

На правах рукописи

Ковешников Михаил Иванович

**Пространственное распределение, сезонная динамика
зообентоса и оценка экологического состояния
водных объектов бассейна реки Бия**

Специальность 03.00.16 – Экология

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Барнаул-2009

Работа выполнена в лаборатории водной экологии
Института водных и экологических проблем СО РАН

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Яныгина Любовь Васильевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Журавлев Валерий Борисович,

кандидат биологических наук
Петрожицкая Людмила Владимировна

Ведущая организация: Тувинский институт комплексного освоения
природных ресурсов СО РАН

Защита диссертации состоится «21» декабря 2009 г. в 9 часов
на заседании диссертационного совета ДМ 212.005.10 по защите
докторских и кандидатских диссертаций при ГОУ ВПО «Алтайский
государственный университет» по адресу:

656049, г. Барнаул, пр. Ленина, 61.

Факс (3852) 36-30-77.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке
ГОУ ВПО «Алтайский государственный университет»

Автореферат разослан «__» ноября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент

Н.В. Елесова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Совокупность донных беспозвоночных животных, или зообентос – один из важнейших элементов экосистем континентальных вод и общепризнанный элемент системы мониторинга их загрязнения (ГОСТ 17.1.3.07- 82; Критерии..., 1994; Методические указания..., 1984). 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.

Проточное Телецкое озеро и его притоки относятся к водосборному бассейну реки Бия. Значительная часть бассейна Бии слабо освоена или находится в заповедной зоне. Озеро включено в Список всемирного наследия ЮНЕСКО как одно из 50 глубочайших озёр мира (Large Lakes, 1996). Исследование таких природных объектов даёт ценный материал для познания естественной структуры биоценозов, для решения теоретических и практических вопросов экологии. Одним из актуальных направлений экологии является изучение пространственного распределения зообентоса для разработки концепции функционирования речной экосистемы (Богатов, 1994; Minhall, 1983, 1988; Statzner, 1987; Townsend, 1989; Vannote, 1980) и, в частности, исследование взаимного влияния проточных озёр и связанных с ними рек (Hieber, 2002).

До настоящего времени представление о зообентосе Телецкого озера, его притоков и стока (р. Бия) в основном формировалось данными, полученными ещё в первой половине XX века (Круглова, 1949, 1950; Лепнева, 1949, 1950; Иогансен, 1952). Аналитическое обобщение имеющихся сведений, дополнение их результатами современных исследований и количественная оценка донных сообществ важны для создания базы гидробиологических данных, для организации экологического мониторинга Телецкого озера и водотоков бассейна. Необходимость исследований усиливается направленностью экономики региона на развитие туризма и лесной промышленности и опасностью резкого увеличения антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна Бии.

Цель работы – изучение состава и пространственно-временной организации зообентоса Телецкого озера, водотоков бассейна реки Бия и оценка их экологического состояния.

Задачи исследований:

1. Определить видовое разнообразие донных беспозвоночных Телецкого озера и водотоков бассейна р. Бия.
2. Охарактеризовать пространственное распределение и сезонную динамику состава и количественных показателей зообентоса в водных объектах бассейна.
3. Изучить таксономическую и трофическую структуру сообществ донных беспозвоночных.
4. Оценить экологическое состояние рек бассейна р. Бия и Телецкого озера.
5. Дать рекомендации по организации экологического мониторинга водных объектов бассейна р. Бия по зообентосу.

Положения, выносимые на защиту:

1. Пространственная неоднородность таксономической и трофической структур зообентоса в реках бассейна обусловлена рельефом местности, а в Телецком озере – формой озёрной котловины.
2. Качество воды Телецкого озера и водотоков бассейна р. Бия соответствует преимущественно «чистым водам», ухудшение качества до категории «умеренно загрязненные воды» отмечено только в устье Бии, ниже города Бийска.

Научная новизна.

