus harpae*, *Ophryoxus gracilis*, and *Eurycercus glacialis*), but also some stenothermal species (*Camptocercus rectirostris* and *Graptoleberis testudinaria*). The presence of species preferring warmer water may be explained by the polar day effect. In some Spitsbergen lakes, no subfossil Cladocera remains were found in sediments, although they occurred in the waterbody in those lakes, but in very low frequency. In Lapland lakes, we found from 21 to 27 species of Cladocera belonging to six families: Bosminidae, Daphniidae, Leptodoridae, Chydoridae, Sididae, and Macrothricidae. In the analyzed sediments, the subfossil *Pediastrum* were also counted. *Pediastrum* were present only in sediments from the Lapland lakes. High biodiversity of algae occurred especially in Kevo Lake, where we found 8 species of *Pediastrum*. Those species indicate oligo-dystrophic, cold and clear water biotopes. At the 10 cm depth, we have observed a decrease of frequency as well as biodiversity of Cladocera and *Pediastrum*, which indicate colder water. This period probably reflects the climate changes connected with the Little Ice Age.

The sediments of the top-most layers (0–7 cm) were probably deposited during the last 150 years (dated by ^{210}Pb method).

FORAGE BASE AND FEEDING CONDITIONS OF SALMON JUVENILES IN THE BASIN OF THE BOLSHAYA RIVER

T.N. Travina, **N.V. Yarosh**

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Food supply affects survival and growth of salmon juveniles during their freshwater foraging and in the early marine period. Zooplankton in rivers is scarce or absent, and hence, salmon juveniles feed mostly on macrobenthos.

In the period of our study (April–October 2008–2009), 136 zoobenthic taxa were found in the middle (Plotnikova and Bystraya tributaries) and the lower reach of the Bolshaya River. Several differently important groups of invertebrates were found in stomachs of juvenile salmon. As multiple trophological studies have revealed, amphibiotic insects were the main food for all salmon species in the rivers. In spring and summer, chironomids (Chironomidae, Diptera) predominated the abundance and biomass of benthos and drift on all sites observed. During the season, dominant species of chironomids were changing on the sites under study. The subdominants were stoneflies, mayflies and caddisflies; these groups were observed in the salmon diet most frequently and made up the main bulk of the stomach content in the period of foraging and downstream migration. In autumn, species structure of the benthic fauna substantially transformed: the dominance changed for crustaceans, oligochaets and insects.

The dynamics of abundance and biomass of the invertebrates varied extensively within the season and between the years. The maximum abundance and biomass of the benthos were observed in the middle part of the river in April 2008 and 2009. With rising water level, the abundance of the benthos decreased, and that of drift increased. The average annual abundance and biomass of the principle forage organisms in benthos and drift were relatively high as compared to those in other years. The abundance and biomass of the amphibiotic insects increased in the recent two years because of several circumstances. First, an early and warm spring caused early and mass emergence of insect spring generations for two years. Second, a low and short spring flood in these two years resulted in a quick recolonization of the biotopes in the Bolshaya River system and in the development of hydrobionts in summer. The relatively low water level in summer resulted in the increasing abundance of invertebrates per unit of square or volume. At last, the adult fish escapement for spawning in 2007 was several tens of times less than that in 2008.

The growth of fish is an integral result of the food supply. During two years of our observations, the size-weight characteristics in all species and age groups of salmon juveniles exceeded the values averaged for many years. The individuals with empty stomachs were rare (< 2% per season). In 2009, salmon juveniles, judging by isometric condition factor, Clark's condition factor and index of fullness, demonstrated more intense feeding, as compared to that in 2008 (for the same periods). That could be determined by abnormally hot (1.5–2.0°C up) seasonal average water temperature in spring and summer.

SPECIES COMPOSITION AND SPATIAL STRUCTURE OF THE PELAGIC ZOOPLANKTON COMMUNITY IN LAKE DALNEYE

N.M. Vetsler, **T.V. Bonk**

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Lake Dalneye belongs to the Paratunka River system, flowing into the Avachinsk Bay, the southeastern part of Kamchatka Peninsula. The total length of the lake is 2.5 km, the average width is 0.54 km, the maximum width is 0.66 km, the lake area is 1.39 km^2, and the average depth is 31.5 m. The central part of the lake has the maximum depth (60.5 m).

Two major groups in the zooplankton community in Lake Dalneye are crustaceans and rotifers. The group of rotifers includes 12 species: *Asplanchna priodonta priodonta* Gosse, *Kellicottia longispina* (Kellicot), *Keratella quadrata reticulata* Carlin, *K. cochlearis hispida* (Lauterborn), *K. irregularis* (Lauterborn), *Filinia terminalis* (Plate), *Conochilus unicornis* Rousselet, *Polyarthra remata* Scorikov, *P. minor* Voigt, *Synchaeta kitina* Rousselet, *Bipalpus hudsoni* (Imhof), and *Trichocerca multicrinis* (Kellicott). The most abundant plankters are *Kellicottia*, *Filinia*, *Asplanchna* and *Keratella*; most often, the round-year plankter *K. longispina* predominates. The principle species of crustaceans are *Cyclops scutifer wigrensis* Kozminski and *Daphnia longiremis* Sars. Both are round-year plankters and the basic components of the juvenile sockeye salmon forage (Markovtsev, 1972; Tiller, 1978; Krogius et al., 1987). *Bosmina longirostris* (O.F. Müller) and *D. galeata* Sars usually occur in the lake in the summer–autumn period. In 1981–1990, the large crustacean *Leptodiaptomus angustilobus* Sars occurred in plankton with low abundance during all the year.

Significant transformations in the zooplankton species composition have been observed in 1981–2009: *L. angustilobus* disappeared, whereas *D. galeata* and three new species of rotifers (*S. kitina*, *K. irregularis*, *P. minor*) appeared. Adult sockeye salmon escapement in the lake increased in the mid-1980s and caused an increase of the rotifer stock abundance and *L. angustilobus* elimination by several generations of foraging juvenile fish. Warming of the lake water in 1999–2003 favoured the development of *D. galeata.*

The organisms of zooplankton are distributed everywhere in the water column from the surface to the bottom. Seasonal changes in the vertical distribution of zooplankton have been governed by environmental factors, including principle ones, like the conditions of feeding, temperature, light, and concentration of oxygen. The crustaceans are mostly concentrated in the darkest layers of the lake (below 30 m) as a response to planktivorous fish, to minimize elimination. Small zooplankton plankters, generally escaping the elimination by fish, prefer lightened, phytoplankton-rich, the most aerated upper layers of the lake. The concentration of crustaceans in the upper horizons takes place during the summer stratification at the expense of the increasing abundance and concentration of cladocerans in the epi- and metalimnion. In summer, an optimal balance between feeding, temperature and oxygen conditions in the metalimnion favours the maximum concentration of hydrobionts in this layer. In winter, zooplankton was concentrated in two opposite horizons of the water column, to escape unstable temperatures. Rotifers demonstrated the closest relation to the thermal conditions in the lake during the year: *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *P. remata* and *B. hudsoni* prefer the warmest layers; *K. longispina*, *K. quadrata* and *F. terminalis* occur in the upper horizons in winter and in the periods of homothermia, but in summer these species were generally concentrated in colder layers of the hypolimnion.

