

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Сибирского отделения Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт водных и экологических проблем  
Сибирского отделения Российской академии наук

**Серия «Экология»**  
Издается с 1989 г.  
**Выпуск 106**

**Д. М. Безматерных, О. Н. Вдовина**

**ЗООБЕНТОС ОЗЕР  
ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ**

Аналитический обзор

Новосибирск, 2017

ББК 28.082

**Безматерных, Д. М., Вдовина, О. Н.** Зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья = Zoobenthos of lakes of the southern Ob-Irtysh interfluve : анализ. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем.– Новосибирск, 2017. – 180 с. – (Сер. Экология. Вып. 106).

ISBN 978-5-94560-294-6

В обзоре обобщены результаты многолетних исследований сообществ донных беспозвоночных равнинных озер юга Обь-Иртышского междуречья: Барнаульской, Бурлинской, Карасукской, Касмалинской, Кулундинской систем, оз. Чаны и Причановской группы озер. Описаны особенности пространственно-временной организации и основных экологических факторов формирования озерного зообентоса, а также возможности использования структурных характеристик сообществ донных беспозвоночных для индикации экологического состояния озер. Охарактеризованы природные условия района исследования и основные методы изучения сообществ донных беспозвоночных. Приведены оригинальные данные по составу, структуре, пространственно-временной организации и основным факторам формирования зообентоса. Полученные данные сопоставлены с результатами других исследователей, выявлены особенности зообентоса изученных озер.

Обзор предназначен для гидробиологов, экологов, зоологов, специалистов по охране окружающей среды, преподавателей и студентов вузов.

The review generalizes the results of long-term investigation of benthic invertebrate communities of lowland lakes of the southern Ob-Irtysh interfluve, in particular, Barnaul, Burla, Karasuk, Kamala, Kulunda systems, Lake Chany and a group of lakes in the near Chany territory. A brief review of previous study of spatial-temporal organization and key environmental factors for the formation of lake zoobenthos, as well as the possibility of using the structural characteristics of benthic invertebrate communities to indicate the ecological state of lakes is given. Natural conditions of the area under study and the basic methods of investigation of benthic invertebrate communities are described. The original data on the composition, structure, spatial-temporal organization and key factors for the formation of zoobenthos are given. The data obtained are compared with the results from other authors, and the specific features of zoobenthos communities of the lakes under study are revealed.

The review is intended for hydrobiologists, ecologists, zoologists, specialists in environment protection, lecturers and students.

**Рецензенты:**

доктор биологических наук В. Б. Журавлев  
доктор биологических наук В. В. Заика  
кандидат биологических наук В. В. Кириллов

Ответственный редактор  
доктор биологических наук Л. В. Яныгина

Обзор подготовлен к печати:  
доктором педагогических наук О. Л. Лаврик  
кандидатом педагогических наук Т. А. Калужной  
Л. Т. Юкляевской

ISBN 978-5-94560-294-6 © Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Государственная публичная научно-техническая библиотека  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ГПНТБ СО РАН), 2017

## ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные озера Обь-Иртышского междуречья до настоящего времени остаются малоизученными. Имеющихся данных по их экосистемам недостаточно для получения целостного представления о формировании и функционировании этих важных водных объектов и прогнозирования их состояния при современном уровне антропогенного воздействия. Характерными особенностями рассматриваемых в обзоре озер юга Обь-Иртышского междуречья являются: мелководность, нестабильность уровня режима, большой диапазон содержания растворенных солей, средняя или повышенная трофность, заморные явления и аграрное природопользование в их водосборных бассейнах. На многих озерах ведется промысел водных биоресурсов (Поползин, 1967; Савченко, 1997; Водоемы..., 1999).

Зообентос – сообщество животных, жизнь которых связана с границей субстрата и воды (Kalf, 2003). Изучение состава, структуры и пространственно-временной организации зообентоса необходимо для понимания процессов, происходящих в водных экосистемах, для решения вопросов рационального использования и охраны природных вод. В настоящее время при изучении антропогенного влияния на пресноводные экосистемы наиболее надежным и информативным индикатором состояния водной среды служат состав, структура и динамика зообентоса. Сообщества донных беспозвоночных – важное структурное звено озерных экосистем. Они отличаются стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени, поэтому являются удобными объектами для наблюдения за действием зональных и локальных факторов.

Многие озера юга Обь-Иртышского междуречья являются бессточными или слабопроточными, большинство расположено в долинах древнего стока. Особенности этих озерных систем позволяют проследить совместное действие экологических факторов на биологические компоненты экосистем и выявить наиболее важные из них. Особенно это касается ионного состава воды и уровня ее минерализации, которые ранее не рассматривались как ключевые факторы формирования и функционирования озерных экосистем на фоне разнообразия и взаимодействия прочих факторов (рисунок, с. 4). Только во второй половине XX века появились обобщающие работы, раскрывающие важность этих экологических факторов для формирования озерных экосистем, и в частности зообентоса (Williams, 1972,

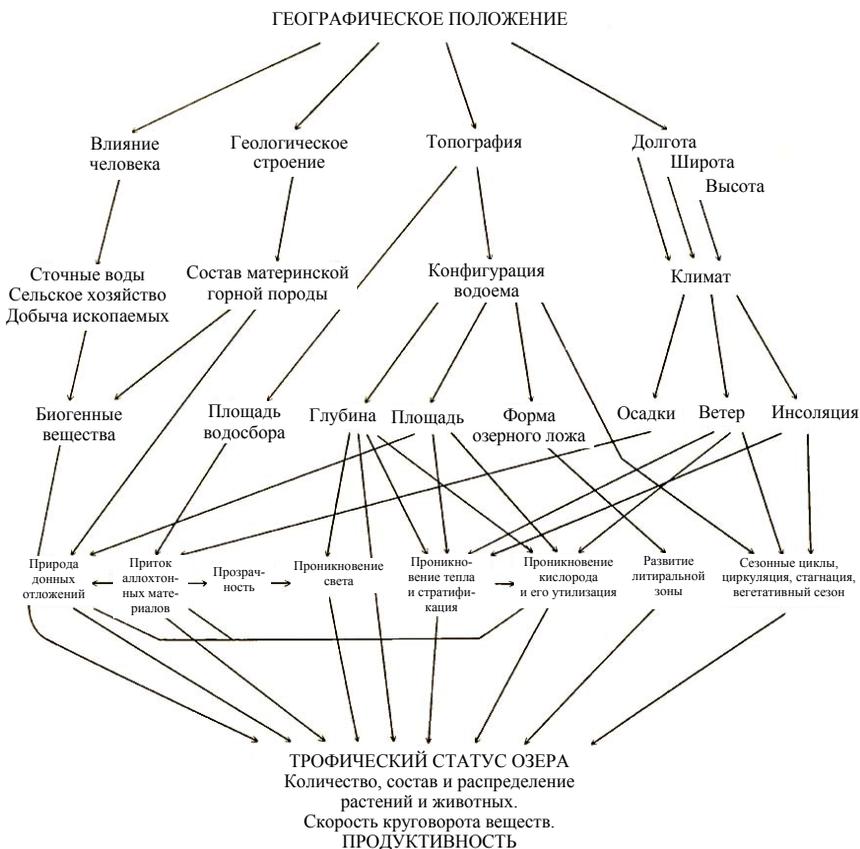


Схема возможной взаимосвязи факторов, определяющих круговорот веществ озера (Rawson, 1939)

1981, 1998; Hamner, 1981, 1986, 1990). Для бентоса озер юга Западной Сибири ранее было указано, что основными факторами его формирования являются общая минерализация воды и зимний кислородный режим (Благовидова, 1973в). В настоящее время продолжается активное обсуждение этой проблемы.

Целью работы было изучение состава, структуры, пространственно-временной организации и факторов формирования сообществ донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья, оценка их экологического состояния методами биоиндикации. В обзоре обобщены результаты многолетних исследований (1996–2011 гг.) сообществ донных беспозвоночных равнинных озер юга Обь-Иртышского междуречья: оз. Чаны,

Причановская группа озер, Карасукская, Бурлинская, Кулундинская, Касмалинская и Барнаульская озерные системы. Описаны особенности пространственно-временной организации и основных экологических факторов формирования озерного зообентоса, а также возможности использования структурных характеристик сообществ донных беспозвоночных для индикации экологического состояния озер. Охарактеризованы природные условия района исследования и основные методы изучения сообществ донных беспозвоночных. Приведены оригинальные данные по составу, структуре, пространственно-временной организации и основным факторам формирования зообентоса. Полученные данные сопоставлены с результатами других исследователей, выявлены особенности зообентоса изученных озер.

Проведенные исследования выполнены в рамках плановой тематики Института водных и экологических проблем (ИВЭП) СО РАН (Проект программы фундаментальных исследований Российской академии наук VIII.76.1.3 «Исследование внутриводоёмных процессов и динамики экосистем водных объектов Сибири, включая субарктическую зону» (руководитель д-р геогр. наук В. М. Савкин) и проект Президиума РАН 4.13 «Структурные и динамические изменения экосистем Южной Сибири и комплексная индикация процессов опустынивания, прогностические модели и системы мониторинга» (руководитель д-р биол. наук А. В. Пузанов)) и поддержаны грантом РФФИ № 08-05-98019-р\_сибирь\_a (руководитель канд. биол. наук В. В. Кириллов).

Авторы выражают благодарность д-ру биол. наук С. И. Андреевой (Омский государственный университет путей сообщения), д-ру биол. наук М. В. Винарскому и канд. биол. наук Е. А. Лазуткиной (Омский государственный педагогический университет), канд. биол. наук А. Н. Красногородской (Омская государственная медицинская академия), д-ру биол. наук Г. Н. Мисейко (Алтайский государственный университет (АлтГУ)), д-ру биол. наук А. Ю. Харитонову и канд. биол. наук О. Н. Поповой (Институт систематики и экологии животных СО РАН), д-ру биол. наук В. В. Тахтееву (Иркутский государственный университет), д-ру биол. наук Л. В. Яныгиной и Е. Н. Крыловой (ИВЭП СО РАН) за помощь в определении и уточнение таксономической принадлежности отдельных групп гидробионтов; О. В. Ловцкой (ИВЭП СО РАН) за консультации по статистической обработке данных; заведующему лабораторией водной экологии ИВЭП СО РАН, канд. биол. наук В. В. Кириллову и декану биологического факультета АлтГУ, д-ру биол. наук М. М. Силантьевой за содействие при выполнении исследований и организацию полевых работ; канд. хим. наук Л. А. Долматовой (ИВЭП СО РАН) и сотрудникам ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз» за предоставление гидрохимических данных; сотрудникам лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН: канд. биол. наук Е. Ю. Зарубиной, канд. биол. наук М. И. Ковешникову, канд. биол. наук А. В. Котовшикову, Е. Н. Крыловой, канд. биол. наук Е. Ю. Митрофановой и М. И. Соколовой за помощь в отборе проб и поддержку на всех этапах выполнения работы.

# Глава 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ФАКТОРАХ ФОРМИРОВАНИЯ ЗООБЕНТОСА РАВНИННЫХ ОЗЕР УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ

## 1.1. Особенности организации озерных экосистем

Изучение пространственно-временных закономерностей распределения и обилия организмов (включая их причины и последствия) является ключевой задачей современной экологии. Эти закономерности обусловлены основополагающими принципами общей теории экологии: 1) неравномерное распределение организмов в пространстве и времени; 2) взаимодействие организмов с абиотической и биотической средой обитания; 3) зависимость распределения организмов и их взаимодействия от окружающих условий; 4) неоднородность экологических условий в пространстве и времени; 5) конечность и гетерогенность ресурсов среды в пространстве и времени; 6) смертность всех организмов; 7) зависимость экологических характеристик видов от результатов их эволюции (Scheiner, Willig, 2008). Несмотря на очевидность и простоту этих принципов их использование для анализа пространственно-временной организации конкретных экосистем зачастую представляет значительную трудность, обусловленную сложностью и разнородностью входящих в нее компонентов.

Разнообразие и гетерогенность отдельных экосистем и составляющих их компонентов проявляются в значительной разномасштабности по времени и пространству их динамики (рис. 1.1). Все это свидетельствует о сложности поиска адекватных методических приемов для анализа пространственно-временной организации конкретных экосистем в практике научных исследований.

Для макрозообентоса озер пространственные масштабы, в которых он функционирует как сообщество, меняются от нескольких метров (различные биотопы в пределах озера) до десятков километров (таковы размеры некоторых озер Обь-Иртышского междуречья).

Отличительной особенностью водных экосистем является относительная легкость определения их границ, которая проходит по урезу воды. Такую границу экосистемы предложено называть внутренней, имея в виду, что внешней является граница водосборного бассейна поверхностного водного

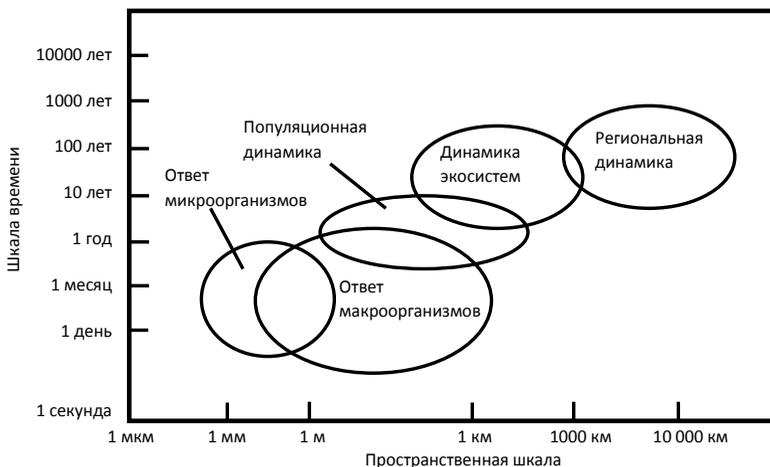


Рис. 1.1. Пространственные и временные масштабы, в рамках которых индивидуумы, популяции, экосистемы и географические регионы отвечают на экологические стрессоры (по Suter, 1993)

объекта (Остроумов, 2003). Это делает водные экосистемы удобным объектом для изучения их пространственно-временной организации. Среди водоемов и водотоков лучшим объектом для анализа являются озера. Как правило, именно на примере прудов или небольших озер в учебниках по экологии дается описание структуры экосистем. Озера относятся к лентическим (стоячим) водным объектам и имеют существенные отличия в пространственно-временной организации от лотических (текучих) – рек и ручьев (табл. 1.1).

Внутренняя организация экосистем озер (их зонирование, компонентный состав, воздействие важнейших абиотических факторов, структура сообществ, основные процессы функционирования) изучена относительно неплохо и обобщена в многочисленных современных монографиях и учебных пособиях, изданных как в России (Алимов, 2000; Березина, 1984; Константинов, 1986; Кожова, 1987; Китаев, 2007), так и за рубежом (Wetzel, Likens, 2000; Kalf, 2003; The lakes..., 2004; Lampert, Sommer, 2007; Lake..., 2010; Tundisi, Tundisi, 2011). Издана обобщающая работа, посвященная зообентосу (Hutchinson, 1993). Эти сводки также включают описание места и роли в озерных экосистемах макрозообентоса как одного из важнейших их компонентов. Однако некоторые вопросы организации и функционирования лимноэкосистем до сих пор мало изучены, например прогнозирование состояния экосистем при изменении конкретных экологических факторов. С этой точки зрения макрозообентос является одним из наименее изученных водных сообществ озер.

Сравнение логических и лентических экосистем (по Протасову, 2008)

Характеристика	Экосистема	
	лотическая	лентическая
Многомерная структура	Три неравнозначные оси пространства + временная ось	Две неравнозначные оси пространства + временная ось
Основной пространственный градиент	Продольный по течению	Радиальный
Градиент второго порядка	Латеральный	Вертикальный
Характер основных процессов во времени	Циклические, пульсирующие	Поступательные
Связь с ландшафтом	Водоток формирует ландшафт	Водоем есть производное ландшафта
Литогенные процессы	За счет влекомых наносов	За счет седиментации
Направленность эволюции экосистемы	Формирование аллювия, вынос наносов в устье (дельту), меандрирование	Внутренне обусловленное старение, обмеление, эвтрофирование
Пространственная структура	Метамерность структуры по главному градиенту	Циклическая, поясная
Симметрия	Билатеральная	Радиальная
Пятнистость	Сглаженная, метамерная	Выраженная, ориентированная по поясам
Экотоны	Внешние относительно русла	Внутренние, в самом водоеме
Влияние наземных экосистем	Значительное	Слабое
Наличие зон стабильных условий	Редки и маломасштабны	Могут занимать существенное место
Миграции организмов	Аллогенные, дрейфт	Автогенные
Роль аллохтонного органического вещества	Значительная	Незначительная
Доминирующие экологические группировки гидробионтов в первичной продукции	Бентос, перифитон	Планктон, высшие водные растения, эпифитон

Характеристика	Экосистема	
	лотическая	лентическая
Доминирующие трофические группы в деструкции	Детритофаги, собира-тели	Фильтраторы, илояды
Роль макрофитов как продуцентов и биотопообразующего фактора	Незначительная	Существенная

Одно из наиболее актуальных направлений современной экологии – определение относительной роли локальных и региональных экологических факторов в распределении отдельных особей, популяций и сообществ (Cassini, 2013).

На региональном уровне озерные экосистемы в пределах одного континента образуют лимнобиом, который имеет мозаичную, островную природу. Основной (комплексный) градиент факторов окружающей среды внутри озера имеет направленность от берега к центральной части (Протасов, 2006). Однако в пределах более крупного масштаба (географической страны или континента) они накладываются на другие локальные факторы и более масштабные градиенты (рис. 1.2). Действие таких крупномасштабных градиентов экологических факторов можно выявить только при сравнении отдельных озерных экосистем, испытывающих разную степень воздействия этого фактора. Такой анализ можно проводить как традиционными сравнительно-географическими и экологическими методами, так и современными – математико-статистическими.

Подобная ситуация складывается и с анализом временной организации лимноэкосистем. Озера являются накапливающими элементами ландшафта, их экосистемы во многом зависят от почвенных и геохимических процессов в пределах бассейна, обусловленных климатом (Россолимо, 1964). Поэтому для озер характерна как циклическая, так и поступательная динамика. Циклические процессы в основном обусловлены сезонными изменениями условий и связанными с этим сезонными колебаниями обилия организмов (Протасов, 2008). Так, только для бентоса озер умеренной зоны А. Ф. Алимов (1991) установил восемь типов сезонной динамики биомассы зообентоса. Однако эти колебания накладываются на различные по частоте многолетние циклы, которые особенно характерны для бессточных озер (Шнитников, 1950), изменения климата (George, 2010) и вековые естественные сукцессионные изменения (стадии эвтрофирования). Водные сообщества наиболее быстро реагируют на изменения экологических факторов, воздействующих на озера. При этом время реакции сообщества определяется характерной продолжительностью жизненных циклов входящих

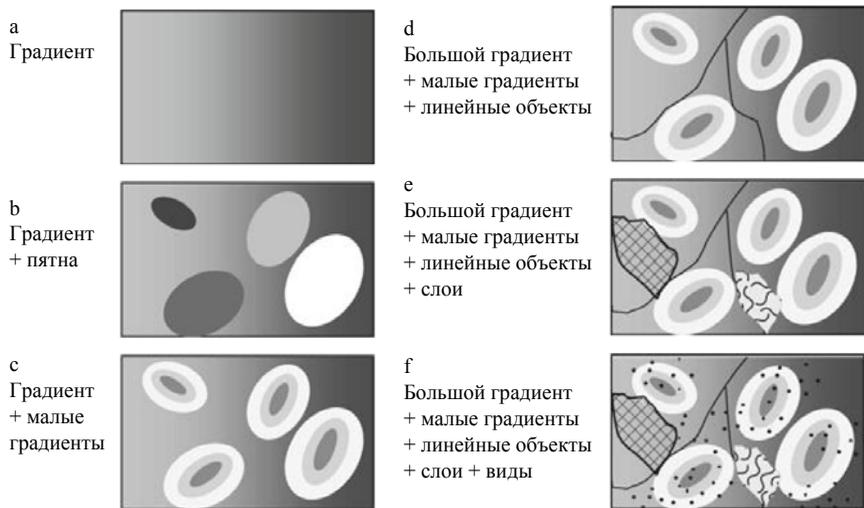


Рис. 1.2. Пространственная неоднородность как серия связанных процессов в результате взаимодействия пространственных структур, на которые реагируют отдельные организмы (виды – изображены точками): a→f – усложнение процессов в результате наложения экологических факторов (по James, Fortin, 2013)

в это сообщество видов. Для донных макробеспозвоночных жизненных циклы обычно составляют от нескольких месяцев до нескольких лет.

Анализ пространственно-временной организации (ПВО) биогидроценозов озер помимо чисто научного значения имеет и прикладное: он дает основу для разработки рекомендаций по мониторингу, сохранению и рациональному использованию водных экосистем (Кириллов, 2009).

По нашему мнению, в масштабах жизнедеятельности людей (в том числе исследователей) наиболее удобным и информативным при изучении закономерностей ПВО озерных экосистем является анализ ключевых экологических факторов на их экологически значимом градиенте через регистрацию откликов на него состава, структуры и динамики сообществ. В разрезе отдельных озер, озерных систем и их многолетней динамики для анализа ПВО наиболее подходящим сообществом является макрозообентос, что определяется его связью с определенными биотопами и характерными жизненными циклами входящих в его состав организмов.

## 1.2. Основные факторы формирования зообентоса равнинных озер умеренной зоны

Состояние водных биоценозов неразрывно связано с условиями неживой природы, в которой обитают гидробионты. Условия окружающей среды определяют многие климатические, гидрологические и гидрохимические факторы, а также разнообразные загрязняющие вещества, попадающие в водоем в результате деятельности человека (Константинов, 1986). Известно, что состав и обилие бентоса зависят от многих факторов, из которых наибольшее значение имеют глубина, зарастаемость, характер грунта и колебания уровня водоема, подвижность воды (Митропольский, 1975).

Вода оказывает непрерывное воздействие на жизнь гидробионтов. Она не только удовлетворяет физиологические потребности организмов, но служит им опорой, доставляет кислород и пищу, уносит метаболиты, переносит половые продукты и самих гидробионтов. Благодаря подвижности воды в гидросфере возможно существование прикрепленных животных. Поэтому свойства воды – важнейший фактор абиотической среды водного населения (Березина, 1984). Таковы, прежде всего, тепловые свойства воды: ее высокая удельная теплоемкость, малая теплопроводность и способность к расширению при замерзании. Важнейшим следствием этих свойств воды является сравнительное постоянство температуры водных объектов, и изменение условий среды происходит очень медленно и постепенно. Это имеет большое значение для организмов зообентоса, которые в большинстве своем являются холоднокровными. Еще одно свойство воды – уменьшение объема при нагревании от 0 до 4°C, вследствие чего ее максимальная плотность достигается не в точке замерзания (0°C), а при 3,98°C, также способствует сохранению условий жизни гидробионтов, обуславливая вертикальное перемещение вод (Практическая..., 2006; Жирков, 2010).

Для донных беспозвоночных важным фактором среды является растворенный в воде кислород. Его содержания в воде далеко не везде и не всегда достаточно для аэробного дыхания гидробионтов. Снижение концентрации кислорода в воде до очень малых величин нередко наблюдается на глубине, у поверхности грунта и в его толще. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода варьирует в широких пределах (от 0 до 14 мг/л), растворимость кислорода в воде зависит от температуры и солености воды, его концентрация подвержена сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания зависят от интенсивности процессов продуцирования и потребления кислорода. В зимний и летний периоды его распределение носит характер стратификации. Дефицит кислорода чаще наблюдается в водных объектах с высокими концентрациями загрязняющих органических веществ и в эвтрофированных водоемах, содержащих большое количество биогенных и гумусовых веществ (Гидрохимические..., 2000; Безматерных, 2009).

Значение растворенных в воде минеральных ионов в жизни гидробионтов очень многогранно. Одни из них, получившие название биогенов, необходимы автотрофным организмам для обеспечения процессов биосинтеза. Другое значение минеральных ионов связано с влиянием на солевой состав гидробионтов. Немаловажное значение для водных организмов имеет концентрация ионов кальция и магния, суммарное содержание которых определяет особое качество воды – жесткость. Достаточная жесткость воды – необходимое условие для существования гидробионтов с известковым скелетом. Влияние концентрации водородных ионов (рН) особенно критично для организмов, имеющих наружные известковые раковины. Существенное отклонение от нейтральной (рН = 7) реакции среды как в большую (щелочная реакция), так и в меньшую (закисление) сторону оказывает негативное влияние на большинство гидробионтов. По данным F. P. Conte и M. C. Geddes (1988), при одинаковой солености воды в различных водоемах при низких значениях рН обнаружено более низкое видовое разнообразие, чем при высоких значениях активной реакции среды.

На величину окислительно-восстановительного потенциала (Eh) влияет как относительное, так и абсолютное количество подвижных форм Fe, Mn, S и других элементов с переменной валентностью. Вода морских и пресных водоемов, содержащая значительное количество кислорода, имеет положительный Eh порядка 300–350 мВ, т. е. является средой окисленной. В придонных слоях воды, где содержание кислорода резко падает, Eh приобретает обратный знак (Сорокин, 1973).

Углекислый газ служит источником углеродного питания автотрофов; сложнее его значение в жизни гетеротрофов. При высоких концентрациях CO<sub>2</sub> ядовит для большинства свободноживущих животных и по этой причине они часто отсутствуют во многих родниках с водой, пересыщенной углекислотой. В небольших концентрациях CO<sub>2</sub> нужен животным для регуляции метаболизма и синтеза различных органических веществ.

Сероводород в водоемах образуется почти исключительно биогенным путем за счет деятельности различных бактерий. Для водных животных он опасен как непосредственно, так и косвенно – через снижение концентрации кислорода, идущего на окисление серы. Для большинства гидробионтов метан, подобно сероводороду, является ядовитым. Он образуется при микробном разложении клетчатки и других органических веществ.

Столь же значительное влияние, как и гидрохимический режим, на уровень развития зообентоса оказывает характер донных отложений. Для донного населения наибольшее экологическое значение имеют отдельные физические свойства грунтов: размеры частиц, плотность их прилегания друг к другу и стабильность взаиморасположения, степень смыва течениями и темп аккумуляции за счет оседания взвешенного материала. Отдельные бентические виды делятся по предпочтительному ими грунту на литофильные (обитатели камней и других твердых субстратов), гипсофильные (обитающие на торфянистых грунтах), фитофильные (живущие

на макрофитах), псаммофильные (обитатели песков), пелофильные (обитатели илов) и промежуточные между ними – псаммопелофильные (Митропольский, Мордухай-Болтовской, 1975). Физические свойства грунтов прежде всего характеризуются их механическим, или гранулометрическим, составом, под которым понимают размер зерен, образующих донные осадки. С переходом от каменистых грунтов к песчанистым и илистым средняя масса организмов снижается в результате мельчания представителей эпифауны (уменьшение опорности грунта, невозможность нахождения на нем крупных форм). Находясь на несвойственном им субстрате, донные животные испытывают угнетение или погибают (Жирков, 2010).

Основное количество озер Обь-Иртышского междуречья составляют средние и малые озера, отличительной гидрографической особенностью которых является малая глубина озерных котловин. Для озер характерны неустойчивость уровня и колебание минерального состава вод. Большинство озер периодически заморные. Поэтому определяющими факторами функционирования зообентоса озер юга Обь-Иртышского междуречья являются уровень минерализации и кислородный режим (Благовидова, 1973б).

Уровень минерализации ранее подробно не рассматривался как ключевой фактор формирования озерных экосистем (Rawson, 1939; Needham, Lloyd, 1937). Только во второй половине XX века появились работы, раскрывающие важность этого экологического фактора для формирования озерных экосистем, и в частности зообентоса (Williams, 1981; Hammer, 1986). Некоторые авторы определяют соленость как основной фактор, влияющий на видовое обилие донных беспозвоночных в континентальных водоемах и морях (Remane, Schlieper, 1971). Наиболее изучены закономерности изменения числа видов фито-, зоопланктона и зообентоса с увеличением минерализации воды на примерах озер Канады (Hammer, 1981, 1990), Австралии (Williams, 1972, 1998; Timms, 1981, 1983, 1993; Timms et al., 1986; Brock, Shiel, 1983), Крыма (Иванова, 1990; Ivanova et al., 1994; Characteristic..., 2005; Структурно-функциональные..., 2007; Влияние..., 2009) и Забайкалья (Клишко, Балущкина, 1991; Клишко, 2001).

Уровень минерализации является важным экологическим фактором, во многом определяющим разнообразие гидробионтов континентальных водоемов, особенно засушливых зон. Зависимость между соленостью и числом видов обсуждается во многих исследованиях (Timms, 1983; Metz, Fogó, 1989) и наглядно отражена на схеме Ю. Т. Хаммера (1986) (рис. 1.3). Разнообразие гидробионтов максимально в пресных водах, затем значительно снижается (со сдвигом в составе сообщества) при повышении минерализации в гипогалинном диапазоне. При минерализации от 15 г/л и выше таксономическое разнообразие уменьшается уже меньшими темпами. Причем наибольшая обратная корреляция видового разнообразия наблюдается в диапазоне 0,3–10 г/л. Однако для более высоких диапазонов минерализации (10–30, 30–50, 50–100 и 100–200 г/л) достоверность корреляции значительно снижается (Williams, 1998). Помимо числа видов, также

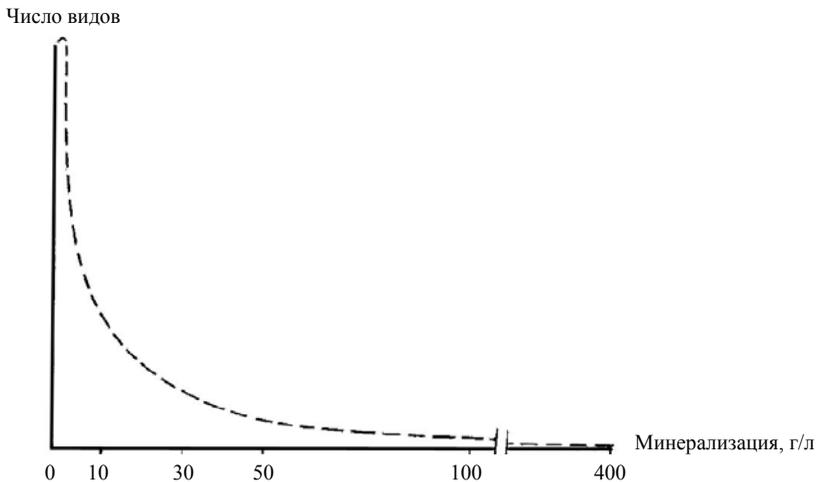


Рис. 1.3. Модель отношения между таксономическим разнообразием и соленостью (Hammer, 1986)

было показано влияние минерализации воды на биомассу донных беспозвоночных (Hammer et al., 1990).

Несмотря на перечисленные факты, до настоящего времени остается актуальным вопрос, как с увеличением минерализации проявляется воздействие других факторов среды на состав и структуру донных сообществ. Не ясно пока, в какой степени соленость имеет прямое влияние на организмы зообентоса, которое проявляется в физиологических реакциях организма, а в какой — вызывает изменения биотических взаимодействий, которые затрагивают структуру сообщества (The zoobenthic..., 1999). Многие исследователи предполагают, что другие факторы могут влиять на структуру сообществ при увеличении концентраций соли в воде водоемов. Факторы, выделяемые ими, чтобы объяснить изменение разнообразия видов включают различия в структуре макрофитов, хищничество, конкуренцию и другие биологические взаимодействия (Löffler, 1961; Timms, 1983; Lancaster, Scudder, 1987; Wood, Talling, 1988; Hammer, Heseltine, 1988; Colburn, 1988; Green, 1993). Показано, что минерализация действует на донные организмы в совокупности с другими факторами (Melack, 1988; Wurtsbaugh, Berry, 1990), при этом соленость затрагивает другие факторы, которые уже в свою очередь влияют на состав и структуру зообентоса, т. е. действуют каскадом. Оказывать влияние может не только абсолютная концентрация ионов в воде, но также и их состав. Так, например, рыбы предпочитают хлоридный тип вод сульфатному, сульфатный — карбонатному (Hammer, 1986).

Исследование зависимости биотических характеристик водных экосистем, в числе которых особый интерес представляли число видов, плотность и биомасса гидробионтов, от экологических характеристик и географического положения водных объектов всегда привлекало внимание гидробиологов и экологов. Описанию количественных закономерностей таких связей посвящена работа Д. Роусона (Rawson, 1995), в которой автор рассчитал уравнение зависимости массы планктона, бентоса и рыб от средней глубины многих озер Канады. Также были описаны различные виды связей по распределению числа таксонов в зависимости от площади территорий их обитания (MacArthur, Wilson, 1967), а также от ряда абиотических факторов (Friday, 1987; Palmer, 1981; Soszka, 1975; Dvorak, Best, 1982). На большом материале с достаточной степенью достоверности была показана связь количества видов в планкто-, бенто- и ихтиоценозах с площадью и объемом воды, а также отмечено, что независимо от типа водоемов, их географического положения и трофического статуса число видов гидробионтов находится в прямой зависимости от их площади или объема (Алимов, 2001).

Таким образом, несмотря на отчетливую общую тенденцию к уменьшению таксономического разнообразия гидробионтов при увеличении минерализации, в каждом конкретном случае и, особенно, в узком диапазоне солености велика роль других экологических факторов. Поэтому в каждом конкретном регионе требуется более детальное изучение факторов, влияющих на донное население водоемов. Причем влияние минерализации определяется не только ее уровнем, но соотношением основных ионов в воде. Воздействие этих факторов на зообентос озер юга Обь-Иртышского междуречья нуждается в дальнейшем детальном изучении.

## Глава 2. СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР

Биологические показатели являются важнейшим элементом системы контроля загрязнения поверхностных вод и позволяют определить экологическое состояние водных объектов; оценить качество вод как среды обитания организмов; определить совокупный эффект действия загрязняющих веществ; локализовать источник загрязнения; определить трофические свойства воды, тип загрязнения; установить возникновение вторичного загрязнения вод (Израэль и др., 1979). По мнению ряда специалистов, зообентос как наиболее долгоживущий и стационарный компонент гидробиоценоза наиболее четко отражает степень загрязнения, особенно хронического (Макрушин, 1974; Абакумов, Качалова, 1981; DePauw, Vannevel, 1993; Freshwater..., 1993; Попченко, 1999; Баканов, 2000; Мисейко и др., 2001; Безматерных, 2004; Безматерных и др., 2006).

В настоящее время в мировой практике применяется более 60 методов мониторинга по зообентосу, среди которых нет универсального, общепринятого. Большинство из них разработано зарубежными учеными (Hauer, Lamberti, 1996; Mandaville, 2002), и они не могут без апробации использоваться для изучения водоемов России. Использование различных региональных методов (или модификаций широко распространенных методов) возможно в качестве вспомогательных методов оценок состояния водных экосистем и должно сопровождаться обязательным обоснованием их применения: ссылками на литературные источники, многолетними данными собственных наблюдений (Баканов, 1999).

Методы биоиндикации и определения качества воды в озерных и речных экосистемах имеют ряд различий как по биотическим, так и по абиотическим компонентам. Различия эти в основном связаны с особенностями гидрофизических и гидрохимических условий в текучих и стоячих водах, что в свою очередь во многом определяет формирование их биологической составляющей. Существуют также различия в выделении эталонных участков. Эти различия обусловлены тем, что экологическое состояние озера можно более четко определить для его пелагической зоны, а не прибрежья. В пелагиали озер бентосное сообщество более однообразно по своему таксономическому составу и по набору чувствительных к загрязнению видов,

чем в литоральной зоне. С другой стороны, литораль в большей степени подвергается антропогенной нагрузке в основном из-за поступления загрязняющих веществ с водосбора. Тем не менее предпринимаются попытки внедрения системы эталонных озер, а также использования некоторых биотических индексов для озерных экосистем. Эталонные сообщества макрозообентоса в озерах должны выделяться отдельно для определенных типов среды обитания. Например, бентос литоральной зоны с каменисто-галечным побережьем, подвергающимся волновому воздействию, должен рассматриваться отдельно от бентоса зарослевых заиленных прибрежных местообитаний (Семенченко, 2010). В настоящее время в большинстве европейских стран индексы для оценки экологического качества озер находятся в стадии разработки.

В мировой практике отсутствует сколько-нибудь формализованная классификация критериев и индексов, рекомендуемых для решения конкретных задач гидробиологического мониторинга. Обилие видов живых существ, населяющих водоем, сложность их взаимодействия как между собой, так и с окружающей средой послужили причиной создания многочисленных вариантов методов оценки состояния природных вод. Большинство этих методов основано на оценке совокупности показателей: числа видов, численностей и биомасс популяций, населяющих водоем. Показатели можно разделить на следующие группы (Шитиков и др., 2003):

1. Простые, непосредственно характеризующие какой-либо индивидуальный компонент экосистемы (например, численность, биомасса или число видов в сообществе);
2. Комбинированные, отражающие компоненты с разных сторон (например, видовое разнообразие учитывает как число видов, так и распределение их обилия);
3. Комплексные, использующие сразу несколько компонентов экосистемы (например, продукция, самоочищающая способность, устойчивость).

По составу и структуре зообентоса предложено наибольшее количество методов биоиндикации, относящихся к четырем основным направлениям:

1. Оценка качества экосистемы по соотношению показателей обилия отдельных таксонов.
2. Оценка качества экосистемы по индексам видового разнообразия.
3. Расчет биотических индексов.
4. Оценка трофического статуса водного объекта.

*Оценка качества экосистемы по соотношению показателей обилия отдельных таксонов*

Это направление образуют индексы, основанные на абсолютных показателях обилия (Wright, 1984; Carr, Hiltunen, 1965) и соотношения крупных таксонов – олигохет, ракообразных, моллюсков; отрядов насекомых;

подсемейств хириноmid (Goodnight, Whitley, 1961; Пареле, 1975; Зиновьев, 1987; Балушкина, 1989).

Под влиянием загрязнения в большинстве случаев идет снижение числа видов и происходят изменения в видовом составе хириноmid. Меняются показатели численности и соотношения между разными группами личинок хириноmid. Е. В. Балушкиной (1976) был предложен индекс, по которому можно судить о степени загрязнения водоема по соотношению численности 3-х подсемейств семейства Chironomidae: п/сем. Tanypodinae (устойчивы к загрязнению), п/сем. Orthoclaadiinae (требовательны к кислороду, не выносят загрязнения), п/сем. Chironominae (занимают промежуточное положение).

Наибольшее применение в мировой практике из индексов указанной группы нашел индекс С. Л. Гуднайта и Л. С. Уитли (Уитляя) (Goodnight, Whitley, 1961) по соотношению доли олигохет и других организмов зообентоса. Этот индекс используется в системе Росгидромета (ГОСТ 17.1.3.07-82).

В оз. Мичиган уровень органического загрязнения по олигохетам следующий (Макрушин, 1974): слабое загрязнение – 100–999 экз./м<sup>2</sup>; среднее загрязнение – 1000–5000 экз./м<sup>2</sup>; тяжелое загрязнение – более 5000 экз./м<sup>2</sup>. Р. Цанер (цит. по: Макрушин, 1974) считает олигохет сем. Tubificidae классическими индикаторами загрязнения в Боденском озере и использует для этого отношение численности видов *Tubifex tubifex* к численности видов р. *Limnodrilus*.

Э. А. Пареле (1974, 1975) предложила и другой способ индикации – по отношению численности тубифицид к численности всех олигохет. Шкала, предложенная Э. А. Пареле, включает четыре градации степени загрязнения в пределах значения коэффициента от 0,3 до 1,0. Метод показал себя малоинформативным для предгорных водоемов Алтая (Яныгина, Крылова, 2006).

Для оценки состояния внутренних вод европейского Севера был предложен индекс Js, отражающий отношение массовых и устойчивых в разной степени к загрязнению видов олигохет к общему составу фауны олигохет (Попченко, Резанов, 1987; Попченко, 1988):

$$J_s = (N_t + N_h + N_f) / N_o,$$

где Js – индекс сапробности олигохет; Nt – средняя численность *T. tubifex*; Nh – средняя численность *L. hoffmeisteri*; Nf – средняя численность *Spirosperma ferox*; No – средняя численность всех олигохет в бентосе. По значению Js выделены четыре градации качества воды: Js = 0,9–1,0 – сильно загрязненная; Js = 0,5–0,89 – загрязненная; Js = 0,30–0,49 – слабо загрязненная; Js < 0,30 – чистая и относительно чистая.

Учитывая сложность идентификации видов, наиболее часто используемым является индекс Гуднайта и Уитли, однако основным ограничением

его применения является то, что при низкой численности олигохет индекс не дает достоверных результатов (Пшеницына, 1986), но он может использоваться совместно с другими биоиндикационными индексами.

### *Оценка качества экосистемы по индексам видового разнообразия*

Численность и биомасса сообществ гидробионтов может меняться во времени в зависимости от изменений факторов среды. Это может происходить как в ходе эволюционных процессов, протекающих в течение длительного времени, так и при антропогенном эвтрофировании и загрязнении водоемов, когда процессы изменения структуры экосистем протекают с большими скоростями. Сокращается число видов, возрастает доминирование отдельных видов (Шитиков и др., 2003), поэтому для индикации большое значение имеет видовое разнообразие.

Большинство отечественных исследователей на сегодня считают наиболее оптимальным индекс К. Шеннона (Терещенко, Сметанин, 1994). Он предложен в 1963 г. для оценки степени структурированности биоценозов как степень упорядоченности (информированности) системы (Шеннон, 1963; Shanon, Weaver, 1963):

$$H = -\sum (n_i / N) \log(n_i / N),$$

где  $H$  – индекс Шеннона (видовое разнообразие в битах),  $n_i$  – количество элементов  $i$ -ой группы (число особей каждого вида),  $N$  – общее количество элементов в биоценозе (например, общая численность особей всех видов во всех пробах). Под количеством элементов можно понимать численность особей, их биомассу и любые другие характеристики групп. Индекс Шеннона в загрязненных водах менее 1, в чистых – 2–3 (Константинов, 1986).

### *Расчет биотических индексов*

Один из самых широко применяемых методов оценки загрязнения пресных вод – метод биотических индексов. Наиболее известен индекс реки Трент (и расширенный индекс реки Трент), в отечественной литературе чаще называемый индексом Вудивисса (1977). Индекс позволяет оценивать степень загрязнения по видовому богатству и показательному значению таксонов в биотических индексах, что определяется по специальной таблице. Большая ценность метода заключается в сравнительной легкости идентификации указанных групп (точное видовое определение делать не обязательно, достаточно определить количество видов). Но опыт применения его в нашей стране и за рубежом показал, что, будучи разработанный для малых рек Англии, он применим далеко не ко всем типам водоемов. В частности, использование этого метода дает неудовлетворительные результаты на крупных равнинных водохранилищах. Сделано много более

или менее успешных попыток модифицировать его применительно к конкретным водоемам разных стран (Скопцова, 1981; Andersen et al., 1984; Fausch et al., 1984; Пшеницына, 1986; A proposal..., 1989; Hewitt, 1991; DePauw, Heylen, 2001). Подавляющее большинство биотических индексов разработано для речных экосистем, использование их для озерных экосистем затруднительно, так как они недостаточно корректно отражают экологическое состояние водоемов.

В своем обзоре В. П. Семенченко (2010) выделяет три методики биоиндикации, разработанные для озерных экосистем: Фламандский мультиметрический индекс (ММИФ) (Multimetric..., 2010), Lake Macroinvertebrate Integrity Index (LMII) (Development..., 2002) и метрики, используемые для оценки качества воды озер по макрозообентосу в Агентстве по охране окружающей среды США (USEPA).

В основе Фламандского мультиметрического индекса лежит бельгийский биотический индекс ВБИ (Belgium biotic Index). Преимущество этого биотического индекса состоит в том, что он рассчитывается для определенного типа рек и озер, в том числе солоноватых озер.

Индекс LMII рассчитан для озер штата Нью-Джерси и состоит из пяти метрик: число семейств Diptera, доля хирономид, доля олигохет/пиявок, доля собирателей, индекс НБИ (Hilsenhoff Biotic Index). К сожалению, индекс не содержит высокочувствительных к загрязнению видов, что ограничивает его применение.

Метрики, используемые в USEPA для оценки качества воды озер по макрозообентосу, учитывают характеристики озерного бентоса, чувствительного к различного рода воздействиям (табл. 2.1). По набору метрик такой подход имеет большое сходство с бельгийским индексом ММИФ.

### *Оценка трофического статуса водного объекта*

ГОСТ 17.1.01.77 определяет эвтрофикацию (эвтрофирование) как повышение биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов под действием антропогенных или естественных факторов. Кроме общепризнанных параметров (табл. 2.2), таких, как численность и биомасса зообентоса (или отдельных его таксонов – олигохет и хирономид) (Китаев, 1986; Оценка..., 1997), для биоиндикации трофности иногда используют и ряд других (Triverdy, 1988): биотические индексы (Вудивисса и Бика), олигохетные индексы (Гуднайта и Уитли, Кинга и Балла), индексы видового разнообразия (Шеннона, Одума, Маргалефа).

Кроме того, составлены списки видов с указанием трофности мест их обитания, предложена таблица определения трофического статуса водоемов по доминирующим таксонам обитающих в них хирономид (Saether, 1975, 1979).

## Метрики макрозообентоса в USEPA

Метрика	Ответ на стресс
Число таксонов	Снижается
Индекс Шеннона-Винера	Снижается
Среднее число особей в таксоне	Варьирует
% доминирующего таксона	Возрастает
% чувствительных видов	Снижается
% олигохет	Возрастает при избытке органики
ЕТО (Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata)	Снижается
% не насекомых	Снижается
Таксоны ракообразных+моллюсков	Снижается в условиях acidификации
Индексы толерантности (Hilsenhoff, 1987), Hubert's Lake condition index (LCI)	Снижается
% фильтраторов	Снижается
% измельчителей (листогрызущих)	Снижается при избытке биогенов (мало применим для очень больших озер)
Обилие (исключая Chironomidae, Tubificidae)	Снижается
Число пустых проб	Возрастает

Для озер юга Обь-Иртышского междуречья определение экологического состояния водоемов осложняется также наличием большого количества солоноватых и соленых озер. В мировой литературе практически отсутствуют специальные работы по методам биоиндикации, разработанным для водоемов данного типа. В практике гидробиологических исследований озер этого региона уже использовались обычные методы биоиндикации, разработанные для пресных вод (Мисейко, 2004а, б). Между тем закономерности изменения видового состава гидробионтов (в том числе индикаторных таксонов) в солоноватых и соленых озерах определяются прежде всего уровнем минерализации. При превышении критического уровня (хорогалинной зоны) происходит кардинальное изменение структуры водных сообществ: 5–8‰ для морских вод (Хлебович, 1989) и 7–11 – 8–13‰ (Аладин, 1989) или 12–14‰ (Андреева, 1987) для континентальных вод.

Стандартные классы биологических показателей продуктивности озер и водохранилищ (по Китаеву, 1986)

Класс	Биомасса хлорофилла «А», мг/м <sup>3</sup>	Биомасса фитопланктона или зоопланктона, или ихтиомасса, г/м <sup>3</sup>	Биомасса зоопланктона или бентоса, или ихтиомасса, г/м <sup>2</sup>	Преобладающий тип водоема
Самый низкий	< 0,75	< 0,25	< 0,625	Ультраолиготрофный
Очень низкий	0,75–1,5	0,25–0,5	0,625–1,25	Альфа-олиготрофный
Низкий	1,5–3	0,5–1	1,25–2,5	Бета-олиготрофный
Умеренный	3–6	1–2	2,5–5	Альфа-мезотрофный
Средний	6–12	2–4	5–10	Бета-мезотрофный
Повышенный	12–24	4–8	10–20	Альфа-эвтрофный
Высокий	24–48	8–16	20–40	Бета-эвтрофный
Очень высокий	> 48	> 16	> 40	Гипертрофный

После пересечения этих границ методики, основанные на индикаторных видах (сапробности, таксобности, кислотности), теряют свою индикаторную значимость. То же отмечено при индикации по более крупным таксонам (Безматерных, 2005а): олигохетам – индекс Гуднайта и Уитли, хиромоидам – индекс Е. В. Балушкиной. Использование биомассы и продуктивности сообществ для индикации эвтрофирования соленых водоемов также затруднительно, так как при возрастании минерализации эти показатели, как правило, падают.

По нашему мнению, учитывая вышеприведенный обзор методов биоиндикации, для оценки экологического состояния пресных озер целесообразно опробовать индекс видового разнообразия (по Шеннону) и специальный биотический индекс, разработанный для озер (ММIF), в качестве дополнительных – можно использовать олигохетный индекс Гуднайта и Уитли и определение трофического статуса водоема. Для биоиндикации экологического состояния солоноватых и особенно соленых водоемов юга Обь-Иртышского междуречья необходимо создание новой системы, учитывающей действие фактора минерализации воды.

### Глава 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Обь-Иртышское междуречье охватывает юг Западно-Сибирской низменности, Северный и часть Центрального Казахстана. Вся эта огромная территория имеет площадь около 1284 тыс. км<sup>2</sup>, в физико-географическом отношении она объединяет Барабинскую, Кулундинскую и Ишимскую степи Западно-Сибирской низменности, Тургайскую столовую страну и северную часть Казахского мелкосопочника (Поползин, 1965).

На юге Обь-Иртышского бассейна насчитывается около 39 тыс. озер с суммарной площадью более 31 тыс. км<sup>2</sup>. Озера, расположенные в лесостепной и степной зонах юга Западной Сибири, имеют общие сходные черты. Основная масса относится к средним, малым, мелководным озерам с площадью от 2 до 20 км<sup>2</sup>. В таких мелководных озерах с сравнительно низкой прозрачностью сложно выделить традиционные три зоны (литораль, сублитораль и профундаль), так как пелагиаль мелководных озер представлена только эпилимнионом. Поэтому к таким зонам иногда применяются другие наименования: эпилитораль, эписублитораль и эпипрофундаль (Китаев, 2007). Имеются также и крупные озера, такие как Чаны, Убинское, Сартлан, Кулундинское (Жадин, Герд, 1961).

Территория юга Обь-Иртышского междуречья имеет сложное геоморфологическое и геологическое строение. Геоморфологические структуры междуречья представлены как повышенными плато разной степени дренированности, так и пониженными бессточными аккумулятивными равнинами со сложным гривноложбинным рельефом, а почвообразующими породами служат отложения различного возраста, генезиса и гранулометрического состава (Худяев, 2008).

На территории Обь-Иртышского междуречья с севера на юг умеренно прохладный, влажный климат южной тайги меняется на теплый, засушливый сухостепной. Соответственно этому ослабевают процессы болотообразования и усиливаются процессы галогенеза. Климат территории юга Обь-Иртышского бассейна резко континентальный, с продолжительной холодной зимой и жарким летом. В распределении температур проявляется зональность. Средние температуры воздуха зимой от  $-16,9$  до  $-19,8^{\circ}\text{C}$ , абсолютные минимальные температуры достигают  $-48^{\circ}\text{C}$ . Осадки по территории юга Обь-Иртышского бассейна распределяются неравномерно, что связано с зональностью и географическим положением отдельных районов. Климат лесостепи имеет переходные черты от климата лесостепи

к климату тайги. Среднегодовая температура воздуха колеблется от 0 до 0,3°C. Климат степной зоны отличается более континентальными условиями по сравнению с лесостепью, среднегодовая температура воздуха составляет здесь +1,4°C (Западная..., 1963).

Почвенный покров юга Обь-Иртышского междуречья формируют зональные почвы, расположенные на хорошо дренируемых возвышенных поверхностях и гривах: дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы (оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, южные) и каштановые. Интразональные почвы, формирующиеся на слабо дренируемых участках и в межгрядных понижениях с неглубоким уровнем залегания грунтовых вод, представлены болотными почвами, солонцами, солончаками и луговыми (Кравцов, Донукалова, 1996; Генезис..., 1988). Почвообразующие породы Барабы и юга Васюганья представлены тяжелосуглинистыми и глинистыми озерно-аллювиальными и озерными отложениями. В Кулунде распространены супесчаные и песчаные породы аллювиального и озерно-аллювиального генезиса. На территории Предалтайской равнины преобладают лессовидные суглинки различного гранулометрического состава (Новосибирская..., 2008; Татаринцев, 1992).