- Впервые составлен общий таксономический список зообентоса бассейна р. Бия по ретроспективным и современным данным (1901-2004 гг.), указан 581 вид, в том числе новых для бассейна – 249.
- Получены современные данные по численности и биомассе зообентоса в Телецком озере и реках бассейна.
- Впервые установлены особенности пространственного распределения и сезонной динамики зообентоса для различных участков Телецкого озера и рек бассейна р. Бия, проведена типизация их донных сообществ.
- Впервые оценено качество воды литорали Телецкого озера и рек бассейна по составу и структуре донных сообществ, даны рекомендации по организации их экологического мониторинга.
- Разработаны модификации двух пробоотборников – для сбора зооперифитона и речного зообентоса.

Теоретическая и практическая значимость. Список зообентоса бассейна р. Бия может быть использован при формировании баз гидробиологических данных, сведения о распределении донных

сообществ – при экологической типизации водных объектов. Данные о количестве зообентоса необходимы для расчета биологической продуктивности Телецкого озера и рек бассейна, результаты исследований могут быть использованы при организации их экологического мониторинга. Материалы работы использованы при подготовке научно-образовательных курсов и большого практикума по специальности «экология» в АлтГТУ. Результаты работы включены в Летопись природы ГПЗ «Алтайский» за 2001-2007 гг. Результаты исследований речного зообентоса включены в «Основные результаты научных исследований СО РАН в 2007 году». Получено положительное решение Федеральной службы Роспатент о выдаче патента на изобретение «Устройство для сбора водных фитоценозов» по заявке № 2008137449/12(048184) с датой приоритета 18.09.2008.

Апробация работы. Материалы и результаты работы обсуждались на научных семинарах лаборатории водной экологии ИВЭП СО РАН и были представлены на семи конференциях: Межрег. науч. конф. «Экология Южной Сибири – 2000 год» (Абакан, 27-28 ноября 1997 г.); Рег. науч. конф. «Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования» (Томск, 22-23 января 1998 г.); Рег. науч. конф. «Изучение и охрана природы Алтае-Саянской горной страны» (Горно-Алтайск, 3-6 сент. 2002 г.); V рег. науч.-практ. конф. «Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных регионов, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда» (Барнаул, 18-19 сентября 2002 г.); III конф. молодых ученых ИВЭП СО РАН (Барнаул, 15 декабря 2003 г.); Рег. науч. конф. «Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование» (Барнаул, 14-17 марта 2005 г.); Междунар. науч. конф. «Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century» (Санкт-Петербург, 3-7 октября 2005 г.). По материалам исследований опубликовано 13 работ, в том числе четыре статьи, две из которых – в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объём диссертации. Работа изложена на 215 страницах, состоит из введения, пяти глав, выводов и библиографического списка, включающего 238 источников, из которых 25 - на иностранных языках. Работа содержит 38 таблиц, 34 рисунка и 12 приложений.

Благодарности. Автор выражает благодарность к. б. н. Яныгиной Л.В., к. б. н. Кириллову В.В., Крыловой Е.Н., к. г. н. Черных Д.В., Марусину К.В. (ИВЭП СО РАН), к. б. н. Залозному Н.А. (ТГУ), д. б. н.

Тесленко В.А. (БПИ ДВО РАН) и всем, кто оказывал помощь при проведении исследований и подготовке диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Зообентос как компонент пресноводных экосистем (обзор литературы)

В главе приведены литературные данные о роли зообентоса в пресноводных экосистемах, определены факторы его пространственного распределения в лентических и лотических системах, рассмотрена возможность использования зообентоса для экологической оценки водных объектов. Приведена краткая история исследований зообентоса Телецкого озера и рек бассейна Бии за период с 1901 по 2007 гг. Дан обзор основных результатов предыдущих исследований (1901-1993 гг.).