Simple morphology of the lake is responsible for biocenotic similarity between different sites in structure and abundance. Synchronous development and identity in species composition can characterize the zooplankton in the pelagic zone. The densest aggregations of crustaceans have been found in the deep part of the lake; the less is the depth, the lower is the abundance of crustaceans, and the higher is the abundance of rotifers.

HYDROCHEMICAL CONDITIONS IN THE PELAGIC ZONE OF LAKE DALNEYE AS A HABITAT OF JUVENILE SOCKEYE SALMON

N.M. Vetsler, **T.K. Ukolova**, **V.D. Sviridenko**

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

Lake Dalneye is a spawning and nursery waterbody for the natural sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka* Walb.) stock, one of commercially important in the North Pacific. The hydrochemical regime of the lake is forming mainly by the surface and ground flow of nutrients from the land and by nutrient inflow from mineralized sockeye salmon carcasses.

Spring and autumn water circulation in the lake provide a high concentration of oxygen in the water column round the year. The seasonal changes in oxygen concentration in the layer of 0–50 m are 2 mg/l (8.9–10.9 mg/l). The maximum oxygen concentration is in the surface and upper (20 metres) layers of water. The deficiency of oxygen was observed only in the demersal horizon in the periods of winter or summer stratification. The rate of oxygen consumption increased in the high-water years and under the highly abundant escapement of adult sockeye salmon for spawning (> 40 thousand individuals), that is due to expenses for fish breathing and oxidation of organic matter brought with draining waters or appeared from decomposition of fish carcasses.

The main form of nitrogen in the lake is ammonium. On the average, it makes up 62% in the total mineral nitrogen. The nitrogen concentration in the layer of 0–50 м in 2000–2008 was 0.08 mg N/l, with the maximum concentration equal to 0.18 mg N/l (in 2004), when the significant part of nitrogen was formed by mineralization of organic matter from carcasses of fish spawned in 2003 (> 30 thousand individuals). The content of nitrates in the lake water was rather stable and varied from 0.02 to 0.09 mg N/l. An increase in the nitrate nitrogen concentration in the lake occurred in 2006, a decrease, in 2002. The nitrites are a mediate form of nitrogen oxidation and persist in the lake in small amounts. In 2000–2008, the interannual difference in the nitrite nitrogen concentration did not exceed 0.001 mg and averagely was 0.003 mg N/l.

Iron concentration in the period mentioned was averagely 0.05 mg/l (maximally, 0.07 mg/l in 2001). In 2000 and 2006–2008, iron was measured in the lake as a trace present. The water of Lake Dalneye can be characterized by an increased concentration of silicon. Silicon concentration in the layer of 0–50 m varied from 3.0 mg/l (2000) to 5.0 mg/l (2007). The average concentration of silicon for 2000–2008 was 4.1 mg/l.

The dynamics of mineral phosphorus concentration for many years has been correlating to the dynamics of sockeye salmon return for spawning. According to the period of water exchange, 3.6 years (Krogius et al., 1969), phosphorus from fish carcasses is involved in the exchange during three years. The concentration of phosphates in the demersal layer and in the water column (0–50 m) depends on the total input of phosphorus from the carcasses of sockeye salmon for three preceding spawning years.

The maximum stock of phosphates in the layer of 0–50 m has been formed in the period of highly abundant sockeye salmon escapement for spawning (1988–1991). Since 1992, the runs have decreased, and the amount of phosphorus circling in the ecosystem has been decreasing. In the recent years, the process of gradual oligotrophication of the lake has started. The average mineral phosphorus concentration in the layer of 0–50 m for 2000–2008 is about 0.028 mg P/l, which is less than the average for the period of 1981–2008 (0.033 mg P/l).

OLD SINS STILL ACTIVE, IN THE COASTAL ENVIRONMENT OF THE BALTIC SEA?

Heinz-Rudolf Voigt

Environmental Sciences, University of Helsinki-Helsingfors, Helsinki, Finland

Though centuries of careful measures of environment protection, by government officials and international cooperation around the Baltic Sea, there still are unknown amounts of hazardous substances in the bottom sediments, constituting a threat, not only to the nearby biota, but also to mankind, directly or indirectly.

This especially regards the stratum corneum (SC) harmful substances, as certain heavy metals, mainly mercury (Hg), cadmium (Cd), and lead (Pb), for which the emissions have been strictly regulated or even prohibited for years. Still however, residues of these toxic metals may be recorded, not only hidden in the sediments but also in benthic organisms, e.g. mussels, crustaceans, bottom fishes, and, in addition, in predators, as birds, seals and humans. The effects of these metals on living organisms have long been studied carefully, mainly in laboratories, all over the World, as well as the occurrence of the metals in the environment, by means of SC monitoring. Instead, studies of the presence of these metals in both sediments and in the corresponding living biota are far less frequent, especially when the distribution of the metal in question in various organs and possible sublethal effects of the contaminated organisms are taken into consideration.

By examples, mainly from southern Finland including the Åland Islands and the Finnish Archipelago Sea, north and west Estonia, the Gulf of Riga, and the Firth of Kiel, some relationships will be demonstrated: (1) the contamination by certain heavy metals in some organisms may be synchronized with the contamination in the corresponding sediment; (2) this contamination may even be perceptible all through the food chain; (3) the contamination may differ by sex, not only for the gonads, but all through the contaminated organism in question; (4) the contamination may influence the condition of organisms, by having some sublethal effects in addition to the known harmful effects, all depending on the concentrations of the harmful substance in question.