Отличительная гидрографическая особенность озер юга Обь-Иртышского междуречья – малая глубина озерных котловин в целом и их подводной части (Поползин, 1965). В основном это мелководные водоемы со средними глубинами 1,5–3,0 м. Центральная часть озер занята илами; в прибрежье распространены заиленные пески, пески, реже глины; в заливах и зарослях – черно-бурые илы с детритом. Водная растительность развита хорошо. По солевому составу озера самые разнообразные, от пресных до горько-соленых. На долю соленых озер приходится около 10% общей площади зеркала, при этом наибольшее их количество находится в Прииртышской части бассейна. Характерные особенности озер междуречья – неустойчивость их уровней и солоноватость вод в большинстве из них, минерализация при этом колеблется от 0,8 до 10,7 г/дм<sup>3</sup>. И только проточные озера, связанные непосредственно с речной системой, имеют среднюю минерализацию 0,2–0,3 г/дм<sup>3</sup> (Благовидова, 1973а). Активная реакция среды – от слабощелочной до щелочной (рН 7,3–8,9). Озера степной и лесостепной зон относятся к эвтрофным с некоторыми чертами дистрофии. Большинство озер этих зон периодически заморные (Рузанова, 1984).

На юге Западной Сибири Н. В. Савченко (1997) выделяет десять типов ландшафтов: Васюганский, Притарский, Омь-Тартасский, Барабинский, Убинско-Чулымский, Нижнеомский, Причановский, Сумы-Чебаковский, Прибаганский и Карасукско-Бурлинский. Геолого-геоморфологической основой при выделении ландшафтов в пределах Васюганья, Барабы и Северной Кулунды послужили геоморфологические районы, отражающие генетические и морфологические особенности рельефа. Выделенные ландшафты отличаются происхождением и формами рельефа, геотермическими условиями, почвенно-растительными группировками и т. д.

Более ранняя классификация озер, охватывающая большую территорию, была предложена А. Г. Поползиным (1965). На юге Обь-Иртышского бассейна он выделил две озерные зоны: лесостепную и степную, и четыре подзоны: северная и южная лесостепные озерные подзоны и две озерные подзоны степи (подзона озер разнотравно-ковыльных степей северной части Казахского мелкосопочника и Алтайской Кулунды и подзона озер засушливых типчаково-ковыльных степей центральной части Казахского мелкосопочника). В подзоне северной лесостепи А. Г. Поползин выделяет три озерные области: Чано-Барабинская, Салтаим-Тенисская, Южно-Тюменская. В подзоне южной лесостепи: пресные озера Камышловского лога Северного Казахстана, озера Карасукского бассейна, озера ленточных боров Алтайского края.

Территория степной зоны в геологическом отношении однородна. Ее поверхность в основном слагают рыхлые песчано-глинистые речные и озерно-речные отложения четвертичного возраста. Рельеф зоны степей неоднороден. Юго-восточная ее часть возвышенна, здесь находится сильнорасчлененное Приобское плато, абсолютные высоты которого достигают 250–300 м. Основная часть территории степи расположена ниже и имеет равнинный рельеф. Водораздельные части представляют собой почти плоские (если не считать множества западин, впадин различного очертания, мелких и крупных озерных котловин, ложбин и грив) и малодренированные территории (Западная..., 1963).

Приобская лесостепь занимает левобережье и правобережье Оби в пределах юго-восточной части Новосибирской области и северо-восточной части Алтайского края. Рельеф сравнительно плоский на западе (Приобское плато), по направлению на восток, к Салаирским горам, становится все более всхолмленным. Приобское плато разделено ложбинами стока на ряд параллельных увалов, относительные высоты которых достигают 40–60 м. Большие площади лесостепи (в лощинах стока и на террасах Оби) заняты сосновыми борами (Западная..., 1963).

### **3.1. Барнаульская озерная система**

Река Барнаулка впадает в Обь слева у г. Барнаула и имеет протяженность около 200 км, относится по своей длине и площади бассейна к средним рекам, но по расходу воды ее можно отнести к малым (Корытный, 2001). Площадь бассейна составляет 5720 км<sup>2</sup>, в том числе действующая – 4500 км<sup>2</sup>. В бассейне реки частично расположены г. Барнаул и 8 административных районов Алтайского края.

Бассейн реки Барнаулки по физико-географическому районированию относится к Западно-Сибирской стране, Верхнеобской провинции, Приобской левобережной подпровинции, Горькоозерному, Касмалинскому и Барнаульскому районам (Николаев, 1986).

*Климат.* Бассейн реки Барнаулки расположен в зоне континентального климата с неустойчивым и недостаточным количеством атмосферных осадков (320 мм в год), со значительными колебаниями температуры в течение года (до 88°C) и суток (до 22°C). Низкие температуры зимой и высокие летом связаны с преобладанием здесь малооблачной антициклональной погоды. Зимой такая погода способствует сильному выхолаживанию приземного слоя воздуха, а летом – интенсивному прогреванию (Сляднев, Фельдман, 1958).

*Рельеф.* Современная долина реки расположена в ложбине древнего стока. В верхней части долину образует ряд вытянутых котловин, в которых расположено до 10 проточных озер (Занин, 1952).

*Почвы.* Почвенный покров Барнаульской ложбины древнего стока представлен в основном дерново-подзолистыми почвами, формирующимися на древнеаллювиальных песках ложбин древнего стока. Материнскими породами для почв служат тонко- и среднезернистые рыхлые пески. Грунтовые воды залегают близко – на глубине 2–4 м (Базилевич, Розанов, 1959).

Большая часть сосновых лесов, в том числе и Барнаульского бора, приурочена к почвам песчаного, супесчаного, иногда суглинистого состава, однородным по строению, бедным органическими веществами, сухим и бесструктурным, с незначительной влагоемкостью, но большой водо- и воздухопроницаемостью. Они рано оттаивают весной, быстро начинают нагреваться и быстро остывают. На буграх и дюнах почвы иногда недоразвиты, маломощны, однородны или слоисты; на плоских вершинах валов и пологих склонах встречаются почвы с признаками оподзоливания.

*Растительность.* В понижениях реки встречаются березово-осиновые колки и кустарники (Силантьева и др., 2000).

В ленточных борах распространены две формации: соснового и березово-соснового леса. Сосновые леса как формация широко распространены и разнообразны по составу ассоциаций, представленных рядами групп от наиболее ксерофитных лишайниковых до мезофитных травянистых. Березово-сосновые леса распространены меньше, чаще являются производными, встречаются по понижениям. В основном приурочены к населенным пунктам и окраинам леса. Характерно небольшое развитие болотообразовательных процессов, затухающих к югу.

*Гидрология.* В научной литературе по-разному оценивают истоки реки. В сводке «Ресурсы поверхностных вод...» (1962) указано, что река Барнаулка берет начало из оз. Зеркального, ее длина 207 км (с оз. Зеркальным – 222 км). По современным данным (Силантьева и др., 2000), истоками реки следует считать лесные озера, расположенные в центре бора возле сел Песчаное и Ворониха, таким образом, река стала короче на 40 километров.

В начале XX века река Барнаулка имела 14 притоков первого порядка. Строительство на всех притоках реки дамб, земляных плотин и другая деятельность человека привели к тому, что река практически лишилась всех своих притоков. Наблюдения 1997–1998 гг. показали, что ни один приток

кроме реки Пивоварки и реки Власихи не имеет сообщения с рекой уже с начала июня, в летний период все они распадаются на фрагменты, а 4 притока полностью исчезли: река Мохнатушка, ручей Визельный, река Колывань, Тихая Речка (К анализу..., 1998).

В 2000 г., по данным В. П. Галахова (Темерев и др., 2001), расход воды у г. Барнаула (150 м ниже устья реки Пивоварки) колебался от 0,39 (14 марта) до 7,35 м<sup>3</sup>/сек (12 апреля), а скорость течения от 0,34 (5 октября) до 0,91 м/сек (12 апреля). Питание реки Барнаулки осуществляется за счет грунтовых вод и атмосферных осадков. Значительные запасы воды скапливаются в мелких озерах и болотцах, прилегающих к пойме реки, мощную подпитку которым дают проточные озера.

Характерной особенностью гидрологического режима степных озер Алтайского края, в том числе озер бас. реки Барнаулки, является неустойчивость уровня воды. При внутривековых изменениях гидрометеорологического режима типа циклов Брикнера, продолжительность которых составляет немногим более 30 лет (Максимов, 1989), уровень озер периодически падает, что сказывается на мелководных озерах особенно сильно. В регрессивной фазе обводненности озера-блюдца мелеют, минерализуются, их площадь сокращается.

*Гидрохимия.* В период весеннего половодья минерализация воды в русле реки Барнаулки может составлять 200–400 мг/дм<sup>3</sup>, летом увеличивается до 600–700 мг/дм<sup>3</sup>. Жесткость воды в течение года изменяется от 2 до 6 мг-экв./дм<sup>3</sup> (вода мягкая и умеренно жесткая). Ионный состав воды характеризуется выраженным преобладанием гидрокарбонатов, кальция и натрия.

По солевому составу Барнаульские озера относятся к среднеминерализованным хлоридно-сульфатно-карбонатного типа (Иванова, 1962). Гидрохимическая характеристика озер приводится в таблице 3.1.

Ежегодно в январе–феврале наблюдается дефицит растворенного в воде кислорода, а в начале марта заморы охватывают всю акваторию водоемов. По данным наблюдений Алтайской озерно-речной лаборатории за 1984–1985 гг. суточное потребление кислорода на окислительные процессы в оз. Зеркальном составляло 0,22 мг/дм<sup>3</sup>, а в оз. Бахматовском – 0,18 мг/дм<sup>3</sup> (Силантьева и др., 2000).

*Гидробиология.* Р. Е. Романов и М. В. Соловьева (2000) указывают для реки Барнаулки 254 вида фитопланктона. Преобладают зеленые и диатомовые водоросли (210 видов), что является характерной чертой голарктических рек. Экологический анализ выявил преобладание стенотермных теплолюбивых видов (68,7%), 22% видов являются эвритермными, 8% – стенотермными холодолюбивыми и 1,6% – виды, развивающиеся при умеренных температурах (+12 – +17°C).

Основу фитопланктона реки составляют факультативные планктеры, т. е. виды, существование которых возможно как в планктоне, так и в бентосе, и перифитоне. Большая часть водорослей, обитающих в реке, относится

Т а б л и ц а 3.1

Гидрохимическая характеристика Барнаульских озер (по Ивановой, 1962)

Гидрохимический показатель	Озеро			
	Серебренниковское	Среднее	Бахматовское	Зеркальное
Цветность в градусах	30	30	40	20
Кислород, мг/дм <sup>3</sup> (поверхность / дно)	2,9 / 2,4	–	3,1 / 2,3	–
Сероводород, мг/дм <sup>3</sup> (поверхность / дно)	0,4 / 1,3	–	0,8 / 1,9	–
pH	6,6	6,5	6,8	6,7
Щелочность, мг-экв./дм <sup>3</sup>	7,4	18,2	7,6	8,2
Карбонатная жесткость в градусах	20,72	–	21,28	22,96
Хлориды, мг Cl/дм <sup>3</sup>	120	100	306	122
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	–	45,1	46,1	–
Общая жесткость в градусах	19,2	28,1	23,5	36,8
Са мг/дм <sup>3</sup>	64	92	90	76
Mg мг/дм <sup>3</sup>	92	136	104	208
Бихроматная окисляемость, мгО/дм <sup>3</sup>	–	–	64	–
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	–	322	1380	–

к космополитам (48%), тогда как роль бореальных видов снижена (22%). По количеству видов весной и осенью преобладают диатомовые водоросли, а летом – зеленые, из них хлорококковые самые многочисленные. Анализ сезонной динамики биомассы фитопланктона показал, что ранней весной биомасса растет медленно, затем в конце весны начинается ее интенсивный рост. В середине лета величина биомассы достигает своего максимума, а осенью наблюдается ее резкое падение.

В 1995–1999 гг. в зоопланктоне реки Барнаулки было зарегистрировано 114 видов беспозвоночных животных. Микрозоопланктон реки представлен, в основном, инфузориями – 74 вида из 9 классов (Эйдукайтене, 2000). Кроме инфузорий в зоопланктоне также отмечены бесцветные жгутиконосцы, солнечники и амёбы. В микрозоопланктоне наибольшее количество видов инфузорий было представлено в классах *Oligohymenophorea* и *Nudotrichea*. Представители класса *Oligohymenophorea* – это как типично

планктонные виды, так и прикрепленные виды инфузорий, а представители Haptophyceae – типично бентосные виды. Наличие бентосных и прикрепленных видов инфузорий в планктоне – характерное явление для мелководных рек. По частоте встречаемости в пробах доминантом был вид *Coleps hirtus* (Nitzsch). Увеличение численности этого вида свидетельствует о повышении степени сапробности водоема. Также отмечено, что в олиготрофных водоемах этот вид никогда не бывает массовым.

В 1997 г. в мезозоопланктоне обнаружено 16 видов коловраток, 9 – веслоногих рачков и 15 – ветвистоусых рачков (Безматерных и др., 2000). Из коловраток доминировала *Asplanchna priodonta* Gosse, реже встречались *Brachionus calyciflorus* Pallas и *B. quadridentatus* Hermann. Среди веслоногих наибольшего развития достигали *Mesocyclops leuckarti* Claus и *Eucyclops denticulata* Fisch. Доминирующим видом в мезозоопланктоне в целом, и среди ветвистоусых в частности, была *Moina macroscopa* Straus, меньше была численность *Bosmina longirostris* O. F. Müller и *Alona affinis* Leydig.

Л. В. Веснина (Водоемы..., 1999) указывает, что зоопланктон верховьев Оби ротаторного типа и характерен как для всего ее русла, так и для главных притоков. По ее данным коловратки составляют 73,5% видов мезозоопланктона верховой Оби и 47,6% в реке Барнаулке. В Барнаулке доля коловраток не превышала 34,5% видового состава мезозоопланктона.

Общая численность микрозоопланктона за исследованный период колебалась от 160 до 3060 тыс. экз./м<sup>3</sup>, численность мезозоопланктона от 34 до 218 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Весной, в мае, количество инфузорий заметно больше количества мезозоопланктона, и биомасса также превышает биомассу мезозоопланктона. Летом наблюдается совершенно другая картина: численность инфузорий резко падает и повышается численность мезозоопланктона. К концу лета и осенью численность инфузорий снова заметно повышается, что связано с сокращением численности мезозоопланктона.

Самая высокая численность инфузорий за исследованный период (2448 тыс. экз./м<sup>3</sup>) была отмечена на станции «Лесной пруд». На трех других станциях численность была ниже и мало отличалась на различных участках: «Борзовая заимка» – 1554 тыс. экз./м<sup>3</sup>, «пр-т Социалистический» – 1696 тыс. экз./м<sup>3</sup> и «Устье» – 1423 тыс. экз./м<sup>3</sup>. Биомасса микрозоопланктона и мезозоопланктона по датам изменялась так же, как и численность. По станциям отбора проб доля инфузорий в биомассе зоопланктона реки Барнаулки менялась от 97 до 31%, при росте суммарной биомассы зоопланктона от истоков к устью – от 0,2 до 1,0 г/м<sup>3</sup>.

По данным А. В. Савоськина и В. Б. Журавлева (2000), современный состав ихтиофауны реки Барнаулки представлен 9 видами, относящимися к 4 семействам: щуковые, карповые, вьюновые, окуневые. В основном русле реки встречаются пескарь, щиповка, щука и плотва. Золотой карась, линь и озерный голяк отмечены только в пойменных водоемах. Серебряный карась и окунь населяют как русловые, так и пойменные биотопы.

Все виды являются представителями аборигенной ихтиофауны. Щиповка сибирская, которая в середине 70-х гг. XX века была обычным видом, сейчас относится к наиболее редким видам. В 1997 г. она не была отмечена в составе ихтиоценоза. Вероятная причина сокращения численности этого вида заключается в ухудшении качества воды и условий обитания. Резко сократилось количество щуки, хотя еще в 1984 г. по преобладающему составу ихтиофауны реки Барнаулку относили к плотвично-щучьей реке. Сильное загрязнение воды в устье реки создает непроходимый порог для обских рыб. На формирование ихтиофауны нижнего участка реки большое влияние оказывало водохранилище «Лесной пруд» в черте г. Барнаула (площадь 50 га), где было отмечено увеличение видового разнообразия и ихтиомассы.

Среднее течение реки более бедно в видовом отношении. Обычными здесь являются плотва и пескарь, щука встречается редко. Верхний участок бассейна реки представлен в основном проточными, непроточными и бессточными озерами, поэтому для этого участка реки характерно формирование ихтиоценоза, представители которого адаптированы к экстремальным условиям существования. В виду высоких адаптивных возможностей здесь наиболее многочисленными являются два вида караса (золотой и серебряный). Окунь в верхнем участке отмечен только для оз. Горькое-Перешеечное, где он появляется периодически, так как при зимних заморах погибает в первую очередь (Савоськин, Журавлев, 2000).

*Антропогенное воздействие.* В бассейне реки расположено около 36 сельскохозяйственных предприятий, 6 лесхозов, 16 лесничеств. Из предприятий по переработке сельскохозяйственной продукции в бассейне реки работает Черемновский сахарный завод, использующий воду из реки для технологического процесса. В 1983 г. в бассейне находилось 103 населенных пункта с населением более 60 тысяч человек (без учета г. Барнаула). Около 63% площади водосбора распахано (Силантьева и др., 2000).

Уровень антропогенного воздействия на бас. реки Барнаулки значительно увеличивается от верхнего к нижнему течению. В верхнем и среднем течении антропогенное воздействие рассредоточено и связано в основном с сельскохозяйственным производством (Геоэкологический..., 2003), что обуславливает диффузный характер загрязнения реки (Михайлов и др., 2000).

### **3.2. Бурлинская озерная система**

Бассейн реки Бурлы с многочисленными озерами и замыкающим оз. Бол. Топольное – одна из бессточных озерно-речных систем, расположенных в междуречье Оби и Иртыша. Эти системы представляют собой уникальные природные объекты и являются надежными индикаторами циклов увлажнения территории юга Западной Сибири (Галахов и др., 2010).

*Климат.* Климат в бассейне Бурлинской озерно-речной системы умеренный континентальный, радиационный баланс более  $30 \text{ ккал/см}^2$  в год. Вся характеризуемая территория совпадает с зоной недостаточного или весьма недостаточного увлажнения, где при достаточной теплообеспеченности влажный год повторялся в 60–80-е гг. XX века в среднем 1 раз в 6 лет, средний – 2 раза и засушливый 2–3 раза (Мильков, 1977). С 1990 по 2008 г. влажный и средний года повторяются обычно за тот же срок по 1 разу, а засушливый от 2 до 4 раз. Среднегодовая температура воздуха в этот период повысилась на  $0,14^\circ\text{C}$ , а среднегодовое количество осадков сократилось на 10–30 мм. Однако 2008 г. оказался аномальным в среднемноголетнем тренде некоторых элементов климата летнего периода: среднее количество осадков возросло на 60–75 мм, а среднелетняя температура воздуха понизилась на  $3,6\text{--}4,2^\circ\text{C}$  (Новосибирская..., 2008).

*Рельеф.* Эта территория представляет собой плоскую, местами слабо-волнистую равнину с бугристо-гривистыми формами рельефа, древними долинами стока и суффозионными понижениями (западинами). Высотные отметки здесь варьируют в пределах 100–110 м, а к северо-востоку повышаются до 120–127 м. Поверхность повсюду сложена песчано-суглинистыми аллювиальными и озерно-аллювиальными четвертичными отложениями мощностью до 30–40 м, подстилаемыми водоупорными глинистыми слоями неогена. Глубина расчленения рельефа (10–20 м) увеличивается к востоку до 30 м, густота расчленения рельефа на водоразделах менее  $0,1 \text{ км/км}^2$ , в долинах возрастает до  $0,2\text{--}0,3 \text{ км/км}^2$ ; углы наклона повсеместно не превышают  $1^\circ$  (Физико-географическое..., 1968; Савченко, 1997).

*Почвы.* Для почвенного покрова, в общих чертах пестрого, с резкой сменой одних почв другими, характерны южные черноземы. Они обычно развиты на положительных формах рельефа и в направлении к западу и юго-западу района сменяются каштановыми почвами. В понижениях по всему району широко представлены солонцы, солоды и солончаки. Вблизи озерных побережий почвенное засоление сульфатное и хлоридное, на остальной территории – гидрокарбонатное (Рассыпнов, 2000).

*Растительность.* Типичная растительность – разнотравно-типчаково-попынные степи. Они полностью распаханы. В понижениях рельефа, по берегам озер, на солонцах развита галофитная и влаголюбивая растительность. На положительных формах рельефах растительность характеризуется сложной системой лугово-степных ассоциаций с редкими березовыми колками (Растительный..., 1985; Биоразнообразие..., 2010).

*Гидрология.* Река Бурла берет начало в 20 км от реки Оби, в 8 км к северо-востоку от с. Долганка (Крутихинский район Алтайского края). В средние по водности годы протяженность реки составляет 489 км. По характеру долины, поймы и русла реку можно разделить на три части: 1) верхнее течение – от истока до с. Береговое (489–390 км), 2) среднее течение – от с. Береговое до оз. Топольное (390–228 км), 3) нижнее течение – оз. Топольное (включительно) до устья (228–0 км) (Ресурсы..., 1962).

Бурлинская озерно-речная система насчитывает более 280 озер, с суммарной площадью зеркала воды 425 км<sup>2</sup>. Из них около 200 озер – бессточные, с площадью зеркала от 0,2 до 10 км<sup>2</sup>, располагающиеся преимущественно в средней и нижней частях бассейна. Особенно большое влияние на водный режим реки Бурлы оказывают проточные озера, которые располагаются практически по всей длине реки, от истока и до устья (Схема..., 2003). Характеристика исследованных озер приведена в таблице 3.2.

*Гидрохимия.* Для вод Бурлинской озерно-речной системы характерны высокие концентрации фосфатов и аммонийного азота. В отдельных случаях (устья рек Бурлы, Курьи, озер Большое и Бол. Пустынное) наблюдались повышенные концентрации нитритов. По минерализации и соотношению главных ионов воды реки Бурлы и озер ее бассейна по классификации О. А. Алекина (1953) относятся к разным классам (табл. 3.3). В верхнем течении реки Бурлы воды карбонатные группы натрия (содовые) и кальция I типа. В среднем и нижнем течении воды становятся сульфатно-натриевыми I–II типов. Исключение составляют озера Кабанье и Хомутиное, расположенные в нижнем течении реки Бурлы, воды которых относятся к содовым, карбонатно-натриевым водам I типа, и река Бурла в среднем течении, перед оз. Топольное, вода которой относится к смешанным карбонатно-сульфатным водам группы натрия I типа (Состав..., 2010).

*Донные отложения* озер в центральной части в основном представлены илами, для прибрежной части встречаются пески, в ряде случаев с примесью детрита (см. табл. 3.2).

*Гидробиология.* В исследованных озерах Бурлинской системы содержание хлорофилла *a* в фитопланктоне варьирует в широких пределах – от 0,5 мг/м<sup>3</sup> в оз. Кривое до 133,2 мг/м<sup>3</sup> в оз. Кабанье (Состав..., 2010).

В озерах бассейна реки Бурлы отмечено 18 видов макрофитов из 14 родов 13 семейств и 2 отделов. В большинстве исследованных озер среди прибрежно-водной растительности преобладают ассоциации тростника южного и рогоза узколистного, среди погруженной – рдестов гребенчатого и пронзеннолистного (Состав..., 2010).

В зоопланктоне озер выделяются 30 видов коловраток, 26 видов ветвистоусых и 17 видов веслоногих раков. В озерах верхнего течения реки Бурлы – Топольное, Хомутиное, Песчаное и Хорошее – доминируют пресноводные формы зоопланктона, широко распространенные в Палеарктике: *Mesocyclops leuckarti* Claus, *Chydorus sphaericus* (Müller), *Daphnia longispina* Müller, *Filinia major* (Golditz), *Brachionus angularis* Gosse, *Keratella cochlearis* (Gosse). Общая численность зоопланктона достигала 378 670 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 15 406 мг/м<sup>3</sup>. В озерах нижнего течения реки Бурлы – Кривое и Бол. Топольное – видовой состав зоопланктона обеднен. В оз. Кривом доминировали *Arctodiptomus salinus* (Daday), *Acanthocyclops viridis* (Sars) и *Eucyclops macruioides* (Lill.). Общая численность зоопланктона составила 93 140 экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 3326 мг/м<sup>3</sup> (Состав..., 2010).

Таблица 3.2

Характеристика исследованных озер Бурлинской системы (по данным лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН)

Озеро	Основные характеристики				
	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина, м	Минерализация, г/л	Растительность	Грунт
1	2	3	4	5	6
Бол. Пустынное	4,75	4	0,473	Доминируют сообщества тростника, которые окаймляют озеро почти со всех сторон; среди погруженных отмечены телорез, рдесты и уруть	Темно-серый жидкий ил с растительным детритом
Бол. Топольное	164,6	4,5	18,46	Вдоль северо-западного берега озера отмечены заросли тростника; редко встречаются рдест гребенчатый и нитчатые макроводоросли	В прибрежье – песок, в центральной части – илы
Большое	Нет данных	Нет данных	0,722	Вдоль берега изредка отмечены заросли тростника и рогоза узколистного в виде бордюра шириной до 2 м	В прибрежье – песок, в центральной части – серые илы
Верхнее	1,6	1,8	0,359	Растительность представлена сообществами роголистника и рдеста гребенчатого, занимает 90% акватории озера	Темно-серый жидкий ил с растительным детритом
Кабанье	3,2	2	1,27	Наблюдается бордюр тростника шириной от 0,5 до 2,5 м; очень редко встречаются ценозы роголистника погруженного	Бурые илистые грунты
Кривое	48,3	3,6	9,74	Озеро более чем на 40% заросло макрофитами; сообщества тростника окаймляют озеро почти со всех сторон; нижний подводный ярус образован рдестами	Темные илы

Окончание табл. 3.2

1	2	3	4	5	6
Топольное	16,1	4,9	1,01	Вдоль северного берега на узкой песчаной полосе изредка встречаются разреженные сообщества тростника, клубнекамыша и камыша	Темно-серый жидкий ил с растительным детритом
Нижнее	2,0	1,5	0,429	Растительный покров представлен тростниковыми сплавинами вдоль берегов и обширными зарослями по всему озеру; встречаются водокрас, телорез, рдесты и роголистник	Темно-серый жидкий ил с растительным детритом
Песчаное	27,8	3,2	1,49	Пояс прибрежно-водной растительности представлен сообществами с доминированием тростника обыкновенного (шириной от 3 до 10 м) с вкраплениями рогоза узколистного	В прибрежье – песок, в центральной части – илы
Прыганское	1,9	1,5	0,328	Вдоль берега отмечена узкая полоса тростника; по акватории озера – пятнами камыш, встречается кувшинка и кубышка подводная; растительность представлена рдестами, телорезом	В прибрежье – крупный детрит, в центре – ил и детрит
Хомутиное	17,8	2,6	1,15	Хорошо выражен пояс тростника шириной около 20 м; по берегам встречаются небольшие куртины рогоза узколистного, камыша и клубнекамыша	По берегам – заиленный песок, в центральной части – ил
Хорошее	43,7	6,2	2,09	Отмечен типичный бордюрный тип зарастания, бордюр, образован тростником; в воде вдоль зарослей тростника встречаются сообщества рдестов	В прибрежье – песок, в центральной части – илы

Т а б л и ц а 3.3

Химический состав вод озер Бурлинской системы (цит. по: Состав..., 2010)

Показатель	Озеро										
	Большое	Бол. Пустынное	Бол. Топольное	Верхнее	Кабанье	Кривое	Топольное	Нижнее	Песчаное	Хомутиное	Хорошее
T, С°	21,1	21,2	19	21	16,4	21,4	16,8	21,8	18,1	17,4	18,3
Прозрачность, м	0,4	До дна	0,35	До дна	0,2	До дна	0,3	До дна	0,5	0,5	0,8
pH	8,38	9,49	9,15	9,57	8,91	8,64	8,7	9,83	8,95	8,78	8,95
Eh, мВ	105	45	136	75	110	100	151	114	110	29	142
УЭП, % мСм/см	0,698	0,41	16,4	0,315	1,083	9,05	0,68	0,317	1,357	1,102	2,06
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	8,16	8,64	8,64	7,36	8,64	7,84	8,64	9,28	10,08	9,12	9,12
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	7,68	2,88	1,12	3,2	5,6	2,4	5,28	4,64	5,28	5,92	2,08
ПО <sub>4</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	38,4	31,9	33,1	28,7	31,2	51,5	24	29,1	21	25	22,6
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг P/дм <sup>3</sup>	0,373	0,048	0,111	0,075	0,053	0,026	0,013	0,177	0,031	0,02	0,02
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,68	0,35	Нет данных	0,2	0,8	1,03	0,42	0,34	0,29	0,28	0,26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,035	0,01	0,001	0,005	0,008	0,004	0,006	0,004	0,006	0,002	0,001
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,14	0,15	0,1	0,18	0,22	0,22	0,11	0,18	0,17	0,28	0,17

Окончание табл. 3.3

Показатель	Озеро										
	Большое	Бол. Пустынное	Бол. Топольное	Верхнее	Кабанье	Кривое	Топольное	Нижнее	Песчаное	Хомутиное	Хорошее
$\text{CO}_3^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	< 10,0	< 10,0	102	< 10,0	< 10,0	20,4	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0
$\text{HCO}_3^-$ , мг/дм <sup>3</sup>	365	319	1 564	209	456	951	306	267	469	430	586
СГ, мг/дм <sup>3</sup>	31,2	18,6	3 580	< 10,0	105	1 404	73,7	< 10,0	137	98,3	225
$\text{SO}_4^{2-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	129	15,5	7 050	51,6	334	4 125	334	47	440	294	645
Жесткость, °Ж	4,22	3,14	58,8	2,45	6,38	25,7	5,61	3,33	6,62	6,62	8,82
$\text{Ca}^{+2}$ , мг/дм <sup>3</sup>	24,6	18,7	11,8	25,5	53,2	60,9	45	43,2	35,4	49,1	37,3
$\text{Mg}^{+2}$ , мг/дм <sup>3</sup>	36,4	26,8	708	14,3	45,3	276	40,9	14,3	59	50,7	84,6
$\sum \text{Na}^+ + \text{K}^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	133	73,6	5 451	54	276	2 902	211	52,6	352	233	514
$\sum$ ионов, мг/дм <sup>3</sup>	722	473	18 468	359	1 272	9 741	1 012	429	1 494	1 158	2 093

Примечание: УЭП – удельная электропроводность, БПК – биологическое потребление кислорода, ПО – перманганатная окисляемость.

По классификации М. П. Сомова (1920), озера Бурлинской системы относятся к окунево-плотвичному типу (Иванова, 1962). Видовой состав включает 8 видов, относящихся к четырем семействам (сиговым, щуковым, карповым и окуневым) (Соловов, Новоселова, 1979). Озера Бурлинской системы характеризуются высоким рыбопродуктивным потенциалом, но обусловленные дефицитом осадков периодическое пересыхание и зарастание, а также промерзание приводят к заморам, гибели и, соответственно, снижению рыбопродуктивности (Водоемы..., 1999).

*Антропогенное воздействие.* Дефицит водных ресурсов в бассейне реки Бурлы возник давно и связан с особенностями климатических условий этого региона, а также с хозяйственной деятельностью человека: без проектов и согласования возводятся и разрушаются земляные дамбы для перехвата стока, регулируется сток (Кошелев, Казанцева, 2005). Основными источниками загрязнения водных объектов бассейна реки Бурлы являются прежде всего животноводческие фермы и комплексы. Неблагоприятная экологическая обстановка в данных озерах была отмечена по результатам гидрохимических анализов (Состав..., 2010). В озерах наблюдались превышающие ПДК<sub>рх</sub> значения БПК<sub>5</sub>, по эколого-санитарным показателям (Комплексная..., 1993) вода исследуемых озер характеризовалась как сильно загрязненная. Повышенные показатели БПК<sub>5</sub> свидетельствуют о повышенном содержании в воде органических веществ.

### 3.3. Карасукская озерная система

Эта система находится в пределах Новосибирской области. Озера на территории области располагаются неравномерно. Большинство из них приурочено к левобережью Оби с равнинным рельефом.

*Климат* резко континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Район отличается недостаточным увлажнением, избыточной теплообеспеченностью и заметным нарастанием аридности с северо-востока на юго-запад. Влажные периоды чередуются с засушливыми. Это обуславливает изменение гидрологического режима в озерах. Колебания уровня воды в озерах и связанные с ним изменения окружающих условий жизни приводят к закономерным изменениям в динамике численности и качественном составе гидробионтов (Петкевич, 1963; Российская..., 1971).

*Рельеф.* Бассейн озер представляет слабоволнистую аллювиальную равнину, сложенную четвертичными отложениями. В западинах рельефа расположены березово-осиновые колки, а по берегам озер встречаются солонцово-солончаковые комплексы (Михайлов, 1968; Мельникова, 1972а).

*Почвы* черноземные и черноземовидные. Растительный покров однообразен – небольшие березово-осиновые колки, расположенные в блюдцеобразных понижениях и межривных котловинах (Мельникова, 1972б; Рассыпнов, 2000).

*Гидрология.* Карасукская озерная система состоит из трех озерных групп: группы озер Криво-Чебачье, Кусганская группа озер и Чаган-Астродымская. Группа озер Криво-Чебачье расположена в средней части бассейна реки Карасук. Они полупроточные и питаются главным образом за счет весенних разливов реки Карасук. Кусганская и Чаган-Астродымская группы расположены в нижней части бассейна реки Карасук, являясь полупроточными, питаются также разливами реки Карасук (Поползин, 1972).

Площадь водосбора Карасукского озерного района 3630 км<sup>2</sup>. Озерами покрыто 2,7% территории, или свыше 100 км<sup>2</sup>. Река Карасук, питающая озера, берет начало на Приобском плато, в 9 км к северо-востоку от с. Покровского Чулымского района Новосибирской области, и заканчивается в 8 км к юго-западу от оз. Студеного на границе с Казахстаном. Длина реки 531 км, площадь водосбора 11 300 км<sup>2</sup>. Водосбор в виде узкой полосы длиной 320 км со средней шириной 32 км вытянут вдоль ложбины древнего стока в юго-западном направлении (Ресурсы..., 1962; Волгин, Сипко, 1982). Характеристика исследованных озер приведена в таблице 3.4.

*Гидрохимия.* По химическому составу воды озер северной группы преимущественно сульфатно-хлоридного типа, а южной группы – хлоридно-сульфатного (Поползин, 1963; Продуктивность..., 2001). Характеристика гидрохимических показателей приведена в таблице 3.5.

*Донные отложения* озер в основном представлены илами, реже заиленными песками, песками (у берега) и детритом (см. табл. 3.4).

*Гидробиология.* В озерах Карасукской системы концентрация хлорофилла *a* и растительных каратиноидов колебалась в широких границах, наименьшие значения отмечены в озерах Астродым и Титово, наибольшие – в оз. Мелкое. В зоопланктоне водоемов Карасукской системы зарегистрировано 88 видов коловраток, 41 вид ветвистоусых и 37 видов веслоногих раков. Зоопланктон представлен эврибионтными формами и видами, переносящими засоление (Биоразнообразие..., 2010). Ихтиофауна озер неразнообразна и представлена карасями, плотвой, окунем; щуки мало, в некоторых озерах встречается голяян (Волгин, 1966).

*Антропогенное воздействие.* На изменение естественного режима и неблагоприятное состояние водоемов бас. реки Карасук в основном влияют естественные факторы. Климатические изменения ведут к снижению водоносности реки, затяжному маловодному циклу, возрастанию засоленности поверхностных вод, усыханию бессточных озер, что вызывает гниение водных растений и недостаток кислорода. По данным комплексной лаборатории мониторинга окружающей среды ФГБУ «Алтайского ЦГМС (центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды)», к середине прошлого десятилетия качество воды в реке ухудшилось; класс качества оценивается как 5 – «экстремально грязная». В 2005 г. превышение ПДК<sub>рх</sub> наблюдалось по 13 ингредиентам из 16 определяемых показателей. Наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносят сульфатные ионы, окисляемость бихроматная, азот аммонийный, цинк и нефтепродукты (Ежегодник..., 2006).

Т а б л и ц а 3.4

## Характеристика озер Карасукской системы (цит. по: Волгин, Сипко, 1982)

Озеро	Основные характеристики				
	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина, м	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Растительность	Грунт
Астроным	7,2	2	1–1,2	Вдоль южного берега – узкие полосы тростника и рогоза; по озеру – куртины рдеста гребенчатого	Берега песчаные, маслянистый ил в центральной части
Кротовая Ляга	4,5	2,6	1–1,3	Тростниковые сплавины по всему озеру (от нескольких метров до нескольких гектар)	Детрит мощностью 0,5–0,8 м
Кривое	21,3	4,65	0,6	Рдест гребенчатый, пронзеннолистный, у берега – хара	Берега песчаные, маслянистый ил в центральной части (50–70 см)
Кусган	6,6	2,6	0,9–1,2	По берегам – бордюры из тростника и рогоза	В прибрежье до глубины 1,3 м – песок, в центральной части – илы (до 60% грунтов озера)
Мал. Горькое	3,7	2,1	2,3	По берегам – бордюры из тростника	По северному и северо-западному берегу – заиленный песок, по основной части озера – крупный детрит
Мелкое	4,8	1,8	Нет данных	По берегам – бордюры из тростника и рогоза шириной до 500 м, также встречаются рдест гребенчатый и тальник	В прибрежье – крупный детрит, в центре – ил и детрит (50–80 см)
Студеное	7,7	2,6	1,5	По берегам – бордюры из тростника	В прибрежье – песок, в центре песчано-илистые и песчано-крупнодетритные грунты
Титово	3,6	1,2	1,1	По берегам – тростник, рогоз, гречиха земноводная, по всему озеру – куртины рдеста гребенчатого	На северном берегу – песчаный грунт, на южном – крупный детрит, в центре озера – маслянистый ил

Т а б л и ц а 3.5

Химический состав вод озер Карасукской системы в 2009 г.  
(по данным ФГУ «ВерхнеОбьрегионводхоз»)

Показатель	Озеро				
	Астроным	Мелкое	Кривое	Кусган	Титово
УЭП, мкСм/см	4090	965	1665	2140	1701
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	2088	487	832	1072	850
Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	622,2	256,2	...	...	366
Жесткость, °Ж	16,8	6,5	...	...	9,2
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,81	0,18	...	...	0,82
NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,06	0,016	...	...	0,055
NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,73	1,02	...	...	0,44
SO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	1028,7	195,5	...	...	504,1
Cl, мг/дм <sup>3</sup>	684	108,9	...	...	248,4
Ca, мг/дм <sup>3</sup>	59,3	59,3	...	...	62,9
Mg, мг/дм <sup>3</sup>	168,7	42,7	...	...	74,3
pH	8,6	8,29	9	9,01	8,54
Fe, мг/дм <sup>3</sup>	0,12	0,22	...	...	0,23

Примечание: УЭП – удельная электропроводность, «...» – нет данных.

### 3.4. Касмалинская озерная система

Система расположена в пределах Алтайского края и относится к ложбине древнего стока реки Касмалы.

*Климат.* Бассейн реки Касмалы находится в зоне континентального климата, с коротким и жарким летом, холодной и длительной зимой с сильными ветрами и метелями. В течение года преобладают ветра южного и юго-западного направления. Средняя температура воздуха самого теплого месяца (июль) – 18–21°C, максимальная температура может достигать 38–41°C, в отдельные годы. Континентальность климата проявляется также в том, что основная часть осадков (примерно половина их годового количества) выпадает в течение трех летних месяцев, с июня по август. Количество осадков в теплый период (апрель–октябрь) – 309 мм. Устойчивый снежный покров образуется с 4 ноября и разрушается примерно 10 апреля (Западная..., 1963).

*Рельеф.* Ложбина древнего стока реки Касмалы расположена на Приобском плато, находящимся на высоте 300 м над уровнем моря. На востоке

оно крутым уступом обрывается к долине реки Оби. Рельеф ложбины представлен бугристо-грядовыми формами эолового происхождения. К ложбинам древнего стока приурочены сосновые леса, частью которых являются ленточные боры, рассекающие в виде полос степную зону (Земцов и др., 1988; Ревякин и др., 1995).

*Почвы* представлены черноземами обыкновенными и слабовыщелоченными, также развиты серые лесные осолоделые почвы. Почвы ленточного бора – дерново-слабоподзолистые, которые формируются на древне-аллювиальных песках ложбин древнего стока. Материнскими породами для почв служат тонко- и среднезернистые рыхлые пески. Грунтовые воды залегают близко – на глубине 2–4 м (Рассыпнов, 2000).

*Растительность* представлена луговыми степями в сочетании с мелколиственными березовыми и осиновыми колками. Основная часть Касмалинской системы находится в пределах ленточного бора. В ленточных борах распространены две формации: соснового и березово-соснового леса. Сосновые леса как формация широко распространены и разнообразны по составу ассоциаций, представленных рядами групп от наиболее ксерофитных лишайниковых до мезофитных травянистых. Березово-сосновые леса распространены меньше, чаще являются производными, встречаются по понижениям. В основном приурочены к населенным пунктам и окраинам леса. Характерно небольшое развитие болотообразовательных процессов, затухающих к югу (Силантьева и др., 2000; Парамонов и др., 2003). Характеристика исследованных озер приведена в таблице 3.6.

*Гидрология.* Река Касмала – левый приток Оби. Берет свое начало на заболоченном водоразделе к югу от с. Подстепное Ребрихинского района. Впадает в протоку Оби – Тихую – в Павловском районе Алтайского края. Длина реки 119 км, площадь водосбора 2550 км<sup>2</sup>.

В реку Касмалу впадает ряд притоков: Калманка, Ребриха, Барсучиха, Торбачиха, Боровлянка, Рогозиха, Фунтовка, Чернопятковка.

Водосбор равнинный, расположен на Приобском плато. Пойма аккумулирует значительную часть талых вод. Касмала зарегулирована двумя водохранилищами – в с. Ребриха (объем около 1 млн м<sup>3</sup>) и в с. Павловск (2 млн м<sup>3</sup>), которые используются для рыборазведения, орошения и рекреации.

Южнее истока, у с. Кадниково Мамонтовского района Алтайского края, берет начало другая река Касмала (южная, текущая в противоположную сторону от первой). Она проходит по Касмалинскому ленточному бору через оз. Бол. Островное и впадает в оз. Горькое на территории этого же района. Общая длина 49 км, без озер – 32 км (Ресурсы..., 1962; Российская..., 1971).

*Гидрохимия.* Химический состав воды озер разнообразен. Минерализация этих озер изменяется от 0,359 до 89,3 г/дм<sup>3</sup> (табл. 3.7). По степени минерализации (Комплексная..., 1993) воды исследованных озер распределяются от гипогалинных пресных вод (оз. Ледорезное) до ультрагалинных соленых вод (оз. Люськино).

Характеристика исследованных озер Касмалинской системы  
(по данным лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН)

Озеро	Основные характеристики			
	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина, м	Растительность	Грунт
Бол. Островное	31,3	5,6	Бордюр из тростника, камыша; подводная растительность представлена рдестами: гребенчатым, пронзеннолистным, курчавым	В прибрежье – песок, в центральной части – илы
Горькое	104,9	5,2	Бордюр тростника шириной 50 м, встречается рдест гребенчатый	По берегам – заиленный песок, в центральной части – ил
Ледорезное	1,01	1,8	Вдоль берега узкая полоса тростника; по акватории озера пятнами камыш; встречаются кувшинка и кубышка; подводная растительность представлена рдестами, телорезом	В прибрежье – крупный детрит, в центре – ил и детрит
Люськино	0,09	0,4	Бордюр тростника шириной 15–20 м	Топкий ил с запахом сероводорода
Мельничное	2,0	1,58	По берегам тростник, рогоз, камыш; подводная растительность представлена рдестами: стеблеобъемлющим, плавающим, роголистником погруженным, урутью колосовидной	Темно-серый ил с растительным детритом
Пресное	0,9	0,35	Бордюр тростника шириной 50 м	Топкий ил с запахом сероводорода
Угловое	2,9	1,8	Бордюр тростника	В литорали – заиленный песок, в центре – заиленный песок с глиной

Т а б л и ц а 3.7

## Химический состав вод озер Касмалинской системы (Безматерных и др., 2009)

Показатель	Озеро						
	Бол. Островное	Горькое	Ледорезное	Люскино	Мельничное	Пресное	Угловое
T, °C	11,1–20,1	16,6–20,2	14,4–20,1	20,1–25,6	13,5–21,0	26,7–29,7	15,8–23,9
pH	8,65–9,20	8,25–9,35	7,80–9,20	9,90–10,1	8,70–9,45	10,1–10,2	8,15–9,25
Eh, мВ	99–121	142–152	160–182	108–128	88–147	118–123	143–161
$\chi$ , мСм/см	1,04–1,27	18,9–19,1	0,378–0,425	55,3–57,2	0,792–0,829	23,2–24,0	3,56–3,71
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	8,68–9,32	10,70–11,10	9,00–10,30	9,46	8,49–8,90	Нет данных	8,78–9,32
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,40–3,66	1,89–6,06	1,17–1,77	Нет данных	1,41–1,53	Нет данных	3,77–4,07
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	30,4–30,7	64,7–66,3	14,1–16,5	Нет данных	31,5–33,1	Нет данных	56,6–63,0
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	6,84–20,8	14,3–238	7,13	8 148–9 603	6,84–20,8	2 910–3 085	77,2–83,2
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	485–512	3 123–3 389	250–268	41 669–43 623	445–469	11 720–11 980	1 582–1 747
СГ, мг/дм <sup>3</sup>	54,0–70,9	2 588–2 978	2,48–2,95	2 998–3 154	13,5–21,3	1 241–1 396	219–291
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	117–146	2 120–4 240	5,80–19,0	2 833–3 533	34,0–63,0	320–640	126–274
Жесткость, °Ж	5,00–5,34	17,6–18,7	1,65–1,74	5,07–5,33	3,61–4,08	5,67–5,77	4,94–5,46
Ca <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	15,2–17,0	9,09–10,3	10,6–16,5	71,2	16,2–19,1	102	5,05–17,0
Mg <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	51,0–55,8	209–221	10,0–14,4	18,5–21,6	33,8–39,9	7,24–8,49	55,4–60,1
$\Sigma$ Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	175–217	3 794–5 341	68,3–79,1	27 360–29 568	124–155	8 307–8 488	807–945
$\Sigma$ ионов, мг/дм <sup>3</sup>	912–1 017	12 000–16 141	359–387	83 151–89 283	700–757	24 920–25 379	2 948–3 294

Примечание: ПО – перманганатная окисляемость.

По классификации О. А. Алекина (1953), воды большинства озер (кроме оз. Горькое) относятся к гидрокарбонатному классу группы натрия I типа. Мезогалинное оз. Горькое также относится к Касмалинской озерной системе, но тип вод в этом озере неоднороден и изменяется на различных участках озера от менее минерализованных ( $12 \text{ г/дм}^3$ ) хлоридных вод группы натрия I типа до более минерализованных ( $16 \text{ г/дм}^3$ ) смешанных сульфатно-хлоридных вод группы I типа (Сравнительный..., 2009).

*Донные отложения* озер в основном представлены илами (особенно в центральной части), реже заиленными песками, песками и детритом (см. табл. 3.6).

*Гидробиология.* По данным лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН (Сравнительный..., 2009) за 2008–2009 гг., в озерах Касмалинской древней долины стока концентрации хлорофилла *a* в безледный период изменялись в широких пределах – от 1,6 до  $111,5 \text{ мг/м}^3$ . Практически во всех Касмалинских озерах доминируют сообщества рдестов блестящего и гребенчатого, рогоза узколистного и тростника южного. В озерах Касмалинской долины древнего стока в апреле 2009 г. численность и биомасса зоопланктона колебались от  $140 \text{ экз./м}^3$  и  $2,0 \text{ мг/м}^3$  в оз. Ледорезное до  $72 \text{ тыс. экз./м}^3$  и  $5700 \text{ мг/м}^3$  в оз. Горькое соответственно. В большинстве исследованных озер в это время доминировали науплиальные и копеподитные стадии веслоногих рачков: *Mesocyclops leuckarti* (Claus) и *Bosmina longirostris* (Muller). В июне отмечалось активное развитие зоопланктона в литоральной зоне озер, численность становилась значительно выше и колебалась в пределах от 36,8 до  $1609,7 \text{ тыс. экз./м}^3$  при биомассе от 0,6 до  $50,5 \text{ г/м}^3$ .

*Антропогенное воздействие.* Как и вышеперечисленные реки, река Касмала протекает по территории, где нет крупных промышленных предприятий, здесь преобладает сельское хозяйство (растениеводство и животноводство). Среди озер бас. реки Касмалы наибольшее антропогенное воздействие испытывает оз. Бол. Островное, на берегу которого расположено с. Мамонтово, являющееся крупным районным центром. Качество вод оз. Бол. Островное в 2005 г. оценивалось по 14 ингредиентам, из которых по 9 наблюдалось превышение ПДК<sub>рх</sub>. Значение коэффициента комплексности колебалось от 42,9 до 64,3%, составляя в среднем 53,6%, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения вод оз. Бол. Островное. В течение года наблюдалась характерная загрязненность вод по 7 ингредиентам: нефтепродукты, железо общее, аммонийный азот, органические вещества (по БПК<sub>5</sub> и ХПК), сульфаты, магний. По фосфатам и нитритному азоту отмечалась неустойчивая загрязненность. По данным Росгидромета, класс качества воды оз. Бол. Островное оценивается как 4 «А» – «грязная» (Ежегодник..., 2006).

### 3.5. Кулундинская озерная система

Кулундинская степь принадлежит к степям умеренного или суббореального климатического пояса. *Климат* резко-континентальный с жарким летом и холодной продолжительной зимой. Для всей территории характерны большие колебания годовой нормы осадков. Относительно низкая влажность воздуха вызывает высокую испаряемость влаги. Осадков здесь выпадает мало, годовое их количество не превышает 300 мм (Гвоздецкий, Михайлов, 1963). Малоснежность и очень низкие отрицательные температуры воздуха данного района приводят к глубокому промерзанию почв, особенно на открытых участках, и позднему их размораживанию, что способствует проявлению водной эрозии почв. Для Кулундинской степи характерны частые засухи и суховеи, что сопровождается почвенными засухами и пыльными бурями.

*Рельеф.* Территория Кулундинской степи представляет собой типичную предгорную пролювиальную-аллювиальную равнину, оформившуюся под воздействием блуждания крупных потоков воды по плоской равнинной поверхности, а также дочетвертичных и четвертичных тектонических процессов. Она сложена мощной толщей рыхлых четвертичных и неогеновых континентальных отложений, подстилаемых более древними морскими породами. Здесь ярко выражены ступенчатость и террасовидность поверхности, обусловленные тектоникой и деятельностью рек и озер (Абрамович, 1960; Российская..., 1971). О происхождении ложбин древнего стока нет единого мнения. Г. В. Занин (1952), И. П. Герасимов (1976) считают их эрозионными понижениями, выработанными ледниковыми водами. В результате подпора Оби на севере ледником произошло переполнение водой долины реки. Вода, переливаясь через пониженные места водоразделов, текла к Иртышу. Ложбины Приобского плато являются древними долинами этих потоков. Ледниковые воды только углубили и разработали понижение древней гидрографической сети.

*Почвы* этих территорий луговые, солонцовые, солончаковые каштановые, черноземы, образующие мозаичную, комплексную структуру (Рассыпнов, 2000).

*Растительность.* Растительный покров представлен древесно-кустарниковыми пойменными лесами, лугами, в том числе солончаковыми, осиново-березовыми колками на поверхности террас. На повышенных участках равнины расположены лугово-степные и степные комплексы (Общая..., 2005). Сохранившиеся до настоящего времени остатки степной растительности представлены несколькими формациями: разнотравно-злаковые луговые степи, разнотравно-типчаковые ковыльные степи, разнотравно-пыльно-типчаковые степи (Растительный..., 1985; Парамонов и др., 2003).

*Гидрология.* Равнинная часть Кулундинской степи на преобладающей площади является бассейном внутреннего стока поверхностных вод. По восточной части степи с северо-востока на юго-запад протекает несколько

небольших рек (Карасук, Бурла, Кулунда, Кучук и др.), которые сбрасывают свои воды главным образом в озера Кулундинской депрессии. Только Касмала, Барнаулка и Алей текут в противоположном направлении и впадают в Обь (Ресурсы..., 1962; Ревакин, Ревакина, 1995).

Озера на равнинной части располагаются одиночно, группами или вытянуты цепочками вдоль современных и древних речных долин (Атлас..., 1978). Характерная особенность гидрологического режима степных озер – неустойчивость уровня воды. Причины, вызывающие изменения объема водной массы озер, – взаимодействие между изменением количества сезонных атмосферных осадков и летней температурой воздуха. От взаимодействия этих двух факторов зависит интенсивность испарения с почвы и с поверхности воды. В годы с малым количеством осадков, при высоких температурах озера сильно мелеют. В такие годы в озерах резко повышается концентрация солей, а в зимний период наблюдается дефицит кислорода (Иванова, 1963). На Кулундинской равнине вода в озерах содержит от 0,5 до 300 г/дм<sup>3</sup> солей, преимущественно карбонатов и хлоридов (Рассыпнов, 2000). Характеристика исследованных озер приведена в таблице 3.8.