Глава 2. Природные условия района исследований

Бассейн реки Бия (рис. 1) расположен в восточной части Горного Алтая и занимает площадь 37 000 км². В центральной части бассейна находится проточное Телецкое озеро, водосбор которого при средней высоте 1940 м представляет горную область, вытянутую на 235 км (Самойлова, 1990). Большая часть водосбора озера (84,3%) принадлежит бассейну главного притока – р. Чулышман. Территория слабо освоена, населенные пункты сосредоточены на берегах Бии, единственный город, Бийск, расположен в ее низовье. Четвёртую часть площади бассейна занимает Государственный природный заповедник «Алтайский», расположенный в северной и восточной части водосборного бассейна озера.

В озеро впадает 71 постоянный приток (Алекин, 1934): река Чулышман и реки Телецкой котловины (ТК), вытекает одна река Бия. Притоки озера характеризуются низкой температурой, быстрым течением и, как правило, каменисто-галечниковым грунтом. При впадении в озеро некоторые притоки образуют дельты.

Телецкое озеро относится к котловинным озерам тектонического происхождения, его высота над уровнем моря 434 м, длина 78,6 км, площадь зеркала 227,3 км². Средняя прозрачность 5,8 м, средняя глубина 181 м, максимальная – 323 м. Время условного водообмена 5-7 лет, среднее годовое содержание O₂ – 11,24 мг/л (Селегей, 1978; Selegei, 2001). Придонная температура изменяется в литорали (до 10 м) в пределах 1,8-11,7 °С, в сублиторали (до 40 м) 1,4-7,6 °С, в профундали 2,1-4,2 °С (Селегей, 1978).

Широтная часть озера включает Северо-западное мелководье и Камгинский залив, характеризуется галечниковыми или илистыми грунтами с зарослями водных растений. Меридиональная часть состоит из заиленного Глубокого плёса со скалистыми и каменистыми берегами и песчано-галечникового Южного мелководья (Лепнева, 1949). Заболоченные берега имеются в дельтах рек Чулышман, Кыга, Камга, Колдор, Самыш, Ойер (Паводковая периодичность..., 2000).