CHANGING CLIMATE EFFECTS ON THE BALTIC SEA

Ilppo Vuorinen, **Jari Hänninen**

Archipelago Research Institute, University of Turku, Turku, Finland

We discuss environmental factors expected to change together due the global change and their relative importance in regulating expected changes of biota. Global climatic models – IPCC 2007 and their regional transformations (ACIA 2005, JRC 2006, BACC 2007), generally produce similar predictions about expectable changes in key climate factors (increasing rainfall, windiness and temperature, especially in winter and in the north). We are to foresee changes at the ecosystems level, e.g. in the Baltic Sea marine ecosystem. Specifically to a brackish water area, low salinity poses a stress for both marine and freshwater species of plants and animals. Thus most of marine species are found there next to a lethally low salinity meaning that their distribution limits are set by isohalines specific for each species. Generally, the biodiversity is very low, again due to low salinity, and the number of marine species is much lower than in the neighbouring sea areas in the North Sea. Salinity of the Baltic Sea is controlled by the balance of freshwater runoff from the watershed area and inflows of saline North Sea water (e.g. Hänninen et al., 2000), which prior to the 1980s were almost a yearly and seasonal phenomenon. Due to an expected increase in the rainfall and subsequent runoff, salinity of the Baltic Sea is expected to decrease by as much as 5 to 50% (Meyer et al., 2007), which would mean a respective change in the distribution areas of all the Baltic Sea marine species of plants and animals. Thus, in the case of a 50% decrease, the Finnish coastal area extending furthest south to the Baltic Sea would have same kind of biodiversity of marine species and animals that is currently found at the level of northern Bothnian Sea, and southern Baltic coastal areas would experience the disappearance of the shore crab (*Carcinus moenas*) and sea star (*Asterias rubens*). Discussing salinity changes does not imply that temperature changes were of no importance. The distribution limits set by temperature concern seal species breeding on the ice (harbor seal, *Phoca hispida*), the porpoise population (*Phocoena phocoena*), which is confined to open water, and several species of migrating birds that use the Baltic Sea as a wintering area; actually a larger number of birds is found in the Baltic Sea during the winter than during the breeding season. Furthermore, expected and in many cases already recorded temperature rise will enhance the growth and reproduction of marine animals, in those areas where fauna is not living next to a lethally low salinity, and, respectively, those freshwater species that are able to enlarge their distribution will also draw advantage of higher temperature. There are examples of these, e.g. among planktonic Copepoda (e.g. *Acartia* as exemplified by Möllmann, 2006).

INFOCHEMICAL CONTROL OF RESTING EGGS PRODUCTION IN CLADOCERA: FROM INDIVIDUAL RESPONSES TO SPECIES COEXISTENCE

E.S. Zadereev[1], **T.S. Lopatina**[2]

[1] *Institute of Biophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, Russia*
[2] *Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

Many zooplankton species develop by cycles, which are determined by their ability to enter the diapause. Cladocera are characterized by embryonic diapause – a developmental delay at the embryonic stage. The state of embryonic diapause is represented by resting egg.

Triggers for resting eggs production, environmental and evolutionary consequences of cyclic reproduction are the subjects for continuous research. Factors responsible for the production of resting eggs include chemical interactions. Production of diapausing eggs by rotifers, cladocerans and copepods can be caused by infochemicals from conspecifics, competitors and predators. The most convincing data were obtained on the induction of diapause by conspecific infochemicals. The effect of competitor infochemicals has been studied to a lesser degree.

To understand how the dynamics of zooplankton populations and communities with a complex life cycle is regulated, we studied the effect of infochemicals on the induction of diapause, growth characteristics and population dynamics of two Cladocera species: *Moina macrocopa* and *M. brachiata* (similar species living in temporary waterbodies).

In experiments with single females, trophic conditions were determined that stimulate the production of resting eggs. Infochemicals stimulated females to deposit resting eggs; however, these infochemicals were species specific. Females produced resting eggs under the effect of infochemicals from conspecifics. Infochemicals from close species (*M. macrocopa* or *M. brachiata*) and larger species (*Daphnia magna*) had no effect.

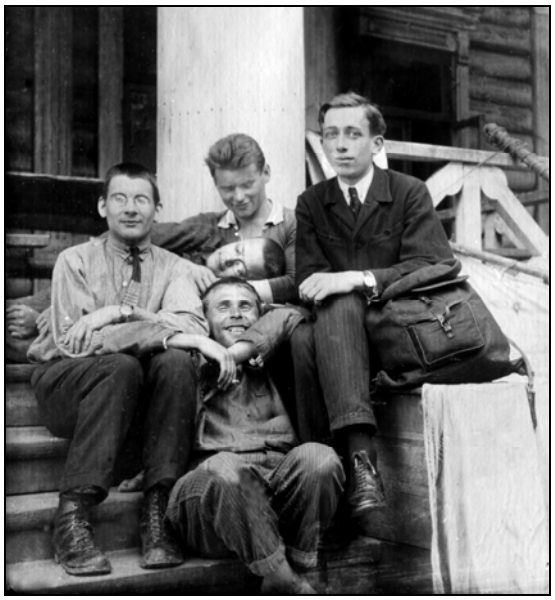
Individual experiments showed that *M. brachiata* is a less successful food competitor. Experiments with the two-species community confirmed that *M. macrocopa* superseded *M. brachiata*. However, due to a higher sensitivity to the effect of food level, *M. brachiata* deposited resting eggs earlier.

When, in the experiments with the two-species community, we used water crowded with the population of either *M. macrocopa* or *M. brachiata* as a culture medium, it was this species that changed its reproduction type and produced resting eggs first. However, afterwards, the number of resting eggs produced by this species decreased. Thus, the effect of infochemicals was aimed at the earlier production of resting eggs to the detriment of the direct competitive advantage. This disproves the earlier suggested hypothesis that in the process of evolution selection will maximize the total number of produced diapausing eggs (Zadereev et al., 2003). Presumably, in many cases it is a renewal of population from the egg bank that is most important.

Thus, the obtained results show that species diversity in zooplankton communities can be maintained, among other factors, by resting egg banks. Species-specific sensitivity to environmental factors explains the situation where different species produce resting eggs at different stages of community development. The effect of infochemicals stimulates females to produce resting eggs earlier. It is possible to state that species that are similar in terms of physiology, ecology and food spectra are involved in a competition "who will produce resting eggs earlier", which will ensure the dispersal of population in time and space.

Фотографии Г.Г. Винберга • Photographs of G.G. Winberg

Бретань, Франция, 1913 г.
Bretagne, France, 1913.

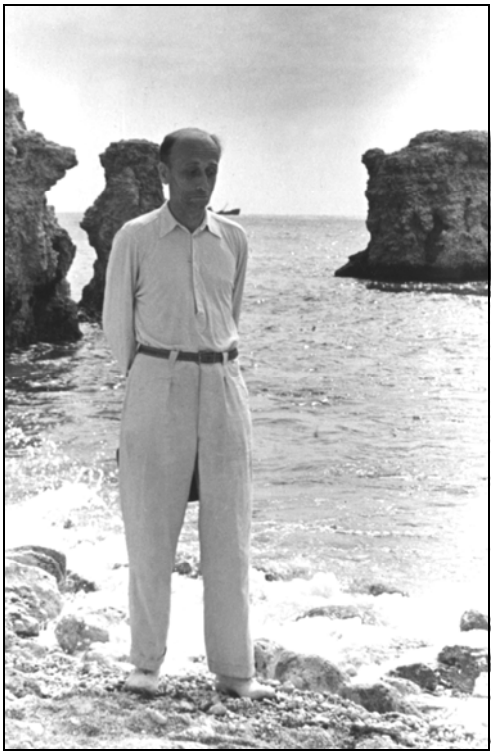


Биостанция "Воронцы", Московская обл., 1925 г.
Vorontsy Biological Station, Moscow Prov., 1925.