*Гидрохимия.* По классификации О. А. Алекина (1953), вода озер Батовое, Кривое, Чернаково, Мостовое, расположенных в Кулундинских долинах древнего стока, относится к гидрокарбонатно-натриевым (содовым) водам I типа и озер Горькое и Лена – к хлоридно-натриевыми II типа. Среди катионов преобладают ионы натрия, среди анионов – карбонаты и гидрокарбонаты или ионы хлора (табл. 3.9). Соленость этих вод изменяется от β-олигогалинных пресных до β- и α-мезогалинных солоноватых (Сравнительный..., 2009).

*Донные отложения* озер в центральной части представлены илами, в прибрежье отмечены пески (см. табл. 3.8).

*Гидробиология.* По данным лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН (Сравнительный..., 2009), в озерах Кулундинских долин древнего стока содержание основного зеленого пигмента водорослей, хлорофилла *a*, изменяется от олиготрофно-мезотрофного уровня в оз. Мостовое до эвтрофного – в оз. Горькое. Небольшую роль в продуцировании фитомассы играют водные фитоценозы в озерах Кулундинской ложбины древнего стока, основными продуцентами являются прибрежно-водные сообщества рогоза узколистного и тростника южного. Кулундинские озера отличаются высокими количественными показателями зоопланктона. Максимальные показатели численности и биомассы зоопланктона отмечены в оз. Горькое, минимальные показатели – в оз. Чернаково. Индекс сапробности Пантле и Букк в 2009 г. колебался в течение летнего сезона в пределах 1,59–1,79. По характеристикам зоопланктона озера относятся к классу β-мезосапробных, умеренно загрязненных. Озера Кулундинской системы относятся к окуневому-карасевому типу. Состав рыбного населения – два вида карасей, окунь, из непромысловых рыб – голян и пескар (Иванова, 1962).

Таблица 3.8

Характеристика исследованных озер Кулундинской низменности  
(по данным лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН)

Озеро	Основные характеристики				
	Площадь, км <sup>2</sup>	Глубина макс., м	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Растительность	Грунт
Батовое	1,8	1,9	0,66	Доминирует рогоз узколистный	Темно-серый жидкий ил с растительным детритом
Кривое	16,2	2,8	2,16	Доминирует рогоз узколистный и тростник южный	Темно-серый ил
Кулундинское	728	4,9	122–125	Тростник расположен отдельными пятнами или бордюром	В прибрежье – песок, в центральной части – илы
Лена	Нет данных	4,2	2,59	Доминирующие ассоциации представлены тростником южным	В прибрежье – песок, в центральной части – глинистые илы
Мостовое	37,3	3,1	1,32	Доминирующие ассоциации представлены тростником южным	Темные илистые грунты с небольшой примесью песка
Чернаково	Нет данных	2,1	1,51	Доминирует рогоз узколистный и тростник южный	Коричневый жидкий ил

Т а б л и ц а 3.9

Химический состав вод озер Кулундинской системы (цит по: Сравнительный..., 2009)

Показатель	Озеро						
	Батовое	Горькое	Кривое	Кулундинское	Лена	Мостовое	Чернаково
T, °C	21,6	23,4	22,2	21,4–22,6	22,0	22,4	23,2
Прозрачность, м	1,50	0,30	0,40	0,90–1,95	0,80	1,70	0,70
pH	7,75	9,72	9,15	8,50–8,68	9,55	9,60	9,45
Eh, мВ	157	72	108	56–93	90	119	116
$\chi$ , мСм/см	0,86	10,8	3,10	119–124	4,80	1,76	2,07
O <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	8,96	9,28	11,20	2,24–6,56	8,96	8,64	8,32
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,68	8,96	8,96	0,32–4,96	3,68	0,80	3,68
ПО, мгО/дм <sup>3</sup>	22,5	53,1	48,3	Нет данных	19,0	10,9	21,4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,321	1,078	0,359	Нет данных	0,400	0,239	0,424
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,001	0,020	0,023	Нет данных	0,009	0,0003	0,004
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мгN/дм <sup>3</sup>	0,110	0,715	0,229	Нет данных	0,275	0,077	0,077
CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Нет данных	44,0	33,0	193–204	11,0	16,5	19,3
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	283	985	733	1 256–1 306	505	536	616
Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	68,3	2 256	419	43 825–50 270	677	206	238
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	126	1 760	320	18 600–26 600	620	178	191
Жесткость, °Ж	4,50	24,0	10,5	400–420	20,0	7,50	7,75
Ca <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	30,1	26,1	22,0	70,1–90,2	45,1	21,0	27,1
Mg <sup>+2</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	36,5	276	114	4 821–5 052	216	78,4	77,8
∑Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	117	1 932	527	31 148–40 001	516	284	342
∑ионов, мг/дм <sup>3</sup>	661	7 279	2 168	99 979–123 261	2 591	1 320	1 511

*Антропогенное воздействие.* Кулундинская озерная система относится к группе водных объектов и их водосборных бассейнов со средним уровнем антропогенной нагрузки (Ведухина, 2007; Рыбкина и др., 2011). Река Кулунда протекает по территории, где нет крупных промышленных предприятий, здесь преобладает сельское хозяйство и животноводство. По данным Западно-Сибирского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) (Ежегодник..., 2006), в середине прошлого десятилетия ухудшилось качество поверхностных вод реки Кулунды. В 2005 г. из 14 показателей, по которым оценивалось состояние водных объектов, по 11 наблюдалось превышение ПДК<sub>рх</sub>. Значение коэффициента комплексности колебалось от 28,6 до 64,3%, составляя в среднем 44,3%, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения вод реки и водосборного бассейна.

### **3.6. Озеро Чаны и Причановская группа озер**

*Климат.* Озера находятся в условиях умеренно-теплого, слабо увлажненного климата. Средняя месячная температура января составляет  $-19,6^{\circ}\text{C}$ , июля  $+18,7^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум достигает  $-47$  –  $-54^{\circ}\text{C}$ , максимум  $+36$  –  $+39^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с устойчивым снежным покровом составляет 156 дней, средняя из наибольших декадных высот снежного покрова не превышает 30 см. Глубина промерзания почвогрунтов достигает 212 см. Безморозный период длится 105–125 дней. Испарение с земной поверхности достигает 500 мм (Природные..., 1986).

*Рельеф.* Озера находятся в суббореальном, равнинном, элювиально-гидроморфном пониженном ландшафте с типичными гривно- и плоскокотловинными формами рельефа (Савченко, 1997).

*Почвы.* Широко развиты глубоко залегающие континентальные третичные, сильно засоленные, преимущественно глинистые отложения, выклинивающиеся в ряде мест на поверхность. Почвы представлены средними и легкими суглинками иловато-песчаными и пылевато-песчаными (Савченко, 1981, 1997).

*Растительность* представлена луговыми степями, остепненными и солонцово-солончаковыми лугами в комплексе с зарослями травянистых и полукустарничных солянок (Савченко, 1997).

*Гидрология.* Озеро Чаны, по сути, является настоящей озерной системой, так как акваторию его обычно делят на несколько плесов и озер: Тагано-Казанцевский, Ярковский, Чиняихинский, оз. Яркуль, оз. Мал. Чаны (Characteristics..., 2004; Озеро Чаны..., 2007). Юдинский плес в 1971 г. был отделен от оз. Чаны дамбой и в настоящее время высох. Площадь озера колеблется от 1708 до 2600 км<sup>2</sup> (в зависимости от сезонных и годовых колебаний уровня). Максимальная глубина превышает 9 м (табл. 3.10). Питание преимущественно снеговое, а также за счет рек, прежде всего Каргата и Чулыма. Размах колебаний уровня воды около 3 м. Ледовый покров

Т а б л и ц а 3.10

Условия отбора проб различных плесов озера Чаны в июле–августе 2004 г.

Плес, озеро	Преобладающий тип грунта (% площади)	Средняя* глубина (lim), м	Средняя* минерализация воды (lim), г/дм <sup>3</sup>
Оз. Мал. Чаны	Песок (50)	2,1 (1,6–2,6)	0,7 (0,6–0,8)
Тагано-Казанцевский	Песок / глина (40 / 40)	2,8 (2,0–3,5)	4,3 (3,9–4,8)
Чиняихинский	Ил (58)	2,8 (2,1–3,3)	3,0 (2,1–3,5)
Ярковский	Ил (85)	4,5 (1,3–6,3)	5,1 (4,6–5,2)
Оз. Яркуль	Песок (50)	5,2 (1,9–9,4)	2,6 (0,8–3,3)

Примечание: \* – по отобранным пробам.

устанавливается во 2-й половине октября – 1-й половине ноября, вскрывается в мае (Савкин и др., 2005; Обзор..., 2015).

Причановская группа озер характеризуется зональным – испарительно-нейтральным и испарительно-дождевым типом водного баланса, умеренным димиктическим, тепловодным характером термики (Савченко, 1997).

*Гидрохимия.* Минерализация воды Чанов в отдельных плесах отличается по уровню, но имеет постоянный хлоридно-натриевый состав. Одна из характерных особенностей климата на юге Западной Сибири – цикличное чередование сухих и влажных периодов, что приводит к значительным колебаниям уровня воды и площади бессточных озер. Значительные колебания уровня приводят к существенным изменениям гидрохимического и гидробиологического режимов (Пульсирующее..., 1982; Экология..., 1986).

Минерализация озер Причановской группы летом 2007 г. колебалась в широком интервале от β-мезогалинных солоноватых вод (оз. Дуня, Каменное, Абушкан) до ультрагалинных соленых вод (оз. Левое Поляново, Чебаклы, Крутобережное) (табл. 3.11). Тип воды этих озер – хлоридно-натриевый. Водородный показатель изменялся от нейтрального (оз. Дунёнок и Каменное) до сильнощелочного (оз. Абушкан). Перманганатная окисляемость озер высокая и изменялась от 10,9 до 135,2 мг/дм<sup>3</sup>. Наблюдалось повышенное содержание биогенных веществ с наибольшими значениями в оз. Крутобережное (Долматова, Котовщиков, 2013).

Содержание биогенных веществ в воде некоторых озер (Абушкан, Чебаклы, Фатеево (Душное), Горькое, Крутобережное) подвержено сезонной и межгодовой динамике. Так, в октябре 2007 г. наблюдалось увеличение концентрации фосфатов (0,32–4,55 мг/дм<sup>3</sup>) и иногда нитратов (оз. Абушкан, Чебаклы – 5,74–8,00 мг/дм<sup>3</sup>). Количество же ионов аммония в 2007 г. было меньше осенью, чем летом. В июле 2003 г. были отмечены высокие концентрации ионов аммония и нитратов в оз. Чебаклы (15,1 и 17,9 мг/дм<sup>3</sup>).

Таблица 3.11

Химический состав воды Причановской группы озер 25–29 июня 2007 г. (по: Долматова, Котовщиков, 2013)

Озеро	pH	ПО, мг О/дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг P/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Жест- кость, °Ж	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	ΣNa <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Σионов
				мг N/дм <sup>3</sup>			мг/дм <sup>3</sup>							
Абушкан	9,70	12,0	< 0,02	1,58	< 0,006	0,82	621	2 096	260	24,2	8,00	290	1 266	4 547
	9,95	10,9	< 0,02	2,56	< 0,006	1,68	598	2 408	244	27,3	10,0	326	1 265	4 862
Горькое	8,40	...	0,06	0,79	0,069	1,76	366	7 125	173	51,7	106	564	3 972	12 316
	8,50	18,6	...	...	...	...	256	6 171	1 040	61,3	114	677	3 467	11 725
Дунёнок	7,60	36,4	0,21	3,65	< 0,006	1,48	589	833	88,0	9,54	41,0	91,0	640	2 294
	7,05	38,6	0,12	1,97	< 0,006	2,13	457	629	137	8,00	40,0	73,0	505	1 854
Илюбайсор	8,80	23,4	< 0,02	2,56	< 0,006	1,96	481	4 467	488	30,8	51,0	343	2 836	8 678
	8,80	16,1	< 0,02	2,46	< 0,006	1,31	405	3 040	350	22,6	58,0	240	1 929	6 031
Каменное	7,05	26,9	< 0,02	1,97	< 0,006	0,82	371	372	19	5,13	33,0	42,0	298	1 141
	6,91	22,6	0,02	1,38	< 0,006	0,68	359	355	14	5,00	33,0	41,0	281	1 088
Крутобе- режное	7,50	135	0,62	11,0	0,015	4,31	486	70 900	19 333	799	775	9 246	40 295	141 071
	7,50	131	0,65	7,29	0,012	3,59	481	70 014	18 667	784	775	9 058	39 708	138 730
Котленок	7,45	45,6	0,07	4,04	< 0,006	1,34	584	532	116	10,9	72,0	89,0	406	1 811
	7,80	35,2	0,05	2,76	< 0,006	1,48	564	517	86	10,8	72,0	88,0	374	1 711
Левое Польяново	8,75	59,2	0,02	3,94	< 0,006	0,31	309	21 979	4 067	158	124	1 843	13 803	42 132
	8,85	62,4	< 0,02	2,96	< 0,006	1,34	348	21 625	3 625	161	119	1 884	13 262	40 873

Окончание табл. 3.11

Озеро	pH	ПО, мг О/дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг P/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Жест- кость, °Ж	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	ΣNa <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Σионов
Фадиха	6,85	24,6	0,25	5,12	< 0,006	0,14	297	416	168	11,1	72,0	91,0	228	1 280
	7,67	16,6	0,26	2,91	< 0,006	0,91	277	409	153	10,4	62,0	89,0	224	1 226
Фатеево (Душное)	7,90	17,8	0,02	0,99	0,036	0,94	337	3 900	800	40,0	129	408	2 309	7 889
	8,20	...	< 0,02	1,43	0,027	1,11	439	4 254	104	34,8	98,0	363	2 364	12 322
Чебаклы	8,50	112	0,02	3,20	< 0,006	1,68	1 468	38 641	10 357	393	52,0	4 726	23 475	78 730
	8,52	123	< 0,02	4,83	0,006	3,12	1465	38 109	11 429	384	52,0	4 639	23 836	79 551
Широкая курья	8,00	36,1	0,21	4,24	< 0,006	2,17	754	1 257	290	24,2	83,0	245	744	3 389
	8,15	34,7	0,13	3,47	< 0,006	1,83	755	1 285	260	22,7	72,0	232	790	3 407

Примечание: «...» – нет данных.

Минерализация воды озер осенью 2007 г. и летом 2003 г. была выше (до 250 924 и 362 551 мг/дм<sup>3</sup>) по сравнению с летом 2007 г. (Долматова, Котовщиков, 2013).

*Донные отложения* Чанов в основном представлены илистыми и песчаными грунтами (см. табл. 3.10).

*Гидробиология.* Наиболее полные данные по составу и обилию альгоценозов оз. Чаны при высоком уровне воды получила Т. Г. Попова (1980). (В 1946–1948 гг. была подробно исследована альгофлора озера, причем наблюдался высокий уровень воды, при дальнейших исследованиях уровень был значительно ниже.) С учетом номенклатурных преобразований в этот период в фитопланктоне озера были выявлены 124 вида водорослей при наибольшем разнообразии зеленых водорослей. По данным Т. А. Сафоновой и В. И. Ермолаева (1983), в фитопланктоне озера были отмечены 179 видов, преобладающей группой по числу видов оказались зеленые водоросли, составлявшие 50,3% общего состава водорослей планктона. В более поздних сводках в фитопланктоне озера отмечено 230 видов водорослей (Ермолаев, 1998; Ермолаев, Визер, 2001) при значительном вкладе зеленых водорослей – 45,7% (Обзор..., 2015).

Зоопланктон различных плесов оз. Чаны существенно различается по таксономическому составу и обилию и зависит от их гидрохимических особенностей и морфометрии. В озере присутствуют представители как пресноводного, так и солоноватоводного комплексов. По литературным данным (Иванов, Макарецова, 1982; Визер, 1986) и результатам исследований в июле–августе 2001 г. и июле 2002 г. (Ермолаева, Бурмистрова, 2005), в зоопланктоне системы оз. Чаны обнаружено 76 видов и подвидов: 35 – коловраток, 31 – ветвистоусых рачков, 10 – веслоногих.

Из литературных данных (Мисейко и др., 1986) известно, что с 1973 по 1982 г. в зообентосе Чанов обнаружено 114 форм беспозвоночных. Наиболее богатой в видовом отношении была группа хирономид – 45 форм. На втором месте по числу форм стояли прочие насекомые. Третье место по разнообразию занимали моллюски. Остальные группы гидробионтов имели бедный набор форм. Более подробно зообентос оз. Чаны охарактеризован в главе 5.

Ихтиофауна озер региона представлена ограниченным количеством видов. В бессточных водоемах обитают карась золотистый и серебристый, голяны; в проточных и сточных озерах встречаются окунь, щука, чебак и ерш (Савченко, 1997).

*Антропогенное воздействие.* На изменение естественного режима и неблагоприятное состояние большинства исследованных озер в основном влияют естественные факторы. Климатические изменения ведут к снижению водоносности многих рек территории, возрастанию засоленности поверхностных вод, усыханию бессточных озер, а также гниению водных растений, недостатку кислорода. По данным Росгидромета, качество воды оз. Чаны изменялось в 2009 г. от класса 4 «Б» («грязная») до 4 «В» («очень

грязная»); наибольшую долю в общую оценку степени загрязненности воды вносили нефтепродукты (Государственный..., 2010).

Таким образом, вышеописанные озерные системы расположены на территории Западно-Сибирской низменности в пределах двух физико-географических зон: степь и лесостепь. Для этой территории характерен континентальный климат. Озера разнообразны по размерам, типу питания, гидрохимическим режимам. Общим свойством изученных озер является их мелководность, наличие мягких (не каменистых) грунтов, значительная многолетняя изменчивость водного режима.

## Глава 4. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКРОЗООБЕТОСА

### 4.1. Материалы исследований

В 1996–2011 гг. в рамках комплексных лимнологических экспедиций (Состав..., 2008, 2010; Сравнительный..., 2009; Обзор..., 2015) исследованы сообщества донных беспозвоночных озер и озерных систем юга Обь-Иртышского междуречья: Барнаульская, Бурлинская, Карасукская, Касмалинская, Кулундинская системы озер, Причановская группа озер и оз. Чаны (которое, по сути, является системой озер и плесов) (рис. 4.1), т. е. всего 63 озера (из них 36 изучены впервые). Отобрано и проанализировано 532 количественных и 113 качественных проб зообентоса (табл. 4.1). В общее число не вошло около 100 «пустых» проб, отобранных на гипергалинных озерах, где зообентос вообще не был обнаружен.

**Озера Барнаульской системы.** Летом 1996 г. были исследованы оз. Бахматовское и оз. Сухое, летом 1997 г. – оз. Зеркальное, Лебяжье, Мясково, Песчаное, Песьяное, Среднее, Серебрянниковское и Урлаповское. Было отобрано 37 качественных проб. Летом–осенью 2003 г. были отобраны 32 количественные пробы зообентоса на 9 озерах: Бахматовское, Вавилон, Горькое, Зеркальное, Песчаное, Песьяное, Степное, Сухое и Шуракша. Всего было собрано и проанализировано 69 проб зообентоса.

**Озера Бурлинской системы.** Комплексные исследования озер были проведены в июне и августе 2010, 2011 гг. Всего исследовано 10 озер. В 2010 г. обследовано 9 озер (Топольное, Песчаное, Хорошее, Бол. Топольное, Кривое, Верхнее, Нижнее, Большое, Пустынное), отобрано и проанализировано 40 количественных и 9 качественных проб зообентоса. В 2011 г. отобрано и проанализировано 47 проб зообентоса с 5 озер: Бол. Топольное, Кривое, Верхнее, Песчаное и Прыганское.

**Озера Карасукской системы.** Комплексные исследования озер были проведены в апреле–сентябре 2003, 2006, 2009 гг. Всего исследовано 14 озер. В 2003 г. было обследовано 3 озера: Бол. Горькое, Кротовая Ляга, Студеное; отобрана и проанализирована 21 проба зообентоса. В 2006 г. обследовано 12 озер: Астродым, Бол. Горькое, Гусиное, Кротовая Ляга, Песчаное, Студеное, Кусган, Титово, Чаган, Хорошонок, Чебачонок, Шкалов; отобрано 19 проб зообентоса. В 2009 г. обследованы озера: Астродым, Кривое, Кусган, Кротовая Ляга, Мелкое, Титово; отобрано 44 пробы зообентоса. Всего на озерах Карасукской системы отобраны и проанализированы 69 количественных и 15 качественных проб зообентоса.

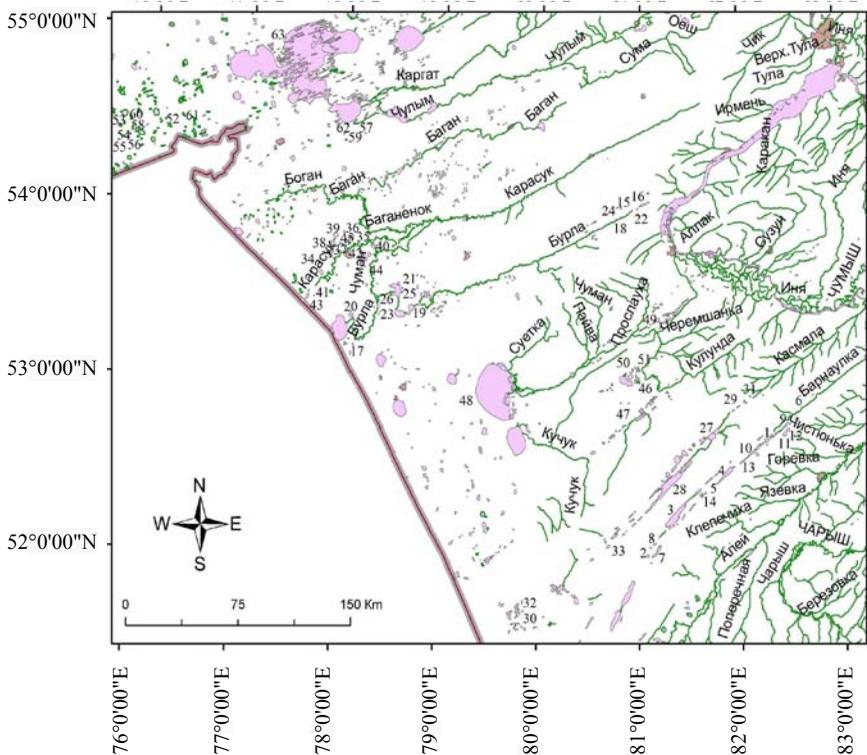


Рис. 4.1. Исследованные озера юга Обь-Иртышского междуречья

**озера Барнаульской системы:** 1 – Бахматовское, 2 – Вавилон, 3 – Горькое, 4 – Зеркальное, 5 – Лебяжье, 6 – Мясково, 7 – Песчаное, 8 – Песьяное, 9 – Серебрянниковское, 10 – Среднее, 11 – Степное, 12 – Сухое, 13 – Урлаповское, 14 – Шуракша;

**озера Бурлинской системы:** 15 – Большое, 16 – Бол. Пустынное, 17 – Бол. Топольное, 18 – Верхнее, 19 – Кабань, 20 – Кривое, 21 – Топольное, 22 – Нижнее, 23 – Песчаное, 24 – Прыганское, 25 – Хомутино; 26 – Хорошее;

**озера Касмалинской системы:** 27 – Бол. Островное, 28 – Горькое, 29 – Ледорезное, 30 – Люськино, 31 – Мельничное, 32 – Пресное, 33 – Угловое;

**озера Карасукской системы:** 34 – Астродым, 35 – Гусиное, 36 – Кривое, 37 – Кротово, 38 – Кусган, 39 – Мал. Горькое, 40 – Мелкое, 41 – Студеное, 42 – Титово, 43 – Чаган, 44 – Чебачонок, 45 – Шкалово;

**озера Кулундинской системы:** 46 – Батовое, 47 – Кривое, 48 – Кулундинское, 49 – Лена, 50 – Мостовое, 51 – Чернаково;

**озера Причановской группы:** 52 – Абушкан, 53 – Горькое, 54 – Дуня, 55 – Илюбайсор, 56 – Каменное, 57 – Котленок, 58 – Левое Поляново, 59 – Фадиха, 60 – Фатеево (Душное), 61 – Чебаклы, 62 – Широкая Курья;

**озера Чаны** (включает Чиняихинский, Тагано-Казанцевский, Юдинский и Ярковский плесы, оз. Мал. Чаны и оз. Яркуль) – 63.

## Количество отобранных проб зообентоса

Год исследования	Обследованное озеро	Количес- венная проба	Качес- венная проба	Всего проб
1. Барнаульская озерная система				
1996, 1997, 2003	Бахматовское, Сухое, Зеркальное, Лебяжье, Мясково, Песчаное, Песьяное, Среднее, Серебрянниковское, Урлаповское, Вавилон, Горькое, Степное, Шуракша	32	37	69
2. Бурлинская озерная система				
2010, 2011	Большое, Верхнее, Бол. Топольное, Кабанье, Кривое, Топольное, Нижнее, Песчаное, Прыганское, Пустынное, Хомутино, Хорошее	80	16	96
3. Карасукская озерная система				
2003, 2006, 2009	Астродым, Бол. Горькое, Гусиное, Кротово, Студеное, Кривое, Кусган, Мелкое, Титово, Чаган, Чебачонок, Шкалово	69	15	84
4. Касмалинская озерная система				
2008, 2009	Угловое, Горькое, Бол. Островное, Ледорезное, Мельничное, Пресное, Люськино	127	27	154
5. Кулундинская озерная система				
2008–2009	Кулундинское, Кривое, Батовое, Чернаково, Мостовое, Лена	65	7	72
6. Причановская группа озер				
2007	Абушкан, Горькое, Дуня, Илюбайсор, Каменное, Котленок, Левое Полянково, Фадиха, Фатеево (Душное), Чебаклы, Широкая Курья	30	11	41
7. Озеро Чаны				
2001, 2004	Чаны (Чинияхинский, Тагано-Казанцевский, Юдинский и Яркоковский плесы, оз. Мал. Чаны и оз. Яркуль)	129	0	129
Итого	63 озера	532	113	645

**Озера Касмалинской системы.** Комплексные исследования озер были проведены в апреле–сентябре 2008, 2009 гг. Всего исследовано 7 озер, расположенных в двух природных зонах и четырех подзонах (см. рис. 4.1). Озеро Угловое находится в засушливо-степной подзоне, озера Горькое и Бол. Островное – в умеренно-засушливо-степной подзоне, Мельничное и Ледорезное – в южно-лесостепной подзоне. Также были обследованы два озера (Пресное и Люськино), не связанные непосредственно с рекой Касмалой, но располагающиеся в ее ложбине древнего стока. Эти озера находятся в сухостепной подзоне. В 2008 г. в результате трех выездов в июле, августе и сентябре отобрано и проанализировано 77 проб (см. табл. 4.1) зообентоса, из них 65 количественных и 12 качественных. В 2009 г. в трех экспедициях в апреле, июне и августе отобраны и проанализированы 62 количественные и 15 качественных проб зообентоса. Пробы отбирали в зоне прибрежья и зоне открытой воды, в среднем по 4 количественные пробы с озера.

**Озера Кулундинской системы.** Комплексные исследования оз. Кулундинского были проведены в 2008–2009 гг. В 2008 г. обследован юго-западный берег озера, отобрано 9 проб зообентоса; в 2009 г. методом профилей (трансект) отобрано 13 проб макрозообентоса от западного до восточного берега озера. Всего было отобрано 22 пробы макрозообентоса. Кроме оз. Кулундинское в 2009 г. также были исследованы пять озер, расположенные в ложбине древнего стока реки Кулунды: Кривое, Батовое, Чернаково, Мостовое и Лена. Пробы отбирались в эпилимнотали и эпипрофундали; было отобрано 50 проб.

**Причановская группа озер.** Комплексные исследования озер были проведены 25–29 июня 2007 г. Всего исследовано 11 озер: Абушкан, Горькое, Дуня, Илюбайсор, Каменное, Котленок, Левое Польшаново, Фадиха, Фатеево (Душное), Чебаклы и Широкая Курья. Пробы отбирались в эпилимнотали и эпипрофундали; всего отобрали 30 количественных и 11 качественных проб зообентоса.

**Озеро Чаны.** Пространственная организация сообществ донных макробеспозвоночных оз. Чаны изучалась в рамках комплексных лимнологических экспедиций 14–17 июля 2001 г. (73 пробы) и 14–18 августа 2004 г. (56 проб).

## 4.2. Методы исследований

### 4.2.1. Гидробиологические методы

**Отбор проб.** Материал для исследований собран и обработан в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками (Методика..., 1975; Руководство..., 1992). При сборе зообентоса использовались различные методы: качественные сборы проводились сачком или скребком, количественные – дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup> или

штанговым дночерпателем ГР 91-000 с площадью захвата 0,007 м<sup>2</sup>, которым каждая составная проба отбиралась в 2–3 проворностях (поднятых дночерпателей) с одного места (биотопа). Для более полного учета видового состава зообентоса водоема применялся ручной сбор.

Грунт, извлеченный дночерпателем, промывался через капроновый газ с ячеей 320 мкм; отмытая часть пробы с оставшимися организмами помещалась в кюветы. Пробы просматривались по частям, обнаруженные в них организмы помещались в пробирки или бутылки и фиксировались 70% этиловым спиртом.

**Обработка проб** проводилась в лаборатории. Крупные организмы взвешивались на технических весах, а мелкие – на торсионных ВТ-500. Идентификация организмов проводилась по ряду общих пособий: «Определитель пресноводных беспозвоночных России» (1992–2004), «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР» (1977), «Жизнь пресных вод» (1940), и специальных пособий: Р. В. Андреевой (1990), Б. Ф. Бельшева (1963, 1973), Я. А. Бирштейна (1951), В. М. Глухой (1979), В. И. Жадина (1952), С. Г. Лепневой (1964, 1966), Е. И. Лукина (1976), Е. А. Макаrenchенко (1985), В. Я. Панкратовой (1970, 1977, 1983), А. П. Стадниченко (1990), П. В. Тузовского (1990), О. В. Чекановской (1962).

#### 4.2.2. Методы биоиндикации

Обзор методов биоиндикации проведен в главе 2, ниже описаны только методы, использованные в работе.

*Биоиндикация по биологическому разнообразию.* Наиболее оптимальным для вычисления биоразнообразия зообентоса озер является индекс Шеннона (H):

$$H = -\sum_{i=1}^k P_i \cdot \log_2 P_i,$$

где  $P_i$  – вероятность события,  $k$  – их число. Разнообразие в индексе Шеннона трактуется как приходящееся на одну особь количество информации, заключенное в распределениях по видам, особям или энергии по трофическим связям (Одум, 1986). Индекс Шеннона отражает лишь один единственный аспект – степень выравненности вероятностей независимых событий. Для определения уровня загрязнения водоемов по индексу Шеннона использовалась градация В. А. Яковлева (1988).

*Методы оценки качества вод по отдельным крупным таксонам зообентоса.* Метод биоиндикации по крупным таксонам широко применяется в практике гидробиологического мониторинга благодаря простоте вычислений и отсутствию трудоемких таксономических определений. Теоретическим обоснованием и условием универсальности метода является повсеместное распространение используемых таксонов в водоемах разных типов с различным уровнем загрязнения. Такими таксонами являются олигохеты и личинки хируномид.

Классический вариант олигохетного индекса (ОИ) впервые был предложен Гуднайтом и Уитли. Олигохетный индекс рассчитывается как отношение численности олигохет к общей численности организмов в пробе. При этом состоянии реки считается хорошим, если ОИ меньше 60%, сомнительным при ОИ в пределах 60–80%, река тяжело загрязнена, если ОИ превышает 80%.

*Биотические индексы.* Один из самых широко применяемых методов оценки загрязнения пресных вод – метод биотических индексов – позволяет оценивать степень загрязнения по видовому разнообразию и показательному значению таксонов. Для расчета фламандского мультиметрического индекса используются пять одинаково взвешенных метрик: 1) число таксонов (TAX); 2) число таксонов Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera (EPT); 3) число других чувствительных таксонов – таксонов не EPT с толерантностью > 5 (NST); 4) индекс разнообразия Шеннона (SWD); 5) средняя величина толерантности всех обнаруженных таксонов (MTS) (Multimetric..., 2010).

Преимущество этого биотического индекса состоит в том, что он рассчитывается для определенного типа рек и озер, в том числе солоноватых (табл. 4.2).

Список всех таксонов, учитываемых при расчете MMIF, представлен в приложении 1. После расчета необходимых метрик они сравниваются со значениями, указанными в приложении 2, и им присваивается соответствующая оценка.

Т а б л и ц а 4.2

Типы рек и озер, выделяемые при оценке экологического качества индексом MMIF

Тип водоема	Аббревиатура	Водосборная площадь, км <sup>2</sup>
Реки		
Маленькие потоки	Vk	< 50
Большие потоки	Bg	50–300
Маленькие реки	Rk	300–600
Большие реки	Rg	600–10 000
Очень большие реки	Rzg	> 10000
Озера		
Щелочные	A	Стоячие водоемы площадью > 0,5
Нейтральные	C	
Кислые	Z	
Очень слабосоленые	Bzl	

Оценки всех метрик суммируются и делятся на 20, полученная величина соответствует диапазону EQR для определенного класса качества (табл. 4.3).

Т а б л и ц а 4.3

Границы классов качества для индекса ММИГ

Класс качества	Граница классов качества
Высокое	0,9–1,00
Хорошее	0,70–0,89
Посредственное	0,50–0,69
Низкое	0,3–0,49
Плохое	0,00–0,29

*Оценка трофического статуса.* Уровень трофности озер определялся по шкале С. П. Китаева (1986)<sup>1</sup>.

#### 4.2.3. Статистические методы

Доминирование макробеспозвоночных устанавливалось по частоте встречаемости в пробах (Баканов, 1987): встречаемость > 50% – константные; 25–50% – второстепенные; < 25% – случайные.

При сравнении видового состава использовались «попарные меры включения», рассчитанные по формулам:

$$P_1 = c/a \times 100; P_2 = c/v \times 100 \text{ и т. д.,}$$

где  $P_1$  – мера включения видов первого списка видов, в %;  $P_2$  – мера включения видов второго списка в первый, в %;  $c$  – число общих видов для двух списков;  $a$  – число видов в первом списке;  $v$  – число видов во втором списке (Андреев, 1980).

Для оценки связи показателей развития макрозообентоса с природными и антропогенными факторами был проведен предварительный статистический анализ с использованием двух коэффициентов корреляции (Пирсона и Спирмена). Поскольку необходимая для коэффициента Пирсона нормальность распределения всех выборок не подтвердилась, в дальнейшем анализе использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Айвазян и др., 1985).

<sup>1</sup> См. таблицу 2.2 (глава 2).

Кластерный анализ проводился по методу Варда (Ward). Этот метод отличается от других тем, что в нем используется дисперсионный анализ для оценки расстояний между кластерами. Использование метода минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге (Халафян, 2007; Электронный..., 2015).

В методе главных компонент осуществляется переход от исходных признаков  $X_1, \dots, X_p$  к новой системе координат  $Y_1, \dots, Y_p$ , называемых главными компонентами (ГК). Главные компоненты представляют собой линейные нормированные комбинации исходных признаков. Они выбираются таким образом, что среди всех возможных линейных нормированных комбинаций исходных признаков первая главная компонента  $Y_1$  обладает наибольшей дисперсией. Вторая главная компонента имеет наибольшую дисперсию среди всех оставшихся линейных преобразований, некоррелированных с первой главной компонентой и перпендикулярных ей. Следующие главные компоненты определяются по аналогичной схеме (Электронный..., 2015).

Статистическая обработка материала проведена в пакетах программ MS Excel 2003 и Statistica 6.0.

## Глава 5. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗООБЕНТОСА ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

История изучения зообентоса озер юга Обь-Иртышского междуречья насчитывает более 80 лет. Однако степень изученности гидробиологических характеристик отдельных озер и озерных систем значительно отличается. Чаще всего подобные сведения для малых озер вообще отсутствуют, по многим другим имеются лишь отрывочные рекогносцировочные данные, относящиеся к первой половине XX в. (Березовский, 1927; Зверева, 1930). Лучше изучены крупные солонатоводные водоемы и системы озер, имеющие рыбопромысловое значение (Пирожников, 1929; Пульсирующее..., 1982; Опыт..., 1982; Экология..., 1986; Озеро Убинское, 1994; Водоемы..., 1999; Обзор..., 2015), однако отдельные обобщающие работы по зообентосу этих озер отсутствуют.

*Озера степной зоны Обь-Иртышского междуречья.* А. Г. Поползин (1965) в степной зоне выделил: подзону озер разнотравно-ковыльных степей северной части Казахского мелкосопочника, Алтайской Кулунды и подзону озер засушливых типчаково-ковыльных степей центральной части Казахского мелкосопочника.

Бессточные озера Кулундинской низменности изолированы от речных систем; во всех озерах зоны отмечен зимний дефицит кислорода, поэтому последние маловодные десятилетия особенно отразились на развитии зообентоса. По данным Л. А. Благовидовой (1973б), бентос озер этой зоны беден: отсутствуют моллюски и во многих озерах – гаммариды, беден состав личинок насекомых, в частности хирономид (не более 10 форм).

В зависимости от уровня и обводнения Нижних Кулундинских озер через реку Кулунду, биомасса бентоса может меняться в 10 раз. Так, в многоводный 1966 г. на основном биотопе серого ила оз. Долгое она составляла 82,68 г/м<sup>2</sup>, в маловодный 1969 г. – 8,9 г/м<sup>2</sup>, в оз. Бакланье – соответственно 86,95 и 4,75 г/м<sup>2</sup> (Благовидова, 1973б).

Несколько разнообразнее состав зообентоса в Бурлинской системе озер. Наиболее крупные озера этой группы – оз. Большое и Топольное, Кривое, Бол. Травное. Бентос озер этой зоны небогат: отсутствуют моллюски, а во многих озерах и гаммариды, хирономид отмечено не более 10 форм. В оз. Бол. Топольном в связи с развитием в нем фитофильного комплекса на зарослях рдеста гребенчатого состав зообентоса более разнообразен. Основу биомассы составляют личинки хирономид, 40–88% от

средней биомассы бентоса. В оз. Бол. Травное преобладают гаммариды, в Кривом – олигохеты. Средние показатели бентоса в озерах этой зоны низкие: 0,8–12,8 г/м<sup>2</sup> (Благовидова, 1973б).

В северо-восточных озерах Бурлинской системы были широко распространены моллюски, в частности брюхоногие (Зверева, 1930). В 1967 г. в озерах моллюски отсутствовали, единично были отмечены лишь *Pisidium* и *Anadonta* в озерах Песчаное и Хомутиное. Состав личинок насекомых был сравнительно разнообразным: в озерах обнаружено от 13 до 21 формы личинок хирономид, 4 вида ручейников, обычные пиявки (3 вида), в литорали – гаммариды. Основу бентоса здесь составляют личинки рода *Chironomus* (60–97% летней биомассы бентоса). Доминирование крупных форм личинок хирономид и благоприятные условия их обитания обеспечивают высокие показатели биомассы бентоса – 15–29 г/м<sup>2</sup>. В группе северо-восточных Бурлинских озер отмечены большие показатели зообентоса, особенно в оз. Песчаное, что связано с наличием плотины на реке Бурле у озера Песчаное и Хорошее. Поэтому уровень воды в этих и в лежащих выше озерах стабильный, а также обеспечивается аккумуляция органического вещества, повышающего их трофность. В таблице 5.1 приведены данные по зообентосу бессточных озер разных систем степной зоны Обь-Иртышского междуречья (Водоемы..., 1999).

К этой же подзоне относятся озера степей северной части Казахского мелкосопочника. В оз. Шалкар, как и в других озерах этой зоны, преобладали личинки хирономид, составляя более 50% всей биомассы. В целом биомасса зообентоса в озере в осеннее время 1999 г. составляла 22,0 г/м<sup>2</sup>. По развитию зоопланктона и зообентоса оз. Шалкар относится к высококормовым водоемам (ГНПП Кокшетау..., 2011).

Т а б л и ц а 5.1

Основные характеристики зообентоса некоторых бессточных озер Алтайского края (цит. по: Водоемы..., 1999)

Система, озеро	Биомасса бентоса, г/м <sup>2</sup>		Доминирующие таксоны
	средняя	колебания	
Бурлинская система			
Бол. Топольное	7,32	3,2–12,8	<i>Chironomus</i> , Ephemeraeidae
Топольное	17,81	14,4–20,3	Oligochaeta, Mollusca
Песчаное	16,33	8,6–12,0	<i>Chironomus</i> , Oligochaeta
Кулундинская система			
Бакланье	14,32	1,9 – 29,6	Chironomidae
Горькое-Лебедянское	6,96	3,1 – 11,2	Diptera, Chironomidae
Долгое	53,16	10,9–171,7	Chironomidae, Oligochaeta

Озера лесостепной зоны Обь-Иртышского междуречья. К южной лесостепи А. Г. Поползин (1965) относит пресные озера Камышловского лога Северного Казахстана, озера Карасукского бассейна, озера ленточных боров Алтайского края.

Первые и наиболее полные исследования по фауне донных беспозвоночных озер Карасукской системы были проведены в 1963–1976 гг. Подробно изучена фауна 8 озер, в составе бентоса и макрофауны зарослей найдено 147 видов, относящихся к 7 классам. В работах Н. И. Мельниковой (1972б) и Л. Л. Сипко (1982) приведены данные фаунистического состава донных беспозвоночных эвтрофных озер различных географических зон в многолетней динамике, даны экологические характеристики всех видов. Отмечена неоднородность изменения таксономического состава бентоса в зависимости от факторов среды, только в фауне моллюсков наблюдается четкая тенденция зависимости видового состава от минерализации воды.

Бентофауна озер ленточных боров небогата как в видовом, так и количественном отношении. В зообентосе озер Зеркальное и Бахматовское (Барнаульская озерная система) хирономиды представлены всего 7–10 формами и не достигают высокой численности, моллюски отсутствуют, в незначительном количестве представлены олигохеты, гаммариды и пиявки. Основу бентоса в обоих озерах составляют личинки *Chaoborus*. Средняя биомасса бентоса очень низка – 0,7–2,3 г/м<sup>2</sup>, максимальная на оз. Бахматовское – до 38,2 г/м<sup>2</sup>.

Озера Петровское и Бол. Уткуль ежегодно обводняются в период паводка водами реки Оби через систему малых рек. Вода их близка по составу к речной: гидрокарбонатного класса, группы кальция, с благоприятным кислородным режимом в течение года. Зообентос озер разнообразен. В оз. Бол. Уткуль встречено 28 форм личинок хирономид, богато представлены другие личинки насекомых – ручейники, стрекозы, поденки. Отмечен 21 вид моллюсков, которые составляют до 69% средней биомассы бентоса озера. Разнообразие его состава обеспечивается не только пело- и псаммофильным, но и фитофильным биоценозами. Средняя биомасса бентоса, однако, сравнительно невелика: в оз. Бол. Уткуль – 5,8 г/л<sup>2</sup> (Благовидова, 1973б).

В литературе приводятся отрывочные данные о составе и структуре зообентоса для отдельных озер Касмалинской системы. В 1931 г. в оз. Бол. Островное основу биомассы бентоса на серых илах составляли личинки хирономид (89,3%) и личинки водных насекомых (6,4%), также встречались гаммариды (1,7%) и олигохеты (2,6%). В 1966 г. на песчаных прибрежных биотопах гаммариды стали ведущей формой бентоса. Уже в 1970-х гг. из состава бентоса выпали моллюски, как результат систематических зимних заморозов и повышения минерализации воды (Оценка..., 1997). Биомасса бентоса в разные годы колебалась от 3,2 до 18,5 г/м<sup>2</sup> (Водосемы..., 1999; Иванова, 1963), доминировали по биомассе личинки хирономид – 7,5 г/м<sup>2</sup> (табл. 5.2).

Т а б л и ц а 5.2

Соотношение групп зообентоса в озерах Барнаульской системы, %  
(цит. по: Ивановой, 1963)

Группа организмов	Озеро		
	Бахматовское	Серебрянниковское	Среднее
<b>Олигохеты</b>	–	0,27	–
Пиявки	3,05	25,44	15,77
Боклопавы	12,58	2,13	1,67
Жуки	–	–	15,14
Клопы	–	2,54	5,25
Стрекозы	0,70	3,24	–
Ручейники	2,01	2,21	0,09
Поденки и веснянки	–	13,18	1,17
Комары	30,48	18,7	21,63
Моллюски	51,24	32,89	38,26
Прочие	0,24	–	1,08
Средняя биомасса, кг/га	86,9	211,8	298,7

С целью выращивания ценных видов рыб в 1980 г. сотрудниками лаборатории гидробиологии и рыбоводства Научно-исследовательского института биологии и биофизики при Томском государственном университете было проведено гидрологическое, гидрохимическое и гидробиологическое исследование оз. Горькое. В составе зообентоса выявлены хирономиды, моллюски, пиявки, личинки стрекоз и мокрецов. Наиболее обильны хирономиды и моллюски, средняя биомасса которых равна соответственно 17,6 и 1,3 г/м<sup>2</sup>, плотность и биомасса личинок комаров наиболее высоки в июле на илистом песке – 2080 экз./м<sup>2</sup> и 28,36 г/м<sup>2</sup> соответственно. Малакофауна развита преимущественно на опресненном участке озера и в русле реки Касмалы (биомасса достигала 6,7 г/м<sup>2</sup>). С удалением от устья, на более минерализованных участках, происходит резкое снижение биомассы моллюсков (0,4–4,5 г/м<sup>2</sup>) (Дашевский и др., 1986).

В подзоне северной лесостепи А. Г. Поползин (1965) выделяет 3 озерные области: Чано-Барабинскую, Салтаим-Тенисскую, Южно-Тюменскую. В Чано-Барабинской области находятся три крупных озера: Убинское, Сарлтан и Чаны.

Озеро Убинское находится в северо-восточной части Барабинской степи. П. Л. Пирожников (1929) отмечает высокое разнообразие зообентоса в оз. Сартлан. В доминирующий комплекс входят *Limnodrilus hoffmeisteri* и личинки из трибы Chironominae. В 1929 г. биомасса бентоса на илах составляла 13,8 г/м<sup>2</sup>, в зарослях она достигала 16,5 г/м<sup>2</sup>. В зарослях рдеста отмечено большое количество брюхоногих моллюсков и поделок. В более поздних работах (Благовидова, 1973а) отмечено изменение видового состава зообентоса оз. Сартлан. Отсутствуют губки, пиявки, моллюски. Всего обнаружено 16 форм личинок хирономид, в заливах – 19. Состав других личинок насекомых еще беднее. Для озера характерно массовое развитие *Chironomus f. l. salinarius*, средняя плотность которого 301 экз./м<sup>2</sup> и составляет 70–80% средней биомассы бентоса. В оз. Сартлан наблюдаются невысокие величины средней биомассы бентоса: в отдельные сезоны она колеблется в пределах 4,0–6,8 г/м<sup>2</sup>.

Распределение и развитие зообентоса оз. Убинское находится в большой зависимости от гидрологического режима водоема, кроме того, большое влияние оказывают участвовавшие зимние заморы. В результате этих процессов происходит обеднение видового состава. Так, в 1967 г. в озере не встречались двустворчатые моллюски *Pisidium* и *Sphaerium*, сильно сократилась площадь обитания *Anadonta piscinalis* и *A. sedacovi*, ранее многочисленных по всему водоему. Уменьшились численность и биомасса олигохет и гаммарид, исчезли некоторые виды хирономид. Обеднение видового состава продолжалось и в последующие годы, и если в 1967 г. непосредственно в озере отмечалось более 50 форм и видов донных организмов, то в 1980–1986 гг. этот показатель колебался от 17 до 40. В конце XX века зообентос носил хирономидный характер с небольшим числом видов-доминантов, из прочих групп зообентоса существенное значение имели лишь олигохеты. Биомасса зообентоса также испытывала большие колебания. Минимальная биомасса бентоса (1–2 г/м<sup>2</sup>) отмечена в 1980 г., когда в водоеме наблюдалась максимальная численность рыб. После зимних заморозов 1983–1984 гг. бентосные организмы частично или полностью вышли из-под пресса рыб и резко увеличили численность и биомассу (до 30 г/м<sup>2</sup>). В последующие годы произошло восстановление запасов местных рыб-бентофагов и зарыбление озера сазаном, вследствие чего биомасса зообентоса снизилась и колебалась от 1 до 6 г/м<sup>2</sup> (Озеро Убинское, 1994).

Озеро Чаны – наиболее исследованное в Западной Сибири. Первые данные о зообентосе оз. Чаны приводит А. И. Березовский (1927). Начиная с 1955 г. ведутся более подробные и полные исследования фауны (Петкевич, 1959, 1963). Наиболее полно донные сообщества озера охарактеризованы в двух коллективных монографиях: «Пульсирующее озеро Чаны» (1982) и «Экология озера Чаны...» (1986). В последние десятилетия наибольший вклад в изучение зообентоса озера внесли Г. Н. Мисейко (2003, 2004а, б), Л. С. Визер с соавт. (2004, 2012), Д. М. Безматерных (2005б), Л. С. Визер (2006) и Д. М. Безматерных с соавт. (2008, 2011).

По данным Г. Н. Мисейко с соавт. (1986), с 1973 по 1982 г. в зообентосе Чанов обнаружено 114 форм донных животных. Наиболее богатой в видовом отношении была группа хирономид – 45 форм, из них 36 относилась к подсемейству Chironominae. Наибольшим числом форм были представлены роды *Chironomus* (12) и *Cryptochironomus* (8). Среди псаммофилов были многочисленны личинки родов *Tanytarsus* и *Stictochironomus*. В зарослях макрофитов большого развития достигали фитофильные личинки родов *Glyptotendipes* и *Endochironomus*. На грубодетритном грунте среди макрофитов встречались личинки *Anatopynia*, *Glyptotendipes*, *Pelopia*, *Einfeldia* гр. *carbonaria*. На втором месте по числу форм стояли прочие насекомые. Из них отмечено 11 форм стрекоз, 17 – ручейников, 6 – жуков, 4 – водных клопов, 4 – поденок, 2 – чешуекрылых и 2 – прочих двукрылых. Эти формы встречались чаще всего среди макрофитов. Третье место по разнообразию занимали моллюски (13 форм). Остальные группы гидробионтов имели бедный набор форм: ракообразные – две, черви – три, все прочие – три. Отмечена тенденция элиминирования части видов зообентоса с увеличением минерализации воды, при этом оставшиеся эврибионтные виды приспосабливались к новым условиям среды (Конивец, 1982).

Сезонная динамика зообентоса Чанов подробно была исследована в 1975 г. (Мисейко, 1982). Численность и биомасса бентоса на песке имели три ясно выраженных максимума: весенний (конец мая), летний (конец июля) и осенний (конец сентября) и два летних минимума (конец июля и августа). Очевидно, можно говорить о связи количественного развития бентоса на песке с циклами развития его основной группы – личинок хирономид. «Провалы» численности и биомассы связаны с вылетом насекомых в воздушную среду, максимумы – с накоплением биомассы отродившимися личинками новых генераций хирономид. С повышением температуры летом количественные показатели бентосных форм также увеличиваются. Несколько иной характер развития бентоса на илах. Основные пики численности и биомассы приходятся на вторую–третью декаду июля и конец сентября. У хирономид на илах отмечено три максимума плотности и биомассы: в середине – конце июня, конце июля и конце сентября. С 1974 по 1982 г. летняя биомасса бентоса на илистых грунтах в среднем упала с 15,3 до 4,35 г/м<sup>2</sup>.

Многолетние изменения видового богатства лучше всего были исследованы у легочных моллюсков (Юрлова, Водяницкая, 2005). Было показано, что изменения количественных параметров их популяций внутри сообщества и сообщества в целом носят закономерно циклический характер, в значительной степени связанный с уровнем и температурным режимами водоема. Межгодовая динамика численности популяций отдельных видов моллюсков дифференцируется в связи с особенностями их биологии. К числу ведущих факторов, определяющих ход многолетней динамики численности популяций отдельных видов моллюсков, следует отнести особенности их биологии, связанные с потреблением кислорода. Для

моллюсков, толерантных к дефициту кислорода, наиболее благоприятными оказываются годы высокого уровня воды, тогда как для моллюсков, имеющих смешанный тип дыхания (легочное и кожное), наиболее благоприятны годы с низким уровнем воды, что подтверждается высокой плотностью их популяций в эти годы.

В Южно-Тюменской озерной области к наиболее крупным озерам относятся Бол. Уват и Черное. В зообентосе озера Бол. Уват, исследованного Ц. И. Иоффе (1947), в зарослях отмечено большое разнообразное население личинок стрекоз, поленок, много хирономид, водяных жуков, клещей. Фауна илистой профундали бедна и представлена преимущественно личинками хирономид (более 10 видов) и олигохетами (*Tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri*). Биомасса дна для летнего периода всего 0,68 г/м<sup>2</sup>. Зимой она еще ниже, так как вследствие дефицита кислорода значительные участки озера теряют свое население. В работе Т. А. Ирискиной (1985) имеются также отрывочные данные по нескольким мелким озерам Тюменской области: Яровское, Безрыбное, Северо-Дубровное, Армизонское. Исследования озер проводились в рыбохозяйственных целях в 1980–1982 гг. Отмечены колебания биомассы бентоса от 0,23 до 30 г/м<sup>2</sup>.

В Салтаим-Тенисской озерной области наиболее крупные озера – Ик, Салтаим и Тенис. Озеро Ик характеризуется высоким уровнем развития зообентоса. В 1940-х гг. средняя биомасса зообентоса составляла 17,3 г/м<sup>2</sup> (Жизнь..., 1950). С 1976 по 1982 г., биомасса бентоса в летний период варьировала от 12,9 до 120 г/м<sup>2</sup>, зимой биомасса изменялась от 7,7 до 39,9 г/м<sup>2</sup>. На всех биотопах дна во все сезоны года доминировали личинки хирономид (95–99% биомассы бентоса) (Рыбкин, 1985). В мелководном оз. Тенис пелофилы (*Chironomus* гр. *plumosus*) редки, преобладает *Gammarus pulex*, из литоральных форм встречаются *Planorbis planorbis*, *Herpobdella* sp. По сравнению с оз. Ик продуктивность в озерах Салтаим и Тенис ниже (средняя летняя биомасса 4 г/м<sup>2</sup>) (Жизнь..., 1950).

Таким образом, несмотря на довольно длительный период и большой объем исследований, данные о составе, структуре и функционировании зообентоса озер юга Обь-Иртышского междуречья фрагментарны. Наиболее полно изучены некоторые крупные водные объекты, а сведения о зообентосе средних и малых озер зачастую отрывочны. В условиях меняющихся климатических факторов и антропогенного воздействия состав и структура сообществ озер данного региона могли значительно измениться.

## Глава 6. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗООБЕНТОСА ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

### Общая характеристика фауны донных беспозвоночных

Тип *Nemathelminthes* (круглые черви) во всех изученных в 1996–2011 гг. озерах представлен классом **Nematoda**, отрядом Mermitida, семейством Mermitidae (родовая и видовая принадлежность не определена). Мермитиды отмечены в озерах Бурлинской системы, чаще всего паразитировали в личинках двукрылых сем. Chironomidae.

Тип *Annelida* (кольчатые черви) представлен классами **Oligochaeta** (малощетинковые черви) и **Hirudinea** (пиявки). Малощетинковые черви в составе макрозообентоса изученных озер малочисленны по видовому составу и в основном представлены широко распространенными эврибионтными видами (Вдовина, Безматерных, 2015): *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparede, *Tubifex tubifex* (O. F. Muller), *Chaetogaster* sp. и *Stylaria lacustris* (Linnaeus). В большинстве исследованных озер олигохеты были немногочисленны. Исключение составили некоторые озера Бурлинской системы, где олигохеты преобладали. Среди пиявок выявлено 6 видов, наиболее часто в озерах отмечены широко распространенные эврибионтные роды *Erpobdella* и *Glossiphonia* (прил. 3).

Тип *Bryozoa* (мшанки) представлен надклассом **Phylactolemata**, родом *Plumatella*. Определение мшанок проводилось по статобластам, обнаруженным в качественных пробах в прибрежье некоторых озер Бурлинской и Барнаульской систем.

Тип *Mollusca* (моллюски) в озерах юга Обь-Иртышского междуречья представлен двумя классами **Gastropoda** (брюхоногие) и **Bivalvia** (двустворчатые). В классе брюхоногих моллюсков выявлено 22 вида, в классе двустворчатых – 4. Среди моллюсков большинство составили фитофильные виды, обычные для небольших стоячих или слабопроточных постоянных водоемов. Подавляющее большинство видов относится к брюхоногим моллюскам, в основном это представители семейств Planorbidae и Lymnaeidae.

Тип *Arthropoda* (членистоногие). В исследованных озерах выявлено три класса: Crustacea, Arachnida и Insecta.

Класс **Crustacea** (ракообразные) в исследованных озерах был отмечен тремя видами. Амфиподы были представлены во всех системах озер широко распространенным и характерным для стоячих водоемов видом *Gammarus lacustris* Sars.

Класс **Arachnida** (паукообразные) представлен пауками и клещами. Пауки были немногочисленны и отмечены только в качественных сборах с оз. Чаны и на некоторых озерах Барнаульской системы. Пауки *Argyroneta aquatica* (Clerck) и *Dolomedes fimbriatus* (Clerck) периодически встречаются в прибрежье. Клещи были представлены родом *Hydryphantes* (до вида не идентифицированы) и отмечены в оз. Чаны.

Класс **Insecta** (насекомые) – основная группа водных макробеспозвоночных в озерах юга Обь-Иртышского междуречья. Класс представлен 8 отрядами: Collembola, Odonata, Ephemeroptera, Heteroptera, Lepidoptera, Trichoptera, Coleoptera и Diptera.

Отряд *Collembola* – ногохвостки – представлен одним видом *Podura aquatica* L. и отмечен только в оз. Угловое Касмалинской озерной системы. Эти ногохвостки распространены на мелководье.

Отряд *Odonata* – стрекозы. В результате исследований выявлено 16 видов стрекоз, относящихся к 10 родам и 5 семействам. Наиболее разнообразно представлено сем. Coenagrionidae – 8 видов. В сем. Aeschnidae – 3 вида, сем. Libellulidae – 3, сем. Corduliidae – 1 и сем. Lestidae – 1 вид. Чаще остальных отмечены личинки сем. Coenagrionidae: *Coenagrion armatum* (Charpentier) и *Enallagma cyathigerum* Charpentier.

Отряд *Ephemeroptera* – поденки – представлен 7 видами, относящимися к 4 родам и 4 семействам. Наиболее широко в исследованных озерах распространено сем. Caenidae (3 вида); р. *Caenis* в 5 озерах доминировал и субдоминировал в макрозообентосе по численности. Семейство Baetidae в исследованных озерах представлено 2 видами, также выявлено по одному виду в семействах Ephemeridae и Siphonuridae.

Отряд *Heteroptera* – клопы (полужесткокрылые). В озерах юга Обь-Иртышского междуречья выявлено 11 видов клопов, относящихся к 9 родам и 5 семействам. Отряд клопов в исследованных озерах представлен широко распространенными и часто встречающимися в стоячих водоемах видами. Наиболее многочисленно семейство гребляков (Corixidae) (6 видов), чаще остальных отмечены роды *Hesperocorixa* и *Sigara*. Водомерки (Gerridae), которые распространены на мелководье представлены двумя родами *Gerris* и *Limnoporus*. Среди водяных скорпионов (Nepidae) обнаружен один вид *Nepa cinerea* L., также одним видом представлены плавты (Naucoridae) – *Ilyocoris cimicoides* (L.), и гладыши (Notonectidae) – *Notonecta glauca* L.

Отряд *Lepidoptera* – бабочки. В этом отряде обнаружено два вида: *Elophila nymphaeata* L. и *Parapoynx stratiotata* L., принадлежащих сем. Pyraustidae. Личинки бабочек обнаружены в прибрежной зоне на растительности в озерах Бол. Пустынное, Верхнее и Прыганское Бурлинской системы озер, а также в оз. Ледорезное Касмалинской системы озер.

Отряд *Trichoptera* – ручейники. В результате проведенных исследований для озер юга Обь-Иртышского междуречья выявлено 17 видов из следующих семейств: Leptoceridae (4), Phryganeidae (4), Polycentropodidae (4), Hydroptilidae (2), Ecnomidae (1), Limnephilidae (1), Molanidae (1). Ручейники представлены видами-обитателями стоячих и медленно текущих вод: фитофилами *Neureclipsis bimaculata* (L.), *Ecnomus tenellus* (Rambur), *Phryganea bipunctata* Retzius, *Triaenodes* sp., *Limnephilus rhombicus* (L.), *Agripnia obsoleta* (Hagen), *Agraylea multipunctata* Curtis, *Orthotrichia* sp., *Leptocerus* sp., *Mystacides longicornis* (L.), *Oecetis* sp., а также факультативным псаммофилом *Molanna albicans* (Zetterstedt).

Отряд *Coleoptera* – жуки (жесткокрылые). По результатам исследований выявлено 19 видов жуков, относящихся к 15 родам и 7 семействам. Наиболее разнообразно представлено сем. Dytiscidae – 8 видов. В сем. Hydrophilidae – 5 видов, сем. Haliplidae – 2, семействах Gyrinidae, Chrysomelidae, Dryopidae, Laccophilinae по 1 виду. Значение жуков в изучаемых сообществах было чаще всего не велико. Личинки родов *Berosus* и *Haliphus* по численности и биомассе входили в категорию второстепенных и третьестепенных видов солоноватых озер.

Отряд *Diptera* – двукрылые. Фауна этого отряда в озерах юга Обь-Иртышского междуречья представлена 13 семействами: Tipulidae, Limoniidae, Psychodidae, Dixidae, Chaoboridae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Stratiomyidae, Tabanidae, Dolichopodidae, Ephydridae и Scathophagidae.

Семейство *Tipulidae* – комары-долгоножки. Определение личинок проводилось до рода. Личинка р. *Tipula* обнаружена на растительности в прибрежной зоне оз. Мельничное Касмалинской системы.

Семейство *Limoniidae* (комары-болотницы) было представлено двумя видами. Экземпляр из оз. Чаны не удалось идентифицировать до рода. Наиболее широко был распространен *Helius longirostris* (Meig.), этот вид отмечен в озерах Илюйбасор и Чебаклы Причановской группы озер, а также в озерах Бол. Островное и Мельничное Касмалинской озерной системы.

Семейство *Psychodidae* – бабочницы. В исследованных озерах семейство представлено двумя видами. Виды отмечены единичными экземплярами, найденными в прибрежье озер: *Clytocerus crispus* Vaillant – в оз. Угловое (Касмалинская система), *Psychoda albipennis* Zetterstedt – в оз. Большое (Бурлинская система).

Семейство *Dixidae* (земноводные комары) не вносило большой вклад в обилие макрозообентоса озер. Отмечен один вид *Dixella* sp. для оз. Чаны.

Семейство *Chaoboridae* (хаобориды) представлено одним видом *Chaoborus* (C.) *flavicans* (Meig.). Этот вид был отмечен в озерах Большое и Бол. Пустынное Бурлинской системы, Котленок и Широкая Курья Причановской группы озер. По значению в сообществах макрозообентоса хаобориды входили в категорию второстепенных и третьестепенных видов.

Представители семейства *Simuliidae* (мошки) не вносили большой вклад в количественное развитие макрозообентоса озер. Отмечены два вида для оз. Чаны.

Семейство *Ceratopogonidae* – мокрецы – представлено 11 видами и формами. Чаще остальных отмечены *Sphaeromyias pictus* (Meigen) и *Mallochelela munda* (Loew). Комары-мокрецы вносили большой вклад в сообщества макрозообентоса солоноватых озер, в основном они выступали в качестве субдоминантов.

Семейство *Chironomidae* – комары-звонцы. В результате исследований озер юга Обь-Иртышского междуречья выявлены 54 вида и форм хирономид. Личинки этого семейства встречались очень широко и отмечены практически во всех озерах. По значению в сообществах макрозообентоса хирономиды в основном входили в категорию доминантов, как по численности, так и по биомассе. Для исследованных озер наиболее типичны *Chironomus* гр. *plumosus*, *Ch. sp.*, *Polypedilum* гр. *nubeculosum* и др. Кроме того, были отмечены фитофильные виды *Ablabesmyia* sp., *Cricotopus* гр. *sylvestris* и *Endochironomus tendens* (F.). Не были найдены специфические виды, характерные для солоноватоводных водоемов, наиболее часто в исследованных озерах встречались пресноводные, эвритермные, т. е. в целом эврибионтные виды и формы, способные адаптироваться к разнообразным экологическим условиям.

Семейство *Stratiomyidae* (львинки) представлено 3 родами и 7 видами. Достаточно часто в исследованных озерах встречались роды *Odontomyia* и *Stratiomys*, значение львинок в изучаемых сообществах было чаще всего невысоким, в основном они были найдены в прибрежной зоне в качественных пробах.

Представители семейства *Tabanidae* (слепни) не вносили большой вклад в количественное развитие макрозообентоса озер. Отмечено два вида этого семейства: *Chrysops (C.) suavis* (Loew) (оз. Чаны) и *Tabanus autumnalis autumnalis* L. (оз. Хорошее, Бурлинская система).

Семейство *Dolichopodidae* – мухи-зеленушки. Детального определения представителей этого семейства не проводилось. Единичные экземпляры отмечены в оз. Фатеево (Душное) Причановской группы озер.

Семейство *Ephydriidae* – мухи-береговушки. Представители семейства часто встречались в солоноватых и соленых озерах различных систем озер. Личинки рода *Setacera* в соленых водоемах доминировали и субдоминировали как по численности, так и по биомассе макрозообентоса.

Представители семейства *Scathophagidae* (скаатофагиды) до родов и видов не определялись. Единичные экземпляры обнаружены на песчаном грунте гипергалинного оз. Кулундинское.

Таким образом, во всех исследованных озерных системах выявлено 206 видов донных беспозвоночных из 8 классов: Nematoda (1 вид), Oligochaeta (5), Hirudinea (6), Phylactolemata (2), Bivalvia (4), Gastropoda (22), Crustacea (3), Aranei (3), Insecta (160). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличаются двукрылые (87 видов, из которых 54 – хирономиды), также из насекомых встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, ногохвостки и бабочки.

## 6.1. Барнаульская озерная система

В озерах Барнаульской системы в 1996–1997 и 2003 гг. выявлено 42 вида зообентонтов из 8 классов: Oligochaeta – 2 вида, Hirudinea – 3, Phylactolemata – 1, Bivalvia – 2, Gastropoda – 6, Crustacea – 2, Aranei – 1, Insecta – 25 видов (прил. 3). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (16 видов, из которых 13 – хирономиды), также из насекомых встречались стрекозы, поденки, жуки и клопы (рис. 6.1).

Уровень развития донных беспозвоночных озер был изучен в 2003 г. (Безматерных, 2007). Биомасса зообентоса колебалась от 0,2 (оз. Зеркальное) до 20 г/м<sup>2</sup> (оз. Бахматовское), что по шкале трофности озер С. П. Китаева (1986) соответствует ультраолиготрофному и бета-эвтрофному типу (табл. 6.1).

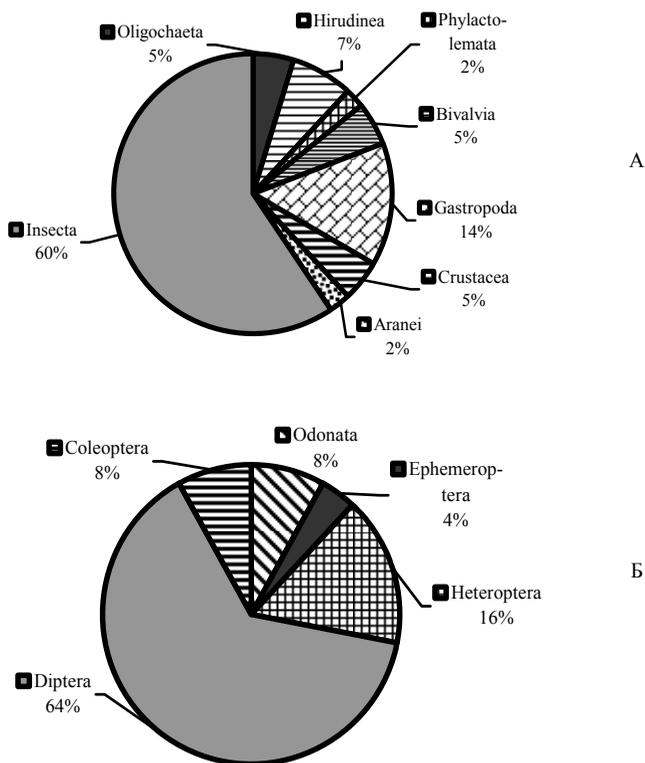


Рис. 6.1. Видовая структура зообентоса исследованных озер Барнаульской системы: А – доля классов донных беспозвоночных, Б – доля отрядов из класса насекомые

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер  
Барнаульской системы (Безматерных, 2008, с сокращениями)

Озеро	1997 г.	2003 г.	
	Таксоны в порядке доминирования	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Таксоны в порядке доминирования
Бахматовское	<i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	20	Chironomidae, Tubificidae, Hirudinea, Gerridae, <i>Gammarus lacustris</i> Sars., Trichoptera, Planorbidae, <i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.), <i>Euglesa</i> , <i>Lymnaea stagnalis</i> (L.)
Вавилон	...	3,6	Chironomidae, Trichoptera, <i>Lymnaea stagnalis</i> (L.), <i>Planorbis planorbis</i> (L.), <i>Planorbarius corneus</i> (L.), Anisus, <i>Plumatella fungosa</i> Pallas
Горькое	...	1,2	Chironomidae, <i>Lymnaea lagotis</i> (Schrank), Corixidae, Gastropoda, Culicidae
Зеркальное	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig.), <i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i> , <i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud)	0,2	Chironomidae, <i>Gammarus lacustris</i> Sars, <i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.), Planorbidae, Ephemeroptera, Bivalvia
Лебяжье	<i>Choanomphalus rosmaesleri</i> (A. Schmidt), <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	...	...
Песчаное	<i>Cladotanytarsus</i> гр. <i>A</i> , <i>Euglesa</i> sp., <i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud), <i>Collepterum anatinum</i> (L.), <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i> , <i>L. auricularia</i> (L.), <i>L. lagotis</i> (Schrank), <i>Sigara striata</i> L., <i>Planorbis planorbis</i> (L.)	5,9	Chironomidae, Diptera, <i>Lymnaea</i> , <i>Planorbis</i> , <i>Euglesa</i>
Песьяное	<i>Tanytus punctipennis</i> Meig., <i>Sigara striata</i> L., <i>Ceratopogon</i> , <i>Gammarus lacustris</i> Sars, <i>Laccophilus</i> , <i>Lymnaea ovata</i> (Draparnaud), <i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.), <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i> , <i>Leucorrhinia rubicunda</i> L.	12	Chironomidae, <i>Gammarus lacustris</i> Sars., Aranei, Diptera, Planorbidae, Ephemeroptera

Озеро	1997 г.	2003 г.	
	Таксоны в порядке доминирования	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Таксоны в порядке доминирования
Серебренниковское	<i>Chironomus</i> , <i>Notonecta glauca</i> L., <i>Acilius sulcatus</i> (L.), <i>Cloëon dipterum</i> L.	...	...
Среднее	<i>Chironomus</i> sp.	...	...
Степное	...	5,1	Chironomidae, <i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.), <i>Erpobdella octocollata</i> (L.), Oligochaeta, Ephemeroptera, Odonata, Bivalvia, Tubificidae, Dytiscidae, Corixidae, <i>Lymnaea stagnalis</i> (L.), Gerridae
Сухое	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger), <i>Chironomus</i> , <i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Muller), <i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i> , <i>Erpobdella octocollata</i> (L.)	7,3	Chironomidae, Tubificidae, Ephemeroptera, Hirudinea, Odonata, Gerridae, Corixidae
Урлапово	<i>Gammarus lacustris</i> Sars, <i>Cladotanytarsus</i> гр. <i>A</i> , <i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards), <i>G. glaucus</i> (Meig.), <i>Tanytus punctipennis</i> Meig., <i>Limnporus rufoscutellatus</i> Latreille, <i>Erpobdella octocollata</i> (L.), <i>Polypedilum</i> гр. <i>nubeculosum</i> , <i>Coenagrion armatum</i> (Charpentier) <i>Cricotopus</i> гр. <i>sylvestris</i> <i>Dytiscus circumflexus</i> F.	...	...
Шуракша	...	2,4	Chironomidae, Coleoptera, Hirudinea, <i>Gammarus lacustris</i> Sars., Odonata, Trichoptera, <i>Euglesa</i> , Planorbidae

Примечание: «...» – нет данных (только качественные пробы); \* – по шкале С. П. Китаева (1986).

Во всех изученных водоемах основу биомассы зообентоса составляли личинки комаров-звонцов (Chironomidae). К обычным компонентам зообентоса можно также отнести брюхоногих и двустворчатых моллюсков, из

семейств Lymnaeidae, Planorbidae и Pisidiidae. Кроме того, необходимо отметить малощетинковых червей сем. Tubificidae, рачков-бокоплавов (*Gammarus lacustris*), пиявок (*Erpobdella octoculata*), водных клопов (Naucoridae, Corixidae, Notonectidae) и жуков (Dytiscidae), а также личинок ручейников, поленок и стрекоз.

Аналогичные нашим данным по зообентосу Барнаульской озерной системы были получены Л. А. Благовидовой (1973б), которая указывала те же ведущие группы зообентоса, а трофность озер, исходя из ее показателей, колебалась от ультраолиготрофной до  $\beta$ -эвтрофной. В более ранних работах (Иванова, 1963) отмечено, что бентофауна озер Зеркальное и Бахматовское бедна как в видовом, так и количественном отношении. Личинки хирономид представлены всего 7–10 формами и не достигают высокой численности, моллюски отсутствуют, в незначительном количестве представлены олигохеты, гаммариды и пиявки. Основу бентоса в обоих озерах составляют личинки р. *Chaoborus*. В более поздних исследованиях личинки этого семейства не были обнаружены. Возможно, доминирование хаоборид связано с низким содержанием кислорода в озерах в период исследования, так как личинки этого рода способны переносить условия аноксии и отсутствие пищи до месяца и более. Наибольшую биомассу в оз. Бахматовское имели моллюски, личинки комаров и бокоплав; в оз. Серебrenниковское – моллюски, пиявки, личинки комаров; на оз. Среднее – моллюски, личинки комаров, пиявки и жуки. Большой вклад в биомассу бентоса моллюсков и личинок комаров также согласуется с нашими результатами.

## 6.2. Бурлинская озерная система

В составе макрозообентоса исследованных озер Бурлинской системы выявлено 74 вида донных беспозвоночных из 8 классов: Nematoda – 1 вид, Oligochaeta – 1, Hirudinea – 3, Phylactolemata – 1, Bivalvia – 1, Gastropoda – 5, Crustacea – 2, Insecta – 60 вид. Амфибиотические насекомые составили 80% числа обнаруженных таксонов (рис. 6.2).

Большая часть (32 вида) принадлежит к отряду двукрылых, также отмечены стрекозы, поденки, клопы, жуки, бабочки и ручейники. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (23 вида), представленные в основном подсем. Chironominae. Наибольшее число донных беспозвоночных выявлено в озерах Верхнее (28 видов) и Песчаное (26 видов). Озера Большое (8 видов), Бол. Пустынное (8 видов), Топольное (4 вида) и Нижнее (9 видов) оказались значительно беднее по видовому составу зообентоса (Жукова, Безматерных, 2013).

В озерах Бурлинской системы выявлено более высокое таксономическое разнообразие по сравнению с данными О. С. Зверевой (1930), однако доминирующая группа совпала (р. *Chironomus*). Выделенные нами доминирующие группы зообентоса также были отмечены и в более поздних работах (Водоемы..., 1999).

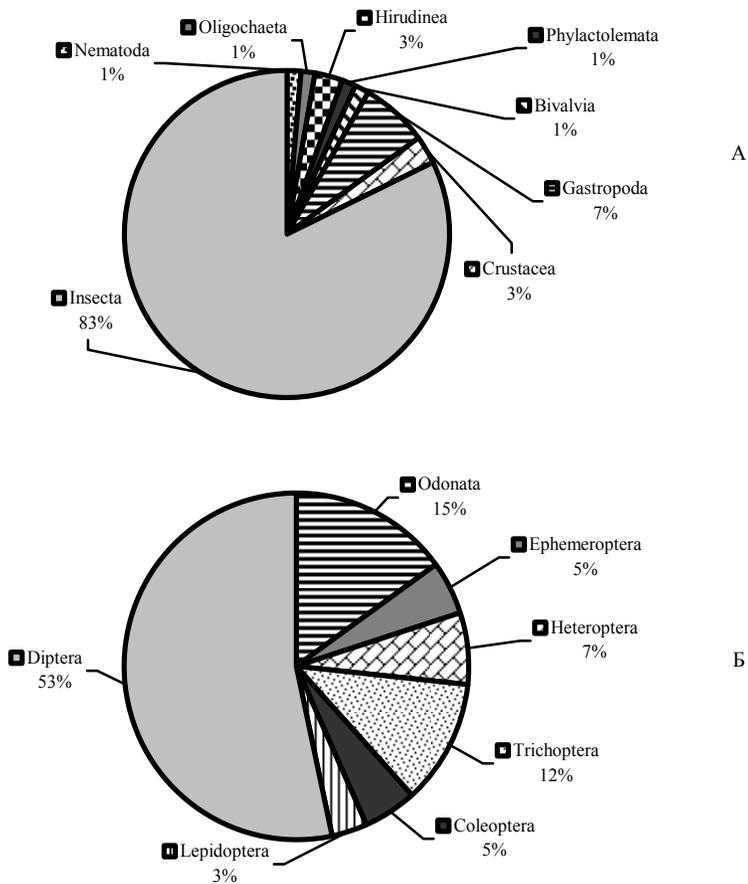


Рис. 6.2. Видовая структура зообентоса исследованных озер Бурлинской системы: А – доля классов донных беспозвоночных; Б – доля отрядов из класса насекомые

Расчет мер включения видового состава донных макробеспозвоночных различных озер Бурлинской системы показал их высокую степень сходства. Для большинства озер характерна связь на уровне 50–69%, наибольшие величины мер включения отмечены для пар озер Топольное – Хорошее и Топольное – Песчаное. Наиболее оригинальным оказался состав макрозообентоса наименее минерализованного оз. Верхнее (рис. 6.3).

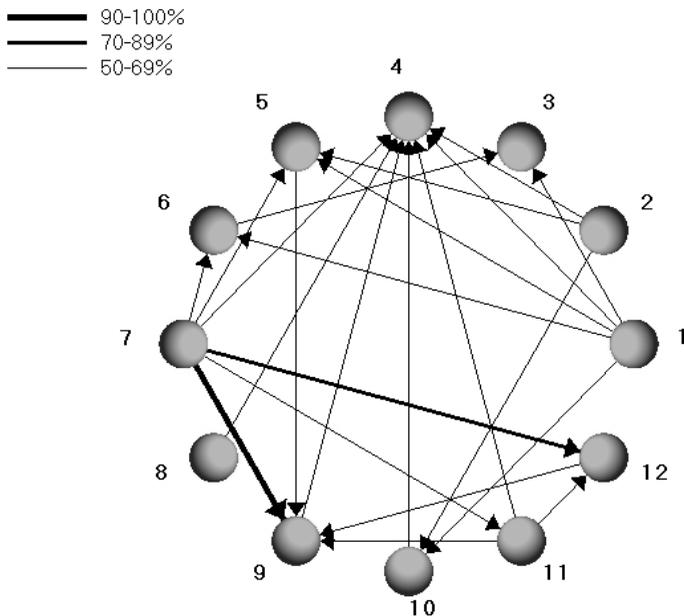


Рис. 6.3. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса озер Бурлинской системы по наличию видов: 1 – Большое, 2 – Бол. Пустынное, 3 – Бол. Топольное, 4 – Верхнее, 5 – Кабанье, 6 – Кривое, 7 – Топольное, 8 – Нижнее, 9 – Песчаное, 10 – Прыганское, 11 – Хомутиное, 12 – Хорошее

Озера Бурлинской системы характеризовались высокими показателями численности и биомассы донных беспозвоночных. В большей части озер они соответствовали умеренному и среднему классам продуктивности. Биомасса колебалась в разных озерах от 0,0 до 61 г/м<sup>2</sup>, численность от 0 до 140 тыс. экз./м<sup>2</sup> (табл. 6.2).

Минимальные значения численности и биомассы отмечены для оз. Бол. Топольное (0,0–8,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 0,0–1,1 г/м<sup>2</sup>) и оз. Кривое (1,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>, 0,7 г/м<sup>2</sup>). Максимальные значения биомассы зафиксированы в оз. Хомутиное (49–140 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 30–61 г/м<sup>2</sup>). Доминирующими таксономическими группами по биомассе в озерах были личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), по численности (в пяти озерах) – личинки кольчатых червей (*Oligochaeta*).

Т а б л и ц а 6.2

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер  
Бурлинской системы

Озеро	Число видов	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>		Биомасса, г/м <sup>2</sup>	
			эпилигнраль	эпибифундаль	эпилигнраль	эпибифундаль
Бол. Пустынное	8	–	...	1,0	...	1,7
Бол. Топольное	20	–	0,0–8,7	1,6	0,0–1,1	0,9
Большое	8	–	...	3,6	...	10
Верхнее	28	–	...	10	...	19
Кабанье	14	<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer	0,7–1,1	0,7–1,4	0,6–8,3	0,7–4,5
Кривое	16	–	1,3	...	0,7	...
Топольное	4	<i>Chironomus</i> sp.	2,4–4,6	2,9–3,0	0,7–3,3	0,7–1,3
Нижнее	9	–	...	3,9	...	2,5
Песчаное	26	–	0,7	36	0,8	13
Прыганское	21	<i>Chironomus</i> sp., <i>Caenis miliaria</i> Tshernova	1,3–1,6	0,0–3,0	1,7–37	0,0–28
Хомутиное	13	–	49	140	30	61
Хорошее	18	–	14	13	8,1	2,6

Примечание: «–» – доминанты не обнаружены (частота встречаемости не превышала 50%); «...» – нет данных.

### 6.3. Карасукская озерная система

В изученных озерах Карасукской системы в 2003, 2006 и 2009 гг. выявлено 64 вида донных беспозвоночных из 5 классов (прил. 3): Oligochaeta – 2 вида, Hirudinea – 2, Gastropoda – 7, Crustacea – 1, Insecta – 52 вида (Жукова, Безматерных, 2010). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием

отличались двукрылые (29 видов, из которых 25 – хирономиды), также из насекомых встречались стрекозы, поденки, клопы, ручейники и жуки (рис. 6.4).

По сравнению с данными Л. Л. Сипко (1982) выявлено более низкое видовое разнообразие зообентоса озер Карасукской системы. Это, вероятно, объясняется тем, что исследования зообентоса в 1963–1976 гг. носили более длительный характер и были направлены на изучение качественного состава донных беспозвоночных. Исследования 2003, 2006, 2009 гг., главным образом, касались установления численности и биомассы зообентоса. Таксономический состав донных беспозвоночных, изученных в 2003, 2006, 2009 гг., на 70% входит в состав зообентоса, выявленного в 1963–1976 гг.

Зообентос озер носил хирономидный характер (они отмечены в 95% проб), среди них доминировали личинки из родов *Chironomus* и *Glyptotendipes*.

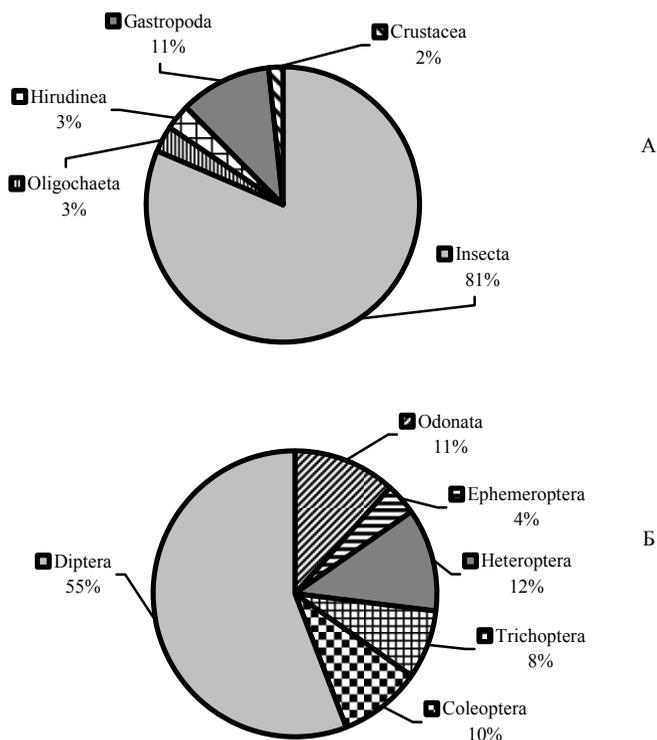


Рис. 6.4. Видовая структура зообентоса исследованных озер Карасукской системы: А – доля классов донных беспозвоночных, Б – доля отрядов из класса насекомые

Расчет мер включения видового состава донных макробеспозвоночных исследованных в 2003, 2006, 2009 гг. озер показал их низкую или умеренную степень сходства. Меры включения локальных фаун – на уровне 60% и более характерны для 6 пар озер. Наибольшая связность фаун выявлена у оз. Чебачонок с озерами Кротово и Астроным, что объясняется малым количеством видов (2 вида), обнаруженных в оз. Чебачонок (рис. 6.5).

Численность и биомасса зообентоса в различных изученных водоемах характеризовались значительным разбросом значений (табл. 6.3). Биомасса колебалась в разных озерах от 0,09 до 30 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,1 до 16 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Минимальные значения численности и биомассы отмечены для оз. Чебачонок (0,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 0,2 г/м<sup>2</sup>) и оз. Бол. Горькое (0,1 тыс. экз./м<sup>2</sup>, 0,09 г/м<sup>2</sup>). Максимальные значения биомассы зафиксированы в озерах Шкалово (23 г/м<sup>2</sup>) и Титово (30 г/м<sup>2</sup>).

По численности и биомассе доминирующей таксономической группой в озерах были личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*).

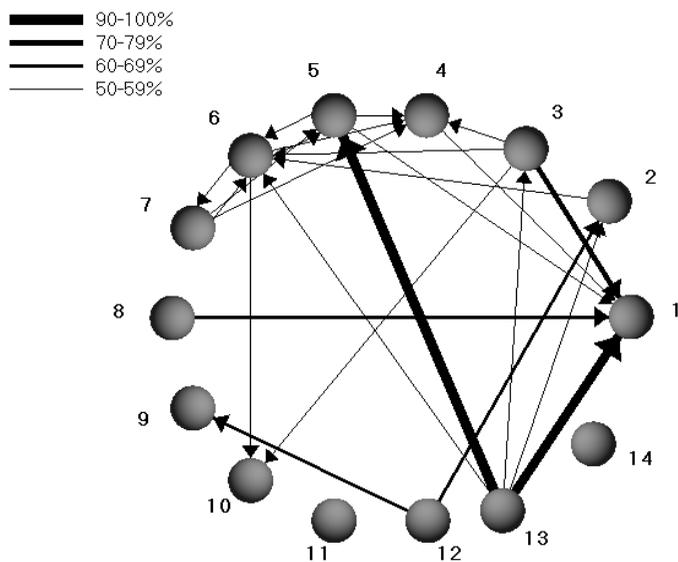


Рис. 6.5. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса озер Карасукской системы по наличию видов в 2003, 2006, 2009 гг.: 1 – Астроным, 2 – Бол. Горькое, 3 – Гусиное, 4 – Кривое, 5 – Кротово, 6 – Кусган, 7 – Мелкое, 8 – Песчаное, 9 – Студеное, 10 – Титово, 11 – Хорошонок, 12 – Чаган, 13 – Чебачонок, 14 – Шкалово

Основные характеристики макрозообентоса эпилимниона исследованных озер Карасукской системы

Озеро	Число видов	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
Астродым	28	<i>Psectrocladius</i> (P.) <i>ishimicus</i> Tshernovskij, <i>Cladotanytarsus</i> гр. <i>mancus</i> , <i>Caenis miliaria</i> (Tshernova)	1,1–16	3,3 – 7,2
Бол. Горькое	7	<i>Chironomus</i> sp.	0,1– 0,5	0,09–0,5
Гусиное	4	<i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	0,1	0,8
Кривое	22	<i>Polypedilum</i> гр. <i>nubeculosum</i>	1,4	2,2
Кротово	14	<i>Chironomus</i> sp.	0,4	6,1
Кусган	13	–	0,2	2,2
Мелкое	11	<i>Chironomus</i> sp., <i>Chaetogaster</i> sp.	0,6– 1,0	7,6 – 8,7
Студеное	7	–	0,35–0,92	0,35–0,92
Титово	21	<i>Procladius</i> (H.) <i>ferrugineus</i> Kieffer, <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	1,7	30
Чаган	8	–	0,5	2,7
Чебачонок	2	–	0,3	0,2
Шкалово	5	–	2,1	23

Примечание: «–» – явные доминанты не обнаружены (частота встречаемости не превышала 50%).

#### 6.4. Касмалинская озерная система

В 2008–2009 гг. в обследованных озерах Касмалинской системы выявлено 64 вида донных беспозвоночных из 4 классов: Hirudinae – 3 вида, Gastro-poda – 4, Crustacea – 1, Insecta – 56 вида (прил. 3). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (33 вида, из которых 23 вида – хирономиды), также из насекомых отмечены жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, колемболы, бабочки (рис. 6.6). По частоте встречаемости доминировали личинки сем. Chironomidae (отмечены в 89% проб), чаще остальных встречены *Chironomus* sp., *Glyptotendipes paripes*

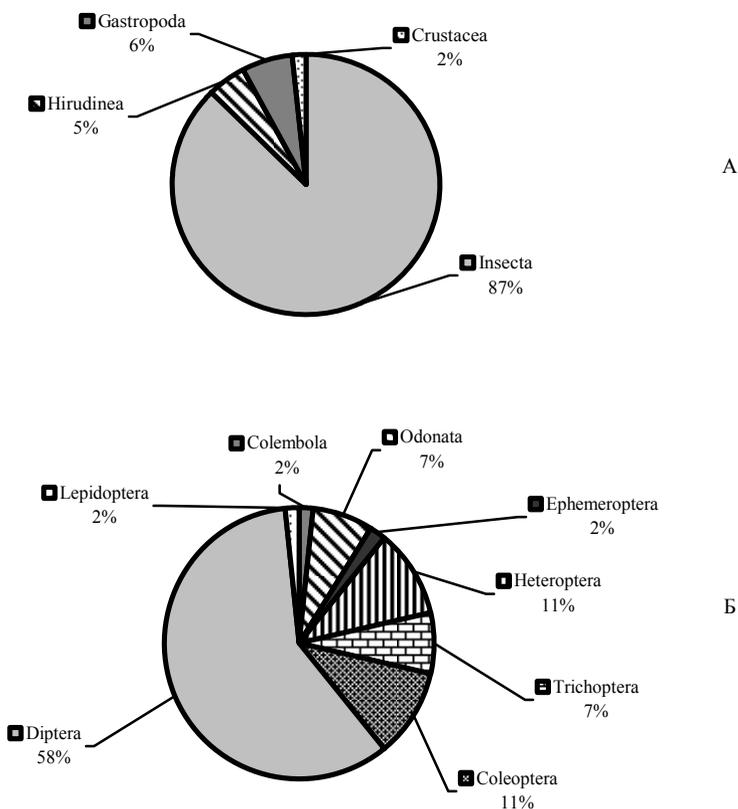


Рис. 6.6. Видовая структура зообентоса исследованных озер Касмалинской системы: А – доля классов донных беспозвоночных; Б – доля отрядов из класса насекомые

(Edwards), *Cricotopus* гр. *sylvestris*. Среди других таксонов следует отметить стрекоз, комаров мокрецов и поденок. Из стрекоз чаще наблюдались личинки *Coenagrion armatum* (Charpentier), из мокрецов – *Sphaeromias pictus* (Meigen), из поденок – *Caenis miliaria* (Tshernova) (Безматерных и др., 2009).

Наибольшее число видов донных макробеспозвоночных выявлено в озерах Мельничное (28 видов) и Угловое (23 вида). Беднее по видовому составу оказались содовые озера Кулундинской степи оз. Пресное (5 видов) и оз. Люськино (3 вида). Фаунистическое сходство исследованных озер в целом невысоко и каждый водоем отличается своеобразием донного населения, расчет мер включения видового состава макробеспозвоночных иссле-

дованных озер показал низкую степень сходства. Для большинства озер мера включения фаун не превысила 50–69%, наиболее близки по видовому составу донных беспозвоночных содовые озера Кулундинской степи, в которых степень сходства составила 70–89%, что, вероятно, обусловлено сходством их гидрохимических характеристик (рис. 6.7).

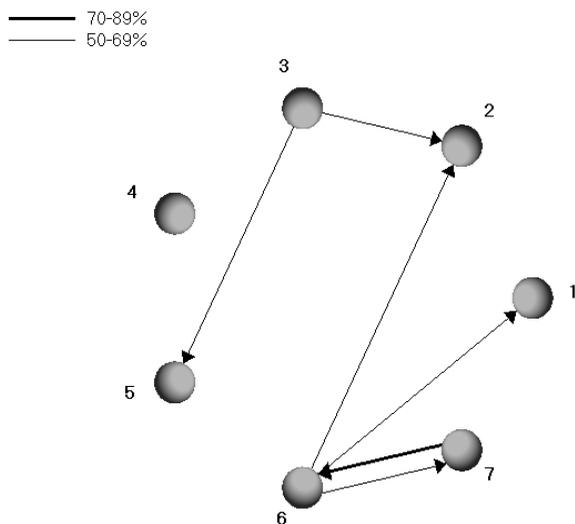


Рис. 6.7. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса озер Касмалинской системы по наличию видов: 1 – Угловое, 2 – Горькое, 3 – Бол. Островное, 4 – Ледорезное, 5 – Мельничное, 6 – Пресное, 7 – Люськино

По сравнению с данными предыдущих исследователей (Иванова, 1963; Дашевский и др., 1986; Оценка..., 1997; Водоемы..., 1999) в структуре сообществ донных беспозвоночных в озерах Касмалинской системы также отмечено доминирование личинок хирономид.

Биомасса зообентоса колебалась в разных озерах от 0,0 до 12 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,0 до 13 тыс. экз./м<sup>2</sup> (табл. 6.4). Максимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Угловое (4,5 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 12 г/м<sup>2</sup>) и Мельничное (9,2 тыс. экз./м<sup>2</sup>, 10 г/м<sup>2</sup>). Минимальные значения численности (0,0–3,0 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (0,0–1,9 г/м<sup>2</sup>) отмечены для оз. Бол. Островное. По численности и биомассе, а также по встречаемости (89% проб) наибольшее значение имело сем. Chironomidae. В некоторых озерах Касмалинской системы кроме хирономид выделены такие доминирующие таксоны, как комары-мокрецы (оз. Горькое) и поденки (оз. Мельничное).

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер  
Касмалинской системы

Озеро	Число видов	Доминирующие виды по частоте встречаемости	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>		Биомасса, г/м <sup>2</sup>	
			литораль	эпипрофундаль	литораль	эпипрофундаль
Бол. Островное	7	–	0,1–3,0	0,0 – 1,0	0,1–1,9	0,0–1,5
Горькое	19	<i>Sphaeromias pictus</i> (Meigen)	0,4–13	0,07–5,5	1,9–8,4	0,5–2,0
Ледорезное	19	–	0,1–0,4	0,0 – 3,5	2,5–4,2	0,0–0,2
Люськино	3	<i>Setacera</i> sp.	1,7–1,8	2,1	5,1	2,4
Мельничное	28	<i>Chironomus</i> sp., <i>Caenis miliaria</i> (Tshernova)	0,5–9,2	0,07–3,2	2,1–10	0,4–2,2
Пресное	5	–	1,3–1,5	0,6	2,4	0,7
Угловое	23	<i>Chironomus</i> sp.	0,3–4,5	0,0 – 0,5	0,7–12	0,0–8,8

Примечание: «←» – явные доминанты не обнаружены (частота встречаемости не превышала 50%).

## 6.5. Кулундинская озерная система

В исследованных в 2008–2009 гг. водоемах Кулундинской системы выявлено 36 видов донных беспозвоночных из 4 классов: Oligochaeta – 1 вид, Nigudinea – 1, Crustacea – 1, Insecta – 33 вида (прил. 3). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (24 вида, из которых 19 – хирономиды), также из насекомых встречались стрекозы, поденки, жуки и ручейники (рис. 6.8).

В целом, зообентос Кулундинских озер носил хирономидный характер (отмечены в 83% проб). Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось для оз. Батовое (16 видов). В исследованных озерах, как правило, зона открытой воды и прибрежье существенно отличались как по характеру донных отложений, так и по составу и обилию донных беспозвоночных (Безматерных и др., 2009).

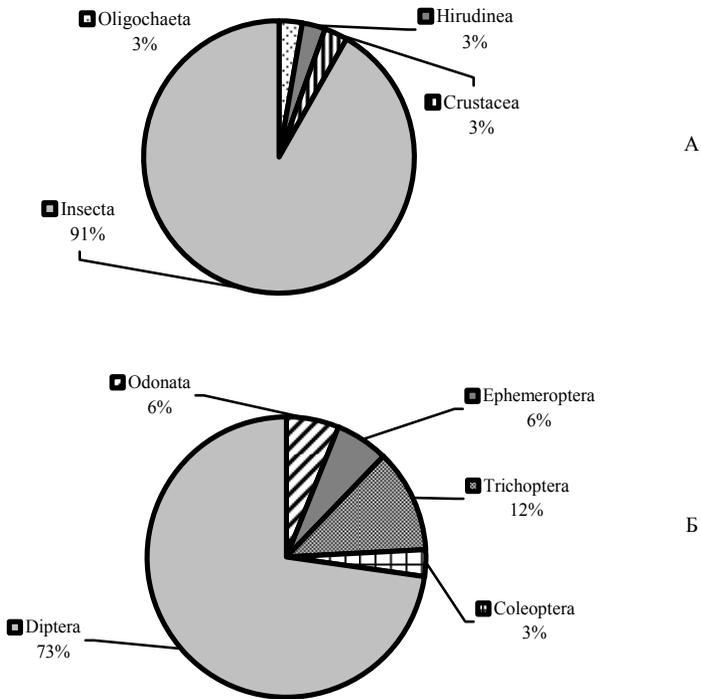


Рис. 6.8. Видовая структура зообентоса исследованных озер Кулундинской системы: А – доля классов донных беспозвоночных; Б – доля отрядов из класса насекомые

Для зообентоса озер Кулундинской системы Л. А. Благовидова (1973б) отмечала небольшое число личинок насекомых, в частности хирономид (не более 10 форм), отсутствие моллюсков и во многих озерах – гаммарид. В результате наших исследований отмечаются те же тенденции: моллюски также не отмечены, гаммариды встречались только в трех озерах. Число видов хирономид по сравнению с другими озерными системами также было невысоко (19 видов).

В центральной части водоемов дно покрыто илистыми грунтами, в зоне побережья грунты илисто-песчаные, здесь также присутствует высшая водная растительность. В эпипрофундали преобладали личинки из подсем. *Chironominae*; в озерах Кривое и Лена на глубине 3–4 м – *Chironomus* sp. В оз. Черноково донное население эпипрофундали представлено только *Chironomus* гр. *plumosus*. В оз. Батовое основу зообентоса составили личинки *Psectrocladius* c.f. *litofiles* Akhrofov. В оз. Мостовое на глубине 3 м бентос представлен *Cladotanytarsus* гр. *mancus* и *Polypedilum* гр. *nubeculosum*.

Донные сообщества прибрежья (эрилиторали) озер отличались по видовому составу зообентоса. Особенно богатые по числу видов сообщества отмечены в литорали озер Батовое и Мостовое. В прибрежье оз. Батовое основу донных беспозвоночных составили личинки *Ortocladius* sp., *Paratanytarsus* sp. и *Gammarus lacustris* Sars., в оз. Мостовое – *Stictochironomus crassiforceps* (Kieffer) и *Caenis miliaria* (Tshernova). В прибрежье оз. Чернаково, как и в эпипрофундали, основная масса беспозвоночных – личинки *Chironomus* гр. *plumosus*. В оз. Кривое доминировали личинки ручейников *Ecnomus tenellus* (Rambur), в оз. Лена – *Endochironomus stackelbergi* Goetghebuer. В прибрежной части оз. Кулундинское на песчаном грунте встречены единичные экземпляры *Scathophagidae* gen. и *Ceratopogon* sp., в центральной части озера на илах отмечены личинки *Setacera* sp.

Фаунистическое сходство исследованных озер оказалось невысоким. Расчет мер включения видового состава организмов зообентоса показал низкую степень сходства между исследуемыми озерами, наиболее близки по видовому составу оказались озера Чернаково и Кривое (рис. 6.9).

Биомасса донных беспозвоночных в разных озерах колебалась от 0,3 до 14 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,07 до 57 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Максимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Батовое (2,4 тыс. экз./м<sup>2</sup>, 14,4 г/м<sup>2</sup>) и Мостовое (57 тыс. экз./м<sup>2</sup>, 13 г/м<sup>2</sup>), минимальные – для озер Лена

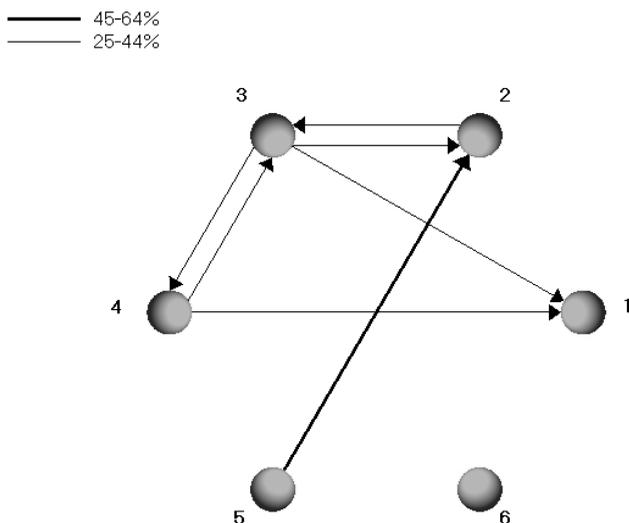


Рис. 6.9. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса озер Кулундинской системы по наличию видов: 1 – Батовое, 2 – Кривое, 3 – Лена, 4 – Мостовое, 5 – Чернаково, 6 – Кулундинское

(0,3–0,9 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 1,1–1,4 г/м<sup>2</sup>) и Кулундинское (0,07–0,7 тыс. экз./м<sup>2</sup>; 0,1–1,2 г/м<sup>2</sup>) (табл. 4.3). В целом, озера характеризовались повышением биомассы в прибрежье – 1,0–14,4 г/м<sup>2</sup> и небольшой биомассой зообентоса в эпипрофундали – 0,1–2,3 г/м<sup>2</sup> (табл. 6.5).

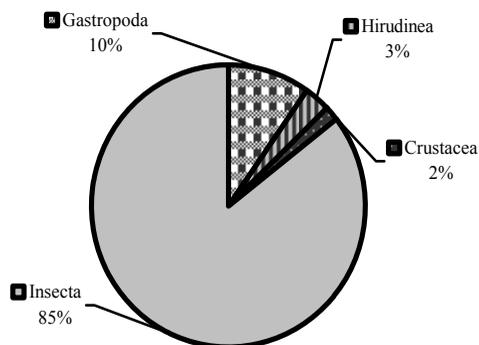
Т а б л и ц а 6.5

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер  
Кулундинской системы

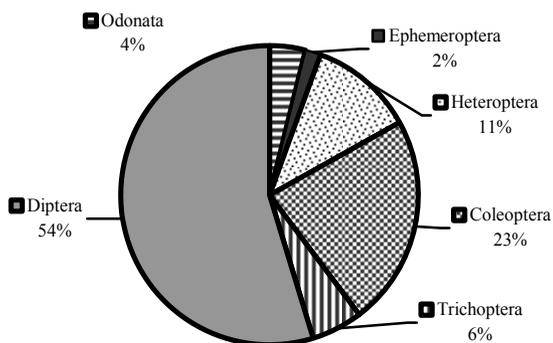
Озеро	Число видов	Доминирующие виды по частоте встречаемости	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>		Биомасса, г/м <sup>2</sup>	
			эпилигориаль	эпипрофундаль	эпилигориаль	эпипрофундаль
Батовое	16	<i>Psectrocladius</i> c.f. <i>litofiles</i> Akhrorov., <i>Paratanytarsus</i> sp.	2,4	0,9	14,4	1,3
Кривое	5	<i>Chironomus</i> sp., <i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	1,4	0,07	6,7	0,3
Кулундинское	3	<i>Setacera</i> sp.	0,07–0,1	0,4–0,7	1,0	0,1–1,2
Лена	7	<i>Chironomus</i> sp., <i>Endochironomus stakcelbergi</i> Goetghebuer	0,9	0,3	1,4	1,1
Мостовое	11	<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer)	57	2,4	13	2,3
Чернаково	2	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	0,2	0,1	3,3	0,9

### 6.6. Причановская группа озер

В составе макрозообентоса озер этой группы выявлено 60 видов донных беспозвоночных из четырех классов: пиявки – 2 вида, брюхоногие моллюски – 6, ракообразные – 1, насекомые – 51. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (27 видов, из которых 18 – хирономиды), встречались также стрекозы, поденки, клопы, ручейники и жуки (рис. 6.10).