С женой Софьей Ивановной Славинской.
Москва, 1935 г.
Georgii Winberg and his wife Sofia Slavinskaya.
Moscow, 1935.

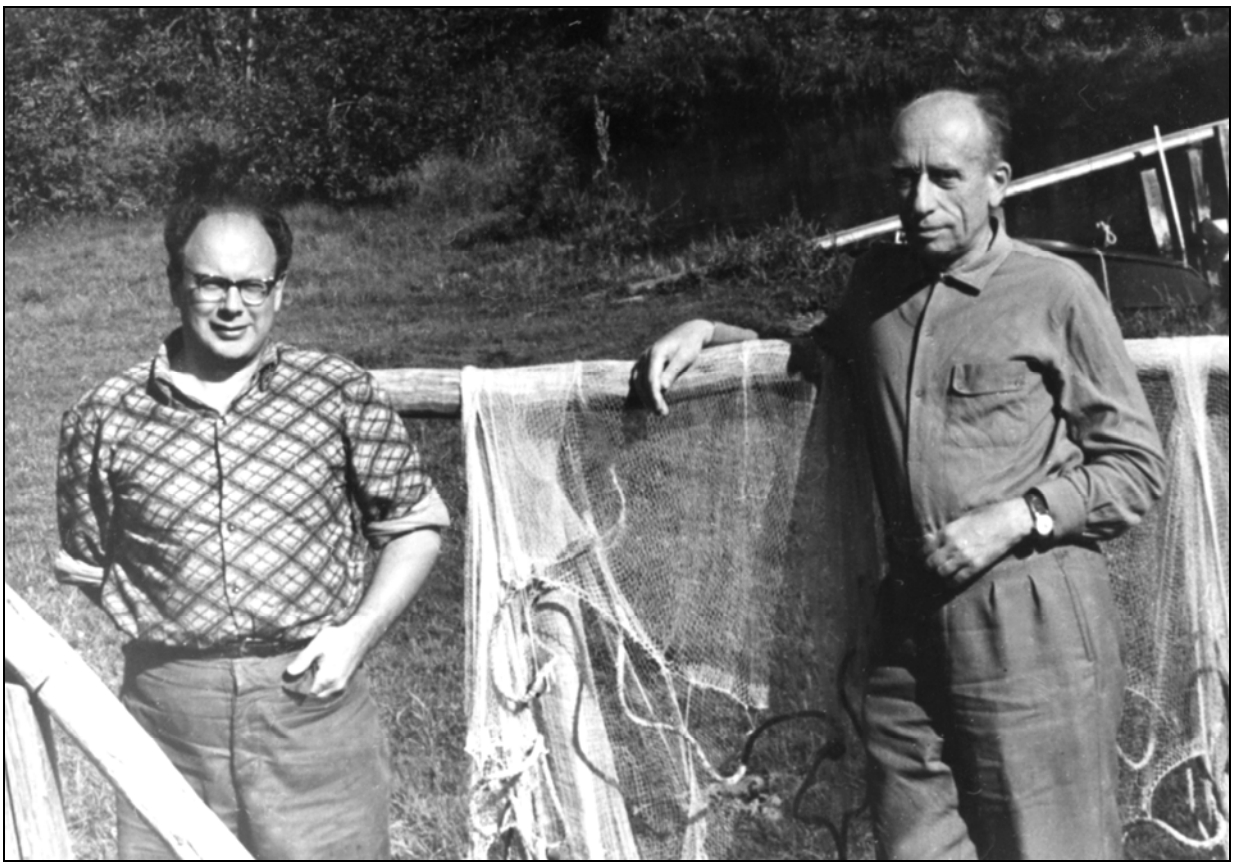
Минск, 1957 г.
Minsk, 1957.

Борок, Ярославская обл., 1952 г.
Borok, Yaroslavl Prov., 1952.

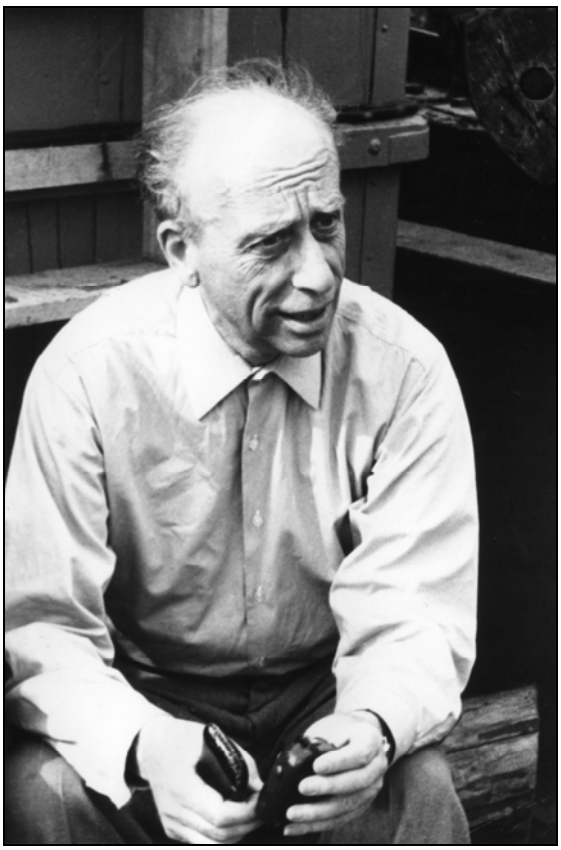


Севастополь, 1960 г.
Sevastopol, 1960.

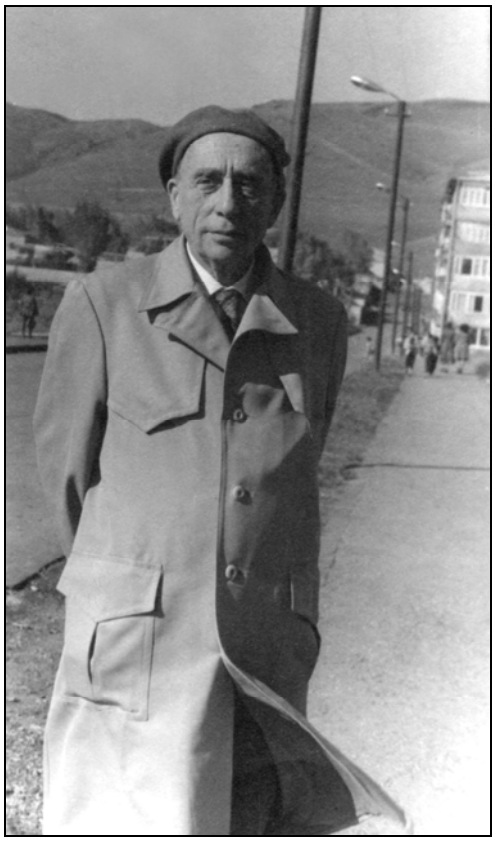
С И.И. Малевичем. Озеро Нарочь, Белоруссия, 1958 г.
With Iosif Malevich, at Lake Naroch, Belorussia, 1958.