А



Б

Рис. 6.10. Видовая структура зообентоса исследованных озер Причановской группы: А – доля классов донных беспозвоночных, Б – доля отрядов из класса насекомые

Наибольшее число видов беспозвоночных выявлено в озерах Каменное (23 вида), Дуня (22) и Широкая Курья (22). Фаунистическое сходство исследованных озер в целом высоко – на уровне 60% и более характерно для 5 пар озер, наиболее оригинальным оказался состав бентоса оз. Дуня (рис. 6.11). Фауны озер с наименьшим количеством выявленных видов, регулярно пересекающее Левое и Полянково и с непостоянной береговой линией Абушкан, не были связаны с другими при пороге 45%.

Донное население озер носило хирономидный характер (отмечены в 79% проб). Среди хирономид чаще встречались личинки *Chironomus* sp. (47%) и *Glyptotendipes paripes* (Edwards) (32%), из других таксонов наибольшую частоту встречаемости имел *Berosus* sp. (21%).

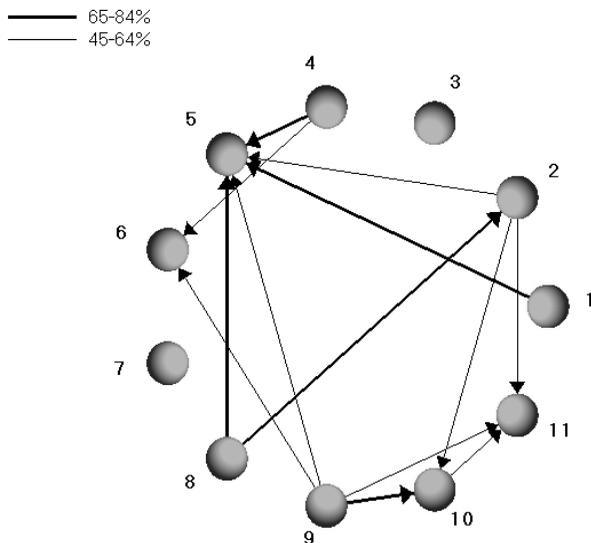


Рис. 6.11. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса озер Причановской группы по наличию видов: 1 – Фатеево (Душное), 2 – Горькое, 3 – Левое Полянково, 4 – Илюбайсор, 5 – Дуня, 6 – Каменное, 7 – Абушкан, 8 – Чебаклы, 9 – Фадиха, 10 – Котленок, 11 – Широкая Курья

Численность и биомасса донных беспозвоночных изученных водоемов характеризовались значительным разбросом значений. Биомасса колебалась в разных озерах от 0,1 до 95,6 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,1 до 33 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Минимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Фадиха (140 экз./м<sup>2</sup>; 0,2 г/м<sup>2</sup>) и Фатеево (Душное) (710 экз./м<sup>2</sup>, 0,1 г/м<sup>2</sup>). Массовое развитие ракообразных *Gammarus lacustris* Sars привело к значительному росту биомассы зообентоса в оз. Широкая Курья, здесь зарегистрированы максимальные значения биомассы – 95,6 г/м<sup>2</sup> (табл. 6.6).

Т а б л и ц а 6.6

Основные характеристики макрозообентоса исследованных озер  
Причановской группы

Озеро	Число видов	Доминирующие (руководящие) виды по частоте встречаемости	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
Абушкан	7	<i>Berosus</i> sp.	<u>0,4–2,1</u> ** 1,3	<u>1,1–2,4</u> 1,8
Горькое	5	<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards)	<u>0,4–1,0</u> 0,7	<u>3,7–7,1</u> 5,4
Дуня	22	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	3,5	4,5
Илюбайсор	6	–	0,4	1,9
Каменное*	23	...	...	...
Котленок	20	<i>Chironomus</i> sp. <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	<u>0,1–10</u> <u>6,2</u>	<u>0,1–34</u> 18
Левое Поляново	6	–	4,3	5,1
Фадиха	11	<i>Chironomus</i> sp.	<u>0,1–1,9</u> 1,0	<u>0,2–2,9</u> 2,1
Фатеево (Душное)	11	<i>Berosus</i> sp.	0,7	<u>0,1–1,2</u> 0,7
Чебаклы	3	–	0,2	0,4
Широкая Курья	22	<i>Chironomus</i> sp. <i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards), <i>Gammarus lacustris</i> Sars.	<u>2,6–33</u> 21	<u>0,57–95,6</u> 40

Примечание: «–» – явные доминанты не обнаружены (частота встречаемости не превышала 50%); «...» – нет данных; \* имеется только качественная проба; \*\* в числителе – пределы колебаний, в знаменателе – средние по озеру значения).

## 6.7. Чаны

В 2001 и 2004 гг. в зообентосе Чанов обнаружен 81 вид из 7 классов беспозвоночных (прил. 3): Oligochaeta – 2 вида, Hirudinea – 4, Bivalvia – 4, Gastropoda – 16, Crustacea – 1, Arachnida – 2, Insecta – 51 (Безматерных и др., 2011). Наибольшее число видов приходится на насекомых (63%), второе и третье место по видовому богатству занимают моллюски (25%) и кольчатые черви (7% всех видов зообентоса). Среди насекомых наибольшее

видовое разнообразие выявлено для двукрылых – 36 (из них Chironomidae – 23 и Ceratopogonidae – 5 видов), также отмечены жуки (4 вида), ручейники (3), поденки (3), стрекозы (3) и клопы (2 вида) (рис. 6.12).

Распределение макрозообентоса оз. Чаны характеризуется существенной дифференциацией по акватории, что прежде всего обусловлено значительными размерами и разделением озера на несколько отличающихся друг от друга плесов (рис. 6.13). Сходная неоднородность пространственного распределения выявлена и для других водных сообществ озера – планктона и водной растительности (Changes..., 2007).

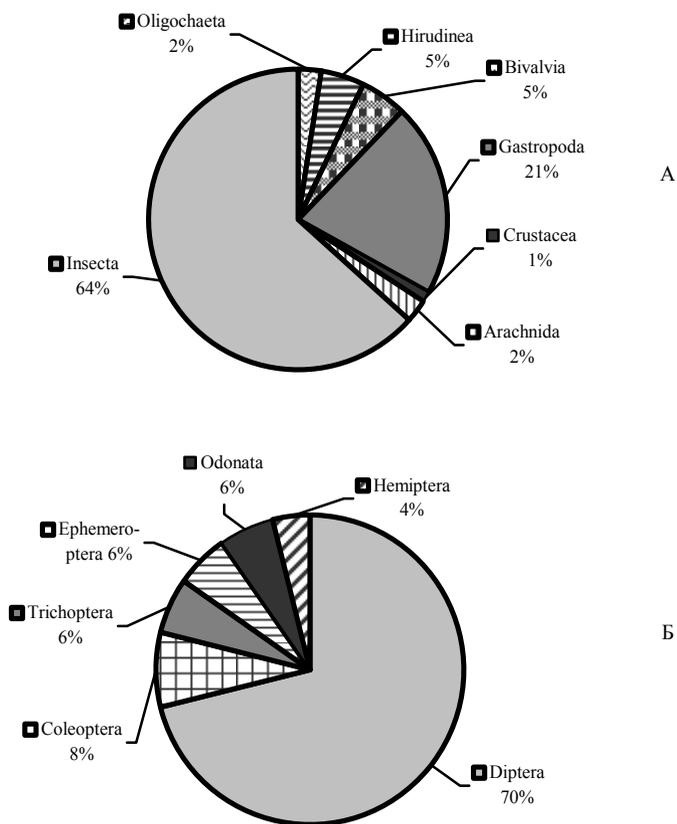
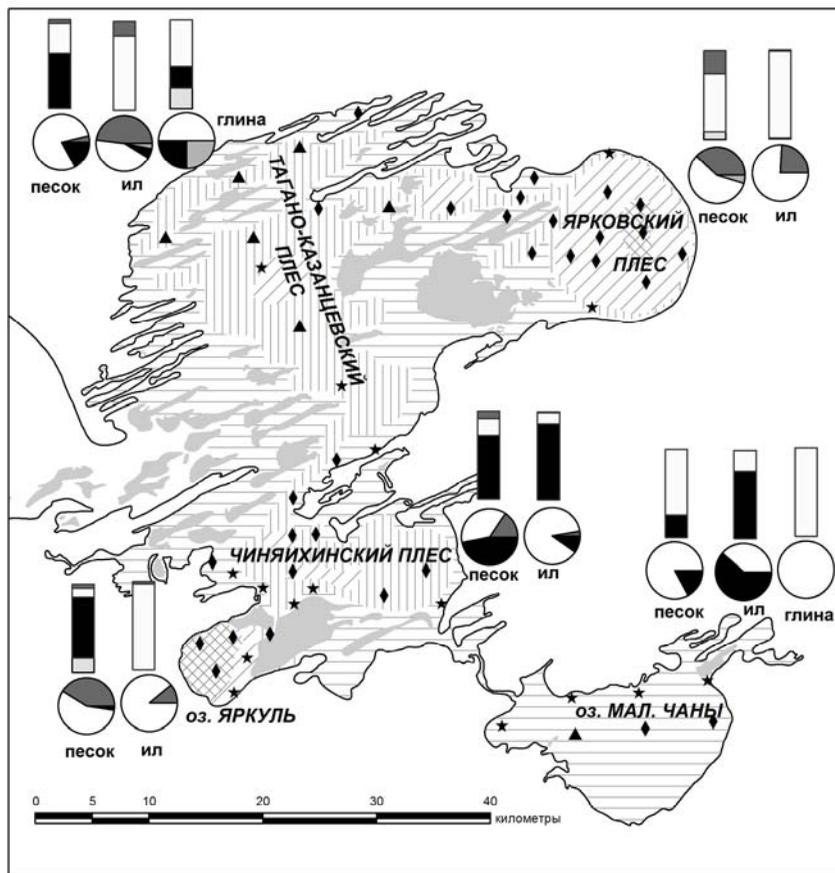
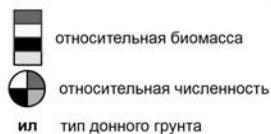


Рис. 6.12. Видовая структура зообентоса озера Чаны:  
 А – доля классов донных беспозвоночных, Б – доля отрядов из класса насекомые



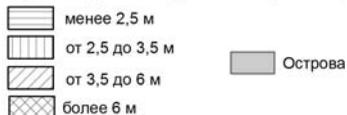
Относительная биомасса и численность основных таксономических групп зообентоса для плеса и типа донного грунта



Таксономические группы:



Глубины (отметка уровня 106,9 м БС\*)



Точки отбора проб и типы донного грунта в них:

★ песок    ◆ ил    ▲ глина

Рис. 6.13. Пространственное распределение зообентоса оз. Чаны в августе 2004 г. (Безматерных и др., 2008):

\*БС – Балтийская система.

Наибольшее значение (по встречаемости и распространению) в зообентосе Чанов в 2001 г. имели личинки хирономид подсемейства хирономин (*Ch. gr. plumosus*, *Glyptotendipes glaucus* (Meigen) и *G. paripes* (Edwards)), их развитие происходило в основном на заиленных грунтах; таниподины были представлены *Ablabesmyia phatta* (Eggert).

Из олигохет чаще встречался *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap. Почти на всех изученных участках обнаружены брюхоногие моллюски *Lymnaea auricularia* (L.), *Bithynia tentaculata* (L.) и двустворчатые моллюски *Sphaerium corneum* (L.). Из других таксонов следует отметить насекомых из отрядов стрекоз, клопов и жуков, их развитие наблюдалось среди макрофитов. Из стрекоз чаще встречалась *Coenagrion hastulatum* (Charp.). Среди клопов массовым развитием выделялись *Hesperocorixa sahlbergi* (Fieber). Из жуков следует отметить *Haliphus ruficollis* (DeGeer).

Наибольшее видовое разнообразие зообентонтов в 2001 г. отмечено в приустьевых зонах рек Чулым и Каргат – 30 видов. Доминировали хирономиды *G. glaucus* и олигохеты *L. hoffmeisteri*. Численность и биомасса бентоса колебались от 100 экз./м<sup>2</sup> и 0,025 г/м<sup>2</sup> на глинах до 900 экз./м<sup>2</sup> и 26 г/м<sup>2</sup> на илах. Средняя численность зообентоса составила 361 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 4,6 г/м<sup>2</sup>, что по шкале С. П. Китаева соответствует α-мезотрофному уровню развития.

В 2001 г. из 13 видов донных беспозвоночных в оз. Мал. Чаны по численности и биомассе преобладали хирономиды *Ch. gr. plumosus* (до 50 экз./м<sup>2</sup> и до 0,7 г/м<sup>2</sup>), из других таксонов в количественных пробах встречались лишь двустворчатые моллюски *Euglesa* sp. Количественные характеристики бентоса колебались от его полного отсутствия на глинах до 100 экз./м<sup>2</sup> и 0,7 г/м<sup>2</sup> на илах. Средняя по плесу численность и биомасса бентоса составили 19 экз./м<sup>2</sup> и 0,1 г/м<sup>2</sup>, что соответствует ультраолиготрофному уровню развития.

На Чиняихинском плесе в 2001 г. обнаружено 9 видов зообентоса. Количественные сборы на плесе выявили лишь одну таксономическую группу – хирономид численностью до 250 экз./м<sup>2</sup> и биомассой до 1,8 г/м<sup>2</sup> на песчаных грунтах. Средние значения численности и биомассы составили 70 экз./м<sup>2</sup> и 1,7 г/м<sup>2</sup> (β-олиготрофный уровень развития).

В оз. Яркуль (2001 г.) выявлено 11 видов зообентоса. На первом месте по численности (до 600 экз./м<sup>2</sup>) и биомассе (до 1,2 г/м<sup>2</sup>) находились хирономиды *G. glaucus*, на втором – личинки прочих амфибиотических насекомых, на третьем – моллюски. На песчаных грунтах численность и биомасса бентоса колебались от 150 экз./м<sup>2</sup> и 0,4 г/м<sup>2</sup> соответственно, до 650 экз./м<sup>2</sup> и 2,4 г/м<sup>2</sup>. Средняя численность зообентоса составила 400 экз./м<sup>2</sup>, средняя биомасса 3,9 г/м<sup>2</sup> (α-мезотрофный уровень).

В бентосе Тагано-Казанцевского плеса в 2001 г. обнаружено 11 видов беспозвоночных. Ведущей группой зообентоса здесь являлись (до 4100 экз./м<sup>2</sup> и 16,65 г/м<sup>2</sup>), далее по уровню развития выделялись гаммариды *G. lacustris*, меньшие значения имели личинки мокрецов и моллюски. Количественные

показатели развития бентоса колебались от 50 экз./м<sup>2</sup> и 0,50 г/м<sup>2</sup> на глинах до 4100 экз./м<sup>2</sup> и 17 г/м<sup>2</sup> на илистых грунтах. Средние показатели численности (530 экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (3,5 г/м<sup>2</sup>) соответствуют α-мезотрофному уровню развития.

На Ярковском плесе в 2001 г. в зообентосе выявлено 15 видов беспозвоночных. По численности (до 250 экз./м<sup>2</sup>) и биомассе (до 1,6 г/м<sup>2</sup>) доминировали личинки хирономид *Ch.* гр. *plumosus*, велика доля и других насекомых (жесткокрылых, полужесткокрылых, стрекоз), далее по уровню развития следуют гаммариды. На глинистых грунтах зообентос не обнаружен, на песчаных – его численность и биомасса достигали 18 000 экз./м<sup>2</sup> и 17 г/м<sup>2</sup> соответственно. Средние значения развития зообентоса составили 410 экз./м<sup>2</sup> и 15 г/м<sup>2</sup>, что соответствует α-эвтрофному уровню.

Иная структура зообентоса была характерна для остаточных водоемов бывшего Юдинского плеса: из трех обнаруженных видов на первом месте отмечены полужесткокрылые *H. sahlbergi*. Их численность достигала 300 экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 2,0 г/м<sup>2</sup>. Хирономиды *Saetheria* sp. и личинки мокрецов *Probezzia seminigra* (Panz.) занимали второе и третье место соответственно. На илистых грунтах численность зообентоса менялась в пределах 50–500 экз./м<sup>2</sup>, биомасса 0,4–2,1 г/м<sup>2</sup>. Средние показатели количественных характеристик (230 экз./м<sup>2</sup> и 0,9 г/м<sup>2</sup>) соответствовали α-олиготрофному уровню.

Средневзвешенная биомасса оз. Чаны в 2001 г. равнялась 4,4 г/м<sup>2</sup>, валовая биомасса бентоса оценивалась в 7,5 тыс. т., основная доля которой приходилась на Ярковский (51%) и Тагано-Казанцевский плесы (37%), доля остальных плесов была невелика (0,3–9%).

В 2004 г. в структуре донных сообществ доминантами также остаются хирономиды. По видовому разнообразию на первом месте стоит Тагано-Казанцевский плес – 18 видов из 37, что составляет 49% от общего числа видов. Наименее разнообразным по видам является зообентос оз. Мал. Чаны: всего 9 видов из 37, что составляет 24% (рис. 6.14).

Расчет мер включения фаун донных беспозвоночных плесов оз. Чаны в 2004 г. показал средний уровень связности получившегося орграфа (рис. 6.15). Наиболее оригинальной (экзотичной) была фауна Тагано-Казанцевского плеса, а наиболее банальной – оз. Мал. Чаны. При пороге 50% отсутствует связь между фаунами водных беспозвоночных оз. Мал. Чаны с Ярковским и Чиняихинским плесами. Данную ситуацию можно объяснить обособленностью оз. Мал. Чаны, а также его значительно отличающимися гидрохимическими характеристиками.

Показатели развития донных сообществ различных участков оз. Чаны значительно отличаются. Так, в 2004 г. средняя биомасса зообентоса на Ярковском плесе составляла 22 г/м<sup>2</sup>, а на Тагано-Казанцевском и Чиняихинском плесах – 3,7 г/м<sup>2</sup>.

Проведенный кластерный анализ состава (рис. 6.16) и структуры (рис. 6.17) сообществ донных беспозвоночных различных участков оз. Чаны

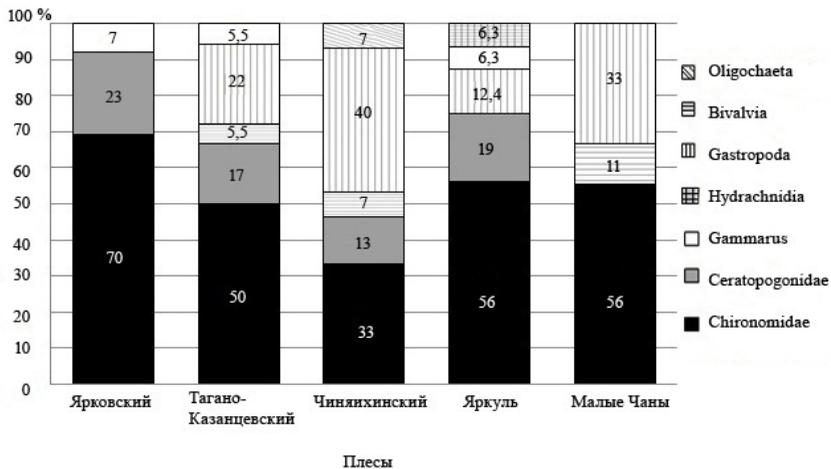


Рис. 6.14. Видовое разнообразие основных групп зообентоса оз. Чаны по различным плесам в 2004 г., %

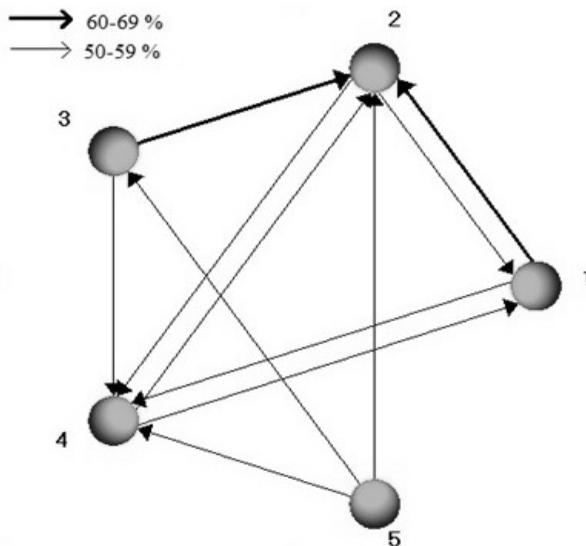


Рис. 6.15. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса по наличию видов для плесов оз. Чаны: 1 – Ярковский, 2 – Тагано-Казанцевский, 3 – Чиняихинский плес, 4 – оз. Яркуль, 5 – оз. Мал. Чаны

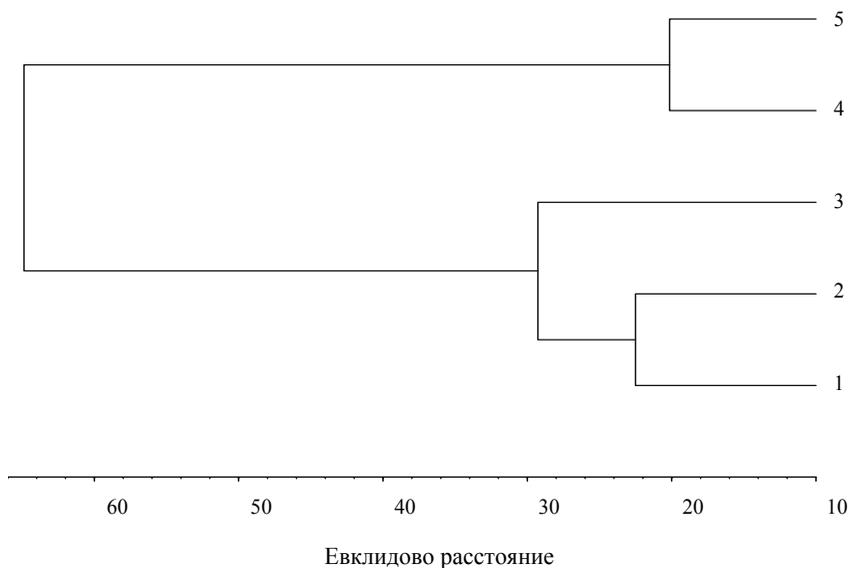


Рис. 6.16. Результаты кластерного анализа по методу Варда выборок из различных участков оз. Чаны по числу видов в основных таксонах:  
 1 – оз. Мал. Чаны, 2 – Тагано-Казанцевский плес, 3 – Чиняихинский плес,  
 4 – Яркоковский плес, 5 – оз. Яркуль

показал, что плесы озера можно разделить на две основных группы, в первую из которых входят менее глубокие плесы – Мал. Чаны, Чиняихинский и Тагано-Казанцевский, а во вторую более глубокие – Яркуль и Яркоковский плес.

Наиболее изучена внутригодовая динамика донных сообществ оз. Чаны. Эти исследования были проведены еще в 1975–1978 гг. Г. Н. Мисейко (2003). По ее данным, за период исследований (с мая по сентябрь) наибольшая биомасса донных сообществ наблюдалась в конце весны и начале осени, а между этими периодами в разные годы зафиксировано несколько (от 1 до 3) небольших пиков повышения биомассы. Выявленная динамика в основном обусловлена изменениями биомассы личинок хирономид (*Chironomus* гр. *plumosus*), которые доминируют в донных сообществах. Для хирономид характерны детерминированные гидротермическими условиями жизненные циклы. Такая динамика типична для юга Обь-Иртышского междуречья: оз. Сартлан (Прусевич, 2006), оз. Убинское (Благовидова, 1973б) и озер Карасукской системы (Сипко, 1981).

В различные годы исследований пространственная неоднородность зообентоса по числу видов, численности, биомассе и доминирующим таксонам

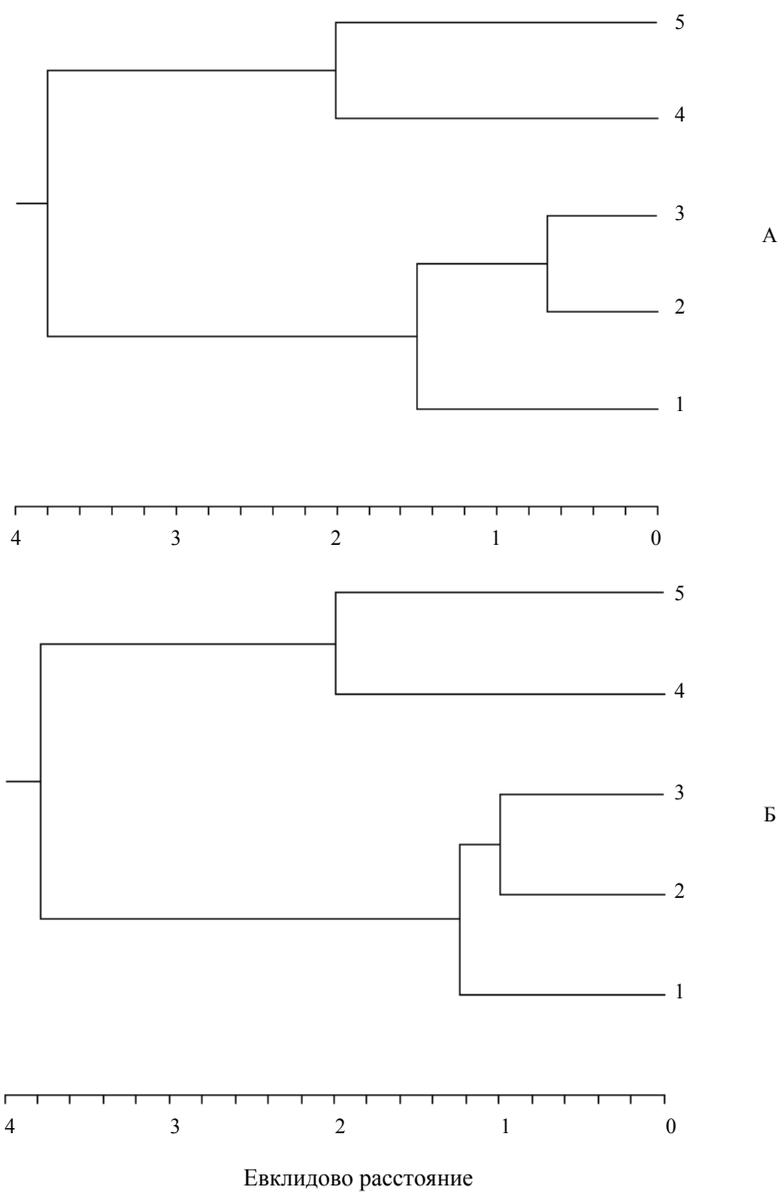


Рис. 6.17. Результаты кластерного анализа по методу Варда выборок из различных участков оз. Чаны по численности (А) и биомассе основных таксонов (Б): обозначения см. рис. 6.16

также была существенной (прил. 4). Проведенные в 2001 и 2004 гг. исследования оз. Чаны, выявили меньшее видовое разнообразие зообентоса озера в отличие от данных за 1973–1982 гг., полученных Г. Н. Мисейко с соавт. (1986). Это, возможно, объясняется меньшим объемом полученного материала. Однако, по нашему мнению, таксономическая структура зообентоса Чанов, по сравнению с предыдущими данными, в общем, сохранилась.

Отличия в распределении видового богатства по крупным таксонам объясняется, вероятно, методическими различиями в исследованиях. Г. Н. Мисейко для определения хирономид использовала имаго (выведение, фаунистические сборы), что помогло выявить большее количество видов. Благодаря появлению новых определителей, нам удалось идентифицировать некоторые ранее неизвестные для Чанов виды двукрылых: *Ablabesmyia phatta* (Eggert), *Harnischia burganaadzae* (Tshernovskij), *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom), *Odontomyia ornata* (Meigen), *Parachironomus arcuatus* (Goetghebuer), *Psectrocladius* s.f. *nevalis* Akhrorov и др.

Сравнение наших данных по развитию бентоса с аналогичными данными 1970–1980-х гг. (Конивец, 1982; Мисейко и др., 1986) выявило значительно меньшие показатели развития зообентоса оз. Мал. Чаны в период наших исследований. Это, возможно, объясняется расселением серебряного караса амурской морфы, которое произошло в 1990-е гг., последующей вспышкой его численности в конце XX в. и резким изменением его кормовой базы в этом плесе (Визер, Наумкина, 2004). По остальным плесам можно отметить, что распределение биомассы зообентоса принципиально не изменилось. Ярковский плес по-прежнему дает наибольшую валовую биомассу бентоса и отличается его наибольшей средней биомассой. Наименьшее развитие зообентоса также наблюдается на озерах Якуль и Мал. Чаны; Тагано-Казанцевский и Чиняихинский плес занимают промежуточное положение. Разница наблюдается лишь в численных значениях биомассы и распределении мест в последних двух выделенных группах. Так, в 2001 г., в отличие от 70-х гг., вклад Тагано-Казанцевского плеса в валовую биомассу озера был несколько выше вклада Чиняихинского, а оз. Якуль – выше оз. Мал. Чаны.

Особая ситуация складывалась на Юдинском плесе: с 1971 г., в связи с отчленением, его площадь начала быстро сокращаться и в настоящее время плес практически высох, от него остались лишь несколько мелких водоемов с минерализацией 6,4–7,0 г/дм<sup>3</sup>. До отчленения плеса его донная фауна не имела значительных отличий по сравнению с соседними плесами, средняя численность зообентоса составляла 270 экз./м<sup>2</sup>, «доминировали хирономусы» (Березовский, 1927). В 1976–1977 гг. (Мисейко и др., 1986) минимальная биомасса на Юдинском плесе была 1,8 г/м<sup>2</sup> на песке, а средневзвешенная биомасса составляла 7,2 г/м<sup>2</sup>. В. В. Конивец (1982) примерно для этого же периода времени (1976–1978 гг.) приводит меньшие показатели: средняя численность зообентоса на песчаных грунтах Юдинского плеса составляла 65–220 экз./м<sup>2</sup>, а биомасса – 0,07–0,03 г/м<sup>2</sup>.



наблюдений уровня оз. Чаны и полученных в результате интерполяции значений биомассы донных сообществ (Безматерных, Ловцкая, 2014). Для обоих рядов свойственны циклы продолжительностью 8–14 лет, а наиболее характерен цикл равный 12 годам, что близко по продолжительности 11-летнему солнечному циклу (более длительные циклы не учитывались в виду ограниченного размера выборки – 86 лет).

Как известно, для оз. Чаны характерны ярко выраженные внутривековые колебания гидрологического режима, связанные как с изменением увлажненности территории, обусловленной солнечной активностью, так и с переменной климата (Савкин и др., 2006). Изменение уровня оз. Чаны хорошо коррелирует с изменением годовой суммы осадков на юге Западной Сибири (Галахов, 2012). Полученные данные согласуются с ранее выявленной структурой колебаний уровня оз. Чаны: 1) внутривековые циклы – 40 лет и более; 2) предположительно связанные с солнечной активностью – 10–20 лет; 3) высокочастотные – 3–6 лет (Васильев и др., 2006).

Сообщества донных макробеспозвоночных озер, как правило, состоят из совокупности видов, довольно разнородных по продолжительности жизненного цикла, особенностям биологии и экологии. В оз. Чаны в макрозообентосе выявлено до 114 видов (Экология..., 1986) из различных классов и типов животных, но доминирующим по биомассе таксоном в макрозообентосе всегда были хирономиды (род *Chironomus*), менялся лишь состав субдоминантов (моллюски, гаммариды, мокрецы, реже другие амфибиотические насекомые). Гетерогенность сообщества приводит к разнонаправленности и асинхронности его реакций на изменение экологических условий. Тем не менее выявленная многолетняя цикличность изменения биомассы и совпадение с гидрологическими периодами указывают на общие тенденции в изменении уровня развития макрозообентоса, что может быть обусловлено решающим вкладом в биомассу бентоса доминирующих таксонов.

\*\*\*

Фаунистическое сходство изученных систем озер между собой оказалось невысоким, связность построенного орграфа не превысила 59% (рис. 6.19). Наиболее оригинальными оказались фауны разнообразных по гидрохимическим условиям озер Причановской группы и Бурлинской системы. Своеобразием донной фауны отличалось самое большое озеро – Чаны.

В целом, зообентос исследованных озер и озерных систем имел преимущественно хирономидный характер (подсем. *Chironominae*), субдоминировали ракообразные и комары-мокрецы. Как известно, хирономиды характерны для стоячих и хорошо прогреваемых, часто эвтрофных водоемов (Панкратова, 1983). Для исследованных нами озер наиболее типичны личинки *Chironomus* гр. *plumosus*, *Chironomus* sp., *Polypedilum* гр. *nubeculosum*, т. е. виды, обычные для небольших стоячих и слабoproточных постоянных водоемов. Кроме того, были отмечены фитофильные виды *Ablabesmyia* sp.,

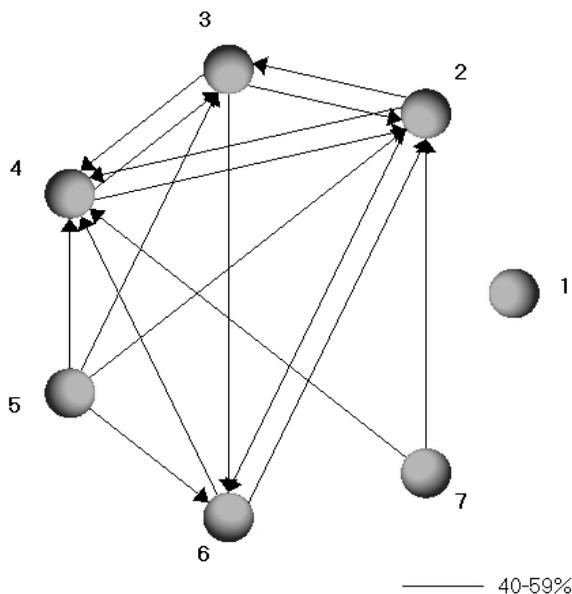


Рис. 6.19. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания зообентоса по наличию видов:

- 1 – оз. Чаны, 2 – озера Причановской группы, 3 – Карасукская озерная система, 4 – Бурлинская система, 5 – Кулундинская система, 6 – Касмалинская система, 7 – Барнаульская система

*Cricotopus* гр. *sylvestris* и *Endochironomus tendens* (F.). Не было отмечено специфических видов, характерных для солоноватоводных водоемов. Наиболее часто в исследованных озерах встречались пресноводные, эвритермные, т. е. в целом эврибионтные виды и формы, способные адаптироваться к разнообразным экологическим условиям.

Доминирование хирономид также типично и для других озер и озерных систем (Нагаева, 1983; Озера..., 1988; Саватеева, Лукьянова, 1983; Слепухина, 1975; Стальмакова, 1974; Уникальные..., 2001; Современные..., 2009). В зообентосе озер Обь-Иртышского междуречья основную долю составляют виды и формы, характерные и для многих водоемов Европейской России. Преобладающая по числу видов группа – хирономиды, что обычно для водоемов умеренных и северных широт Евразии (Стальмакова, 1974; Слепухина, 1975; Нагаева, 1983; Саватеева, Лукьянова, 1983; Озера..., 1988; Моисеенко, Яковлев, 1990; Состояние..., 1991; Биоресурсы..., 2004; Перова, 2008).

## Глава 7. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Большинство исследованных озер юга Обь-Иртышского междуречья расположены в долинах древнего стока, что определяет гомологичность их экосистем. Вытянутая форма современных котловин многих из них и взаимное расположение дают основание для объединения озер в группы, которые А. Г. Поползин (1967) назвал «озера ленточных боров». Аналогичность экосистем этих озер определяется зональными географическими факторами: расположением на северной границе аридной зоны Евразии, соотношением тепла и влаги, особенностями подстилающих пород. Особенности этих озерных систем позволяют проследить совместное действие экологических факторов на биологические компоненты экосистем и выявить наиболее важные из них. Сообщества донных беспозвоночных отличаются стабильной локализацией на определенных местах обитания в течение длительного времени, поэтому они являются удобными объектами для наблюдения за действием локальных и зональных факторов. Проследить влияние экологических факторов возможно в двух аспектах: анализ воздействия физико-химических факторов, зафиксированных в момент отбора проб зообентоса, и сравнительно-географический анализ влияния природных условий, в которых находятся озера (природной зональности).

Состав и обилие бентоса зависят от очень многих факторов. По мнению Л. А. Благовидовой (1973б), основными факторами формирования бентоса озер юга Западной Сибири являются общая минерализация воды и зимний кислородный режим. Величина минерализации оказывает существенное влияние на таксономический состав гидробионтов, при ее увеличении количество видов в озерах, как правило, убывает (Williams, 1998). В результате наших исследований установлено, что наибольшая устойчивость к высоким уровням минерализации характерна для личинок из семейства двукрылых: Ephydridae и Ceratorogonidae. Они отмечены при минерализации воды до  $134 \text{ г/дм}^3$ . Также большая экологическая пластичность характерна для личинок хирономид и жуков, которые встречаются при солености до  $25 \text{ г/дм}^3$  и несколько выше (рис. 7.1). При увеличении минерализации статистически значимо снижается число гомотопных (первичноводных) видов из древних архаичных таксонов и возрастает число гетеротопных (вторичноводных) видов из эволюционно более продвинутых таксонов зообентоса (рис. 7.2).

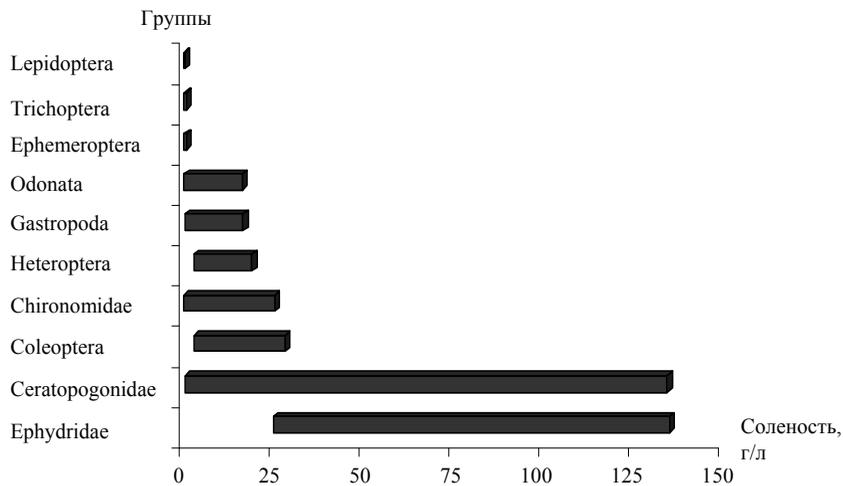


Рис. 7.1. Галотолерантность основных таксономических групп донных беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья

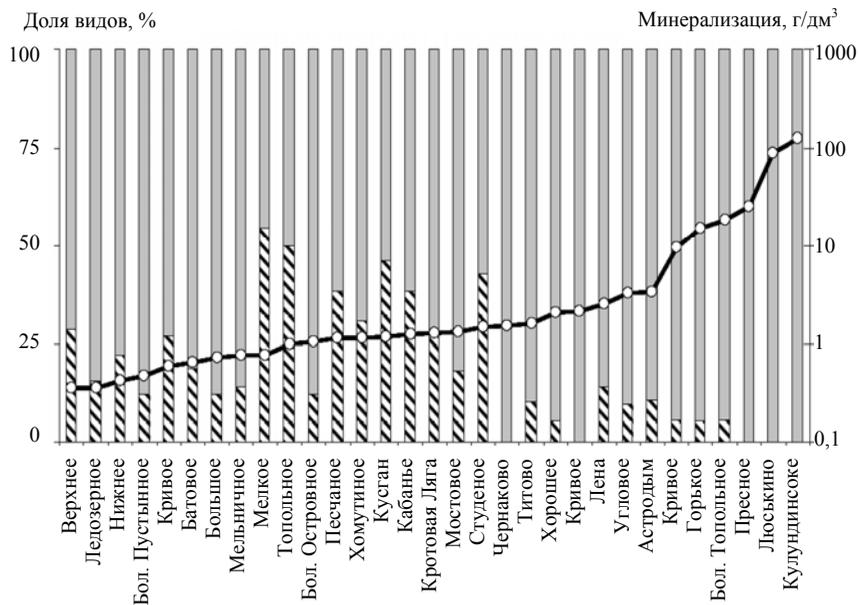


Рис. 7.2. Соотношение числа гетеротопных (серая заливка столбцов) и гомотопных (косая штриховка) видов зообентоса в изученных озерах с различной минерализацией (линия) в 2003, 2006, 2008–2011 гг.

## 7.1. Особенности макрозообентоса озер различного уровня минерализации

На основе системы U. T. Hammer (1986) и с учетом особенностей состава структуры донных сообществ озер юга Обь-Иртышского междуречья изученные озера предложено разделить на 4 группы:

1. *Олигогалинные озера*. Здесь выявлены пресноводные виды донных беспозвоночных, обитающие при минерализации менее  $1,2 \text{ г/дм}^3$ . Доминирующие и субдоминирующие таксоны представлены хирономидами, ручейниками, поденками, стрекозами и олигохетами.

2. *Субгалинные озера*. Эту группу озер населяют пресноводные виды зообентоса, обитающие при солёности  $1,2\text{--}5 \text{ г/дм}^3$ . Из числа доминантов и субдоминантов исчезают ручейники, поденки, стрекозы и олигохеты. Доминируют виды из семейства хирономид.

3. *Гипогалинные озера*. Для этой группы озер характерны пресноводные солевыносливые виды, которые обитают при минерализации до  $20 \text{ г/дм}^3$ . В качестве доминантов помимо хирономид в этих озерах выступают также комары-мокрецы, а в качестве субдоминантов – жуки (личинки).

4. *Мезо- и гипергалинные озера*. Для этих озер характерны галофильные и галобиионтные виды, встречающиеся главным образом в солёной воде до  $140 \text{ г/дм}^3$ . Наблюдается перестройка в доминирующем комплексе в этой группе озер. По численности, биомассе и встречаемости в основном доминирует семейство мух-береговушек.

Максимальное видовое разнообразие характерно для **олигогалинных** озер, здесь выявлено 89 видов донных беспозвоночных из 7 классов. Максимальное число видов пришлось на долю насекомых, среди них наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (44 вида, из них 33 – хирономиды), а также встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, бабочки. Кроме того, в составе донной фауны этих озер отмечены 7 видов моллюсков, по 3 вида малощетинковых червей и пиявок, и по одному виду ракообразных и мшанок. В озерах доминировали донные беспозвоночные из сем. Chironomidae (отмечены в 92% проб), субдоминировали ручейники (в 38% проб), поденки (в 30% проб), стрекозы (в 25% проб) и малощетинковые черви (отмечены в 25% проб) (табл. 7.1). Среди хирономид наиболее часто встречались личинки родов *Chironomus* и *Polypedilum*, среди ручейников – р. *Neureclipsis*, из отряда поденки чаще других отмечены личинки р. *Caenis*, из отряда стрекоз – р. *Coenagrion*, олигохеты были в основном представлены *Limnodrilus hoffmeisteri*. Максимальное число видов донных беспозвоночных выявлено в озерах Мельничное (28) и Нижнее (28). Фаунистическое сходство озер этой группы оказалось невысоким. Расчет мер включения видового состава макробеспозвоночных исследованных озер показал, что для большинства озер сходство не превысило 40–59%.

Таблица 7.1

## Основные характеристики макрозообентоса олигогалинных озер

Озеро	Число видов	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Астроным	28	1,00–1,20	0,6–2,7	p. <i>Psectrocladius</i> , p. <i>Caenis</i>	0,6–13	1,1–16
Батовое	16	0,66	2,7–3,3	p. <i>Phryganea</i> , p. <i>Paratanitarsus</i> , p. <i>Chaetogaster</i>	0,6–16	1,2 – 2,6
Бахматовское	4	0,90*	–	<i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	–	–
Бол. Островное	7	0,91–1,01	0,0–2,1	p. <i>Chironomus</i> , p. <i>Cricotopus</i>	0,07–1,9	0,07–3,0
Бол. Пустынное	8	0,47	2,1	p. <i>Endochironomus</i>	1,7	1,0
Большое	8	0,72	0,6	p. <i>Chironomus</i>	10	3,6
Верхнее	28	0,36	2,2–2,9	p. <i>Caenis</i> , p. <i>Chironomus</i> , p. <i>Leptocerus</i>	1,3–19	1,3–10
Кривое (бас. реки Карасук)	22	0,60	3,0	<i>Polypedium</i> гр. <i>nubeculosum</i> , p. <i>Criptotendipes</i>	2,2	1,4
Кусган	13	0,90–1,20	1,5	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	9,0	0,2
Ледорезное	19	0,38	0,0–2,2	p. <i>Neureclipsis</i> , p. <i>Donacea</i> , p. <i>Glyptotendipes</i>	0,07–2,5	0,07–3,5
Топольное	4	1,01	0,0–1,0	p. <i>Limnodrilus</i> , p. <i>Chironomus</i>	0,7 – 1,3	2,3 – 4,6
Мельничное	28	0,55–0,75	0,0–3,1	p. <i>Neureclipsis</i> , p. <i>Chironomus</i> , p. <i>Caenis</i> , p. <i>Coenagrion</i>	0,07–10	0,1–10
Нижнее	9	0,43	2,7	p. <i>Neureclipsis</i> , p. <i>Ablabesmia</i>	2,5	3,9
Прыганское	21	0,33	1,0–2,2	p. <i>Caenis</i> , p. <i>Leptocerus</i> , p. <i>Chironomus</i> , p. <i>Gammarus</i>	1,7–37	1,3 – 3,0

Окончание табл. 7.1

Озеро	Число видов	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Серебренниково	4	1,20*	–	<i>Chironomus</i> sp., <i>Notonecta glauca</i> L., <i>Cloëon dipterum</i> L.	–	–
Титово	21	1,10	0,0–2,8	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i> , р. <i>Limnodrilus</i>	11	1,3
Хомутиное	13	1,15	1,2–1,7	<i>Procladius</i> ( <i>H.</i> ) <i>ferrugineus</i> Kieffer; р. <i>Limnodrilus</i>	30–61	49–140
Шуракша	8	1,02*	–	р. <i>Chironomus</i>	24	–
<b>ИТОГО: 18</b>	<b>89</b>	<b>0,3–1,2</b>	<b>1,4±0,1</b>	<b>Сем. Chironomidae – 92%, отр. Trichoptera – 38%, отр. Ephemeroptera – 30%. Отр. Odonata – 25%. Кл. Oligocheta – 25%</b>	<b>7,0 ± 1,8</b>	<b>6,2 ± 3,3</b>

Примечание: «\*» – по «Выполнение работ...» (2014); «–» – нет данных.

Биомасса макрозообентоса колебалась в разных озерах от 0,07 до 61 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,07 до 140 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Минимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Бол. Островное (0,07–3,0 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 0,07–1,9 г/м<sup>2</sup>) и Ледорезное (0,07–3,5 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 0,07–2,5 г/м<sup>2</sup>). Максимальные значения численности и биомассы зафиксированы в оз. Хомутине (49–140 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 30–61 г/м<sup>2</sup>). Уровень развития донных зооценозов в большинстве озер этой группы «средний» и «повышенный», что соответствует β-мезотрофному и α-эвтрофному типам водоемов.

В обследованных **субгалинных** водоемах выявлено 80 видов донных беспозвоночных из 7 классов: круглые черви – 1 вид, малощетинковые черви – 2, пиявки – 1, двусторчатые моллюски – 1, брюхоногие моллюски – 8, ракообразные – 2, насекомые – 65 видов. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (38 видов, из них 30 – хирономиды), также встречались стрекозы, поденки, жуки, клопы, ногохвостки и ручейники. Максимальное число видов выявлено в озерах Угловое (23) и Песчаное (26).

В целом, зообентос этих озер характеризовался доминированием хирономид, как по численности и биомассе, так и по встречаемости (в 97% проб), наиболее часто встречались личинки родов *Chironomus* и *Glyptotendipes* (табл. 7.2). Расчет мер включения видового состава донных сообществ показал их умеренную связность, для большинства озер характерно включение фаун на уровне 50–69%. Уровень развития зообентоса в большинстве озер «умеренный» и «средний», что соответствует α- и β-мезотрофному типам водоемов. Высокие значения биомассы донных беспозвоночных за счет массового развития личинок *Chironomus* гр. *plumosus* отмечены в озерах Широкая Курья (96 г/м<sup>2</sup>) и Котленок (34 г/м<sup>2</sup>).

В составе бентоса исследованных **гипогалинных** озер выявлено 50 видов донных беспозвоночных из трех классов: брюхоногие моллюски, ракообразные и насекомые. Амфибиотические насекомые составили 92% от числа обнаруженных таксонов (46 видов). Большая часть (25 видов) принадлежала к отряду двукрылых, 21 вид – стрекозы, клопы, жуки, ручейники. Среди двукрылых преобладали личинки хирономид (20 видов), представленных в основном подсем. Orthocladiinae. Кроме того, в составе донной фауны озер отмечены 3 вида моллюсков и один вид ракообразных. Наибольшее число видов донных беспозвоночных выявлено в озерах Бол. Топольное (20) и Горькое Касмалинской системы (19). В качестве доминантов выступали донные беспозвоночные из сем. Chironomidae (отмечены в 80% проб) и сем. Ceratopogonidae (60%), субдоминировали жуки (30%) (табл. 7.3).

Наиболее часто в озерах встречались р. *Cricotopus*, р. *Cryptotendipes*, р. *Hygrotus*, р. *Berosus*. Расчет мер включения видового состава донных беспозвоночных этих озер показал их умеренную степень сходства. Для большинства озер характерна связь на уровне 40–79%. Озера этой группы также характеризовались невысокими показателями численности и биомассы

Таблица 7.2

## Основные характеристики макрозообентоса субгалинных озер

Озеро	Число видов	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Дуня	22	2,29	1,0	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	4,5	3,5
Зеркальное	8	1,35*	–	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig.), <i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	0,2	–
Кабанье	14	1,27	0,8–1,4	<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer, р. <i>Chironomus</i>	0,6 – 8,3	0,7 – 1,4
Котленок	20	1,81	0,0–2,3	р. <i>Chironomus</i> ; <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i>	0,1–34	0,1 – 10
Кривое (бас. реки Кулунда)	5	2,16	0,0–2,1	р. <i>Chironomus</i>	0,3 – 6,8	0,007–1,4
Лена	7	2,59	1 – 2,1	р. <i>Endochironomus</i>	1,0 – 3,4	0,3 – 0,9
Мал. Горькое (бас. реки Карасук)	7	2,30	0,0	р. <i>Glyptotendipes</i>	0,4	0,6
Мостовое	11	1,32	0,4–2,3	<i>Polypedium</i> гр. <i>nubeculosum</i> , <i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer)	1,0–13	2,4 – 57
Песчаное	26	1,49	0,0–1,6	<i>Polypedium</i> гр. <i>nubeculosum</i>	0,1–13	0,1 – 36
Среднее	5	4,61*	–	<i>Chironomus</i> sp.	–	–
Студеное	7	1,50	0,0	р. <i>Glyptotendipes</i> , р. <i>Cricotopus</i>	1,4	0,3

Окончание табл. 7.2

Озеро	Число видов	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Угловое	23	2,94–3,29	0,0–1,4	p. <i>Chironomus</i> , <i>Tanytus punctipennis</i> Meig.	0,3– 9,5	0,7 – 3,0
Урлапово	5	1,90*	–	<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards), <i>G. glaucus</i> (Meig.), <i>Tanytus punctipennis</i> Meig.	–	–
Фадиха	11	1,28	0,0–1,0	p. <i>Chironomus</i>	0,2 – 2,9	0,1 – 1,9
Хорошее	18	2,09	2,6	p. <i>Chironomus</i> , p. <i>Tanytarsus</i>	2,6 – 8,1	13 – 14
Чернаково	2	1,51	0,0–1,0	p. <i>Chironomus</i>	3,2 – 8,5	0,1 – 0,2
Широкая Курья	22	3,38	1,4–2,5	<i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i> , p. <i>Glyptotendipes</i>	0,6–96	2,6 – 3,3
<b>ИТОГО: 14</b>	<b>80</b>	<b>1,27–4,61</b>	<b>1,1±0,1</b>	<b>Сем. Chironomidae – 97%</b>	<b>8,1 ± 2,6</b>	<b>6,2 ± 2,0</b>

Примечание: «\*» – по «Выполнение работ...» (2014); «–» – нет данных.

Таблица 7.3

## Основные характеристики макрозообентоса гипогалинных озер

Озеро	Число видов	Минерализация, г/дм <sup>3</sup>	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Абушкан	7	4,54 – 4,86	0,0–2,1	Сем. Ceratopogonidae, р. <i>Berosus</i>	1,1 – 2,4	0,4 – 2,1
Бол. Топольное	20	18,5	0,0–1,2	Сем. Ceratopogonidae, р. <i>Polypedilum</i>	0,1–14	0,2–37
Горькое (бас. реки Касмалы)	19	12,0 – 16,1	0,0–2,6	Сем. Ceratopogonidae	0,07–8,3	0,1 – 5,6
Горькое (Причановская группа озер)	5	12,3	0,9–1,7	Р. <i>Chironomus</i>	3,7 – 7,1	0,4 – 1,0
Илюбайсор	6	8,67	1,6	р. <i>Hygrotus</i> , р. <i>Ilyocoris</i>	1,9	0,4
Кривое (бас. реки Бурлы)	16	9,74	0,0–1,9	Р. <i>Cryptotendipes</i>	0,7 – 4,1	0,7 – 1,3
Фатеево (Душное)	11	7,88	1,0–1,3	Сем. Ceratopogonidae	0,1 – 1,2	0,7
<b>ИТОГО: 7</b>	<b>50</b>	<b>4,54–18,5</b>	<b>1,0±0,1</b>	<b>Сем. Chironomidae – 80%, сем. Ceratopogonidae – 60%. Отр. Coleoptera – 30%</b>	<b>2,6 ± 0,7</b>	<b>3,2 ± 1,5</b>

донных беспозвоночных. В большинстве озер этой группы уровень развития зообентоса «низкий» и «умеренный», что соответствует  $\beta$ -олиготрофному и  $\alpha$ -мезотрофному типам водоемов. Наибольшие значения численности и биомассы отмечены для оз. Бол. Топольное (37 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 14 г/м<sup>2</sup>).

За период исследований в мезо- и гипергалинных озерах обнаружено 11 видов донных беспозвоночных из 2 классов: брюхоногие моллюски (1 вид) и насекомые (10). Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (9 видов, из которых 4 – хирономиды), также встречались жуки *Hygroetus* sp. В большинстве водоемов доминировали мухи-береговушки из р. *Setacera*, они отмечены в 78% проб (табл. 7.4). Наибольшее число видов беспозвоночных выявлено в оз. Левое Полянково (6 видов).

Таксономическое сходство бентоса исследованных озер в целом высоко, меры включения фаун находилось на уровне 65–85%. Для этой группы озер были отмечены низкие значения численности и биомассы донных беспозвоночных. Биомасса колебалась в разных озерах от 0,1 до 5,1 г/м<sup>2</sup>, численность от 0,07 до 4,3 тыс. экз./м<sup>2</sup>. Минимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Кулундинское (0,1–1,5 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 0,07–0,8 г/м<sup>2</sup>) и Чебаклы (0,4 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 0,2 г/м<sup>2</sup>). Максимальные значения биомассы зафиксированы в оз. Левое Полянково (5,1 г/м<sup>2</sup>). Для большинства озер этой группы характерен «низкий» уровень развития зообентоса, который соответствует олиготрофному типу водоемов.

**Сравнительный анализ озер различного уровня минерализации** показал, что меры включения видового состава большинства изученных групп озер находились на уровне 60–79 % (рис. 7.3). Наименьшее видовое разнообразие характерно для мезо- и гипергалинных озер, фауна этих озер в большей мере вошла в фауны гипо-, суб- и олигогалинных озер. Аналогично фауна гипогалинных озер в большей степени вошла в фауны суб- и олигогалинных озер. Последние две группы озер отличались своеобразием состава донного населения, их меры включения локальных фаун находились в пределах 40–59%.

Максимальное количество видов донных беспозвоночных отмечено в олигогалинных озерах – 89 (от 1 до 13 видов в пробе, в среднем 5). В субгалинных озерах выявлено 80 видов донных беспозвоночных (от 1 до 11 видов в пробе, в среднем 4). Меньшее число видов обнаружено в гипогалинных озерах – 50 (от 1 до 8 видов в пробе, в среднем 3). Минимальное видовое разнообразие характерно для мезо- и гипергалинных озер. Индекс видового разнообразия по Шеннону постепенно возрастал по мере снижения минерализации вод; выявлена статистически значимая отрицательная корреляционная связь ( $r = -0,68$ ;  $p < 0,01$ ).

В выделенных группах озер с увеличением минерализации воды наблюдается смена руководящих и второстепенных таксонов донных беспозвоночных. В олигогалинных озерах доминировали личинки сем. Chironomidae, второстепенные таксоны были представлены 4 группами: отр. Trichoptera,

Т а б л и ц а 7.4

## Основные характеристики макрозообентоса мезо- и гипергалинных озер

Озеро	Число видов	Минерализация, г/л	Индекс видового разнообразия по Шеннону	Доминирующие и субдоминирующие таксоны (% встречаемости в пробах)	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>
Кулундинское	3	122–125	0,0	p. <i>Setacera</i>	0,1–1,5	0,07–0,8
Левое Полянково	6	42,1	1,2	p. <i>Setacera</i> , p. <i>Cricotopus</i>	5,1	4,3
Люськино	3	83,2–89,3	0,0	p. <i>Setacera</i>	2,4–5,1	1,7 – 2,1
Пресное	5	24,9–25,3	0,0	p. <i>Setacera</i>	0,7–2,4	0,6 – 1,5
Чebakлы	3	78,7	0,9	p. <i>Cricotopus</i>	0,4	0,2
<b>ИТОГО: 5</b>	<b>11</b>	<b>24,9–125</b>	<b>0,4±0,3</b>	<b>Сем. Ephydriidae – 78%</b>	<b>1,7±0,5</b>	<b>1,2 ± 0,3</b>

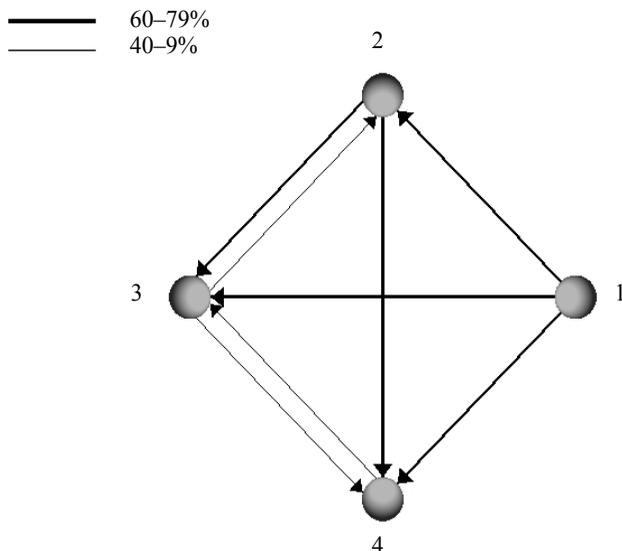


Рис. 7.3. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описания донных сообществ изученных озер разного уровня минерализации по наличию видов: 1 – мезо- и гипергалинные воды; 2 – гипогалинные воды; 3 – субгалинные воды; 4 – олигогалинные воды

отр. Ephemeroptera, отр. Odonata, кл. Oligochaeta. В группе субгалинных озер в качестве руководящего таксона также выступают личинки сем. Chironomidae, остальные таксоны в исследованных озерах относились к случайным, их частота встречаемости не превышала 16%. С увеличением минерализации воды в гипогалинных озерах наблюдается перестройка в доминирующем комплексе донных беспозвоночных, наряду с сем. Chironomidae в число руководящих таксонов также вошло сем. Ceratopogonidae; второстепенные таксоны представлены отрядом Coleoptera. В мезо- и гипергалинных озерах отмечается смена доминирующих таксонов с семейств Chironomidae и Ceratopogonidae на сем. Ephydridae; личинки эфидрид отмечены в 78% проб, остальные таксоны отнесены к случайным (редким), частота их встречаемости не превысила 14%.

На более узком градиенте минерализации ( $1,5\text{--}58\text{ г/дм}^3$ ) в озерах средней лесостепи Тюменской области отмечено резкое падение видового разнообразия донных беспозвоночных при минерализации более  $5,3\text{ г/дм}^3$ , при этом наибольшая численность и биомасса характерна для озер с минерализацией  $5,3\text{--}8,2\text{ г/дм}^3$  (Новых, Алешина, 2007).

Помимо уменьшения числа видов, некоторые исследователи также отмечали тенденцию снижения биомассы зообентоса с увеличением солености,

в частности на озерах Канады (Hammer, 1990) и Австралии (Timms, 1981). В озерах юга Обь-Иртышского междуречья максимальные значения биомассы зообентоса характерны для олигогалинных и субгалинных озер (мезотрофный – гипертрофный типы водоемов), для гипогалинных озер характерен  $\beta$ -олиготрофный и  $\alpha$ -мезотрофный уровни развития макрозообентоса, минимальные значения его биомассы отмечены в мезо- и гипергалинных озерах, что соответствует олиготрофному типу водоемов.

Известно, что сходные тенденции (уменьшение видового состава, биомассы, разнообразия доминантов, смена основных доминирующих групп при повышении солёности) наблюдаются для зооперифитона озер Тоболо-Ишимской лесостепи Тюменской области (Шарапова, 2012). В отличие от озер для эстуариев рек характерна иная картина: с понижением солёности биомасса макрозообентоса падает, а численность возрастает (Changes..., 2004), что связано с наличием морских видов.

## 7.2. Анализ комплексного действия экологических факторов

В своем обзоре W. D. Williams (1998) указывает на комплексный характер фактора минерализации воды, так как влияние минерализации может определяться не только ее уровнем, но и соотношением основных ионов в воде. Для классификации изученных экологических факторов (переменных) был использован метод главных компонент, по результатам которого выявлены переменные, имеющие наибольшие факторные нагрузки, для которых в дальнейшем был проведен корреляционный анализ (коэффициент Спирмена –  $r$ ) с показателями макрозообентоса (Боровиков, 1988).

По методу ГК проанализировано 15 факторов: три физических (глубина, прозрачность, температура) и 12 гидрохимических (pH;  $O_2$ ; БПК<sub>5</sub>;  $CO_3^{2-}$ ;  $HCO_3^-$ ;  $Cl^-$ ;  $SO_4^{2-}$ ; жесткость;  $Ca^{2+}$ ;  $Mg^{2+}$ ;  $\sum Na^+ + K^+$ ;  $\sum$ ионов). Были выявлены ГК 1, ГК 2 и ГК 3 (рис. 7.4), объясняющие 78% общей дисперсии этих факторов.

Основную долю ГК 1 составили гидрохимические показатели, определяющие общую минерализацию воды:  $Cl^-$ ;  $SO_4^{2-}$ ; жесткость;  $Mg^{2+}$ ;  $\sum Na^+ + K^+$ ;  $\sum$ ионов (43,71%). Все они имеют высокие факторные нагрузки (рис. 7.5) и показывают статистически значимую ( $p < 0,05$ ) корреляционную связь с индексом Шеннона (0,62). ГК 2 включает в себя pH и карбонаты (объясняет 23,73% дисперсии), определяющие реакцию среды. Однако между этой группой факторов и показателями зообентоса не наблюдалось четкой зависимости.

ГК 3 (объясняет 11% общей дисперсии) образовали физические факторы среды – температуру и прозрачность воды, которые связаны с трофностью водоемов. Факторы, входящие в эту группу имеют положительную достоверную ( $p < 0,05$ ) корреляционную связь средней силы с биомассой ( $r = 0,66$ ) и численностью ( $r = 0,64$ ) зообентоса в открытой части озер.

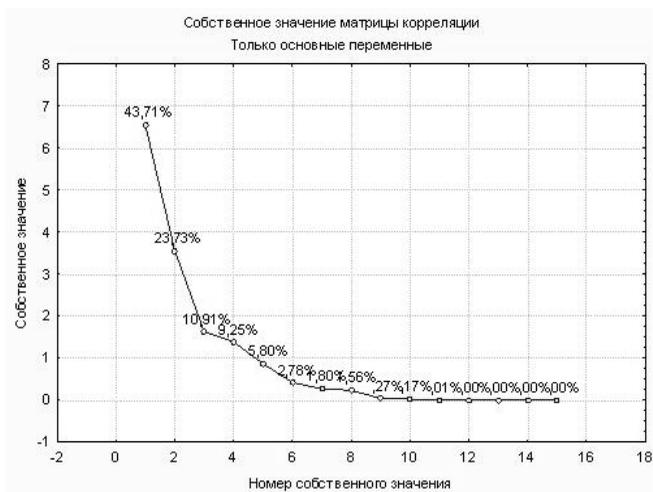


Рис. 7.4. Результаты анализа (график «каменистой осыпи») экологических факторов озер юга Обь-Иртышского междуречья методом главных компонент (Bezmaternykh, Zhukova, 2013б)

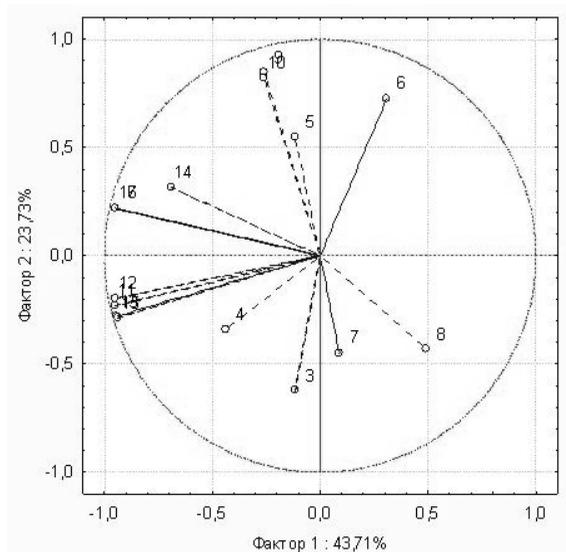


Рис. 7.5. Проекция переменных на плоскость ГК 1 (фактор 1) и ГК 2 (фактор 2): 3 – глубина, 4 – прозрачность, 5 – температура, 6 – рН, 7 – O<sub>2</sub>, 8 – БПК<sub>5</sub>, 9 – CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, 10 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 11 – Cl<sup>-</sup>, 12 – SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 13 – жесткость, 14 – Ca<sup>2+</sup>, 15 – Mg<sup>2+</sup>, 16 – ∑Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>, 17 – ∑ионов

Перечисленные методы показали, что гидрохимические факторы, определяющие общую минерализацию воды, оказывают наибольшее влияние на уровень развития донных беспозвоночных, наряду с такими экологическими факторами как реакция среды, температура и прозрачность воды.

Кроме минерализации воды, столь же значительное влияние на изученные донные сообщества оказывает характер донных отложений. Для факторного анализа выразить количественно тип грунта не удалось, однако можно отметить определенные тенденции. В исследованных озерах максимальные биомассы донных беспозвоночных характерны для илов ( $6,1 \pm 1,6$ ). Заиленные пески ( $2,6 \pm 1,2$ ) и пески ( $2,2 \pm 0,7$ ) имеют менее разнообразное население и биомассу (рис. 7.6).

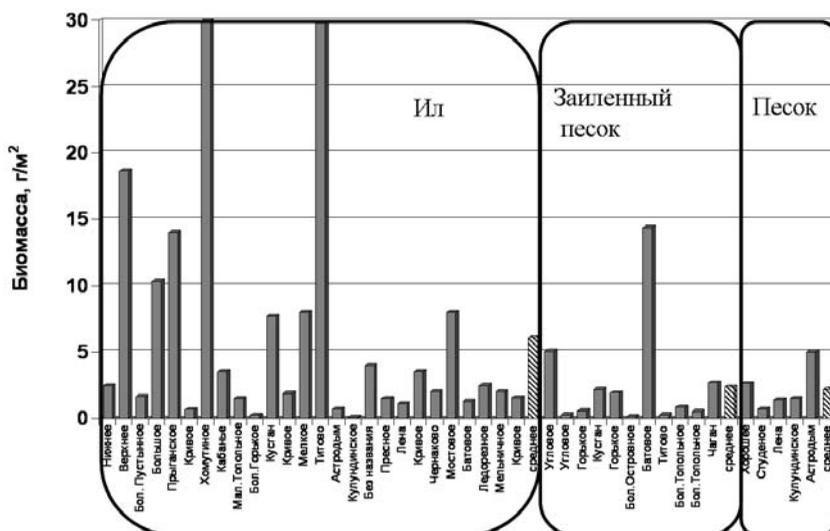


Рис. 7.6. Биомасса зообентоса на различных типах грунта изученных озер летом 2003, 2006, 2008–2011 гг.

### 7.3. Особенности макрозообентоса озер различных природных зон и подзон

Зональные характеристики района есть отражение суммарного действия экологических факторов, поэтому целесообразно рассмотреть закономерности распределения зообентоса в зависимости от природной зональности районов исследования. Для анализа были выбраны озера (всего 41), которые исследовались приблизительно в одно время: Причановской группы, Карасукской, Буллинской, Кулундинской и Касмалинской систем.

Исследованные озера расположены в двух природных зонах и четырех подзонах. Озера Кулундинское, Пресное и Люськино находятся в сухостепной подзоне; озера Кривое (бас. реки Кулунды), Мостовое, Угловое, Мал. Горькое (бас. реки Карасук), Топольное, Песчаное, Хорошее, Бол. Топольное, Кривое (бас. реки Бурлы), Хомутино, Кабанье, Абушкан, Горькое (Причановская группа озер), Дуня, Илюйбасор, Левое Полянново, Титово, Чебаклы, Кривое (бас. реки Карасук) и Фатеево (Душное) – в засушливо-степной подзоне; Горькое (бас. реки Касмалы), Бол. Островное, Студеное, Кусган и Астроным – в умеренно-засушливо-степной подзоне; Мельничное, Ледорезное, Батовое, Чернаково, Лена, Верхнее, Нижнее, Пустынное, Котленок, Фадиха, Широкая Курья, Большое и Прыганское – в южно-лесостепной подзоне (Цимбалей, Винокуров, 1988).

Максимальное видовое разнообразие донных беспозвоночных отмечено в озерах южно-лесостепной подзоны – от 1 до 12 видов в пробе, в среднем 5 (табл. 7.5). Минимальное видовое разнообразие характерно для озер сухостепной подзоны, число видов донных беспозвоночных в пробе не превышало трех. В озерах умеренно-засушливо-степной и засушливо-степной подзон выявлено от 0–1 до 10–11 видов зообентоса в пробе. Отмечено, что с увеличением минерализации воды в направлении от южной лесостепи к сухой степи наблюдается смена доминирующих таксонов донных беспозвоночных. Следует сказать, что на полученные данные оказывали влияние и другие важные факторы: неравномерное распределение озер по подзонам, их морфометрические и гидрологические особенности (например, степень проточности), что неизбежно повысило разброс значений относительно средней величины.

Т а б л и ц а 7.5

Показатели видового разнообразия донных беспозвоночных озер различных подзон юга Обь-Иртышского междуречья

Подзона	Число видов в пробе, $\lim / \bar{x}$	Индекс Шеннона (бит/экз.), $\lim / \bar{x}$
Сухостепная	<u>1–3</u> 1,5	<u>0–1,0</u> 0,33
Засушливо-степная	<u>0–11</u> 3,5	<u>0–2,7</u> 1,04
Умеренно-засушливо-степная	<u>1–10</u> 3,8	<u>0–2,7</u> 1,03
Южно-лесостепная	<u>1–12</u> 5	<u>0–3,3</u> 1,83

В южной лесостепи доминирующие и субдоминирующие таксоны представлены пятью группами: сем. Chironomidae, отр. Odonata, отр. Trichoptera, отр. Ephemeroptera, отр. Gammaridae. В подзонах засушливой и умеренно-засушливой степи уменьшается число доминирующих таксонов и наблюдается смена состава донных беспозвоночных. Доминирующие группы представлены сем. Chironomidae и сем. Ceratopogonidae. В зоне сухой степи доминирующие таксоны – сем. Ephydriidae и сем. Ceratopogonidae (табл. 7.6).

Т а б л и ц а 7.6

Показатели встречаемости и обилия основных таксонов зообентоса озер различных природных подзон юга Обь-Иртышского междуречья

Таксон	Частота встречаемости, %	Численность, тыс. экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>
<i>Южно-лесостепная</i>			
Сем. Chironomidae	97	1,2 ± 0,2	1,6 ± 0,4
Отр. Trichoptera	53	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1
Отр. Odonata	40	0,08 ± 0,03	0,8 ± 0,4
Отр. Ephemeroptera	37	0,3 ± 0,2	0,2 ± 0,07
Сем. Gammaridae	25	0,07 ± 0,03	2,1 ± 1,2
Прочие	–	0,1 ± 0,03	1,0 ± 0,5
Всего	–	2,03 ± 0,46	5,9 ± 1,6
<i>Умеренно-засушливо-степная</i>			
Сем. Chironomidae	89	1,5 ± 0,7	1,4 ± 0,5
Сем. Ceratopogonidae	48	0,6 ± 0,2	0,4 ± 0,1
Прочие	–	0,06 ± 0,03	0,6 ± 0,3
Всего	–	2,1 ± 0,7	2,8 ± 0,7
<i>Засушливо-степная</i>			
Сем. Chironomidae	80	5,7 ± 1,6	6,2 ± 1,4
Сем. Ceratopogonidae	26	0,09 ± 0,04	0,15 ± 0,09
Прочие	–	2,9 ± 1,9	1,9 ± 0,8
Всего	–	8,9 ± 2,9	8,3 ± 2,2
<i>Сухостепная</i>			
Сем. Ephydriidae	83	0,5 ± 0,1	1,3 ± 0,4
Сем. Ceratopogonidae	42	0,3 ± 0,2	0,1 ± 0,07
Прочие	–	0,2 ± 0,1	0,2 ± 0,1
Всего	–	1,0 ± 0,3	1,5 ± 0,5

Коэффициент увлажнения в сухой степи юга Западной Сибири почти в два раза меньше, чем в лесостепи. В направлении от южной лесостепи к сухой степи наблюдается смена доминирующих таксонов, сокращение видового разнообразия (рис. 7.7) и обилия (см. табл. 7.6) донных беспозвоночных на фоне увеличения степени минерализации вод (Безматерных, Жукова, 2013).

Максимальные значения биомассы сообществ донных макробеспозвоночных характерны для озер засушливо-степной подзоны. В разных озерах биомасса изменялась в пределах 0,07–96 г/м<sup>2</sup> (от самого низкого до очень высокого класса продуктивности). В южной лесостепи биомасса макрозообентоса в период массового развития донных беспозвоночных преимущественно изменялась от 0,07 до 37 г/м<sup>2</sup>, что соответствует классу продуктивности от самого низкого до высокого по шкале С. П. Китаева (1986). Колебания биомассы макрозообентоса в умеренно-засушливо-степной подзоне были в диапазоне от 0,7 до 13 г/м<sup>2</sup> – от очень низкого до повышенного класса продуктивности (Bezmaternykh, Zhukova, 2013a).

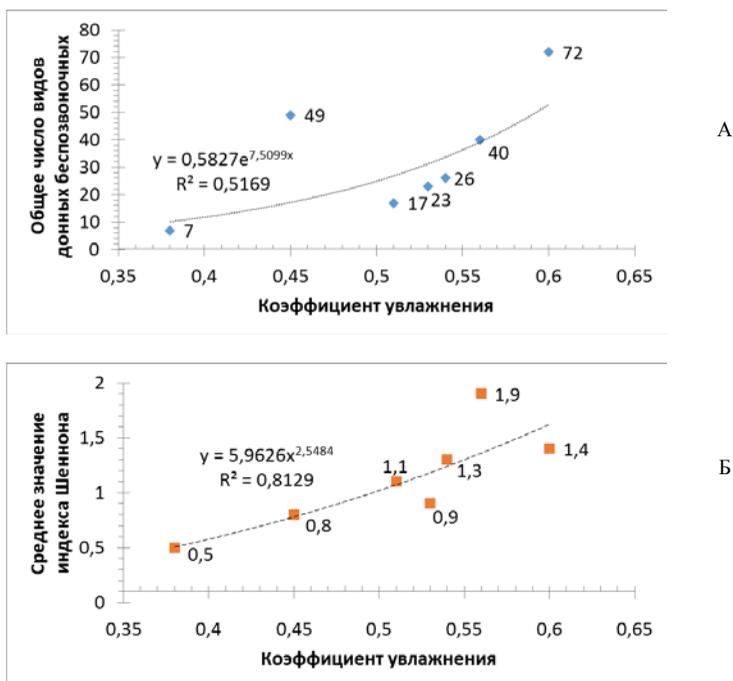


Рис. 7.7. Общее число видов (А) и средний индекс видового разнообразия по Шеннону, бит/экз. (Б) в изученных озерах Алтайского края, водосборы которых расположены в районах с различными коэффициентами увлажнения (коэффициенты увлажнения даны по: Золотов и др., 2012)

Биомасса макрозообентоса в умеренно-засушливо-степной подзоне изменялась от 0,1 до 8,4 г/м<sup>2</sup>; уровень развития донных беспозвоночных от очень низкого до повышенного класса продуктивности. Минимальные значения биомассы зообентоса озер отмечены в сухостепной подзоне, в разных озерах биомасса изменялась в пределах 0,1–5,1 г/м<sup>2</sup> (низкий и умеренный классы продуктивности).

В отличие от наших результатов по изучению макробеспозвоночных различных природных зон, в пресных озерах из разных географических зон Тюменской области (арктическая тундра, северная тайга, средняя тайга, южная тайга, средняя лесостепь) не отмечены какие-либо закономерные изменения количественных показателей макрозообентоса вдоль климатического градиента (Алешина, Усламин, 2012). Это может быть обусловлено тем, что в данном исследовании было исключено влияние фактора минерализации на озерные экосистемы.

#### **7.4. Особенности воздействия основных экологических факторов на макрозообентос озера Чаны**

Озеро Чаны находится в Новосибирской области и является крупнейшим по площади в Западной Сибири. Оно представляет собой уникальный объект для исследования водных экосистем крупных бессточных озер, находящихся на различных стадиях засоления. В оз. Чаны минерализация воды на разных участках различается в разы и это проявляется в изменении структуры сообществ. В связи с гидрохимическими и гидрологическими особенностями оз. Чаны влияние факторов среды на донные сообщества целесообразно рассмотреть отдельно.

Состав, структура и уровень развития донных сообществ оз. Чаны характеризуются существенной дифференциацией по акватории, что прежде всего обусловлено градиентом геоморфологических, гидрологических и гидрохимических показателей (табл. 7.7).

Одним из факторов формирования донных сообществ является глубина биотопа. Важность этого показателя подтвердили данные корреляционного анализа. Так, в 2004 г. выявлена достоверная положительная умеренная корреляция ( $r = 0,44-0,65$ ,  $p < 0,01$ ) с глубиной как общей биомассы и численности всех донных беспозвоночных, так и отдельных таксонов, которую можно объяснить комплексом неблагоприятных факторов характерных для мелководий озера: нестабильность грунтов в результате волнового воздействия, промерзание, заморы. Особенно заметно выявленная тенденция проявляется при анализе проб с однотипных грунтов. Например, для илистых грунтов ее можно достоверно аппроксимировать с помощью степенной функции (рис. 7.8).

Таблица 7.7

Условия отбора проб и показатели развития донных сообществ различных плесов оз. Чаны в июле–августе 2004 г.

Плес	Количество проб	Преобладающий тип грунта (% площади)	Средняя* глубина (lim), м	Средняя* минерализация воды (lim), г/дм <sup>3</sup>	Общее число видов	Средневзвешенная** биомасса (lim), г/м <sup>2</sup>
Оз. Мал. Чаны	8	Песок (50)	2,1 (1,6–2,6)	0,7 (0,6–0,8)	9	4,0 (0,6–13,2)
Тагано-Казанцевский	15	Песок / глина (40/40)	2,8 (2,0–3,5)	4,3 (3,9–4,8)	18	3,7 (0,0–8,5)
Чиняихинский плес	12	Ил (58)	2,8 (2,1–3,3)	3,0 (2,1–3,5)	15	3,7 (0,0–32,5)
Ярковский	13	Ил (85)	4,5 (1,3–6,3)	5,1 (4,6–5,2)	13	22,3 (0,0–157,1)
Оз. Яркуль	8	Песок (50)	5,2 (1,9–9,4)	2,6 (0,8–3,3)	15	17,6 (0,1–102,0)

Примечание: \* – по отобраным пробам, \*\* – по площади грунтов.

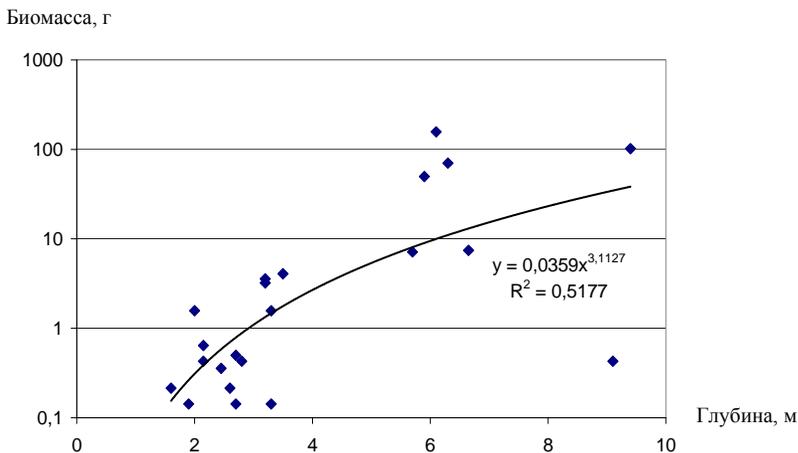


Рис. 7.8. Зависимость биомассы мягкого бентоса (без моллюсков) от глубины на илистых грунтах оз. Чаны в 2004 г.

Распределение донных сообществ в значительной степени зависит от особенностей грунтов. Это отражается не только в таксономическом и экологическом составех макробеспозвоночных (соотношении пело- и псаммофилов), но и на уровне развития всего сообщества. Самые распространенные по площади в Чанах илистые и песчаные грунты по средней биомассе донных сообществ различаются более чем в два раза –  $11 \pm 2,9$  и  $4,2 \pm 2,8$  г/м<sup>2</sup> соответственно.

Выявленные закономерности согласуются с данными В. В. Конивец (Пульсирующее..., 1982), который установил, что валовая биомасса зообентоса мелководий оз. Чаны (< 2 м) на порядок меньше таковой для глубоководных участков, причем их площади по озеру практически равны. Сходное распределение зообентоса также наблюдается в эвтрофном оз. Эром (Esrom, Дания) и олиготрофном оз. Миррор (Mirrog, США), где биомасса повышается с глубиной от 0 до 7–10 м, а затем понижается (Goldman, Horne, 1983; Walter, 1985) и, по-видимому, является общей тенденцией распределения донных сообществ.

Анализ таксономического состава донных макробеспозвоночных различных плесов, в общем, подтвердил ранее выявленную тенденцию к увеличению роли в донных сообществах гетеротопных видов (амфибиотических насекомых) и уменьшению гомотопных (червей, моллюсков и ракообразных) при возрастании минерализации воды (Экология..., 1986). Однако статистически достоверно такие тенденции проявляются при осреднении значительного количества данных по плесам. Так, в 2001 г. доля гетеротопных видов в фауне донных макробеспозвоночных коррелировала

со средней величиной минерализации воды плеса ( $r = 0,93$ ,  $p = 0,003$ ), а в 2004 г. была выявлена достоверная зависимость от минерализации средней по плесу доли гетеротопных видов в численности донных макробеспозвоночных ( $r = 0,90$ ,  $p = 0,04$ ). В то же время при анализе данных по отдельным прогам выявить корреляций с величиной минерализации воды практически не удалось, достоверно установлена только слабая положительная связь ( $r = 0,28$ ,  $p = 0,04$ ) с численностью личинок мокрецов (Sera-topogonidae).

Известно, что существенное влияние на численность и биомассу донных макробеспозвоночных оказывает наличие в озере рыб бентофагов, которое в свою очередь может зависеть от преднамеренного или самопроизвольного расселения новых видов (морф) рыб этой пищевой специализации и интенсивности их промысла. Ранее было установлено, что подобная ситуация наблюдалась на оз. Чаны после вселения серебряного карася амурской морфы, который оказал существенное негативное воздействие на биомассу донных макробеспозвоночных, это проявилось в Мал. Чанах (Визер, Наумкина, 2004).

*Временная организация.* Многолетняя динамика донных сообществ оз. Чаны изучена намного меньше (прил. 4). Тем не менее предыдущие исследователи проводили феноменологический анализ (без использования математических методов) наблюдаемых изменений количественных характеристик донных сообществ озера, и связывали эти изменения со значительными колебаниями уровня воды в озере (Мисейко, 2003, 2004а, б).

Проведенный корреляционный анализ многолетних данных по среднегодовым гидрологическим показателям озера и летней биомассе макрозообентоса показал достоверное влияние уровня воды озера как на валовую ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,018$ ), так и на среднюю биомассу макрозообентоса ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,016$ ). При этом если положительную корреляцию уровня с валовой биомассой можно объяснить изменением площади биотопов бентосных сообществ, то связь уровня со средней биомассой, по всей вероятности, объясняется опосредованным изменением экологических условий. Сходные данные приводит Г. Н. Мисейко (2004а), которая указывает достоверные коэффициенты корреляции величины биомассы макрозообентоса и уровня воды (0,34 и 0,70), с учетом уровня воды в год исследования и за два года до этого, соответственно. Вторая, сильная положительная корреляция по нашим расчетам не подтвердилась.

Известно, что сходные с Чанами колебания уровня воды наблюдаются в Каспийском море (Митина, Малашенков, 2013). Тренд динамики бентоса северной части Каспия (близкой по уровню минерализации к оз. Чаны) также неоднородный и зависит от уровня моря, но находится в противофазе ( $r = -0,20$ ). Данное отличие Чанов можно объяснить отсутствием в фауне истинных солоноватоводных видов, которые представлены в Каспии эндемиками древнего Понтического бассейна. В периоды снижения уровня в Каспии наблюдается более интенсивное развитие солоноватоводных видов, а в Чанах – только угнетение пресноводных.

Помимо многолетних циклических колебаний происходят и разовые, непериодические изменения донных сообществ оз. Чаны. Так случилось в 1971 г., когда был отчленен Юдинский плес. В конце прошлого века (1998–1999 гг.) произошло вселение серебряного карася амурской морфы, что привело к падению численности и биомассы кормового бентоса, а после интенсификации промысла в 2000–2003 гг. численность карася сократилась и показатели развития бентоса начали восстанавливаться (Визер, 2006).

Проведенные исследования показали, что значимость изученных экологических факторов для пространственной и временной организации сообществ донных макробеспозвоночных оз. Чаны в основном определяется величиной их градиентов. Как правило, чем выше градиент фактора, тем больше проявляется его действие.

### **7.5. Оценка экологического состояния озер в условиях повышенной минерализации вод**

Как известно, на зообентос оказывает значительное воздействие экологическое состояние водоема (качество воды и уровень трофности), для оценки которого используют различные методы биоиндикации, в основном разработанные для пресноводных водоемов и водотоков. Поскольку, как было показано выше, при увеличении уровня минерализации происходит снижение видового разнообразия, перестройка структуры донных сообществ и понижение их биомассы, использование пресноводных индексов для оценки состояния минерализованных озер становится нецелесообразным (Безматерных, 2005б). Субгалинные озера являются переходными между пресными и минерализованными экосистемами. Четкую границу между ними провести трудно, но обычно эффект влияния повышенной минерализации на водные экосистемы отчетливо начинает проявляться при солёности более 3 г/дм<sup>3</sup> (Hammer, 1986; Williams, 1998; The zoobenthic..., 1999; Безматерных, 2007). Поэтому анализ экологического состояния вод озер и оценка влияния величины минерализации на биотические индексы проводились отдельно для озер с минерализацией до 3 г/дм<sup>3</sup> и озер с минерализацией воды выше 3 г/дм<sup>3</sup>. Для анализа было выбрано 41 озеро Карасукской, Бурлинской, Кулундинской и Касмалинской систем и Причановская группа озер. Для оценки экологического состояния исследованных водных объектов были использованы следующие индексы: фламандский мультиметрический (Multimetric..., 2010); индекс видового разнообразия (по Шеннону), индекс определения уровня трофности озер по шкале С. П. Китаева (1986).

В пресных и солоноватых озерах с минерализацией воды, не превышающей 3 г/дм<sup>3</sup>, биоиндикационные индексы по структуре зообентоса показали следующие результаты. Индекс видового разнообразия по Шеннону в озерах Причановской группы колебался от 0,5 до 2,5 (табл. 7.8). Высокие значения отмечены в озерах Котленок (2,3) и Широкая Курья (2,5), низкие

Показатели состояния донных зооценозов пресных и солоноватых озер юга Обь-Иртышского междуречья

Озеро	Н	Ко, % – класс качества	ММIF	Уровень трофности
Причановская группа озер				
Дуня	1	0	0,25 – пл	α-мезотрофный
Котленок	2,3	0	0,25 – пл	α-эвтрофный
Фадиха	0,5	0	0,15 – пл	Олиготрофный
Широкая Курья	2,5	0	0,45 – н	β-эвтрофный
Карасукская система				
Астродым	1,5	3 – I	0,6 – п	β-мезотрофный
Бол. Горькое	1,0	0	0,3 – н	Ультраолиготрофный
Кривое	3,0	10 – I	0,75 – х	Олиготрофный
Кротово	0,9	0	0,45 – н	β-мезотрофный
Кусган	1,4	0	0,45 – н	Олиготрофный
Мелкое	1,5	32 – II	0,35 – н	β-мезотрофный
Студеное	1,0	0	0,30 – н	Ультраолиготрофный
Титово	1,0	7 – I	0,50 – п	β-эвтрофный
Чаган	0,6	0	0,15 – пл	α-мезотрофный
Бурлинская система				
Большое	0,6	0	0,25 – пл	β-мезотрофный
Бол. Пустынное	2,1	0	0,30 – пл	Олиготрофный
Верхнее	2,9	0	0,80 – х	β-мезотрофный
Кабанье	1,1	0	0,25 – н	α-мезотрофный
Топольное	1,0	89 – VI	0,05 – пл	Олиготрофный
Нижнее	2,7	0	0,55 – п	Олиготрофный
Песчаное	1,3	28 – II	0,55 – п	β-мезотрофный
Прыганское	1,1	0	0,70 – х	α-эвтрофный
Хомутиное	1,4	48 – III	0,30 – н	β-эвтрофный
Хорошее	2,5	10	0,45 – н	β-мезотрофный
Кулундинская система				
Батовое	3,0	0	0,6 – п	β-мезотрофный

Озеро	H	Ko, % – класс качества	ММIF	Уровень трофности
Кривое	1,0	0	0,25 – н	α- мезотрофный
Лена	1,5	0	0,30 – н	Ультраолиготрофный
Мостовое	1,4	13 – I	0,40 – н	β-мезотрофный
Чернаково	0,5	0	0,10 – пл	Олиготрофный
Касмалинская система				
Бол. Островное	1,1	0	0,15 – пл	Ультраолиготрофный
Горькое	1,2	0	0,4 – н	Олиготрофный
Ледорезное	0,8	20 – I	0,25 – н	Олиготрофный
Мельничное	1,1	0,5 – I	0,50 – п	α-мезотрофный
Угловое	0,9	0	0,40 – н	α-мезотрофный

*Примечание:* H – коэффициент видового разнообразия Шеннона; Ko – олигохетный индекс Гуднайта и Уитли; ММIF – фламандский мультиметрический индекс; I – очень чистые; II – чистые; III – умеренно загрязненные; IV – загрязненные; х – хорошее; п – посредственное; н – низкое; пл – плохое.

значения индекса характерны для озер Фадиха и Дуня (0,5 и 1 соответственно), что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях обитания зообентоса.

В озерах Карасукской системы индекс изменялся от 0,6 до 3,0. Максимальные его значения (3,0) отмечены для оз. Кривое, что соответствует чистым водам (Константинов, 1986). Минимальные значения индекса выявлены для озер Кротово и Чаган (0,9 и 0,6 соответственно), что может свидетельствовать о неблагоприятной экологической обстановке в этих водоемах. В большинстве озер индекс изменялся от 1,0 до 1,5, что говорит об умеренном загрязнении вод. В озерах Бурлинской системы высокие значения индекса (2,1–2,9) характерны для четырех озер, что соответствует слабозагрязненным водам. Минимальные значения индекса видового разнообразия отмечены в оз. Большое (0,6), что соответствует загрязненным водам. В остальных озерах Бурлинской системы индекс менялся в пределах от 1,0 до 1,4, что говорит об умеренном загрязнении водоемов. В большинстве озер Кулундинской системы по показателям индекса видового разнообразия (1,0–1,5) можно говорить об умеренном загрязнении воды. Максимальные значения индекса Шеннона отмечены для оз. Батовое (3,0), что соответствует чистым водам, минимальные – для оз. Чернаково (0,5), что может свидетельствовать о неблагоприятных условиях обитания зообентоса. В озерах Касмалинской системы индекс видового разнообразия

находился в пределах от 0,8 до 1,2. В озерах Бол. Островное, Горькое и Мельничное значения индекса свидетельствуют об умеренном загрязнении вод, в озерах Ледорезное и Угловое наблюдается снижение индекса Шеннона до 0,8 и 0,9 соответственно, что характеризует воды этих озер как загрязненные.

В озерах Причановской группы олигохеты не были выявлены, индекс Гуднайта и Уитли равен 0. Значение олигохетного индекса Гуднайта и Уитли (Ко, %) в озерах Карасукской системы варьировало от 0 до 32% (табл. 7.8). В пяти из девяти озер олигохеты не были выявлены. В озерах Астроным, Кривое и Титово индекс не превысил 10%, что соответствует I классу; вода характеризуется как «очень чистая». Максимальные показатели олигохетного индекса отмечены в оз. Мелкое, качество воды соответствовало II классу – «чистым» водам (Ко = 32%). В озерах Бурлинской системы значения олигохетного индекса изменялись от 0 до 100%. Наиболее загрязненным оказалось оз. Топольное, на различных участках озера значения индекса варьировали от 71 до 100%, что соответствует V и VI классам качества – «грязным» и «очень грязным» водам. Также неблагоприятное экологическое состояние отмечено для озер Песчаное и Хомутино; индекс Гуднайта и Уитли достигал IV и V класса соответственно. В озерах Кулундинской системы значения олигохетного индекса изменялись в пределах от 0 до 25%. В открытой части оз. Мостовое индекс соответствовал II классу качества, т. е. «чистым» водам, в остальных озерах олигохеты не были обнаружены. Аналогичная особенность была также отмечена и для озер Касмалинской системы: в большинстве озер олигохеты не были выявлены, небольшие значения индекса Гуднайта и Уитли зафиксированы для озер Ледорезное и Мельничное, они соответствовали I классу, т. е. «очень чистым» водам.

Таким образом, индекс Гуднайта и Уитли оказался неинформативным для изученных систем озер, так как основным ограничением его применения является то, что при низкой численности олигохет индекс не дает достоверных результатов (Пшеницына, 1986), он может использоваться только совместно с другими биотическими индексами.

Фламандский мультиметрический индекс для большинства озер Причановской группы показал «плохое» и «низкое» качество воды (табл. 7.8).

В большинстве озер Карасукской системы индекс MMIF показал «низкое» качество воды. Наиболее благоприятное состояние («посредственное») выявлено для озер Титово и Астроным, здесь индекс колебался от 0,5 до 0,6. Максимальные значения индекса зафиксированы в оз. Кривое (0,75), что свидетельствует о хорошем состоянии водоема. Неблагоприятное экологическое состояние отмечено в оз. Чаган: индекс был равен 0,15, что соответствует «плохому» качеству воды в водоеме. В озерах Бурлинской системы значения фламандского мультиметрического индекса изменялись в пределах от 0,05 до 0,8. Наиболее низкие его значения отмечены в озерах Топольное, Большое и Кабанье, что свидетельствует о «плохом» качестве

воды водоемов. Большинство озер характеризовались «низким» качеством воды, значения индекса изменялись от 0,30 до 0,45.

Увеличение значений индекса наблюдалось в озерах Нижнее (0,55) и Песчаное (0,55), что говорит о «посредственном» состоянии водоемов. Наиболее благоприятное состояние выявлено в мелководных озерах Верхнее и Прыганское, по фламандскому мультиметрическому индексу это оценивается как «хорошее». Неблагоприятное экологическое состояние отмечено в озерах Кулундинской и Касмалинской систем, большинство озер характеризуются «плохим» и «низким» качеством вод; индекс изменялся в пределах от 0,1 до 0,4. Возрастание индекса до 0,5–0,6 отмечено в озерах, характеризующихся наибольшим видовым разнообразием (Батовое и Мельничное), где качество воды соответствовало «посредственному» состоянию.

Необходимо отметить, что выявленное низкое качество вод в большинстве изученных озер обусловлено прежде всего их природными особенностями (Современное..., 2012).

Трофность вод, оцениваемая по биомассе зообентоса (по классификации С. П. Китаева), в озерах Причановской группы изменялась от «очень низкого» до «высокого» класса продуктивности. Максимальные биомассы бентоса были зарегистрированы в озерах Котленок и Широкая Курья (табл. 7.8), остальные озера соответствовали олиготрофным и мезотрофным типам водоемов. В озерах Карасукской системы биомасса изменялась от «самого низкого» до «высокого» уровня. Максимальные значения численности и биомассы зообентоса были зарегистрированы в озерах Титово ( $1713 \text{ экз./м}^2$  и  $29,79 \text{ г/м}^2$ ) и Шкалово ( $2081 \text{ экз./м}^2$  и  $22,57 \text{ г/м}^2$ ); тип водоема данных озер определяется как  $\beta$ -эвтрофный. Остальные озера этой системы характеризовались как ультраолиготрофные, олиготрофные и мезотрофные. Трофический статус озер Бурлинской системы так же, как и озер Карасукской системы менялся от ультраолиготрофного до  $\beta$ -эвтрофного типа вод. Максимальные биомассы бентоса были зарегистрированы в озерах Прыганское и Хомутиное, остальные озера соответствовали олиготрофным и мезотрофным типам. В водоемах Кулундинской системы трофность в среднем изменялась от ультраолиготрофного до  $\beta$ -мезотрофного типа вод. В эпипрофундали уровень трофности не превышал олиготрофного ( $0,1\text{--}2,3 \text{ г/м}^2$ ), в зоне литорали некоторых озер продуктивность донных зооценозов достигала  $\alpha$ -эвтрофного уровня. Трофический статус в озерах Касмалинской системы менялся от ультраолиготрофного до  $\beta$ -мезотрофного типа вод. Как правило, в глубоководной части водоемов тип водоемов изменялся от ультраолиготрофного до олиготрофного ( $0,28\text{--}2,5 \text{ г/м}^2$ ), в зоне прибрежья уровень трофности достигал  $\beta$ -мезотрофного и  $\alpha$ -эвтрофного уровня.

В озерах с минерализацией воды более  $3 \text{ г/дм}^3$  предложенные индексы выявили неблагоприятное экологическое состояние водоемов (табл. 7.9). Как уже было отмечено выше, это объясняется тем, что при увеличении минерализации воды снижается видовое разнообразие и обилие бентосных

Т а б л и ц а 7.9

Показатели состояния донных зооценозов озер юга Обь-Иртышского междуречья с минерализацией воды более 3 г/дм<sup>3</sup>

Озеро	H	Ko, %	MMIF	Bcp	Bm	Уровень трофности (расчетный)
Абушкан	1,06	0	0,25 – пл	1,75	2,89	α-мезотрофный
Бол. Топольное	0,9	0	0,25 – пл	1,05	3,89	α-мезотрофный
Горькое (бас. реки Касмала)	1,2	0	0,4 – н	1,92	4,60	α-мезотрофный
Горькое (Причановская группа)	1,2	0	0,2 – пл	5,4	7,89	β-мезотрофный
Илюйбасор	1,5	0	0,25 – пл	1,85	3,92	α-мезотрофный
Кривое	0,5	0	0,35 – н	0,67	2,90	α-мезотрофный
Кулундинское	0	0	0,05 – пл	0,25	3,91	α-мезотрофный
Левое Поляново	1,2	0	0,15 – пл	5,14	8,48	β-мезотрофный
Люскино	0,9	0	0,1 – пл	3,70	7,29	β-мезотрофный
Пресное	0,6	0	0,15 – пл	1,50	4,57	α-мезотрофный
Фатеево (Душное)	1,1	0	0,2 – пл	0,67	3,16	α-мезотрофный
Чебаклы	0,9	0	0,15 – пл	0,35	3,91	α-мезотрофный

*Примечание:* H – коэффициент видового разнообразия по Шеннону; Ko – олигохетный индекс Гуднайта и Уитли; MMIF – фламандский мультиметрический индекс; Bcp – средние значение биомассы зообентоса на илистых грунтах в зоне прибрежья; Bm – потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации; н – низкое; пл – плохое.

организмов, и индексы, основанные на индикаторных видах, оказываются малоинформативными.

Использование биомассы и продуктивности сообществ для индикации эвтрофирования соленых водоемов также неинформативно, так как возрастание минерализации приводит к увеличению энергетических трат гидробионтов на осмотическую регуляцию и к снижению их биомассы, и продукции (Хлебович, 1989).

Для оценки влияния минерализации воды на биомассу зообентоса нами была рассчитана зависимость биомассы зообентоса от минерализации вод на наиболее распространенных илистых грунтах и одинаковых глубинах в зоне прибрежья (рис. 7.9). К тому же именно эта зона, как правило, испытывает наибольшую антропогенную нагрузку от окружающих озера сельскохозяйственных угодий. Получившаяся кривая по форме сходна с аналогичным графиком для озер Канады (рис. 7.10), где наблюдался больший разброс значений из-за разнообразия грунтов.

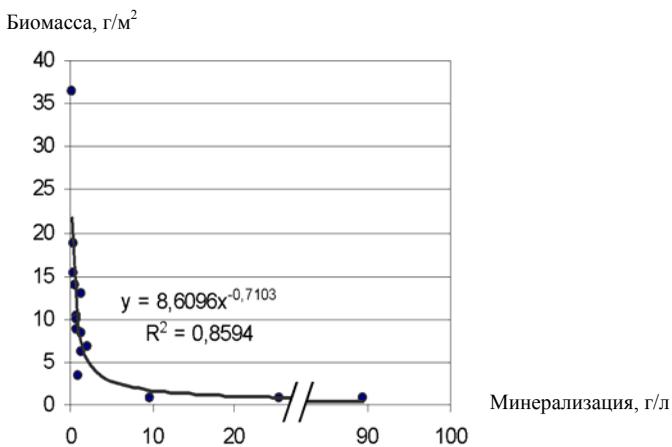


Рис. 7.9. Зависимость биомассы зообентоса от минерализации воды на илистых грунтах в зоне побережья изученных озер летом 2003, 2006, 2008–2011 гг.

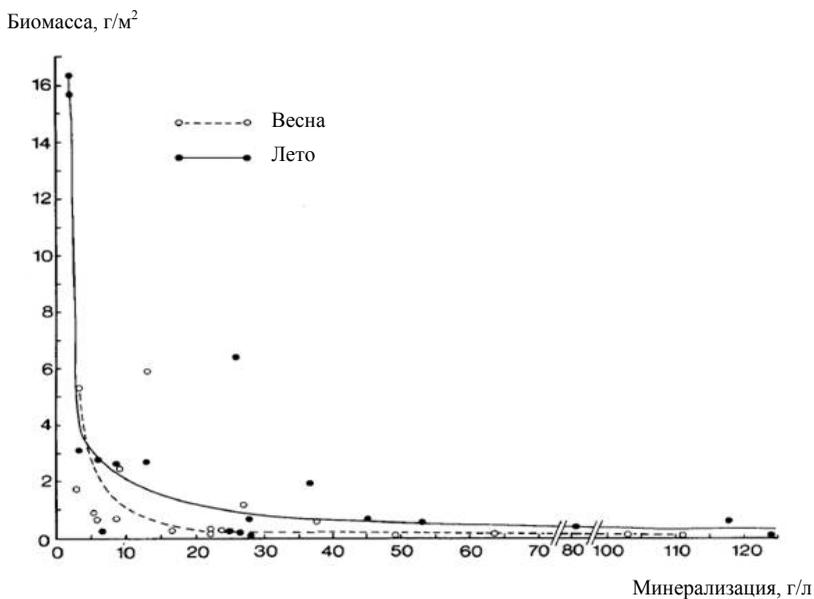


Рис. 7.10. Зависимость биомассы зообентоса от минерализации воды в различные сезоны года в литорали озер провинций Саскачеван и Альберта Канады (Hammer et al., 1990)

Полученная зависимость была аппроксимирована в уравнение:

$$V' = 8,6 \cdot X^{-0,71}, \quad (1)$$

где  $V'$  – расчетная биомасса,  $X$  – минерализация воды. Подобная степенная функция с отрицательным показателем степени была получена А. Ф. Алимовым (2008) для зависимости числа видов бентосных животных от минерализации озер.