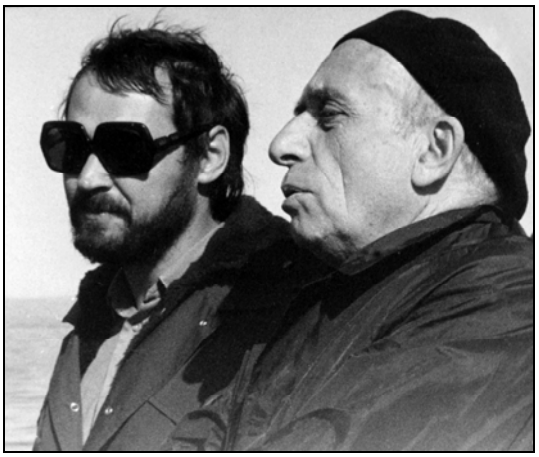
С В.В. Меншуткиным. Озеро Дальнее, Камчатка, 1968 г.
With Vladimir Menshutkin. Lake Dal'nee, Kamchatka, 1968.



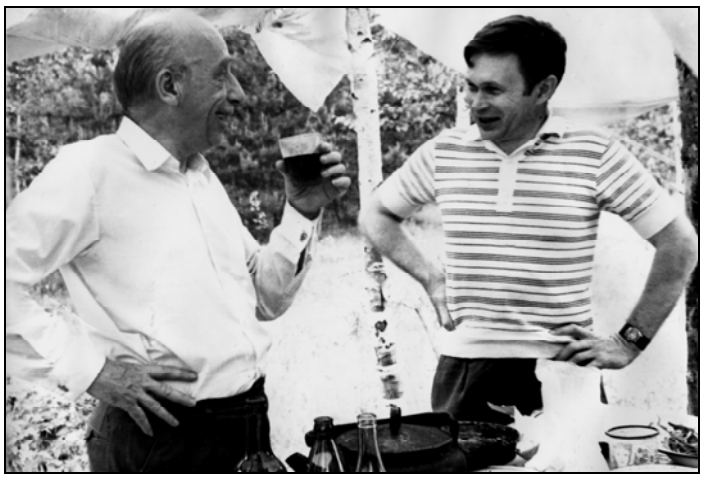
Дальние Зеленцы, Мурманская обл., 1970 г.
Dal'nie Zelentsy, Murmansk Prov., 1970.



Севан, 1980 г.
At Lake Sevan, Armenia, 1980.



Окрестности Владивостока, 1975 г.
Near Vladivostok, 1975.

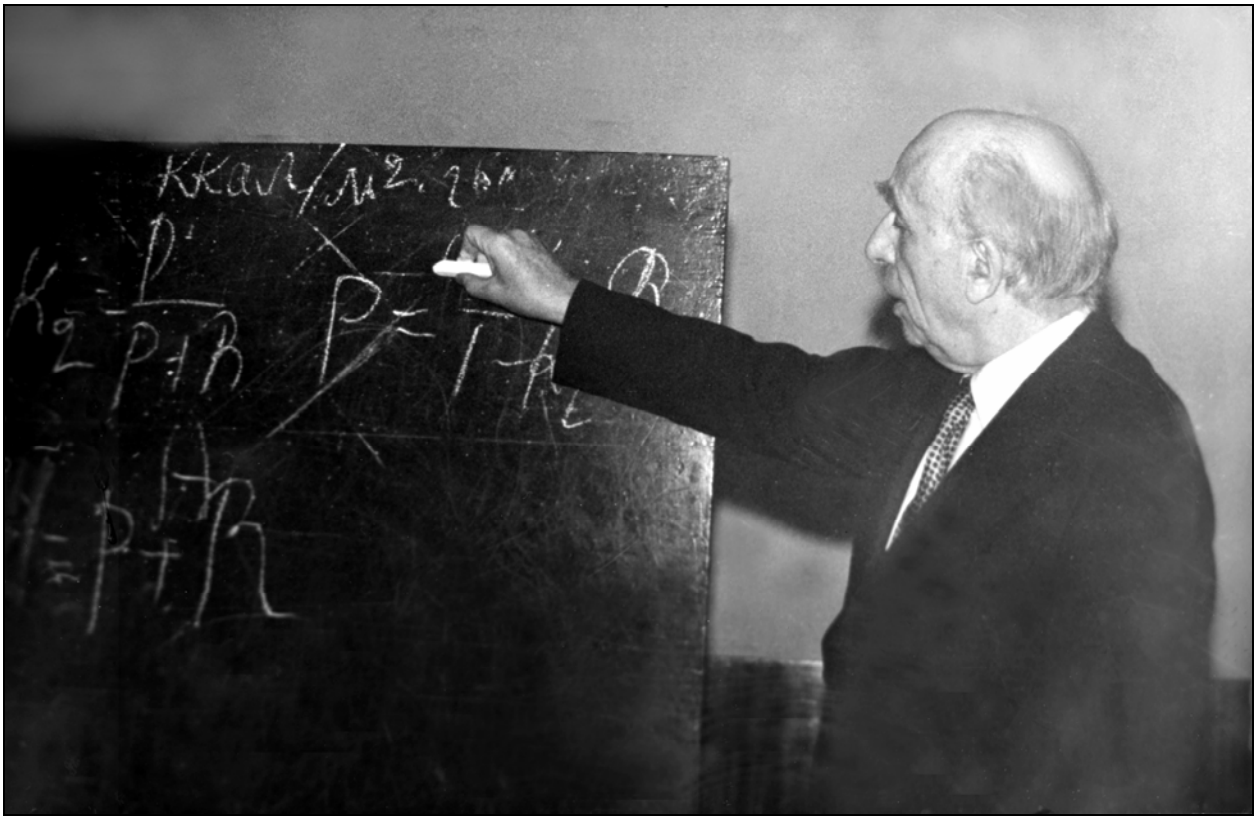


С В.Н. Большаковым. Белоярская АЭС, Свердловская обл., 1977 г.
With Vladimir Bolshakov. Beloyarskaya nuclear power station, Sverdlovsk Prov., 1977.

С Р.Н. Комаровской и Г.Г. Фейгиным, 1982 г. With Raisa Komarovskaya and German Feigin, 1982.

Борок, Институт биологии внутренних вод, 1977 г. Borok, Institute for Biology of Inland Waters, 1977.