На основе уравнения (1) предложена формула, по которой можно установить потенциально потерянную биомассу при возрастании минерализации:

$$V_p = V'' - V', \quad (2)$$

где  $V_p$  – потенциально потерянная биомасса при возрастании минерализации,  $V''$  – расчетная биомасса по формуле (1), при минерализации 3 г/л (в нашем случае  $V'' = 3,95$ ).

Из уравнений (1) и (2) можно определить потенциально возможную биомассу, которая была бы при отсутствии угнетающего действия минерализации (Способ..., 2014):

$$V_m = V_{cp} + V_p, \quad (3)$$

где  $V_m$  – потенциально возможная биомасса при отсутствии угнетающего действия минерализации,  $V_{cp}$  – средняя биомасса зообентоса в прибрежье водоема.

С использованием предложенной формулы (3) проведен пересчет биомассы донных беспозвоночных с учетом угнетающего действия минерализации. После пересчета большинство озер оказались мезотрофного типа. Сходный уровень трофности некоторых изученных озер был также получен по содержанию хлорофилла «а». Данные гидрохимического изучения этих озер показали значительное содержание биогенов (N, P) в воде (Сравнительный..., 2009; Состав..., 2010).

Подобный подход также можно применять при использовании в индикации других сообществ гидробионтов. Следует отметить, что применение этой формулы способно выявить повышение трофности (биогенное загрязнение) солоноватых и соленых озер, но формула нечувствительна к олиготрофикации.

Следовательно, для индикации экологического состояния озер с минерализацией воды до 3 г/дм<sup>3</sup> можно использовать обычные биоиндикационные методы: например, такие, как индекс видового разнообразия по Шеннону и специальный биотический индекс, разработанный для озер (ММIF), а в качестве дополнительного – олигохетный индекс Гуднайта и Уитли.

При оценке озер с минерализацией воды более  $3 \text{ г/дм}^3$  следует учитывать угнетающее действие солей. На озерах одного региона с одинаковым типом солености для этого можно использовать функцию аппроксимации показателей зообентоса от солености воды, при прочих одинаковых (желательно преобладающих) условиях по глубине и типу грунта. Затем, с использованием этой функции, можно восстановить показатели развития зообентоса, которые могли быть при отсутствии угнетающего действия повышенной минерализации воды.

\*\*\*

Таким образом, во всех рассмотренных озерах и озерных системах в качестве основного фактора, определяющего состав и структуру донных беспозвоночных, выступает минерализация воды или основные составляющие ее ионы. Но, несмотря на отчетливую общую тенденцию к уменьшению таксономического разнообразия и снижению биомассы организмов макрозообентоса при увеличении минерализации, в каждом конкретном случае, и особенно в узком диапазоне солености, велика роль других экологических факторов, т. е. срабатывает эффект масштаба – чем выше градиент фактора, тем отчетливее проявляется его влияние.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение пространственно-временной организации экосистем и определяющих ее экологических факторов является из одной ведущих задач современной экологии и гидробиологии. В разрезе рассмотрения отдельных озер, озерных систем и их многолетней динамики для решения этих задач подходящим сообществом является макрозообентос, что определяется его связью с определенными биотопами и характерными жизненными циклами входящих в его состав организмов.

Исследованные озера и озерные системы юга Обь-Иртышского междуречья находятся в условиях континентального климата на территории Западно-Сибирской низменности в пределах двух физико-географических зон: степи и лесостепи. Озера различаются разнообразием размеров, типом питания, гидрохимическими режимами. Общими свойствами изученных озер является их мелководность, наличие мягких грунтов, значительная многолетняя изменчивость водного режима.

Несмотря на довольно длительный период и большой объем исследований, данные о составе, структуре и функционировании зообентоса озер юга Обь-Иртышского междуречья фрагментарны. Наиболее полно изучены некоторые крупные водные объекты, а сведения о зообентосе средних и малых озер зачастую отрывочны. В условиях меняющихся климатических факторов и антропогенного воздействия изучение структуры и пространственно-временной организации сообществ озер этого региона является актуальным.

В исследованных в 1996–2011 гг. озерах выявлено 206 видов донных беспозвоночных из 8 классов: круглые черви (1 вид), малощетинковые черви (5), пиявки (6), мшанки (2), двустворчатые моллюски (4), брюхоногие моллюски (22), ракообразные (3), паукообразные (3), насекомые (160). Среди последних наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (87 видов, из которых 54 – комары-звонцы), также из насекомых встречались жуки, поденки, ручейники, стрекозы, клопы, ногохвостки и бабочки. Фаунистическое сходство изученных озер и систем озер между собой оказалось невысоким, для большинства озер степень сходства не превысила 40–59%. Наиболее оригинальными оказались фауны озер Причановской группы и Бурлинской системы. Своеобразием донного населения отличалась фауна оз. Чаны. Биологический режим этого озера крайне

непостоянен, особенностью Чанов, определяющей их гидробиологический режим, являются многолетние колебания уровня воды.

В целом, с учетом встречаемости, численности и биомассы зообентос исследованных озер и озерных систем носил преимущественно хирономидный характер (обычно доминировали личинки комаров-звонцов из подсем. *Chironominae*). Субдоминировали ракообразные и комары-мокрецы, что характерно для стоячих, хорошо прогреваемых и эвтрофных водоемов. Для исследованных озер наиболее типичными были виды хирономид из родов *Chironomus*, *Polypedilum*, *Cricotopus* – обычные для небольших стоячих и слабопроточных постоянных водоемов. Не было отмечено специфических видов, характерных для солоноватоводных водоемов, наиболее часто в исследованных озерах встречались пресноводные, эвритермные, т. е. в целом эврибионтные виды и формы, способные адаптироваться к разнообразным экологическим условиям.

Проведенные исследования показали, что для индикации экологического состояния озер с минерализацией воды до 3 г/л можно рекомендовать индекс видового разнообразия (по Шеннону) и специальный биотический индекс, разработанный для озер фламандский мультиметрический индекс, а в качестве дополнительного – возможно использовать олигохетный индекс Гуднайта и Уитли. При оценке озер с минерализацией воды более 3 г/л следует учитывать угнетающее действие растворенных в воде солей. На озерах одного региона с одинаковым типом солёности для этого можно применять функцию аппроксимации показателей зообентоса от солёности воды, при прочих одинаковых (лучше преобладающих) условиях по глубине и типу грунта. Затем, с использованием этой функции, можно восстановить показатели развития зообентоса, которые могли быть при отсутствии угнетающего действия повышенной минерализации воды.

Во всех рассмотренных водоемах в качестве основного фактора, определяющего состав и структуру донных беспозвоночных, выступает минерализация воды и соотношение основных ионов в воде. Но, несмотря на отчетливую общую тенденцию к уменьшению таксономического разнообразия и снижению биомассы организмов макрозообентоса при увеличении минерализации, в каждом конкретном случае, и особенно в узком диапазоне солёности, велика роль других экологических факторов, т. е. срабатывает эффект масштаба – чем выше градиент фактора, тем отчетливее проявляется его влияние. Поэтому в каждом конкретном случае требуется более детальное изучение прочих факторов, влияющих на донное население водоемов.

## ЛИТЕРАТУРА

**Абакумов В. А., Качалова О. В.** Зообентос в системе контроля качества вод // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям: тр. всесоюз. конф. (Москва, 1978). – Л. : Гидрометеониздат, 1981. – С. 5–12.

**Абрамович Д. И.** Воды Кулундинской степи. – Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1960. – 214 с.

**Айвазян С. А., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д.** Прикладная статистика: Исследование зависимостей : справ. изд. – М. : Финансы и статистика, 1985. – 487 с.

**Аладин Н. В.** Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7–11‰ и аральской воды соленостью 8–13‰ // Биология солоноватых и гипергалинных вод. – Л. : ЗИН АН СССР, 1989. – С. 12–21.

**Алекин О. А.** Основы гидрохимии. – Л. : Гидрометеониздат. 1953. – 109 с.

**Алешина О. А., Усламин Д. В.** Зональное распределение макрозообентоса в пресных озерах Тюменской области // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. – 2012. – № 12. – С. 160–172.

**Алимов А. Ф.** Исследование биоразнообразия в сообществах планктона, бентоса, рыб и в экосистемах пресноводных водоемов разной продуктивности // Изв. АН. Сер. биол. – 2001. – № 1. – С. 87–95.

**Алимов А. Ф.** Сезонные и многолетние изменения биомассы зообентоса континентальных водоемов // Гидробиол. журн. – 1991. – Т. 27, № 2. – С. 3–9.

**Алимов А. Ф.** Связь биологического разнообразия в континентальных водоемах с их морфометрией и минерализацией вод // Биология внутренних вод. – 2008. – № 1. – С. 3–8.

**Алимов А. Ф.** Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб. : Наука, 2000. – 147 с.

**Андреев В. Л.** Классификационные построения в экологии и систематике. – М. : Наука, 1980. – 142 с.

**Андреева С. И., Андреев Н. И.** Донные биоценозы Аральского моря при изменении его режима // Гидробиол. журн. – 1987. – № 5. – С. 81–86.

**Андреева Р. В.** Определитель личинок слепней. – Киев : Наукова Думка, 1990. – 172 с.

**Атлас Алтайского края.** – М., Барнаул : ГУГК, 1978. – Т. 1. – 222 с.

**Базилевич Н. И., Розанов А. Н.** Почвы Алтайского края. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 382 с.

**Баканов А. И.** Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1. – С. 68–82.

**Баканов А. И.** Использование комбинированных индексов для мониторинга пресноводных водоемов по зообентосу // Вод. ресурсы. – 1999. – Т. 26, № 1. – С. 108–111.

**Баканов А. И.** Количественная оценка доминирования в экологических сообществах. – М., 1987. – 63 с. – Рук. деп. в ВИНТИ 08.12.1987. № 8593-В87.

**Балушкина Е. В.** Функциональное значение хириноид в континентальных водоемах. – Л. : Наука, 1989. – 152 с.

**Балушкина Е. В.** Хириноиды как индикаторы степени загрязнения вод // Методы биологического анализа пресных вод. – Л. : ЗИН АН СССР, 1976. – С. 106–118.

**Безматерных Д. М.** Водные экосистемы: состав, структура, функционирование и использование : учеб. пособие. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2009. – 97 с.

**Безматерных Д. М.** Зообентос равнинных притоков Верхней Оби. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2008. – 186 с.

**Безматерных Д. М.** Методы индикации экологического состояния по составу и структуре зообентоса // Межрегиональный экологический форум. – Барнаул : Printexpress, 2004. – С. 66–69.

**Безматерных Д. М.** Применение структурных характеристик зообентоса для оценки экологического состояния озер юга Западной Сибири // Ползуновский вестн. – 2005а. – № 4, ч. 2. – С. 214–216.

**Безматерных Д. М.** Состав, структура и количественная характеристика зообентоса озера Чаны в 2001 году // Сиб. экол. журн. – 2005б. – № 2. – С. 249–254.

**Безматерных Д. М.** Уровень минерализации воды как фактор формирования зообентоса озер Барабинско-Кулундинской лимнобиологической области // Мир науки, культуры, образования. – 2007. – № 4 (7). – С. 7–11.

**Безматерных Д. М., Жукова О. Н.** Таксономическое разнообразие донных беспозвоночных озер Алтайского края на градиенте аридности // Изв. Алт. отд-ния Рус. геогр. о-ва. – 2013. – Вып. 34. – С. 118–121.

**Безматерных Д. М., Жукова О. Н., Долматова Л. А.** Состав и структура зообентоса разнотипных озер Алтайского края и факторы его формирования. Часть 1. Общие сведения // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 2 (14). – С. 20–23.

**Безматерных Д. М., Вдовина О. Н.** Таксономический состав водных макро-беспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья // Рыбоводство и рыбное хозяйство. – 2015. – № 9. – С. 9–20.

**Безматерных Д. М., Дюрин П. А., Мисейко Г. Н.** Зоопланктон // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / под ред. М. М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 121–126.

**Безматерных Д. М., Кириллов В. В., Кириллова Т. В.** Индикация экологического состояния водных объектов по составу и структуре биоценозов // Межрегиональный медико-экологический форум. – Барнаул : Аз Бука, 2006. – С. 75–79.

**Безматерных Д. М., Ловцкая О. В.** Многолетняя динамика биомассы зообентоса бессточного озера Чаны (Новосибирская область) // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии : тр. всерос. науч. конф.: в 2 т. – Барнаул, 2014. – Т. 2. – С. 26–31.

**Безматерных Д. М., Чернышкова К. В., Жукова О. Н.** Состав и структура зообентоса озера Чаны // Мир науки, культуры, образования. – 2011. – № 6–2 (31). – С. 430–434.

**Безматерных Д. М., Чернышкова К. В., Марусин К. В.** Современное состояние и многолетняя динамика зообентоса озера Чаны // Проблемы региональной экологии. – 2008. – № 6. – С. 43–49.

**Бельшев Б. Ф.** Определитель стрекоз Сибири по имагинальным и личиночным стадиям. – М., Л. : АН СССР, 1963. – 114 с.

**Бельшев Б. Ф.** Стрекозы Сибири (Odonata). Т. I–II. – Новосибирск: Наука, 1973–1974.

**Березина Н. А.** Гидробиология. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 360 с.

**Березовский А. И.** Рыбное хозяйство на Барабинских озерах и пути его развития. – Красноярск, 1927. – 68 с.

**Биоразнообразие** Карасукско-Бурлинского региона (Западная Сибирь) / Е. Н. Ядренкина [и др.] – Новосибирск, 2010. – 273 с.

**Биоресурсы** водных экосистем Полярного Урала / В. Д. Богданов [и др.]. – Екатеринбург : УрО РАН, 2004. – 169 с.

**Бирштейн Я. А.** Пресноводные ослики (Asellota). Фауна СССР. Ракообразные. – М.-Л. : АН СССР, 1951. – Т. 7, вып. 5. – 144 с.

**Благовидова Л. А.** Влияние многолетних колебаний уровня на развитие зообентоса (на примере оз. Сартлан) // Водоемы Сибири и перспективы их рыбохозяйственного использования : материалы регион. совещ. – Томск : ТГУ, 1973а. – С. 174–175.

**Благовидова Л. А.** Влияние факторов среды на зообентос озер юга Западной Сибири // Гидробиол. журн. – 1973б. – Т. IX, № 1. – С. 55–61.

**Благовидова Л. А.** Распределение и сезонные изменения зообентоса озера // Рыбное хозяйство озера Убинского и пути его развития. – Новосибирск : Новосиб. пед. ин-т, 1973в. – С. 34–55.

**Боровиков В. П.** Популярное введение в программу Statistica. – М : Компьютер Пресс, 1988. – 267 с.

**Васильев О. Ф., Савкин В. М., Сапрыкина Я. В.** Анализ колебаний уровня озера Чаны // Докл. Академии наук. – 2006. – Т. 407, № 4. – С. 533–536.

**Вдовина О. Н., Безматерных Д. М.** Фауна водных макробеспозвоночных озер юга Обь-Иртышского междуречья // Изв. Алт. отд-ния Рус. геогр. о-ва. – 2015. – № 3 (38). – С. 46–54.

**Ведухина В. Г.** Анализ водно-экологической обстановки территории с использованием геоинформационно-картографического метода (на примере Алтайского края) : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Барнаул : ИВЭП СО РАН, 2007. – 21 с.

**Визер Л. С.** Влияние натурализации серебряного караса амурской морфы на кормовую базу озера Чаны // Рыбоводство и рыб. хоз-во. – 2006. – № 5. – С. 12–17.

**Визер Л. С., Наумкина Д. И.** Динамика кормовой базы озера Чаны // Сибирская зоологическая конференция : тез. докл. всерос. конф. – Новосибирск, 2004. – С. 236.

**Визер Л. С., Наумкина Д. И., Поротникова Л. Л.** Современное состояние кормовой базы озера Чаны // Вестн. Новосиб. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 2. – С. 43–48.

**Визер Л. С.** Зоопланктон озера Чаны // Экология озера Чаны. – Новосибирск : Наука, 1986. – С. 105–115.

**Влияние** абиотических и биотических факторов на структурно-функциональную организацию экосистем соленых озер Крыма / Е. В. Балущкина [и др.] // Журн. общ. биол. – 2009. – Т. 70, № 6. – С. 504–514.

**Водоемы** Алтайского края. – Новосибирск : Наука, 1999. – 285 с.

**Волгин М. В.** Озера Карасукской системы и их использование в рыболовных целях // Совещание по биологической продуктивности водоемов Сибири. – Иркутск, 1966. – С. 93–94.

**Волгин М. В., Сипко Л. Л.** Физико-географическая и гидрохимическая характеристика Карасукских озер // Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. – Новосибирск, 1982. – С. 5–54.

**Вудивисс Ф.** Биотический индекс реки Трент. Макробеспозвоночные и биологическое обследование // Научные основы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям : тр. совет.-англ. семинара. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – С. 132–161.

**Галахов В. П., Губарев М. С., Назаров А. Н.** Водный баланс бессточных озерно-речных систем Обь-Иртышского междуречья (в пределах Алтайского края). – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2010. – 111 с.

**Галахов В. П.** Оценка увлажненности юга Западной Сибири (по колебаниям уровня озера Чаны) // Изв. Рус. геогр. о-ва. – 2012. – Т. 144, вып. 1. – С. 47–51.

**Гвоздейкии Н. И., Михайлов Н. А.** Физическая география СССР (Азиатская часть). – М. : Географгиз, 1963. – 572 с.

**Генезис**, эволюция и география почв Западной Сибири. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд-ние., 1988. – 224 с.

**Геоэкологический** анализ состояния водосборного бассейна р. Барнаулки и вопросы организации рационального природопользования / И. В. Жерелина, Д. В. Черных, Д. В. Золотов [и др.] // Материалы III конф., посвященной М. А. Лаврентьеву. Ч. II. – Новосибирск : РИЦ «Прайс-курьер», 2003. – С. 162–168.

**Герасимов И. П.** Овраги и балки (суходолы) степной полосы // Новые пути в геоморфологии и палеогеографии. – М. : Наука, 1976. – 256 с.

**Гидрохимические** показатели состояния окружающей среды : справ. материалы / Т. В. Гусева [и др.]. – Эколайн, 2000. – 87 с.

**Глухова В. М.** Личинки мокрецов подсемейства Palpomyiinae и Ceratopogoninae фауны СССР. – Л. : Наука, 1979. – 230 с.

**ГНПП Кокшетау** // Ихтиофаунистическая характеристика озер Зерендинское, Иммантауское, Шалкар. – 2011. – URL: <http://kokshe.gnpp.kz> (дата обращения: 13.02.2011).

**ГОСТ 17.1.01.77.** Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 17 с.

**ГОСТ 17.1.3.07-82.** Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – М. : Госкомитет по стандартам, 1982. – 12 с.

**Государственный доклад** «Состояние окружающей среды Новосибирской области в 2009 году». – Новосибирск, 2010. – 150 с.

**Дашевский Р. Е., Гундризер В. А., Головки Г. И.** Возможности рыбохозяйственного использования соленого озера Горькое Алтайского края // Вопросы экологии водоемов и интенсификации рыбного хозяйства Сибири. – Томск : Изд-во Томского ун-та, 1986. – С. 85–86.

**Долматова Л. А., Котовицкий А. В.** Оценка экологического состояния озер Новосибирской области по химическому составу воды и пигментным характеристикам фитопланктона // Вода: химия и экология. – 2013. – № 7. – С. 28–34.

**Ежегодник** качества поверхностных вод и эффективности проведения водохозяйственных мероприятий по территории деятельности Западно-Сибирского межрегионального территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 2005 год. – Новосибирск, 2006. – Ч. I. – 224 с.

**Ермолаев В. И.** Фитопланктон крупных Чано-Барабинских озер юга Западной Сибири, его видовое разнообразие и таксономическая структура // Сиб. экол. журн. – 1998. – № 2. – С. 137–145.

**Ермолаев В. И., Визер Л. С.** Планктон озера Чаны // Сиб. экол. журн. – 2001. – Т. VIII, № 4. – С. 371–384.

**Ермолаева Н. И., Бурмистрова О. С.** Влияние минерализации на зоопланктон оз. Чаны // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 235–247.

**Жадин В. И., Герд С. В.** Реки, озера и водохранилища СССР их фауна и флора. – М. : Учпедгиз, 1961. – 600 с.

**Жадин В. И.** Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. – М., Л. : Изд-во АН СССР, 1952. – 376 с.

**Жизнь пресных вод СССР / под ред. Е. Н. Павловского, В. И. Жадина.** – М.-Л. : АН СССР, 1940–1959. – Т. 1–4.

**Жирков И. А.** Жизнь на дне. Био-экология и био-география бентоса. – М. : КМК, 2010. – 453 с.

**Жукова О. Н., Безматерных Д. М.** Состав и структура зообентоса как индикаторы экологического состояния озер Бурлинской системы (юг Западной Сибири) // Вода: химия и экология. – 2013. – № 4. – С. 64–70.

**Жукова О. Н., Безматерных Д. М.** Состав и структура макрозообентоса Карасукской озерно-речной системы (Западная Сибирь) // Мир науки, культуры, образования. – 2010. – № 2 (21). – С. 285–290.

**Занин Г. В.** Эрозионные формы рельефа, созданные временными водотоками // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1952. – № 6. – С. 10–23.

**Западная Сибирь.** – М. : АН СССР, 1963. – 488 с.

**Зверева О. С.** Опыт рекогносцировочного обследования озер по Омскому и Славгородскому округам Сибирского края // Тр. Сиб. науч. рыбохоз. станции. – Красноярск, 1930. – Т. 5, вып. 2. – 90 с.

**Земцов А. А., Мизеров Б. В., Николаев В. А.** Рельеф Западно-Сибирской равнины. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 192 с.

**Зиновьев В. П.** Экспресс-методы определения качества вод по зообентосу в реках Восточной Сибири // Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 1. – С. 127–134.

**Золотов Д. В., Николаева О. П., Черных Д. В.** Динамика атмосферного увлажнения западной части Алтайского края как характеристика климато-гидрологического фона // Изв. АлтГУ. – 2012. – № 3/1. – С. 119–125.

**Иванов Н. М., Макарецва Е. С.** Зоопланктон // Пульсирующее озеро Чаны. – Л. : Наука, 1982. – С. 260–272.

**Иванова З. А.** Озерное рыбное хозяйство в степной зоне Алтайского края // Развитие озерного рыбного хозяйства Сибири. – Новосибирск, 1963. – С. 91–100.

**Иванова З. И.** Рыбы степной зоны Алтайского края. – Барнаул : Алт. кн. изд., 1962. – 152 с.

**Иванова М. Б.** О зоопланктоне гипергалинных озер // Гидробиол. журн. – 1990. – Т. 26, № 5. – С. 3–9.

**Израэль Ю. А., Гасилина Н. К., Абакумов В. А.** Гидробиологическая служба наблюдения и контроля поверхностных вод в СССР. – М. : Гидрометеиздат, 1979. – 11 с.

**Иоффе Ц. И.** Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Изв. ВНИОРХ. – 1947. – Т. 25, вып. 1. – С. 113–161.

**Ирискина Т. А.** Озерное рыбководство Тюменской области // Озерное рыбководство Западной Сибири. – Ленинград, 1985. – С. 3–8.

**К анализу современного состояния экосистемы бассейна Барнаулки / Силантьева М. М., Жихарева О. Н., Кириллова Т. В., Безматерных Д. М. [и др.]** // Изв. Алт. ун-та. – 1998. – № 4 (9). – С. 139–144.

**Кириллов В. В.** Пространственно-временная организация биоигдроценозов озер юга Обь-Иртышского междуречья // X Съезд гидробиологического общества при РАН. – Владивосток : Дальнаука, 2009. – С. 185–186.

**Китаев С. П.** О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озер разных природных зон // V съезд Всероссийского гидробиологического общества. – Куйбышев, 1986. – Ч. 2. – С. 254–255.

**Китаев С. П.** Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. – Петро-заводск : КНЦ РАН, 2007. – 395 с.

**Клишко О. К., Балушкина Е. В.** Зообентос // Содовые озера. Экология и продуктивность. – Новосибирск : Наука, 1991. – С. 17–198.

**Клишко О. К.** Зообентос озер Забайкалья. – Улан-Удэ : БНЦ СО РАН, 2001. – 208 с.

**Кожова О. М.** Введение в гидробиологию. – Красноярск : КГУ, 1987. – 244 с.

**Комплексная** экологическая классификация качества поверхностных вод суши / О. П. Оксикюк [и др.] // Гидробиол. журн. – 1993. – № 29 (4). – С. 62–76.

**Конивец В. В.** Зообентос // Пульсирующее озеро Чаны. – Л. : Наука, 1982. – 304 с.

**Константинов А. С.** Общая гидробиология. – М. : Высш. школа, 1986. – 472 с.

**Корытный Л. М.** Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск : Ин-т географии СО РАН, 2001. – 163 с.

**Кошелев Е. Д., Казанцева Л. Г.** Ландшафтно-геохимическое районирование как основа для проектирования Бурлинской оросительной системы и мониторинга геосистем бассейна реки Бурлы // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2005. – № 3 (19). – С. 33–36.

**Кравцов В. М., Донукалова Р. П.** География Новосибирской области. – Новосибирск, 1996. – 144 с.

**Лепнева С. Г.** Ручейники. Фауна СССР. Т. 2, вып. 1. Новая серия. № 88. – М., Л. : Наука, 1964. – 562 с.

**Лепнева С. Г.** Ручейники. Фауна СССР. Т. 2, вып. 2. Новая серия. № 95. – М., Л. : Наука, 1966. – 562 с.

**Лимнология** озера Чаны / В. В. Кириллов, Д. М. Безматерных, С. Я. Двуреченская [и др.] // Обзор экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / отв. ред. О. Ф. Васильев, Я. Вейн. – Новосибирск : Академ. изд-во «Гео», 2015. – С. 8–116.

**Лукин Е. И.** Пиявки пресных и солоноватых водоемов. Фауна СССР. Пиявки. – Л. : Наука, 1976. – Т. 1. – 486 с.

**Макарченко Е. А.** Хиროномиды Дальнего Востока СССР. Подсемейства *Rodonominae*, *Diamesinae* и *Prodiamesinae* (Diptera, Chironomidae). – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. – 200 с.

**Максимов А. А.** Природные циклы: повторяемость экологических процессов. – Л. : Наука, 1989. – 233 с.

**Макрушин А. В.** Биологический анализ качества вод. – Л. : АН СССР, 1974. – 60 с.

**Мельникова Н. И.** Морфометрия и батиметрия озер бассейна р. Бурлы // География Западной Сибири. – Новосибирск, 1972а. – С. 143–145.

**Мельникова Н. И.** Озера Чебачье и Стеклянное Карасукского района Новосибирской области // География Западной Сибири. – Новосибирск, 1972б. – С. 164–169.

**Методика** изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М. : Наука, 1975. – 240 с.

- Мильков Ф. Н.** Природные зоны СССР. – М. : Мысль, 1977. – 292 с.
- Мисейко Г. Н.** Видовой состав и динамика зообентоса оз. Чаны // Гидробиол. журн. – 1982. – Т. 2, вып. 5. – С. 72–76.
- Мисейко Г. Н.** Зообентос озера Чаны: биоразнообразие, биопродуктивность, значение в биоиндикации (Западная Сибирь) // Стратегия развития аквакультуры в условиях XXI века. – Минск : НАН Беларуси, 2004а. – С. 220–223.
- Мисейко Г. Н.** Зооценозы в системе диагностического мониторинга экологического состояния разнотипных водных объектов юга Западной Сибири : автореф. дис. ... д-р биол. наук. – Ульяновск : УлГУ, 2004б. – 42 с.
- Мисейко Г. Н.** Зооценозы разнотипных водных объектов юга Западной Сибири. – Барнаул : Азбука, 2003. – 204 с.
- Мисейко Г. Н., Безматерных Д. М., Тушкова Г. И.** Биологический анализ качества пресных вод. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2001. – 201 с.
- Мисейко Г. Н., Сипко Л. Л., Крыжановский В. В.** Зообентос озера Чаны // Экология озера Чаны. – Новосибирск, 1986. – С. 128–147.
- Митина Н. Н., Малашенков Б. М.** Причинно-следственные связи изменения некоторых параметров экосистем Каспийского моря // Проблемы регион. экологии. – 2013. – № 1. – С. 14–21.
- Митропольский В. И., Мордухай-Болтовской Ф. Д.** Зообентос и другие биоценозы, связанные с субстратом // Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М. : Наука, 1975. – С. 158–170.
- Михайлов Н. И.** Западная Сибирь // Физико-географическое районирование СССР. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1968. – С. 310–340.
- Михайлов С. А., Папина Т. С., Третьякова Е. И., Яковченко С. Г.** Оценка загрязнения р. Барнаулки: гидрохимические исследования и модель неточечных источников // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже третьего тысячелетия : материалы междунар. науч. конф. (Томск, 3–7 сент. 2000 г.). – Томск : Изд-во научно-технической литературы, 2000. – С. 150–154.
- Моисеенко Т. И., Яковлев В. А.** Антропогенные преобразования водных экосистем Кольского Севера. – Л. : Наука, 1990. – 221 с.
- Нагаева Т. Н.** Донная фауна малых озер Волгоградской области и ее использование рыбой // Особенности развития кормовой базы малых озер Северо-Запада в условиях ведения интенсивного рыбного хозяйства. – Л. : Промрыбвод, 1983. – С. 76–80.
- Николаев В. А.** Ландшафтная структура и физико-географическое районирование Алтайского края // Природное районирование и проблемы охраны природы. – Уфа : Башкир. ун-т, 1986. – С. 3–22.
- Новосибирская область:** атлас. – Новосибирск : Новосиб. картогр. ф-ка, 2008. – 127 с.
- Новых Е. А., Алешина О. А.** Структурная организация обществ донных беспозвоночных озер средней лесостепи в градиенте солености // Экология: от Арктики до Антарктики : материалы конф. молодых ученых (16–20 апр. 2007 г., Екатеринбург). – Екатеринбург : Изд-во «Академкнига», 2007. – С. 199–203.
- Обзор** экологического состояния озера Чаны (Западная Сибирь) / О. Ф. Васильев, Я. Вейн, Х. И. Дрост [и др.]; отв. ред. О. Ф. Васильев, Я. Вейн. – Новосибирск : Академ. изд-во «Гео», 2015. – 255 с.
- Общая природная характеристика и экологические проблемы Чановской и Кулундинской озерных систем и их бассейнов** / О. Ф. Васильев [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 167–173.

- Одум Ю.** Экология. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 328 с.
- Озера Белоруссии.** – Минск : Изд-во «Ураджай», 1988. – 216 с.
- Озеро Убинское** (биологическая продуктивность и перспективы рыбохозяйственного использования). – СПб., 1994. – 144 с.
- Озеро Чаны.** Гидрология, гидрохимия, гидробиология, орнитология (материалы к изучению) / Д. М. Безматерных, С. Я. Двуреченская, Н. И. Ермолаева [и др.]. – Новосибирск : ИВЭП СО РАН, 2007. – 48 с.
- Определитель** пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР / под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. – Л. : Гидрометеоздат, 1977. – 512 с.
- Определитель** пресноводных беспозвоночных России : в 6 т. – Л. : ЗИН РАН, 1992–2004.
- Опыт** комплексного изучения и использования Карасукских озер. – Новосибирск, 1982. – 226 с.
- Остроумов С. А.** Концепции экологии «экосистема», «биогеоценоз», «граница экосистемы»: поиск новых определений // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. – 2003. – № 3. – С. 43–50.
- Оценка** состояния водных объектов Алтайского края по данным гидробиологического мониторинга. – Новосибирск, 1997. – 234 с.
- Панкратова В. Я.** Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР. – Л. : Наука, 1983. – 296 с.
- Панкратова В. Я.** Личинки и куколки комаров подсемейства Orthoclaadiinae фауны СССР. – Л. : Наука, 1970. – 343 с.
- Панкратова В. Я.** Личинки и куколки комаров подсемейства Podonominae и Tanypodinae фауны СССР. – Л. : Наука, 1977. – 154 с.
- Парамонов Е. Г., Ишутин Я. Н., Симоненко А. П.** Кулундинская степь: проблемы опустынивания. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2003. – 137 с.
- Пареле Э. А.** Олигохетофауна устьевого района реки Даугава в условиях загрязнения // Факторы самоочищения устьевого района реки Даугава. – Рига : Зинатне, 1974. – С. 106–121.
- Пареле Э. А., Астопенюк Е. Б.** Тубифициды (Oligochaeta, Tubificidae) – индикаторы качества водоемов // Изв. АН Латв. ССР. – 1975. – № 9. – С. 44–46.
- Перова С. Н.** Таксономический состав макрозообентоса малых карстовых озер Центральной России // Биология внутренних вод. – 2008. – № 4. – С. 63–71.
- Петкевич А. Н.** Биологические основы рационального рыбного хозяйства на озерах Барабы и Кулунды // Развитие озерного рыбного хозяйства Сибири. – Новосибирск, 1963. – С. 13–22.
- Петкевич А. Н.** Состояние рыбных запасов оз. Чаны и пути их улучшения // Биологические основы рыбного хозяйства. – Томск : ТГУ, 1959. – С. 279–286.
- Пирожников П. Л.** К познанию озера Сартлан в лимнологическом, гидробиологическом и рыбохозяйственном отношении // Труды Сибирской научной рыбохозяйственной станции. – Красноярск, 1929. – Т. 4, вып. 2. – 110 с.
- Попов П. А., Воскобойников В. А., Щенев В. А.** Рыбы озера Чаны // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 279–293.
- Попова Т. Г.** Основные черты распределения и состава водорослевого населения озер Чаны и Яркуль в период многоводья 1947–1948 гг. // Водоросли, грибы и лишайники юга Сибири. – М. : Наука, 1980. – С. 3–45.
- Поползин А. Г.** Зональное лимнологическое районирование озер юга Обь-Иртышского бассейна // Вопросы гидрологии Западной Сибири. – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1965. – С. 52–61.

**Поползин А. Г.** Комплексное использование озер бассейна р. Карасук Новосибирской области // Развитие озерного рыбного хозяйства Сибири. – Новосибирск, 1963. – С. 154–160.

**Поползин А. Г.** Мелиорация озер Новосибирской области // География Западной Сибири. – Новосибирск, 1972. – С. 138–142.

**Поползин А. Г.** Озера Обь-Иртышского бассейна (Зональная комплексная характеристика). – Новосибирск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1967. – 350 с.

**Попченко В. И.** Закономерности изменения сообществ донных беспозвоночных в условиях загрязнения природной среды // Научные основы биомониторинга пресноводных экосистем : тр. совет.-француз. симп. (Астрахань, СССР, 9–12 сент. 1985 г.). – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – С. 135–141.

**Попченко В. И.** Использование сообществ донных беспозвоночных в биомониторинге пресных вод // Изв. Самар. науч. центра Рос. акад. наук. – 1999. – № 2. – С. 212–216.

**Попченко В. И., Резанов А. Г.** Методические указания по исследованию зообентоса для определения состояния фоновых пресноводных систем. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 25 с.

**Практическая гидробиология.** Пресноводные экосистемы. – М. : Изд-во «ПИМ», 2006. – 367 с.

**Природные ресурсы Новосибирской области.** – Новосибирск : Наука, 1986. – 215 с.

**Продуктивность** зоопланктона малых солоноватых озер Новосибирской области / Е. В. Пищенко [и др.]. – Калининград : IV съезд гидробиологического общества, 2001. – Т. 1. – С. 261–262.

**Протасов А. А.** Биомы в гидросфере // Морской экол. журн. (Marine ecol. J.). – 2006. – Т. V, № 3. – С. 31–44.

**Протасов А. А.** Речной и озерный континуумы: попытка анализа и синтеза // Биология внутренних вод. – 2008. – № 2. – С. 3–11.

**Прусевич Л. С.** Зоопланктон и зообентос Сартланского озерного хозяйства // Вестн. Курган. ун-та. – 2006. – № 4 (08). – С. 52–54.

**Пульсирующее озеро Чаны.** – Л. : Наука, 1982. – 304 с.

**Пшеницына В. Н.** Об эффективности шкалы Вудивисса при биоиндикации качества воды // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 24, № 4. – С. 42–45.

**Рассыпнов В. А.** Природа Алтая: экологический очерк. – Барнаул : Изд-во БГПУ, 2000. – 158 с.

**Растительный покров Западно-Сибирской равнины** / И. С. Ильина [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1985. – 250 с.

**Ревякин В. С., Ревякина Н. В., Малиновский А. В.** География Алтайского края. – Барнаул : Алт. кн. изд-во, 1995. – 136 с.

**Ресурсы** поверхностных вод районов освоения ресурсных и залежных земель: Равнины Алтайского края и южной части Новосибирской области. – Л., 1962. – Вып. 4. – 638 с.

**Романов Р. Е., Соловьева М. В.** Водоросли // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / под ред. М. М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 31–37.

**Российская Федерация.** Западная Сибирь / В. И. Ботвинников [и др.] // Советский Союз. Географическое описание в 22 томах. – М. : Мысль, 1971. – 430 с.

**Россолимо Л. Л.** Основы типизации озер и лимнологического районирования // Накопление вещества в озерах. – М. : Наука, 1964. – С. 5–46.

**Рузанова А. И.** Личинки хирономид Западной Сибири и их роль в питании рыб // Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. – М. : Наука, 1984. – С. 144–163.

**Рыководство** по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. – СПб. : Гидрометеоиздат, 1992. – 318 с.

**Рыбкин В. П.** Биологические основы выращивания товарной пеляди в озере Ик Омской области // Озерное рыбоводство Западной Сибири. – Л., 1985. – С. 9–14.

**Рыбкина И. Д., Стоящева Н. В., Курепина Н. Ю.** Методика зонирования территории речного бассейна по совокупной антропогенной нагрузке (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Вод. хоз-во России. – 2011. – № 4. – С. 42–53.

**Саватеева Е. Б., Лукьянова В. П.** Оценка зообентоса малых озер Новгородской области и рекомендации по обогащению их кормовой базы // Особенности развития кормовой базы малых озер Северо-Запада в условиях ведения интенсивного рыбного хозяйства. – Л. : Промрыбвод, 1983. – С. 85–92.

**Савкин В. М., Орлова Г. А., Кондакова О. В.** Современный водный баланс озера Чаны // География и природные ресурсы. – 2006. – № 1. – С. 123–131.

**Савкин В. М., Двуреченская С. Я., Сапрыкина Я. В., Марусин К. В.** Основные гидролого-морфометрические и гидрохимические характеристики озера Чаны // Сиб. экол. журн. – 2005. – Т. 12, № 2. – С. 183–192.

**Савоськин А. В., Журавлев В. Б.** Ихтиофауна и некоторые биологические показатели фоновых видов рыб // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / под ред. М. М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 157–170.

**Савченко Н. В.** Почвы бассейна Абышканской группы озер и их ресурсы // Природные ресурсы Сибири и их освоение. – Новосибирск, 1981. – С. 46–59.

**Савченко Н. В.** Озера южных равнин Западной Сибири. – Новосибирск, 1997. – 300 с.

**Сафонова Т. А., Ермолаев В. И.** Водоросли водоемов системы озера Чаны. – Новосибирск : Наука, 1983. – 152 с.

**Семенченко В. П.** Экологическое качество поверхностных вод. – Минск : Беларусь. Наука, 2010. – 329 с.

**Силантьева М. М., Золотов Д. В., Жихарева О. Н.** Природные условия бассейна р. Барнаулки // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна. – Барнаул, 2000. – С. 11–28.

**Сипко Л. Л.** Водная растительность, зоопланктон и зообентос озер Карасукской системы // Опыт комплексного изучения и использования Карасукских озер. – Новосибирск, 1982. – С. 80–119.

**Сипко Л. Л.** Общие особенности видового состава и количественного развития бентоса озер Северной Кулунды в связи с циклами обводненности // IV съезд Всесоюзного гидробиологического общества (Киев, 1–4 дек. 1981 г.) : тез. докл. – Киев : Наук. думка, 1981. – С. 152–154.

**Скопцова Г. Н.** Зообентос как индикатор качества воды в региональном аспекте : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1981. – 21 с.

**Слепухина Т. Д.** Бентос оз. Воже // Озера Лача и Воже : материалы комплексных исследований. – Л. : Наука, 1975. – С. 27–29.

**Сляднев А. П., Фельдман Я. И.** Важнейшие черты климата Алтайского края (без Горно-Алтайской АО) // Природное районирование Алтайского края : тр. особой комплекс. экспедиции по землям нового с.-х. освоения. Т. 1. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – С. 9–61.

**Современное** состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / Ю. И. Винокуров, А. В. Пузанов, Д. М. Безматерных [и др.]; Рос. Акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т водных и экологических проблем СО РАН. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. – 236 с.

**Современные** тенденции изменения биоты пресноводных экосистем Мурманской области / Д. Б. Денисов [и др.]. // Вестн. МГТУ. – 2009. – Т. 12, № 3. – С. 525–538.

**Соловов В. П., Новоселова З. И.** Пути рационального использования рыбных запасов Бурлинских озер // Биологические ресурсы Алтайского края и пути их рационального использования. – Барнаул, 1979. – С. 183–187.

**Сомов М. П.** Основы рыбоводной таксации озерных угодий // Изв. Отд. рыбководства и науч.-промысловых исслед. – 1920. – Т. 1/2. – С. 131–336.

**Сорокин Ю. И.** Бактериальная продукция в водоемах. Итоги науки и техники // Общая экология, биоценология, гидробиология. – 1973. – Т. 1. – С. 47–101.

**Состав** и структура водных экосистем бассейна реки Бурлы в 2010 году / В. В. Кириллов, Е. Ю. Зарубина, А. В. Котовщиков [и др.] // Наука – Алтайскому краю, 2010 г. : сб. науч. статей. – Барнаул : Алт. дом печати, 2010. – Вып. 4. – С. 239–252.

**Состав** и структура экосистем степных озер Алтайского края в 2008 г. / В. В. Кириллов, Д. М. Безматерных, Е. Ю. Зарубина [и др.] // Наука – Алтайскому краю, 2008 год : сб. науч. статей. – Барнаул : Азбука, 2008. – Вып. 2. – С. 237–254.

**Состояние** мягководных озер Эстонии. – Тарту : АН Эстонии, Ин-т зоологии и ботаники, 1991. – 308 с.

**Способ** оценки трофического статуса экосистем минерализованных озер по уровню развития водных сообществ : пат. № 2513330 Рос. Федерация / Д. М. Безматерных, О. Н. Жукова. – № 2012146483 ; заявл. 31.10.2012 ; опубл. 20.04.2014, Бюл. № 11.

**Сравнительный** анализ экосистем разнотипных озер Касмалинской и Кулундинской долин древнего стока / В. В. Кириллов, Е. Ю. Зарубина, Д. М. Безматерных [и др.] // Наука – Алтайскому краю, 2009 г. : сб. науч. статей. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2009. – Вып. 3. – С. 311–333.

**Стадниченко А. П.** Прудовикообразные (пузырчковые, витушковые, катушковые) // Фауна Украины. – Киев : Наук. думка, 1990. – Т. 29, вып. 4. – 290 с.

**Стальмакова Г. А.** Бентос озер различных ландшафтов Кольского полуострова // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. – Л. : Наука, 1974. – Ч. 1. – С. 180–212.

**Структурно-функциональные** характеристики экосистем малых соленых озер Крыма / Е. В. Балушкина [и др.] // Биология внутренних вод. – 2007. – № 2. – С. 11–19.

**Схема** комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Бурла на территории Алтайского края и Новосибирской области : сводная пояснительная записка. Природные и социально-экономические условия // Фондовые материалы ОАО «Алтайводпроект». – Барнаул, 2003. – Кн. 1, ч. 1. – 112 с.

**Татаринцев Л. М.** Агрофизическая характеристика почв Алтайского края. – Барнаул, 1992. – 36 с.

**Темерев С. В., Галахов В. П., Плотникова Ю. Е.** Формирование и распределение химического стока реки Барнаулки // Изв. Алт. ун-та. – 2001. – № 3 (21) – С. 32–37.

**Терещенко В. Г., Сметанин М. М.** Оценка различных индексов для выражения биологического разнообразия сообщества // Биоразнообразие. Степень таксономической изученности. – М. : Наука, 1994. – С. 86–98.

**Тузовский П. В.** Определитель дейтонимф водных клещей. – М. : Наука, 1990. – 238 с.

**Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья** / под. ред. А. Ф. Алимова, Н. М. Мингазовой. – Казань : Изд-во Казан. ун-та, 2001. – 256 с.

**Физико-географическое районирование СССР.** Характеристика региональных единиц. – М. : Изд-во МГУ, 1968. – 576 с.

**Халафян А. А.** STATISTICA 6. Статистический анализ данных. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.

**Хлебович В. В.** Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий // Труды Зоологического института АН СССР, 1989. – С. 5–11.

**Худяев С. А.** Стронций в компонентах ландшафтов Обь-Иртышского междуречья : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2008. – 19 с.

**Цимбалей Ю. М., Винокуров Ю. И.** Ландшафтная дифференциация природной среды // Природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае. – Иркутск, 1988. – С. 21–39.

**Чекановская О. В.** Водные малоцетинковые черви СССР. – М., Л. : АН СССР, 1962. – 411 с.

**Шарапова Т. А.** Зооперифитон озер Тоболо-Ишимской лесостепи (Тюменская область) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2012. – № 12. – С. 119–123.

**Шеннон К.** Работы по теории информации и кибернетики. – М. : Иностран. лит., 1963. – 860 с.

**Шитиков В. К., Розенберг Г. С., Зинченко Т. Д.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

**Шнитников А. В.** Внутривековые колебания уровня степных озер Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата // Труды Лаборатории озеразведения АН СССР. – 1950. – Т. 1. – 129 с.

**Экология озера Чаны** / под ред. Б. Г. Иоганзена, Г. М. Кривошекова. – Новосибирск : Наука, 1986. – 270 с.

**Электронный учебник по статистике.** – URL: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm> (дата обращения: 22.04.2015).

**Эйдукайтене О. В.** Свободноживущие инфузории нижнего течения реки и их роль в биоиндикации // Река Барнаулка: экология, флора и фауна бассейна / под ред. М. М. Силантьевой. – Барнаул, 2000. – С. 127–134.

**Юрлова Н. И., Водяницкая С. Н.** Многолетние изменения видового состава и численности легочных моллюсков (Gastropoda: Pulmonata) в озере Чаны (юг Западной Сибири) // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 2. – С. 255–266.

**Яковлев В. А.** Оценка качества поверхностных вод Кольского Севера по гидробиологическим показателям и данным биотестирования (практические рекомендации). – Апатиты : Кольский филиал АН СССР, 1988. – 27 с.

**Яныгина Л. В., Крылова Е. Н.** Биоиндикация экологического состояния предгорных водоемов Алтая по зообентосу // Полунов. вестн. – 2006. – № 2. – С. 365–368.

**A proposal for modification of the Belgium biotic index method** / L. Bervoets [et al.] // Hydrobiologia. – 1989. – Vol. 179. – P. 223–228.

**Andersen M. M., Right F. R., Sparholt H. A.** Modification of the trent biotic index for use in Denmark // *Water Research*. – 1984. – Vol. 18 (2). – P. 145–151.

**Bezmaternykh D., Zhukova O.** Biodiversity of benthic invertebrates in lakes located along aridity gradient (lakes in the south of West Siberia as a case study) // *Sustainable development of Asian countries, water resources and biodiversity under climate change : proceedings of AASSA Regional Workshop*. – Barnaul : IWEP SB RAS, 2013a. – P. 79–82.

**Bezmaternykh D. M., Zhukova O. N.** Composition, structure and factors of formation of communities of benthic invertebrates in lakes of the South of the Ob-Irtysh interfluvium // *Russian J. of Ecology*. – 2013b. – Vol. 44, № 2. – P. 170–177.

**Brock M. A., Shiel R. J.** The composition of aquatic communities in saline wetlands in Western Australia // *Hydrobiologia*. – 1983. – Vol. 105. – P. 77–84.

**Carr J. F., Hiltunen J. K.** Changes in the bottom fauna of western lake Erie from 1939–1961 // *Limnol. Oceanograph*. – 1965. – Vol. 10. – P. 551–569.

**Cassini M. H.** Distribution Ecology. From Individual Habitat Use to Species Biogeographical Range. – New York : Springer Science+Business Media, 2013. – 220 p.

**Characteristic** features of ecosystems of hyperhaline lakes of the Crimea / E. V. Balushkina [et al.] // *Proceedings of the Zoological Institute of Russian Academy of Sciences*. – 2005. – B. 308. – P. 5–12.

**Characteristics** of lake Chany and its river basin / H. J. Drost [et al.]; *Wetlands International, Institute for Water and Environmental Problems*. – Barnaul, 2004. – 16 p.

**Changes** in the biota of Chany Lake along a salinity gradient / L. M. Kipriyanova, N. I. Yermolaeva, D. M. Bezmaternykh, S. Ya. Dvurechenskaya, E. Yu. Mitrophanova // *Hydrobiologia*. – 2007. – Vol. 576, № 1. – P. 83–93.

**Changes** in the general characteristics of micro-, meio- and macrobenthos along the salinity gradient in the White Sea estuary / A. A. Udalov, I. V. Burkovskii, V. O. Mokievskii [et al.] // *Oceanology*. – 2004. – Vol. 44, № 4. – P. 514–525.

**Colburn E. A.** Factors influencing species diversity in saline waters of the Death Valley, USA // *Hydrobiologia*. – 1988. – Vol. 158. – P. 215–226.

**Conte F. P., Geddes M. C.** Acid brine shrimp: metabolic strategies in osmotic and ionic adaptation // *Hydrobiologia*. – 1988. – Vol. 158. – P. 191–200.

**DePauw N., Heylen S.** Biotic index for sediment quality assessment of watercourses in Flanders, Belgium // *Aquatic Ecology*. – 2001. – Vol. 35. – P. 121–133.

**DePauw N., Vannevel R.** Macroinvertebrates and water quality. – Antwerpen, 1993. – 316 p.

**Development** and evaluation of the Lake Macroinvertebrate Integrity Index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs / K. A. Blocksom [et al.] // *Environmental monitoring and Assessment*. – 2002. – Vol. 77. – P. 311–333.

**Dvorak J., Best E. P. N.** Macroinvertebrate communities associated with the macrophytes of Lake Veche: structural functional relationships // *Hydrobiologia*. – 1982. – Vol. 95. – P. 115–126.

**Fausch D. D., Karr D. J. R., Yant P. R.** Regional application of an index of biotic integrity based on stream fish communities // *Transactions of the American Fisheries Society*. – 1984. – Vol. 113. – P. 39–55.

**Freshwater** biomonitoring and benthic macroinvertebrates / eds. D. M. Rosenberg, V. H. Resh. – New York : Chapman & Hall, 1993. – 488 p.

**Friday L. E.** The diversity of macroinvertebrate and macrophyte communities in ponds // *Freshwater Biology*. – 1987. – Vol. 18. – P. 87–104.

**George G.** The impact of climate change on European lakes // The Impact of Climate Change on European Lakes. Aquatic Ecology Series. – New York, Springer Science+Business Media B. V., 2010. – P. 1–14.

**Goldman C. R., Horne A. J.** Limnology. – New York : McGraw-Hill Book Company, 1983. – 464 p.

**Goodnight C. J., Whitley L. S.** Oligochetes as indicators of pollution // Proc. 15-th Ind. Waste Conf., Purdue Univ. Ext., Sec. – 1961. – Vol. 106. – P. 139–142.

**Green J.** Zooplankton associations in East African lakes spanning a wide salinity range // Hydrobiologia. – 1993. – Vol. 267. – P. 249–256.

**Hammer U. T., Heseltine J. M.** Aquatic macrophytes in saline lakes of the Canadian prairies // Hydrobiologia. – 1988. – Vol. 158. – P. 101–116.

**Hammer U. T., Sheard J. S., Kranabetter J.** Distribution and abundance of littoral benthic fauna in Canadian prairie saline lakes // Hydrobiologia. – 1990. – Vol. 197. – P. 173–192.

**Hammer U. T.** Primary production in saline lakes: a review // Hydrobiologia. – 1981. – Vol. 81/82. – P. 47–57.

**Hammer U. T.** Saline lake ecosystems of the world. – Dordrecht : Dr. W. Junk Publishers, 1986. – 614 p.

**Hammer U. T.** The effects of climate change on the salinity, water levels, and biota of Canadian prairie saline lakes // Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie. – 1990. – Vol. 24. – P. 321–326.

**Hauer F., Lamberti G.** Methods in Stream Ecology. – Academic Press, 1996. – 696 p.

**Hewitt G.** River quality investigations. Part 1. Some diversity & biotic indices // J. Biology Education. – 1991. – Vol. 25, № 1. – P. 44–52.