В Институте биологии развития, Москва, 1980 г.
In the Institute of Developmental Biology, Moscow, 1980.



Тюмень, 1985 г.
Tyumen, 1985.

С П.В. Ушаковым, в Зоологическом институте, Ленинград, 1982 г.
With Pavel Ushakov, Zoological Institute, Leningrad, 1982.

Коллектив лаборатории пресноводной и экспериментальной гидробиологии
Зоологического института АН СССР, Ленинград, 1982 г.
The staff of the Laboratory of Freshwater and Experimental Hydrobiology,
Zoological Institute, Leningrad, 1982.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ • AUTHORS INDEX

Авторы тезисов на русском языке • Authors of abstracts in Russian

Абдуллина, Г.Х. 8
Аболмасова, Г.И. 193
Абраменко, М.И. 9
Абрамова, А. 10
Абрамова, Е.Н. 10, 37
Аксёнов-Грибанов, Д.С. 20
Александров, С.В. 11, 50
Алексюк, В.А. 8
Алимов, А.Ф. 181
Андреев, А.И. 12
Анищенко, О.В. 43
Аннинский, Б.Е. 193
Антоновский, А.Г. 123
Арашкевич, Е.Г. 109
Артаев, О.Н. 13
Аршевский, С.В. 88
Афанасьев, С.А. 14, 15

Бабич, Г.Б. 96
Багрин, Н.И. 68
Багрина, Н.И. 127
Базаркина, Л.А. 18
Балушкина, Е.В. 16
Барбашова, М.А. 57, 100
Баринова, С. 17
Барышев, И.А. 19
Батурина, М.А. 191
Бахолдина, Л.П. 150
Бедулина, Д.С. 20
Белевич, О.Э. 212
Беличева, Л.А. 21
Белкина, Н.А. 76
Белых, О.И. 22, 31, 101, 133
Бельчева, Н.Н. 66
Беляков, В.П. 57
Белякова, Е.Н. 23
Белянин, И.А. 206
Беспалая, Ю.В. 24
Билецки, Л.И. 68
Бисекенов, Т.Д. 80
Бичарева, О.Н. 25
Богатов, В.В. 26
Бойко, Е.Г. 27
Болотова, Н.Л. 28
Бондаренко, Н.А. 120
Бонк, Т.В. 29, 35
Борисов, М.Я. 28
Бородин, Н.И. 68
Бородина, Н.Н. 127
Боярищева, Е.А. 212
Бродский, Е.С. 202
Бульон, В.В. 30
Бусева, Ж.Ф. 161
Бутакова, Е.А. 129
Бутина, Т.В. 31
Быкова, С.Н. 32

Валькова, С.А. 33
Вандыш, О.И. 93
Вербицкая, Т.И. 34
Вербицкий, В.Б. 34
Вецлер, Н.М. 35, 36
Вишнякова, И.И. 10, 37
Волкова, И.В. 38
Воронов, Д.А. 143
Вотякова, Н.Е. 39
Воякина, Е.Ю. 40, 41, 170

Гандзюра, В.П. 42
Гандзюра, Л.А. 42
Герасимова, А.В. 115
Гладышев, М.И. 43, 118
Глазунова, А.А. 44
Глушко, О.Г. 45
Голованов, В.К. 46, 47
Голованова, И.Л. 48
Голубков, М.С. 49
Гончаров, А.В. 73
Гончарова, М.Т. 81
Горбунова, Ю.А. 50
Гребенюк, Л.П. 186
Гремячих, В.А. 51, 186
Громов, В.В. 52
Губелит, Ю.И. 135
Гусев, А.А. 53, 54

Далечина, И.Н. 116, 126
Данилова, Э.В. 22
Дацык, Н.А. 193
Дегтяренко, Е.В. 123
Демерецкиене, Н.Е. 55
Демченко, Н.Л. 56
Денисенко, С.Г. 57
Денисов, Д.Б. 58
Деревенская, О.Ю. 59
Дмитриева, О.А. 60, 159
Донецкая, В.В. 116
Дубовская, О.П. 43, 191
Думнич, Н.В. 28

Евстигнеева, Т.Д. 165
Ежова, Е.Е. 94, 110
Ербаева, Э.А. 61
Еремкина, Т.В. 62
Ермаков, Е.Л. 63
Ермолин, В.П. 206
Ершов, И.Ю. 32

Жакова, Л.В. 64
Жигалова, Н.Н. 158
Жукова, Т.В. 65
Жуковская, А.Ф. 66

Зайцев, В.Ф. 80
Законнов, В.В. 163
Зарубина, Е.Ю. 67
Звягинцев, А.Ю. 72
Земская, Т.И. 165
Зубкова, Е.И. 68
Зуева, Н.В. 69, 170
Зыков, Л.А. 70
Зыкова, Е.Х. 71

Иванов, А.В. 198
Иванов, М.В. 178
Иванова, Г.Г. 71, 75
Ивин, В.В. 56, 72
Ивонина, Н.Ю. 115
Извекова, Э.И. 73
Иким, М.Д. 74
Интересова, Е.А. 74, 213
Иофина, И.В. 140

Казыкина, С.М. 75
Кайгородова, И.А. 165
Калачева, Г.С. 43, 118
Калинкина, Н.М. 76
Калюжная, О.В. 22
Камакин, А.М. 77, 80
Камардин, Н.Н. 78, 198
Карамушко, Л.И. 79
Карапун, М.Ю. 80
Кипнис, Л.С. 81
Киреева, И.Ю. 82, 83
Киризий, Т.Я. 96
Кирпенко, Н.И. 101
Китаев, С.П. 84
Кобанова, Г.И. 85
Ковалевская, Р.З. 124
Коваленко, А.И. 86
Кожевников, И.В. 87
Кожевникова, Н.А. 87
Козлов, О.В. 88
Колмаков, В.И. 43
Колмакова, А.А. 43
Комулайнен, С.Ф. 19, 166
Коновалов, А.Ф. 28
Коновец, И.Н. 81
Кононова, О.Н. 89, 191
Корляков, К.А. 90
Корнева, Л.Г. 91, 92
Корниенко, Е.Л. 78, 198
Королева, И.М. 93
Кочешкова, О.В. 94, 110
Кращук, Л.С. 85
Кренева, С.В. 95
Крот, Ю.Г. 96
Круглова, А.Н. 19
Кузнецов, В.А. 98
Кузнецова, Т.В. 198
Кузьмина, В.В. 97
Кукконен, Н.А. 151
Купецкая, О.П. 99
Куракин, А.С. 198
Курашов, Е.А. 57, 100
Курбатова, С.А. 32
Курейшевич, А.В. 101
Кухарев, В.И. 19

Лавриненко, А.В. 102
Лазарева, В.И. 103
Лайус, Д.Л. 178
Ланге, Е.К. 94, 104
Леконцева, Т.И. 96
Леонов, А.Г. 176
Лепская, Е.В. 29
Летанская, Г.И. 105
Летицкая, Е.Н. 14, 15
Лехтонен, К. 198
Лидванов, В.В. 106
Литвиненко, Л.И. 107
Лобачев, Е.А. 98
Лобуничева, Е.В. 28
Логинов, В.В. 121
Лозовик, П.А. 108
Лоскутова, О.А. 199
Лукиянов, С.В. 98
Лукьянова, Е.В. 124
Луппова, Н.Е. 109
Любимцев, В.А. 78, 198
Любина, О.С. 173
Лятун, М.В. 110
Ляшенко, А.В. 81

Мазей, Ю.А. 111
Майстрова, Н.В. 200
Макаревич, Т.А. 112
Максимов, А.А. 113
Максимова, О.Б. 114
Максимович, Н.В. 115
Малавенда, С.С. 173
Малеев, А.С. 12
Малинина, Ю.А. 116
Мартынов, Ф.М. 115, 117

Махутова, О.Н. 43, 118
Мелничук, К.А. 74
Мелякина, Э.И. 25, 102
Меншуткин, В.В. 119
Механикова, И.В. 165
Милюкин, М.В. 81
Мингазова, Н.М. 59
Минеева, Н.М. 120
Минин, А.Е. 121
Минкина, Н.И. 122
Митяй, И.С. 123
Михайлов, А.Е. 175
Михеева, Т.М. 124
Мицкевич, О.И. 176
Мовчан, Е.А. 173
Моисеенко, Т.И. 125
Моои, В.М. 143
Мосияш, С.А. 126
Мунжиу, О.В. 127
Мусатова, М.В. 151
Мусько, С.С. 128
Мухутдинов, В.Ф. 129

Натяганова, А.В. 130, 131
Науменко, Е.Н. 132
Наумова, Е.Ю. 133
Наумова, Т.В. 165
Недвига, И.В. 9
Нигматуллин, Ч.М. 134
Никулина, В.Н. 135
Номоконова, В.И. 136
Носков, Ю.А. 212

Огородникова, В.А. 176
Озернюк, Н.Д. 137
Орлова, М.И. 138
Осийский, Э.И. 15
Остапеня, А.П. 139
Остроумов, С.А. 68

Павличенко, В.В. 20
Павлюк, И.С. 82
Палагушкина, О.В. 59
Паньков, Н.Н. 12
Пастухов, М.В. 207
Патова, Е.Н. 199
Петров, А. 17
Петрова, Н.А. 140
Петрова, Т.Н. 141
Плешанов, А.С. 179
Побережная, А.Е. 165
Подшивалина, В.Н. 142
Полищук, Л.В. 143
Полоскин, А.В. 143
Поляков, Н.А. 144
Полякова, Т.Н. 76
Помазкина, Г.В. 133
Поповская, Г.И. 207
Потапов, С.А. 31
Пржиборо, А.А. 145, 146
Протасов, А.А. 147, 164
Протопопова, Е.В. 105
Протопопова, М.В. 20
Пряничникова, Е.Г. 118
Пьянзина, О.А. 98

Разлуцкий, В.И. 161
Расхожева, Е.В. 148
Решетарь, В.И. 215
Рижинашвили, А.Л. 149
Родюк, Г.Н. 150
Романова, З.А. 193
Рудинская, Л.В. 132
Русановская, О.О. 63
Ручин, А.Б. 13, 98

Сабылина, А.В. 151
Савинов, А.Б. 152
Савич, И.В. 153
Савченко, Е.В. 14
Саминская, А.А. 115
Самышев, Э.З. 154
Сапожникова, Е.А. 20
Сафронов, Г.П. 61
Сахарова, М.И. 73
Саядов, С.О. 150
Свириденко, В.Д. 36
Седова, О.В. 116
Селифонова, Ж.П. 155
Семенов, Д.Ю. 156
Семенова, А.С. 60, 157, 158
Семенова, В.С. 159
Семёнова, Л.А. 131, 160
Семенченко, В.П. 161
Семенюк, Н.Е. 200
Середа, Т.Н. 162
Сигарева, Л.Е. 163
Сигида, Е.А. 128
Сидорова, А.И. 76
Силаева, А.А. 164
Ситникова, Т.Я. 165
Скворцов, В.В. 57
Сластина, Ю.Л. 19, 166
Слободскова, В.В. 167
Смирнов, А.К. 47
Сойер, В.Г. 168
Соколова, М.И. 67
Соколова, С.Е. 169
Солодова, Е.Е. 167
Сонина, Е.Э. 116
Сороковикова, Е.Г. 22, 101
Старова, О.С. 12
Старосила, Е.В. 96
Стенина, А.С. 199

Степанова, А.Б. 170
Степанова, В.Б. 171
Степанова, Л.А. 171
Степанцова, В.Н. 172
Стогов, И.А. 173
Стойко, Т.Г. 111
Столяров, А.П. 174
Стрелков, П.П. 173
Струппуль, Н.Э. 128
Судницына, Д.Н. 175
Сусарева, О.М. 141
Суслопарова, О.Н. 176
Сущик, Н.Н. 43, 118
Сысова, Е.И. 161
Сярки, М.Т. 76, 177

Таборский, Д.А. 178
Тахтеев, В.В. 144, 179
Теканова, Е.В. 180
Телеш, И.В. 181
Терентьев, А.С. 182
Терентьев, П.М. 183
Терешенкова, Т.В. 176, 184
Терлецкая, А.В. 81
Тимофеев, М.А. 20
Тимофеева, Н.А. 163
Тихоненков, Д.В. 185
Тодераш, И.К. 68
Томилина, И.И. 51, 186, 202
Травина, Т.Н. 187

Удалова, Г.П. 78
Уколова, Т.К. 36
Унгуряну, Л. 188
Усачёва, О.В. 189
Усов, А.Е. 14, 15

Файферберг, Я. 143
Федорова, Г.А. 22
Фефилова, Е.Б. 190, 191
Филимонова, И.Г. 126
Филинова, Е.И. 116, 192
Фиченко, Г.А. 193
Фиченко, З.З. 194
Фокин, М.В. 173
Фриновская, Т.В. 96

Хижняк, М.И. 195
Хлебович, В.В. 196
Хлебович, Т.В. 197
Хлопников, М.М. 132
Холодкевич, С.В. 78, 198
Хохлова, Л.Г. 191, 199
Христиансен, Й.Ш. 79

Цаплина, Е.Н. 200
Цыбульский, А.И. 15

Чанг, С. 178
Челомин, В.П. 66, 167
Черевичко, А.В. 175
Черепенников, В.В. 209, 210
Чернышева, Н.Л. 150
Четверова, А. 10
Чиженкова, О.А. 201
Чуйко, Г.М. 202
Чукалова, Н.Н. 150