**Hilsenhoff W. L.** An improved biotic index of organic stream pollution // Great Lakes Entomologist. – 1987. – Vol. 20. – P. 31–39.

**Hutchinson G. E.** A treatise on limnology. Vol. 4. The zoobenthos / ed. Y. H. Edmondson. – New York : John Wiley & Sons, Inc., 1993. – 944 p.

**Ivanova M. B., Balushkina E. V., Basova S. L.** Structural-functional reorganization of ecosystem of hyperhaline lake Saki (Crimea) at increased salinity // Russian J. Aquatic Ecology. – 1994. – Vol. 3, № 2. – P. 111–126.

**James P. M. A., Fortin M.-J.** Ecosystems and spatial patterns // Ecological Systems: Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology / R. Leemans (ed.). – New York : Springer Science+Business Media, 2013. – P. 101–124.

**Kalff J.** Limnology: inland water ecosystems. – NJ, Upper Saddle River : Prentice-Hall. – 2003. – 592 p.

**Lake ecosystem ecology: a global perspective** / ed. G. E. Likens. – Amsterdam, Netherlands, Elsevier Inc., 2010. – 463 p.

**Lampert W., Sommer U.** Limnology. – 2nd ed. – USA, New York : Oxford University Press, 2007. – 324 p.

**Lancaster J., Scudder G.** Aquatic Coleoptera and Hemiptera in some Canadian saline lakes: patterns in community structure // Canadian J. of Zoology. – 1987. – Vol. 65. – P. 1383–1390.

**Löffler H.** Beiträge zur Kenntnis der Iranische Binnengewässer. II. Regional limnologische Studie mit besondere Berücksichtigung Crustaceenfauna. Internationale Revue der Gesamten // Hydrobiologia. – 1961. – Vol. 46. – P. 309–406.

**MacArthur R. H., Wilson E. O.** The theory of Island biogeography. Princeton. – N. J.: Princeton University Press. – 1967. – 208 p.

**Mandaville S. M.** Benthic macroinvertebrates in freshwaters – taxa tolerance values, metrics, and protocols. – Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax. – 2002. – 128 p.

**Melack J. M.** Primary producer dynamics associated with evaporative concentration in a shallow, equatorial soda lake (Lake Elmenteita, Kenya) // *Hydrobiologia*. – 1988. – Vol. 158. – P. 1–14.

**Metz H., Forró L.** Contributions to the knowledge of the chemistry and crustacean zooplankton of sodic waters: the Seewinkel pans revisited // *BFB-Bericht*. – 1989. – Vol. 70. – 73 p.

**Multimetric** Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium) / W. Gabriels [et al.] // *Limnologia*. – 2010. – Vol. 40. – P. 199–207.

**Needham J., Lloyd J.** The life of inland waters // Ithaca. – New York : Comstock publishing company. – 1937. – 438 p.

**Palmer M.** Relationship between species richness of macrophytes and insects in some water bodies in the Norfolk breckland // *Entomologists Monthly Magazine*. – 1981. – № 117. – P. 35–46.

**Rawson D. S.** Morphometry as a dominant factor in the productivity of large lakes // *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*. – 1995. – Vol. 12. – P. 164–175.

**Rawson D. S.** Some physical and chemical factors in the metabolism of lakes // *Problems of Lake Biology: Publication of the American Association for the Advancement of Science*. № 10. – USA, Pennsylvania, Lancaster : The Science Press, 1939. – P. 9–26.

**Remane A., Schlieper C.** Biology of brackish water. Second edition // *Binnengewässer*. – Stuttgart, New York, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung; Wiley Interscience Division, John Wiley & Sons, 1971. – Vol. 25. – P. 1–372.

**Saether O. A.** Chironomid communities as water quality indicators // *Holarctic Ecology*. – 1979. – № 2. – P. 65–74.

**Saether O. A.** Nearctic chironomids as indicators of lake typology // *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*. – 1975. – Vol. 19. – P. 3127–3133.

**Scheiner S. M., Willig M. R.** A general theory of ecology // *Theoretical Ecology*. – 2008. – № 1. – P. 21–28.

**Shanon C. E., Weaver W.** The mathematical theory of communication. – Urbana, 1963. – 117 p.

**Soszka G. J.** The invertebrates on submerged macrophytes in three Masurian lakes // *Ekologia Polska*. – 1975. – Vol. 23, № 3. – P. 371–391.

**Suter G. W.** Ecological risk assessment. – Lewis Publ., Boca Raton, Florida, 1993. – 538 p.

**The lakes handbook**. Vol. 1. Limnology and limnetic ecology / ed. P. E. O’Sullivan, C. S. Reynolds. – Malden, Blackwell Publishing, 2004. – 699 p.

**The zoobenthic** community of shallow salt pans in Austria – preliminary results on phenology and the impact of salinity on benthic invertebrates / G. Wolfram [et al.] // *Hydrobiologia*. – 1999. – Vol. 408/409. – P. 193–202.

**Timms B. V., Hammer U. T., Sheard J. W.** A study of benthic communities in some saline lakes in Sakatchewan and Alberta, Canada // *International Review of Hydrobiology*. – 1986. – Vol. 71 (6). – P. 759–777.

**Timms B. V.** A study of benthic communities in some shallow saline lakes of western Victoria // *Hydrobiologia*. – 1983. – Vol. 105. – P. 165–177.

**Timms B. V.** Animal communities in three Victorian lakes of differing salinity // *Hydrobiologia*. – 1981. – Vol. 81/82. – P. 181–193.

**Timms B. V.** Saline lakes of the Paroo, inland New South Wales, Australia // *Hydrobiologia*. – 1993. – Vol. 267. – P. 269–289.

**Triverdy R. K.** Application of physico-chemical and biological indices for eutrophication evaluation // *Pollution Research*. – 1988. – Vol. 7, № 3–4. – P. 153–164.

**Tundisi J. G., Tundisi T. M.** *Limnology*. – Leiden, CRC Press, 2011. – 870 p.

**Walter R. A.** Benthic macroinvertebrates // *An Ecosystem Approach to Aquatic Ecology. Mirror Lake and Its Environment* / ed. G. E. Likens. – New York, Springer-Verlag, 1985. – C. 204–228.

**Wetzel R. G., Likens G. E.** *Limnological analyses*. – New York, Springer-Verlag, 2000. – 429 p.

**Williams W. D.** Inland salt lakes: an introduction // *Hydrobiologia*. – 1981. – Vol. 81. – P. 1–14.

**Williams W. D.** Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // *Hydrobiologia*. – 1998. – Vol. 381. – P. 191–201.

**Williams W. D.** The uniqueness of salt lakes ecosystems // *Productivity Problems of Freshwaters*. – Warszawa, Krakow, 1972. – P. 350–361.

**Wood R. B., Talling J. F.** Chemical and algal relationships in a salinity series of Ethiopian inland waters // *Hydrobiologia*. – 1988. – Vol. 158. – P. 29–67.

**Wright J. F.** A preliminary classification of running-water sites in Great Britain based on macroinvertebrate species and the prediction of community type using environmental data // *Freshwater Biology*. – 1984. – Vol. 14. – P. 221–256.

**Wurtsbaugh W. A., Berry T. S.** Cascading effects of decreased salinity on the plankton, chemistry and physics of the Great Salt Lake (USA) // *Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 1990. – Vol. 47. – P. 100–109.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таксоны и их толерантность (TS), используемые для расчета индекса MMIF (Multimetric..., 2010)

Таксон	TS
<b>Plathelminthes</b>	
Bdellocephala	5
Crenobia	7
Dendrocoelum	5
Dugesia s.l.	5
Phagocata	5
Planaria	6
Polycelis	6
<b>Polychaeta</b>	
Ampharetidae	3
<b>Oligochaeta</b>	
Aelosomatidae	2
Branchiobdellidae	2
Enchytraeidae	2
Haplotaxidae	4
Lumbricidae	2
Lumbriculidae	2
Naididae s.s.	5
Tubificidae	1
<b>Hirudinea</b>	
Cystobranchnus	4
Dina	4
Erpobdella	3
Glossiphonia	4
Haementeria	4
Haemopsis	4
Helobdella	4
Hemiclepsis	4
Hirudo	4

Таксон	TS
Piscicola	5
Theromyzon	4
Trocheta	4
<b>Mollusca</b>	
Acroloxus	6
Ancylus	7
Anisus	5
Anodonta	6
Aplexa	6
Armiger	6
Bathymorphalus	5
Bithynia	5
Bythinella	8
Corbicula	5
Dreissena	5
Ferrissia	7
Gyraulus	6
Hippeutis	6
Lithoglyphus	6
Lymnaea s.l.	5
Margaritifera	10
Marstoniopsis	5
Menetus	5
Myxas	7
Physa s.s.	5
Physella	3
Pisidium	4
Planorbarius	5
Planorbis	6

Таксон	TS
Potamopyrgus	6
Pseudamnicola s.l.	5
Pseudanodonta	6
Segmentina	6
Sphaerium	4
Theodoxus	7
Unio	6
Valvata	6
Viviparus	6
<b>Acari</b>	
Hydracarina s.	5
<b>Crustacea</b>	
Argulidae	5
Asellidae	4
Astacidae	8
Atyidae	7
Cambaridae	6
Chirocephalidae	6
Corophiidae	5
Crangonyctidae	4
Garamaridae	5
Janiridae	5
Leptesleriidae	6
Limnadiidae	6
Mysidae	5
Palacmonidae	5
Panopeidae	4
Sphaeromatidae	4
Talitridae	5
Triopsidae	6
Varunidae	4
<b>Diptera</b>	
Athericidae	7

Таксон	TS
Blephariceridae	7
Ceratopogonidae	3
Chaoboridae	3
Chironornidae	
-non thummi-plumosus	3
-thummi-plumosus	2
Culicidae	3
Cylindrotomidae	3
Dixidae	6
Dolichopodidae	3
Empididae	3
Ephydriidae	3
Limoniidae	4
Muscidae	3
Psychodidae	3
Ptychopteridae	3
Rhagionidae	3
Scatophagidae	3
Sciomyzidae	3
Simuliidae	5
Stratiomyidae	4
Syrphidae	1
Tabanidae	3
Thaumaleidae	3
Tipulidae	3
<b>Megaloptera</b>	
Sialis	5
<b>Coleoptera</b>	
Dryopidae	6
Dytiscidae	5
Elminthidae	7
Gyrinidae	7
Haliplidae	6

Таксон	TS
Hydraenidae	6
Hydrophilidae	5
Hygrobiidae	5
Noteridae	5
Psephenidae	6
Scirtidae	7
<b>Hemiptera</b>	
Arctocoris	5
Aphelocheirus	8
Callicorixa	5
Corixa	5
Cymatia	6
Gerris s.l.	6
Glaenocoris	5
Hebrus	6
Hesperocorixa	5
Hydrometra	6
Ilyocoris	5
Mesovelgia	6
Micronecta	6
Microvelia	7
Naucoris	6
Nepa	6
Notonecta	5
Paracorixa	5
Plea	6
Ranatra	6
Sigara	5
Velia	7
<b>Odonata</b>	
Aeshna	6
Anax	6
Brachytron	7

Таксон	TS
Calopteryx	8
Cercion	7
Ceriagrion	7
Coenagrion	6
Cordulegaster	9
Cordulia	7
Crocothemis	7
Enallagma	7
Epitheca	7
Erithromma s.s.	7
Gomphus	7
Ischnura	6
Lestes	7
Leucorrhinia	7
Libellula	7
Nehalennia	7
Onychogomphus	7
Ophiogomphus	7
Orthetrum	7
Oxygastra	7
Platycnemis	7
Pyrrhosoma	7
Somatochlora	7
Sympecma	7
Sympetrum	7
<b>Ephemeroptera</b>	
Baetis	6
Brachycercus	7
Caenis	6
Centroptilum	7
Cloeon	6
Ecdyonurus	9
Epeorus	10

Таксон	TS
Ephemera	8
Ephemerella s.l.	8
Ephoron	9
Habroleptoides	8
Habrophlebia	8
Heptagenia s.l.	10
Isonychia	7
Leptophlebia s.s.	8
Metreletus	7
Oligoneuriella	7
Paraleptophlebia	8
Potamanthus	8
Procloeon	7
Rhitrogena	10
Siphonuruss	7
<b>Trichoptera</b>	
Beraeidae	9
Brachycentridae	9
Ecnomidae	6
Glossosomatidae	9
Goeridae	9
Hydropsychidae	6
Hydroptilidae	8
Lepidostomatidae	9
Leptoceridae	8
Limnephilidae s.l.	8
Molannidae	9
Odontoceridae	9
Philopotamidae	6
Phryganeidae	9
Polycentropodidae	6
Psychomyiidae	7
Rhyacophilidae	8

Таксон	TS
Sericostomaticlae	8
<b>Plecoptera</b>	
Amphinemura	9
Brachyptera	10
Capnia s.l.	10
Chloroperla s.l.	10
Dinocras	10
Isogenus	10
Isoperla	10
Leuctra	9
Marthamea	10
Nemoura	8
Nemurella	8
Perla	10
Perlodes	10
Protonemura	9
Rhabdiopteryx	10
Taeniopteryx	10

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Оценки метрик для расчета величин ММIF (Multimetric..., 2010)

Метрика	Озеро				Река				
Оценка	A	C	Z	Bzl	Bk	Bg	Rk	Rg	Rzg
TAX									
0	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
1	≤ 12	≤ 12,5	≤ 10,75	≤ 11,25	≤ 12,5	≤ 13,25	≤ 13,75	≤ 14,25	≤ 14,75
2	≤ 19	≤ 20	≤ 16,5	≤ 17,5	≤ 19,5	≤ 21,5	≤ 22,5	≤ 23,5	≤ 24,5
3	≤ 26	≤ 27,25	≤ 22,25	≤ 23,25	≤ 26,75	≤ 29,75	≤ 31,25	≤ 32,75	≤ 34,25
4	> 26	> 27,25	> 22,25	> 23,25	≤ 26,75	≤ 29,75	≤ 31,25	≤ 32,75	≤ 34,25
EPT									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	≤ 1,5	≤ 2	≤ 1,25	≤ 1,25	≤ 1,75	≤ 2,2	≤ 2,25	≤ 2,25	≤ 2,5
2	≤ 4	≤ 3	≤ 2,5	≤ 2,5	≤ 3,5	≤ 4	≤ 4,5	≤ 4,5	≤ 5
3	≤ 4,5	≤ 6	≤ 3,75	≤ 3,75	≤ 5,25	≤ 6	≤ 6,75	≤ 6,75	≤ 7,5
4	> 4,5	> 6	> 3,75	> 3,75	≤ 5,25	> 6	> 6,75	> 6,75	> 7,5
NST									
0	≤ 0	≤ 0	≤ 0	≤ 0	0	0	0	0	0
1	≤ 2,5	≤ 2,5	≤ 2	≤ 2,25	≤ 2,25	≤ 2,5	≤ 3	≤ 3	≤ 3
2	≤ 5	≤ 5	≤ 4	≤ 4,5	≤ 4,5	≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6
3	≤ 7,5	≤ 7,5	≤ 6	≤ 6,75	≤ 6,75	≤ 7,5	≤ 9	≤ 9	≤ 9
4	> 7,5	> 7,5	> 6	> 6,75	> 6,75	> 7,5	> 9	> 9	> 9

Метрика	Озеро				Река				
Оценка	A	C	Z	Bzl	Bk	Bg	Rk	Rg	Rzg
SWD									
0	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2
1	≤ 1,025	≤ 1,025	≤ 0,9	≤ 0,95	≤ 1,025	≤ 1,025	≤ 1,025	≤ 1,025	≤ 1,025
2	≤ 1,85	≤ 1,85	≤ 1,6	≤ 1,7	≤ 1,85	≤ 1,85	≤ 1,85	≤ 1,85	≤ 1,85
3	≤ 2,675	≤ 2,675	≤ 2,3	≤ 2,45	≤ 2,675	≤ 2,675	≤ 2,675	≤ 2,675	≤ 2,675
4	> 2,675	> 2,675	> 2,3	> 2,45	> 2,675	> 2,675	> 2,675	> 2,675	> 2,675
MTS									
0	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
1	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3	≤ 3,125	≤ 3,125	≤ 3,125	≤ 3,125	≤ 3,125
2	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 4	≤ 4,25	≤ 4,25	≤ 4,25	≤ 4,25	≤ 4,25
3	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5,375	≤ 5,375	≤ 5,375	≤ 5,375	≤ 5,375
4	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5,375	> 5,375	> 5,375	> 5,375	> 5,375

*Примечание:* А – щелочные озера, С – нейтральные озера, Z – кислые озера, Bzl – очень слабосоленые озера, Bk – маленькие потоки, Bg – большие потоки, Rk – маленькие реки, Rg – большие реки, Rzg – очень большие реки, TAX – число таксонов, EPT – число таксонов Ephemeroptera, Plecoptera и Trichoptera, NST – число других чувствительных таксонов – таксонов не EPT с толерантностью > 5, SWD – индекс разнообразия Шеннона, MTS – средняя величина толерантности всех обнаруженных таксонов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таксономический состав зообентоса озерных систем юга Обь-Иртышского междуречья  
(Безматерных, Вдовина, 2015, с исправлениями)

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<b>Тип Nematelminthes</b>							
<b>Класс Nematoda</b>							
<b>Отряд Mermitida</b>							
Mermitida indet.		+					
<b>Тип Annelida</b>							
<b>Класс Oligochaeta</b>							
<i>Enchytraeus</i> sp.	+						
<i>Chaetogaster</i> sp.			+		+		
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede							+
<i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus)		+	+				
<i>Tubifex tubifex</i> (O. F. Muller)	+						+
<b>Класс Hirudinea</b>							
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Brandes)	+	+		+		+	
<i>E. octoculata</i> (L.)	+	+		+			+
<i>Glossiphonia complanata</i> (L.)			+	+	+	+	+
<i>Helobdella stagnalis</i> (Brandes)	+		+				+
<i>Hemiclepsis marginata</i> (O. F. Muller)							+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>Protolepsis maculosa</i> (Rathke)		+					
<b>Тип Bryozoa</b>							
<b>Надкласс Phylactolemata</b>							
<i>Plumatella fungosa</i> Pallas	+						
<i>P. repens</i> (L.)		+					
<b>Тип Mollusca</b>							
<b>Класс Bivalvia</b>							
<i>Colleopterum anatinum</i> (L.)	+	+					+
<i>Euglesa</i> sp.	+						+
<i>Musculium creplini</i> (Dunker)							+
<i>Sphaerium corneum</i> (L.)							+
<b>Класс Gastropoda</b>							
<i>Anisus acronicus</i> (Ferussac)							+
<i>A. vorticulus</i> (Troschel)							+
<i>Armiger crista</i> (L.)							+
<i>Bithynia tentaculata</i> (L.)			+				+
<i>Choanomphalus rosmaessleri</i> (A. Schmidt)	+						
<i>Cincinna klinensis</i> (Milachevitch)							+
<i>Lymnaea auricularia</i> (L.)	+	+	+	+		+	+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>L. fragilis</i> (L.)	+	+	+	+		+	
<i>L. lagotis</i> (Schränk)							+
<i>L. ovata</i> (Draparnaud)	+					+	
<i>L. palustris</i> (Mueller)							+
<i>L. psilia</i> (Bourguignat)		+					+
<i>L. stagnalis</i> (L.)	+	+	+	+		+	
<i>L. truncatula</i> (Mueller)							+
<i>Oxyloma</i> sp.							+
<i>Planorbarius corneus</i> (L.)			+	+			
<i>Planorbis carinatus</i> Mueller							+
<i>P. planorbis</i> (L.)	+	+	+			+	+
Planorbinae indet.							+
<i>Physa fontinalis</i> (L.)							+
<i>Valvata cristata</i> Mueller			+			+	
<i>V. piscinalis</i> (O.F. Muller)							+
<b>Тип Arthropoda</b>							
<b>Класс Crustacea</b>							
<i>Branchinecta media</i> (Schmankewitch)		+					
<i>Gammarus lacustris</i> Sars.	+	+	+	+	+	+	+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>Pontastacus leptodactylus</i> (Esch.)	+						
<b>Класс Arachnida</b>							
<b>Отряд Aranei</b>							
<i>Argyroneta aquatica</i> (Clerck)							+
<i>Dolomedes fimbriatus</i> (Cl.)	+						
<i>Hydryphantes</i> indet.							+
<b>Класс Insecta</b>							
<b>Отряд Collembola</b>							
<i>Podura aquatica</i> L.				+			
<b>Отряд Odonata</b>							
Сем. Aeschnidae							
<i>Aeschna affinis</i> Vanderlinden			+				
<i>A. juncea</i> (L.)			+				
<i>A. viridis</i> Eversmann		+					
Сем. Coenagrionidae							
<i>Coenagrion armatum</i> (Charpentier)	+	+	+	+		+	
<i>C. hastulatum</i> (Charp.)							+
<i>C. puella</i> (L.)		+					
<i>C. pulchellum</i> (Vanderlinden)		+					
<i>Enallagma cyathigerum</i> Charpentier		+	+	+	+	+	

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>Erythromma najas</i> (Hansemann)		+		+			
<i>Ischnura elegans</i> (Vanderlinden)		+					
Сем. Corduliidae							
<i>Epithea bimaculata</i> Charpentier				+	+		
Сем. Lestidae							
<i>Sympetma paedisca</i> Brauer			+				
Сем. Libellulidae							
<i>Libellula quadrimaculata</i> (L.)		+					
<i>Leucorrhinia pectoralis</i> (Charpentier)		+					
<i>L. rubicunda</i> L.	+						+
Сем. Platycnemididae							
<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas)							+
<b>Отряд Эphemeroptera</b>							
Сем. Baetidae							
<i>Cloëon dipterum</i> L.	+						
<i>C. sp.</i>							+
Сем. Caenidae							
<i>Caenis lactea</i> (Burmeister)			+		+		
<i>C. macrura</i> Stephens							+
<i>C. miliaria</i> (Tshernova)		+	+	+	+	+	

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<b>Сем. Ephemeroidea</b>							
Ephemeroidea indet.							+
<b>Сем. Siphonuridae</b>							
<i>Siphonurus (S.) alternatus</i> Say		+					
<b>Отряд Heteroptera</b>							
<b>Сем. Corixidae</b>							
<i>Cymatia coleoprata</i> (F.)				+			
<i>Hesperocorixa linnaei</i> (Fieber)			+	+			
<i>H. sahlbergi</i> (Fieber)			+			+	+
<i>Paracorixa concinna</i> (Fieber)		+					
<i>Sigara assimilis</i> (Fieber)			+	+		+	
<i>S. striata</i> Linne	+						
<b>Сем. Gerridae</b>							
<i>Gerris odontogaster</i> (Zetterstedt)		+	+			+	
<i>Limnoporus rufoscutellatus</i> Latreille	+						
<b>Сем. Nepidae</b>							
<i>Nepa cinerea</i> L.			+	+		+	
<b>Сем. Naucoridae</b>							
<i>Ilyocoris cimicoides</i> (L.)	+	+	+	+		+	+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
Сем. Notonectidae							
<i>Notonecta glauca</i> L.	+	+		+		+	
<b>Отряд Lepidoptera</b>							
Сем. Pyraustidae							
<i>Elophila nymphaeata</i> L.		+					
<i>Parapoynx stratiotata</i> L.		+		+			
<b>Отряд Trichoptera</b>							
Сем. Ecnomidae							
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)					+		+
Сем. Hydroptilidae							
<i>Agraylea multipunctata</i> Curtis		+					
<i>Orthotrichia</i> sp.		+					
Сем. Leptoceridae							
<i>Leptocerus</i> sp.		+				+	
<i>Mystacides longicornis</i> (L.)		+					
<i>Oecetis</i> sp.		+					
<i>Triaenodes</i> sp.			+				
Сем. Limnephilidae							
<i>Limnephilus rhombicus</i> (L.)		+	+				

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
Сем. Molannidae							
<i>Molanna albicans</i> (Zetterstedt)			+		+		
Сем. Phryganeidae							
<i>Agrypnia obsoleta</i> (Hagen)		+	+				
<i>A. crassicornis</i> (McL.)							+
<i>A. sp.</i>							+
<i>Phryganea bipunctata</i> Retzius				+	+	+	
Сем. Polycentropodidae							
<i>Cyrnus sp.</i>				+		+	
<i>Neureclipsis bimaculata</i> (L.)				+			
<i>N. sp.</i>				+			
Polycentropodidae indent.					+		
<b>Отряд Coleoptera</b>							
Сем. Gyrinidae							
<i>Gyrinus natator</i> L.							+
Сем. Chrysomelidae							
<i>Donacia sp.</i>				+			
Сем. Dryopidae							
<i>Dryops sp.</i>				+			

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
Сем. Dytiscidae							
<i>Acilius sulcatus</i> (L.)	+			+		+	
<i>Dytiscus circumflexus</i> F.	+					+	
<i>D.</i> sp.						+	
<i>Hydaticus (H.) aruspex</i> Clark				+		+	
<i>Hydaticus</i> sp.			+			+	
<i>Hygrotus</i> sp.					+	+	
<i>Graphoderus</i> sp.		+					
<i>Rhantus (R.) frontalis</i> (Marsham)				+		+	
Сем. Haliplidae							
<i>Haliplus fulvus</i> (F.)			+			+	+
<i>H. ruficollis</i> (De Geer)							+
Сем. Hydrophilidae							
<i>Berosus (E.) fulvus</i> Kuwert			+			+	
<i>B.</i> sp.		+	+			+	
<i>Enochrus</i> sp.		+				+	
<i>Hydrobius</i> sp.				+			
<i>Laccobius</i> sp.			+			+	

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
Сем. Laccophilinae							
<i>Laccophilus</i> sp.							+
<b>Отряд Diptera</b>							
Сем. Tipulidae							
<i>Tipula</i> sp.				+			
Сем. Limoniidae							
Limoniidae indet.							+
<i>Helius longirostris</i> (Meig.)				+		+	
Сем. Psychodidae							
<i>Clytocerus crispus</i> Vaillant				+			
<i>Psychoda albipennis</i> Zetterstedt		+					
Сем. Dixidae							
<i>Dixella</i> sp.							+
Сем. Chaoboridae							
<i>Chaoborus (C.) flavicans</i> (Meig.)		+				+	
Сем. Simuliidae							
<i>Nevermannia angustitarsis</i> (Lund- ström)							+
<i>Simulium reptans</i> (L.)							+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
Сем. Ceratopogonidae							
Ceratopogonidae indet.		+		+			
<i>Ceratopogon</i> str. sp.	+					+	
<i>Culicoides (C.) punctatus</i> (Meigen)				+	+		
<i>C.</i> sp.			+				+
<i>Mallochohelea munda</i> (Loew)		+		+	+		
<i>M.</i> sp.							+
<i>Probezzia seminigra</i> (Panzer)							+
<i>Sphaeromias fasciatus</i> (Meigen)							+
<i>S. pictus</i> (Meigen)		+		+	+	+	
Sphaeromiini indet.	+						
<i>Stilobezzia (S.) flavirostris</i> (Win- nertz)		+	+				+
Сем. Chironomidae							
<i>Ablabesmyia</i> sp.		+	+	+	+	+	
<i>A. phatta</i> (Eggert)							+
<i>Camptochironomus tentans</i> Fabr.	+						
<i>C. pallidivittatus</i> Malloch							+
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen	+						
<i>Ch.</i> гр. <i>plumosus</i>	+	+	+	+	+	+	+

Таксон	Озерная система						
	Барна-ульская	Бур-линская	Кара-сукская	Касма-линская	Кулун-динская	Причановской группы	Чаны
<i>Ch. sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladotanytarsus</i> гр. <i>A</i>	+			+			
<i>C. гр. mancus</i>		+	+		+		+
<i>Cladopelma</i> гр. <i>laccophila</i>					+		
<i>Cricotopus</i> гр. <i>sylvestris</i>	+		+	+	+	+	
<i>C. гр. tibialis</i>		+		+	+		
<i>C. sp.</i>							+
<i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	+	+	+				+
<i>C. sp.</i>			+				
<i>Cryptotendipes</i> sp.		+	+				+
<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger)	+		+	+	+	+	
<i>D. sp.</i>						+	
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig.)	+				+		
<i>E. stackelbergi</i> Goetghebuer		+	+		+	+	
<i>E. tendens</i> (F.)			+			+	
<i>E. sp.</i>		+					
<i>Einfeldia</i> sp.				+			
<i>Fleuria lacustris</i> Kieffer		+					
<i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeger)		+	+	+			

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>G. glaucus</i> (Meig.)	+	+	+			+	+
<i>G. paripes</i> (Edwards)	+			+	+	+	+
<i>G. sp.</i>		+	+			+	
<i>Harnischia burganadzeae</i> (Tshernovskij)?							+
<i>Hydrobaenus</i> гр. <i>lugubris</i>				+			
<i>Microchironomus tener</i> (Kieffer)		+			+		
<i>Orthocladius</i> sp.			+		+	+	+
<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer)							+
<i>Paracladius</i> sp.				+			
<i>Parametriocnemus borealpinus</i> Gouin							+
<i>Paratanytarsus</i> sp.		+	+	+	+	+	+
<i>Polypedilum</i> гр. <i>nubeculosum</i>	+	+	+		+		
<i>P.</i> гр. <i>convictum</i>			+	+			
<i>P. (P.) cultellatum</i> Goetghebuer				+			
<i>P. pedestre</i> (Meig.)				+			+
<i>P. (T.) scalaenum</i> (Schrank)		+	+	+		+	+
<i>Procladius</i> (H.) <i>ferrugineus</i> Kieffer		+	+	+	+		+

Таксон	Озерная система						
	Барна- ульская	Бур- линская	Кара- сукская	Касма- линская	Кулун- динская	Причановской группы	Чаны
<i>Psectroclalius (P.) delatoris</i> Zelen- tzov		+				+	
<i>P. (P.) ishimicus</i> Tshernovskij			+				
<i>P. (P.) c.f. litofiles</i> Akhrorov		+	+	+	+	+	
<i>P. (P.) ventricosus</i> Kieffer				+		+	
<i>P. sp</i>							+
<i>Pseudochironomus sp.</i>			+				
<i>Saetheria sp.</i>							+
<i>Stictochironomus</i> гр. <i>histrion</i>							+
<i>S. crassiforceps</i> (Kieffer)			+		+		
<i>Tanytus punctipennis</i> Meig.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tanytarsus mendax</i> Kieffer		+		+			+
<i>T. sp.</i>		+		+			
Сем. Stratiomyidae							
<i>Odontomyia angulata</i> (Panzer)				+		+	
<i>O. ornata</i> (Meigen)							+
<i>O. sp.</i>			+			+	
<i>O. tigrina</i> (F.)		+					
<i>Oplodontha viridula</i> (F.)				+			
<i>Stratiomys longicornis</i> (Scopoli)	+		+			+	

Таксон	Озерная система						
	Барна-ульская	Бур-линская	Кара-сукская	Касма-линская	Кулун-динская	Причановской группы	Чаны
<i>S. singularior</i> (Harris)				+			
Сем. Tabanidae							
<i>Chrysops (C.) suavis</i> (Loew)							+
<i>Tabanus autumnalis autumnalis</i> L.		+					
Сем. Dolichopodidae							
Dolichopodidae indet.						+	
Сем. Ephydriidae							
<i>Setacera</i> sp.		+			+	+	+
<i>Paracoenia</i> sp.							+
Сем. Scathophagidae							
Scathophagidae indet.					+		
<b>Всего видов</b>	<b>42</b>	<b>74</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>36</b>	<b>60</b>	<b>80</b>

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основные характеристики зообентоса плесов оз. Чаны в различные периоды исследования  
(Лимнология..., 2015, с дополнениями)

Участок	Период исследований (источник)	Число видов	Доминирующие таксоны	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Оценка уровня трофности
Устья рек Чулым и Каргат	1925–1926 круглогодично (Березовский, 1927)	...	Хирономиды	3120	...	...
	Лето 1982–1984 (Мисейко и др., 1986)	44	Хирономиды <i>Chironomus</i> гр. <i>plumosus</i> , <i>Ch. tentans</i>	1450–6940	73,2–135	Гипертрофный
	Август 2001	30	Хирономиды <i>Glyptotendipes glaucus</i> , олигохеты <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	361	4,6	α-мезотрофный
Оз. Мал. Чаны	1925–1926 круглогодично (Березовский, 1927)	...	Хирономиды	90	...	...
	Весна–осень 1975 (Мисейко и др., 1986)	...	Хирономиды <i>Ch.</i> гр. <i>plumosus</i> , <i>Ch. f.l. thummi</i>	...	3,25–13,0	α-мезотрофный – α-эвтрофный
	1976–1978 круглогодично (Конивец, 1982)	35	Хирономиды <i>Ch. f.l. salinarius</i>	1500–2200	4,1	α-мезотрофный
	Лето 1982–1984 (Мисейко и др., 1986)	16	Хирономиды <i>Procladius horeus</i>	112–1225	1,28–30,2	β-олиготрофный – β-эвтрофный
	Август 2001	13	Хирономиды <i>Ch. f.l. plumosus</i> , моллюски <i>Euglesa</i> sp.	19	0,1	Ультраолиготрофный
	Август 2004	9	Хирономиды <i>Ch. sp.</i>	374	3,0	α-мезотрофный

Участок	Период исследований (источник)	Число видов	Доминирующие таксоны	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Оценка уровня трофности
	Весна–осень 2010 (Визер и др., 2012)	6–8	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i>	58–183	1,54–7,49	β-олиготрофный – β-мезотрофный
Чиняи-хинский плес	Весна–осень 1975 (Мисейко и др., 1986)	...	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i> , <i>P. horeus</i>	...	5,12–13,3	β-мезотрофный – β-эвтрофный
	1976–1978 круглогодично (Конивец, 1982)	32	Хирономиды <i>Ch. anthracinus</i>	810–4600	8,3	β-мезотрофный
	Лето 1982 (Мисейко и др., 1986)	...	...	...	3,13	α-мезотрофный
	Август 2001	9	Хирономиды <i>Ch. f.l. thummi</i>	70	1,7	β-олиготрофный
	Август 2004	16	Хирономиды <i>Ch. sp.</i> , моллюски р. <i>Lymnaea</i>	597	3,7	α-мезотрофный
	Весна–осень 2010 (Визер и др., 2012)	4–9	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i> , <i>G. barbipes</i> , мокрецы <i>Culicoides sp.</i>	44–678	0,67–13,7	α-олиготрофный – α-эвтрофный
Оз. Яркуль	1925–1926 круглогодично (Березовский, 1927)	...	Хирономиды	452	...	...
	Весна–осень 1975 (Мисейко и др., 1986)	...	Хирономиды <i>Ch. f.l. bathophilus</i> , <i>Cryptochironomus</i> гр. <i>defectus</i>	...	9,38–9,89	β-мезотрофный
	1976–1978 круглогодично (Конивец, 1982)	44	Хирономиды <i>Ch. anthracinus</i>	3900–5500	10,3	α-эвтрофный

Участок	Период исследований (источник)	Число видов	Доминирующие таксоны	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Оценка уровня трофности
	Лето 1982 (Мисейко и др., 1986)		...	...	12	α-эвтрофный
	Август 2001	11	Хирономиды <i>G. glaucus</i>	400	3,9	α-мезотрофный
	Август 2004	15	Хирономиды <i>Ch. sp.</i> , мокрецы <i>Culicoides sp.</i> , моллюски <i>L. psilia</i>	3634	17,6	β-эвтрофный
	Весна–осень 2010 (Визер и др., 2012)	5–7	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i> , <i>G. barbipes</i> , <i>Leptochironomus tener</i>	45–788	0,090–6,7	Ультраолиготрофный – β-мезотрофный
Тагано–Казанцевский плес	1976–1978 круглогодично (Конивец, 1982)	31	Хирономиды <i>Ch. anthracinus</i>	700–1750	2,8	α-мезотрофный
	Лето 1982 (Мисейко и др., 1986)	...	...	...	2,67	α-мезотрофный
	Весна–осень 1975 (Мисейко и др., 1986)	...	...	...	6,00–7,32	β-мезотрофный
	Август 2001	11	Хирономиды <i>Ch. f.l. thummi</i> , бокоплав <i>Gammarus lacustris</i>	525	3,5	α-мезотрофный
	Август 2004	18	Хирономиды <i>P. ferrugineus</i> , моллюски <i>Planorbis planorbis</i>	2429	3,7	α-мезотрофный
	Весна–осень 2010 (Визер и др., 2012)	4–7	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i>	314–448	4,46–6,49	α-мезотрофный – β-мезотрофный

Участок	Период исследований (источник)	Число видов	Доминирующие таксоны	Численность, экз./м <sup>2</sup>	Биомасса, г/м <sup>2</sup>	Оценка уровня трофности
Ярковский плес	1925–1926 круглогодично (Березовский, 1927)	...	Хирономиды	180	...	...
	Весна–осень 1975 (Мисейко и др., 1986)	...	Хирономиды <i>Ch. f.l. thummi</i> , <i>Ch. f.l. bathophilus</i>	...	13,5–29,2	α-эвтрофный – β-эвтрофный
	1976–1978 круглогодично (Конивец, 1982)	40	Хирономиды <i>Ch. anthracinus</i>	2000–7900	23,7	β-эвтрофный
	Лето 1982 (Мисейко и др., 1986)	...	...	...	13,6	α-эвтрофный
	Август 2001	15	Хирономиды <i>Ch. f.l. plumosus</i>	405	14,7	α-эвтрофный
	Август 2004	13	Хирономиды <i>Ch. sp.</i> , мокрецы <i>C. sp.</i>	2123	22,3	α-эвтрофный
	Весна–осень 2010 (Визер и др., 2012)	3–6	Хирономиды <i>Ch. plumosus</i> , мокрецы <i>C. sp.</i>	314–448	4,46–6,49	α-мезотрофный – β-мезотрофный
Юдинский плес	1925–1926 круглогодично (Березовский, 1927)	...	Хирономиды	270	...	...
	Май–август 1976–1978 (Конивец, 1982)	...	Хирономиды <i>Ch. anthracinus</i>	0,0–220	0,0–0,3	Ультроолиготрофный
	Август 2001	3	Клопы <i>Hesperocorixa sahlberhi</i>	225	0,88	α-олиготрофный

Примечание: «...» – данные отсутствуют.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Безматерных Дмитрий Михайлович – канд. биол. наук, доцент, заместитель директора по научной работе Института водных и экологических проблем СО РАН (ИВЭП СО РАН), тел. 8 (3852) 66-65-07, e-mail: bezmater@iwep.ru
- Вдовина Ольга Николаевна – канд. биол. наук, научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН (ИВЭП СО РАН), тел. 8 (3852) 36-46-81, e-mail: olgazhukova1984@yandex.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ФАКТОРАХ ФОРМИРОВАНИЯ ЗООБЕНТОСА РАВНИННЫХ ОЗЕР УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ.....	6
1.1. Особенности организации озерных экосистем.....	6
1.2. Основные факторы формирования зообентоса равнинных озер умеренной зоны.....	11
Глава 2. СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОЗЕР.....	16
Глава 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	23
3.1. Барнаульская озерная система .....	25
3.2. Бурлинская озерная система .....	30
3.3. Карасукская озерная система .....	37
3.4. Касмалинская озерная система .....	40
3.5. Кулундинская озерная система.....	44
3.6. Озеро Чаны и Причановская группа озер.....	49
Глава 4. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКРОЗООБЕНТОСА .....	55
4.1. Материалы исследований.....	55
4.2. Методы исследований .....	58
4.2.1. Гидробиологические методы .....	58
4.2.2. Методы биоиндикации .....	59
4.2.3. Статистические методы.....	61
Глава 5. ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗООБЕНТОСА ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ.....	63
Глава 6. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗООБЕНТОСА ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ.....	70
Общая характеристика фауны донных беспозвоночных.....	70
6.1. Барнаульская озерная система .....	74
6.2. Бурлинская озерная система .....	77

6.3. Карасукская озерная система .....	80
6.4. Касмалинская озерная система .....	83
6.5. Кулундинская озерная система .....	86
6.6. Причановская группа озер.....	89
6.7. Чаны .....	92
Глава 7. ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ.....	104
7.1. Особенности макрозообентоса озер различного уровня минерализации .....	106
7.2. Анализ комплексного действия экологических факторов .....	116
7.3. Особенности макрозообентоса озер различных природных зон и подзон .....	118
7.4. Особенности воздействия основных экологических факторов на макрозообентос озера Чаны .....	122
7.5. Оценка экологического состояния озер в условиях повышенной минерализации вод .....	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	135
ЛИТЕРАТУРА.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....	153
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 .....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 .....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ 4 .....	174
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ .....	178

Безматерных Дмитрий Михайлович  
Вдовина Ольга Николаевна

ЗООБЕНТОС ОЗЕР ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ  
Аналитический обзор

Компьютерная верстка выполнена Т. А. Калюжной

Лицензия ИД № 04108 от 27.02.01

Подписано в печать 27.07.2017. Формат 60x84/16.  
Усл. печ. л. 10,8. Уч.-изд. л. 8,2.

ГПНТБ СО РАН. Новосибирск, ул. Восход, 15, комн. 503, ЛИСА.

## СЕРИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОБЗОРОВ МИРОВОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ЭКОЛОГИЯ

издается ГПНТБ СО РАН с 1989 г. и ориентирована на исследователей, технологов и руководящих работников, занимающихся фундаментальными, прикладными и социальными проблемами экологии. Среди таких проблем: токсичные химические вещества; воздействие промышленных производств, энергетики и транспорта на окружающую среду и человека; экологически чистые технологии; утилизация промышленных и бытовых отходов; токсичные вещества в пищевых продуктах; экологическая экспертиза; природоохранное законодательство и др.

Обзоры готовятся ведущими учеными и специалистами Сибирского отделения РАН и других академических и отраслевых НИИ и промышленных предприятий.

### ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ:

Малахов, В. М. ГОРОДСКИЕ ОТХОДЫ В РОССИИ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, ПУТИ РЕШЕНИЯ : аналит. обзор / В. М. Малахов, А. Г. Гриценко, С. В. Дружинин ; Учреждение Рос. акад. наук Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния РАН. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2012. – 126 с.

Обзор посвящен одной из наиболее острых проблем современности – проблеме обезвреживания и переработки городских бытовых и промышленных отходов.

Представлены подходы к управлению и утилизации различных видов городских отходов: твердых бытовых, промышленных, медицинских, отработанных автошин, аккумуляторов, электронного скрапа. Дан анализ современных методов утилизации и обезвреживания городских отходов: полигоны захоронения, сортировка и переработка, компостирование, прессование, сжигание с утилизацией тепла, пиролиз, газификация, плазменные технологии.

Приведены данные о морфологическом составе и физико-химических свойствах широкого круга городских отходов. Представлены статистические сведения о распространении в мире различных методов утилизации и обезвреживания отходов.

Особое место уделено термическим методам обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов. Даны характеристики ряда технологий, оборудования, нашедших практическое применение в России и за рубежом. Приведены технико-экономические характеристики комплексного мусоросжигательного завода, разработанного для малых городов.

Обзор рассчитан на инженерно-технических специалистов, занимающихся вопросами экологии, студентов вузов, обучающихся по экологическим специальностям. Он будет полезен административным работникам, принимающим управленческие решения по проблеме городских отходов.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. КАДМИЙ : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2012. – 110 с.

Серия аналитических обзоров «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» продолжает публикацию результатов исследования, начатого в обзоре «Адсорбция тяжелых

металлов почвами и горными породами (Сер. Экология. Вып. 90)», и посвящена изучению адсорбции / десорбции отдельных, наиболее часто встречающихся металлов-загрязнителей – кадмия, цинка, меди, свинца, стронция, урана и др. Представлены физико-химические механизмы удерживания каждого из этих элементов в твердой фазе в зависимости от природы поглотителя и водной фазы. Рассмотрены условия выщелачивания металлов в местах складирования бытовых и радиоактивных отходов, зонах загрязнения природных компонентов окружающей среды предприятиями горнодобывающей промышленности и металлургии, а также на участках применения органических отходов в качестве удобрений. Обзоры рассчитаны на специалистов, занимающихся изучением процессов загрязнения зоны аэрации и подземных вод.

Первый выпуск серии посвящен кадмию – одному из наиболее токсичных загрязнителей природной среды, который особенно трудно удаляется из природных вод, подвергшихся антропогенному воздействию.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. МЕДЬ : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2013. – 95 с., 1 л. ил.

Второй выпуск серии «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» посвящен изучению адсорбционного / десорбционного поведения меди как одного из наиболее часто встречающихся тяжелых металлов в зонах антропогенного загрязнения. Процессы адсорбции / десорбции вносят существенный вклад в загрязнение окружающей среды, и их изучение является одной из основных задач геоэкологических исследований. Представлены механизмы удерживания меди в почвах и горных породах в зависимости от природы поглотителя и различных условий окружающей среды. Изучено влияние на геохимическое поведение меди характеристик твердой и жидкой фаз в системе «вода – порода». Приводятся коэффициенты корреляции и уравнения регрессии, связывающие рассмотренные характеристики с параметрами изотерм адсорбции или с коэффициентом распределения. Рассмотрены условия выщелачивания меди в местах складирования бытовых отходов, а также на участках использования органических отходов в качестве удобрений.

Одной из практических задач аналитического обзора является получение информации для моделирования поведения меди в системе «вода – порода» в условиях антропогенного загрязнения.

Обзор рассчитан на специалистов, занимающихся изучением и моделированием процессов загрязнения тяжелыми металлами зоны аэрации и подземных вод.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. СТРОНЦИЙ : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2013. – 95 с.

Третий выпуск подсерии «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» посвящен изучению адсорбционного / десорбционного поведения стронция. Радиоактивный изотоп  $^{90}\text{Sr}$

является одним из наиболее опасных продуктов деления урана и плутония. Он характеризуется высокой токсичностью из-за своей способности активно включаться в биологический круговорот веществ. Стронций является аналогом кальция и легко вступает в процессы обмена веществ животных и человека. Значительный интерес для гидрогеологов, изучающих миграцию радиоактивных отходов через подповерхностную среду, представляет геохимическое поведение стронция в зоне аэрации и водоносных горизонтах. Представлены механизмы адсорбции стронция почвами и горными породами в зависимости от природы поглотителя и различных условий окружающей среды. Изучено влияние на адсорбционное поведение стронция характеристик твердой и жидкой фаз в системе «вода – порода». Представлены параметры изотерм адсорбции и коэффициенты распределения. Рассмотрены условия миграции стронция в зонах радиоактивного загрязнения.

Одной из практических задач настоящего аналитического обзора является получение информации для моделирования поведения урана в системе «вода – порода» в условиях антропогенного загрязнения.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. ЦИНК : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2014. – 99 с.

Четвертый выпуск серии «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» посвящен изучению адсорбционного / десорбционного поведения цинка как одного из активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организмов. Многие соединения цинка токсичны, прежде всего сульфат и хлорид, наиболее часто встречающиеся среди соединений тяжелых металлов в зонах антропогенного загрязнения. Процессы адсорбции / десорбции вносят наиболее существенный вклад в загрязнение окружающей среды, и их изучение является одной из основных задач геоэкологических исследований. Представлены механизмы удерживания цинка в почвах и горных породах в зависимости от природы поглотителя и различных условий окружающей среды. Изучено влияние на геохимическое поведение цинка характеристик твердой и жидкой фаз в системе «вода – порода». Приводятся коэффициенты корреляции и уравнения регрессии, связывающие рассмотренные характеристики с параметрами изотерм адсорбции или с коэффициентом распределения. Рассмотрены условия выщелачивания цинка в районах промышленного загрязнения из депонированных отходов и почв, удобренных осадком сточных вод. Оценен потенциал выщелачивания цинка из различных материалов.

Одна из задач аналитического обзора – получение информации для моделирования поведения цинка в системе «вода – порода» в условиях антропогенного загрязнения.

Обзор рассчитан на специалистов, занимающихся изучением и моделированием процессов загрязнения тяжелыми металлами зоны аэрации и подземных вод.

Зомонова, Э. М. СТРАТЕГИЯ ПЕРЕХОДА К «ЗЕЛеноЙ» ЭКОНОМИКЕ: ОПЫТ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ : аналит. обзор / Э. М. Зомонова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Байкальский институт природопользования Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2015. – 283 с.

В обзоре рассматриваются проблемы формирования концепции «зеленого» роста, обретающей все большее число своих сторонников в разных странах мира. Дается практический опыт разработки и реализации стратегий «зеленой» экономики как новой экономической модели, отходящей от узких рыночных механизмов и некомплексных стратегий, позволяющей бороться с обостряющимися вызовами современности: нехваткой продовольствия, ограниченностью природных ресурсов, проблемами изменения климата. Особое внимание уделяется вопросам измерения экологически ориентированного экономического развития и определения методических подходов к разработке показателей и инструментов моделирования «зеленой» экономики. Представлен расчет «экологического следа» на примере Республики Бурятия.

Обзор может быть рекомендован научным работникам, преподавателям вузов, работникам органов государственной власти и всем, кто интересуется проблемами «зеленой» экономики.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. УРАН : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2014. – 127 с., 1 л ил.

Пятый выпуск серии «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» посвящен изучению адсорбционного / десорбционного поведения урана. Загрязнение ураном подземных вод, почв и горных пород – важная проблема, связанная с длительной токсичностью соединений урана. Обедненный уран является побочным продуктом процесса обогащения, применяемого в производстве атомной энергии, и связанная с этим опасность обусловлена и радиоактивностью урана, и его токсичностью как тяжелого металла. В обзоре представлены механизмы адсорбции урана почвами и горными породами в зависимости от природы поглотителя и различных условий окружающей среды, а также кинетика адсорбции. Изучено влияние на адсорбционное поведение урана характеристик твердой и жидкой фаз в системе «вода – порода». Представлены параметры изотерм адсорбции и коэффициенты распределения. Рассмотрены роль микроорганизмов в поведении урана, условия его биовосстановления, а также формирование геохимических барьеров как метод биоремедиации загрязненных подземных вод. Одной из практических задач настоящего аналитического обзора является получение информации для моделирования поведения урана в системе «вода – порода» в условиях антропогенного загрязнения.

Путилина, В. С. СОРБЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАДИОАКТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ. СВИНЕЦ : аналит. обзор / В. С. Путилина, И. В. Галицкая, Т. И. Юганова ; Федер. гос. бюджет. учреждение науки Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Федер. гос. бюджет. учреждение науки Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева Рос. акад. наук. – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2016. – 123 с.

Шестой выпуск серии «Сорбционные процессы при загрязнении подземных вод тяжелыми металлами и радиоактивными элементами» посвящен изучению адсорбционного / десорбционного поведения свинца как одного из микроэлементов, относящихся к группе тяжелых металлов 1-го класса опасности для окружающей

среды и организма человека. Свинец – широко распространенный в природе тяжелый металл с высоким ежегодным антропогенным поступлением в окружающую среду. По эффекту воздействия на живые организмы свинец принадлежит к биохимически активным веществам. В обзоре представлены механизмы адсорбции свинца в почвах и горных породах в зависимости от природы поглотителя и различных условий окружающей среды. Показано влияние характеристик твердой и жидкой фаз на геохимическое поведение свинца в системе «вода – порода». Приводятся коэффициенты корреляции и уравнения регрессии, связывающие рассмотренные характеристики с параметрами изотерм адсорбции или с коэффициентом распределения. Рассмотрены условия десорбции и миграции свинца в районах промышленного загрязнения, из депонированных отходов и почв, удобренных осадком сточных вод. Одной из практических задач аналитического обзора является получение информации для моделирования поведения свинца в системе «вода – порода» в условиях антропогенного загрязнения.

Для получения обзоров серии «Экология» Вам необходимо сделать **заказ** на интересующие Вас обзоры по обычной или электронной почте, телефону или факсу. Организациям обязательно указать свои банковские реквизиты для заключения договора с ГПНТБ СО РАН. Обзоры распространяются **по предоплате**.

Вам будет выставлен счет, включающий стоимость обзоров и пересылки, и после его оплаты издания будут высланы заказной бандеролью.

**Частным лицам** будет сообщена стоимость заказанных обзоров с учетом почтовых расходов и реквизиты библиотеки. Обзоры будут высланы после поступления указанной суммы на расчетный счет библиотеки.

**Наш адрес:** 630200, Новосибирск, 200, ул. Восход 15, ГПНТБ СО РАН, Лаборатория информационно-системного анализа (ЛИСА), комн. 503.

**E-mail:** obzor@spsl.nsc.ru; **Тел.:** (383) 266-15-36; **Факс:** (383) 266-15-36.

Подробная информация о серии на **веб-сайте:** <http://www.spsl.nsc.ru/o-biblioteke/osnovnye-strukturnye-podrazdeleniya/lisa/>

**Новосибирские заказчики** могут приобрести книги непосредственно в ГПНТБ СО РАН, комн. 503.