Шадрин, Н.В. 203
Шарапова, Т.А. 204
Шаров, А.Н. 205
Шатилина, Ж.М. 20
Шашуловский, В.А. 206
Шевелева, Н.Г. 165, 207
Шевцова, Н.Л. 208
Шендерюк, В.В. 150
Штранд, Я. 198
Шунатова, Н.Н. 173
Шурганова, Г.В. 209, 210
Шустов, В.М. 12
Шустов, Ю.А. 23

Щербина, Г.Х. 211
Щур, Л.А. 120

Юргенс-Маркина, Е.М. 53
Юрченко, Ю.А. 212

Ядренкина, Е.Н. 213
Якимов, В.Н. 121
Яныгина, Л.В. 214
Ярмошенко, Л.П. 101, 215
Ярош, Н.В. 187
Ярушина, М.И. 62
Ястремский, В.В. 216

Авторы тезисов на английском языке • Authors of abstracts in English

Albuquerque, A. 266
Ansone, L. 242
Arakelova, E. 217
Arbačiauskas, K. 218

Bącela-Spychalska, K. 255
Bacevičius, E. 219
Baranyai, E. 219
Barbone, E. 220
Basset, A. 220
Baturina, M.A. 231
Bazarkina, L.A. 221
Beracko, P. 257
Berezina, N.A. 222, 261
Birardi, F. 247
Bodnieks, I. 223
Bonk, T.V. 224, 275
Brakovska, A. 225
Bulánková, E. 257

Campelo, F 266.
Cao, X. 222
Čech, M. 225, 226, 260
Čejka, T. 257
Čiampor, F., Jr. 226, 227, 257
Čiamporová-Zaťovičová, Z. 226, 227, 257
Codreanu-Balcescu, D. 255
Cudowski, A. 238

Das, B. 268
Deksne, R. 228
Demars, B.O.L. 229
Draštík, V. 226
Druvietis, I. 230, 262
Dubovskaya, O.P. 231

Ejsmont-Karabin, J. 230, 239
Erturk, A. 265

Fefilova, E.B. 231
Ferreira, T. 266
Friberg, N. 229

G.-Tóth, L. 219
Gasiunaite, Z. 265
Gerdeaux, D. 232
Ginter, K. 233
Gíslason, G.M. 229
Golovanov, V.K. 234, 235
Golovanova, I.L. 236
Golubkov, S.M. 222, 237
Górniak, A. 238
Gosselin, M. 267
Grabowska, M. 239, 240
Grabowski, M. 255
Grami, B. 267
Griniene, E. 265
Gruberts, D. 228
Gudmundsdóttir, R. 229

Hadj Mabrouk, H. 267
Hänninen, J. 277
Homonnay, Z.G. 219
Horova, B. 268

Illéšová, D. 240, 257

Janjua, Y. 232
Jarolím, O. 225
Jekatierynczuk-Rudczyk, E. 240, 241
Jůza, T. 226

Kangur, A. 233
Kangur, K. 233
Kangur, P. 233
Karpowicz, M. 238, 239
Khokhlova, L.G. 231
Klavins, M. 242
Kokorite, I. 230, 242
Kolarova, K. 268
Kononova, O.N. 231
Konopacka, A. 255
Konosonoka, I. 230
Koreiviene, J. 245
Korlyakov, K.A. 243
Koščo, J. 244, 259
Kostrzewska-Szlakowska, I. 244
Košuthová, L. 244, 259
Kratochvíl, M. 226
Krevs, A. 245, 246
Kubečka, J. 225, 226
Kucinskiene, A. 246

Lenzi, M. 247
Lepskaya, E.V. 224
Lopatina, T.S. 278

Macháček, J. 248, 268
Malavin, S. 249
Manson, J.R. 229
Matěna, J. 225, 260
Maximov, A. 250
Mazeikaite, S. 245
Mooij, W.M. 262
Muška, M. 226

Niqui, N. 267
Nõges, P. 251
Nõges, T. 251, 252
Nomokonova, V.I. 253
Nowak, M. 259

Obolewski, K.T. 254
Ólafsson, J.S. 229
Ovcharenko, M. 255
Ozolins, D. 223

Paidere, J. 256
Pastuchová, Z. 240, 257
Paturej, E. 258
Pekárik, L. 244, 259
Perkins, D.M. 229
Peterka, J. 225, 226, 260
Petrusek, A. 268
Petukhov, V.A. 261
Pichler, D.E. 229
Polishchuk, L.V. 262
Poppels, A. 262
Potenza, L. 220
Przhiboro, A.A. 263, 264

Rasmussen, J.J. 229
Razinkovas, A. 265
Reiss, J. 229
Renzi, M. 247
Říha, M. 226
Rivaes, R. 266
Rodríguez-González, P.M. 266
Roffilli, R. 247
Rokicki, J. 255

Sakka Hlaili, A. 267
Sakonnov, V.V 269
Santos Pereira, J. 266
Saravanakumar, A. 268
Seďa, J. 248, 268
Sigareva, L.Ye. 268
Skorbiłowicz, E. 270
Skorbiłowicz, M. 271
Škute, A. 228, 256
Škute, N. 225
Škute, R. 256
Smirnov, A.K. 235
Solari, D. 247
Sviridenko, V.D. 276
Szeroczyńska, K. 272, 273

Thilagavathi, B. 268
Timofeeva, N.A. 269
Travina, T.N. 274

Ukolova, T.K. 276
Umnova, L. 217

Vári, Á. 219
Vašek, M. 225, 260
Vetsler, N.M. 275, 276
Vijverberg, J. 262
Voigt, H.-R. 277
Voronov, D.A. 262
Vuorinen, I. 277

Wita, I. 255
Wóblewski, P. 255
Woodward, G. 229

Yarosh, N.V. 274
Yvon-Durocher, G. 229

Zadereev, E.S. 278
Zawisza, E. 272, 273
Zhou, Y. 222
Zieliński, P. 238, 239

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОЭКОЛОГИИ
Тезисы докладов 4-й Международной научной конференции,
посвящённой памяти профессора Г.Г. Винберга
11–15 октября 2010 г., Россия, Санкт-Петербург

MODERN PROBLEMS OF AQUATIC ECOLOGY
Book of abstracts. Fourth International Scientific Conference
to commemorate Professor G.G. Winberg
11–15 October 2010, St.Petersburg, Russia

Редактирование и оригинал-макет: *А.А. Пржиборо*

Подписано в печать 14 сентября 2010 г. Печать цифровая
Усл. 18.5 печ. л. + 0.25 л. вкл. Формат 60×84⅛
Тираж 250 экз.

Типография Издательства ООО «Русская коллекция СПб»
199178, Санкт-Петербург, В.О. 13 линия, д. 30, оф. 4