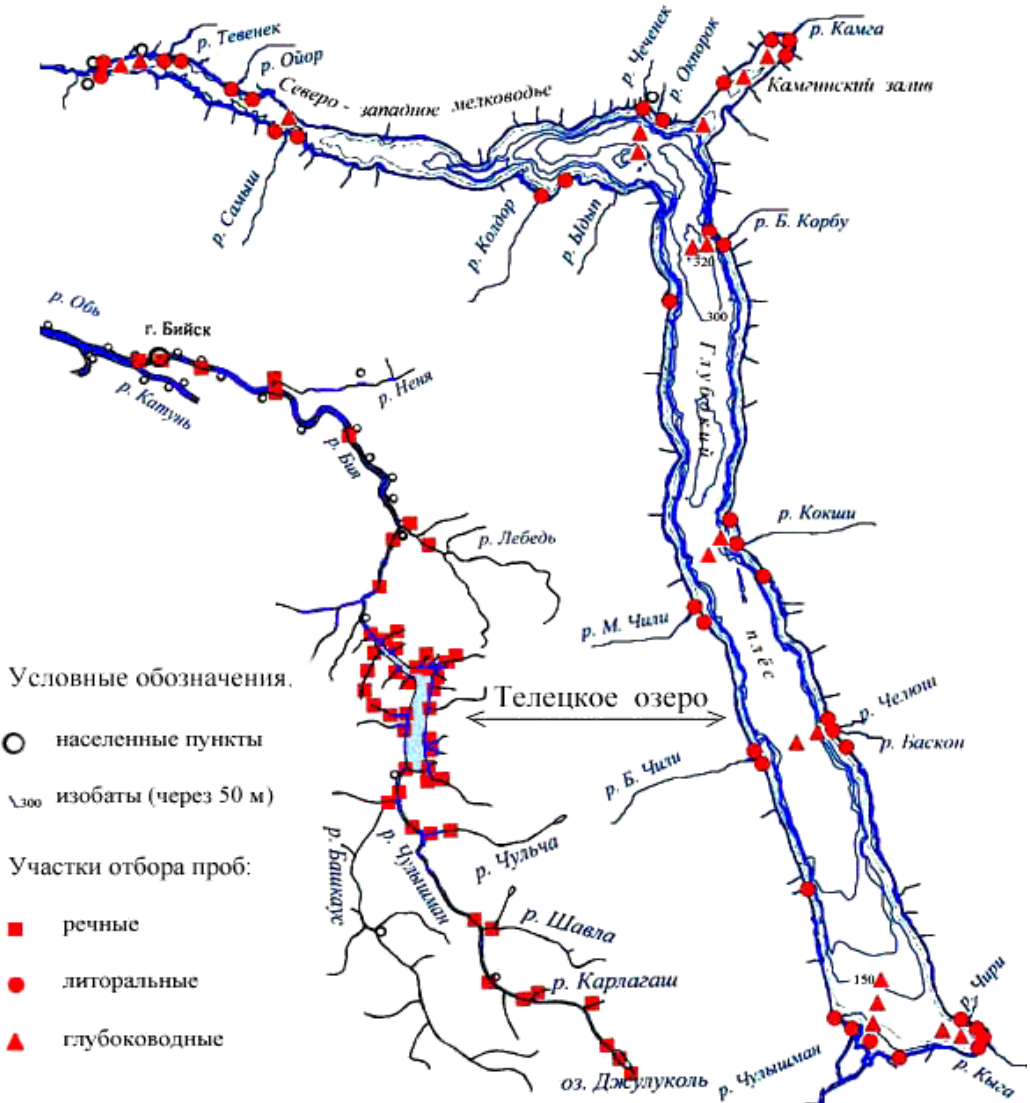


Рис. 1. Схемы бассейна реки Бия и Телецкого озера с указанием участков отбора проб

Характерные черты озера – значительная волновая активность, препятствующая образованию льда в его меридиональной части и обратно-трапециевидная форма котловины с обширной профундалью (73,4% от площади дна), наклонной сублиторалью (18,8%) и незначительной литоралью (7,8%). По содержанию хлорофилла «а» Телецкое озеро относится к ультраолиготрофно-олиготрофным водным объектам (Кириллова, 2002). Основная часть первичной продукции создается литоральными альгоценозами. Площадь зарослей высших водных растений составляет около 30% литорали (Зарубина, 2005; Ким, 2005). Организмами зообентоса питаются 11 из 13 видов рыб Телецкого озера (Рыбы..., 1981).

Глава 3. Материалы и методы исследований

Использованы литературные данные по результатам исследований зообентоса Телецкого озера и рек бассейна Бии за 1901-2002 гг. (31 источник), архивы и коллекции ЛВЭ ИВЭП СО РАН за 1992-2004 гг. и собственные сборы автора 1993-2004 гг. Обработаны 862 пробы, из них 229 – из литорали Телецкого озера, 378 – из глубоководной части, 255 проб из 27 рек бассейна (реки Чулышман, М. Чили, Самыш, Тевенек и Бия были исследованы на всем протяжении). Соискатель участвовал в отборе и обработке 80% проб. Все сборы проводили в период открытой воды. Использовали сачок-промывалку, штанговый и глубинный дночерпатели, дополнительно – авторские модели речного пробоотборника (Ковешников, 2005) и зарослечерпателя.

При камеральной обработке применяли торсионные весы, микроскопы, рисовальный аппарат. Для статистической обработки данных использовали программы Microsoft Excel, Statistica-6. Для сравнения видового состава зообентоса различных участков применяли индекс видового сходства Жаккара (Песенко, 1982) и попарные меры включения (Андреев, 1980). Для оценки качества воды по структурным характеристикам зообентоса использовали следующие индексы:

1) биотический индекс Вудивисса (1964); 2) олигохетный индекс Гуднайта и Уитлея (1961); 3) индекс информативности Шеннона (1963); 4) олигохетный индекс Пареле (1974); 5) индекс сапробности олигохет Попченко (1988); 6) олигохетный индекс Бринкхурста (1966); 7) олигохетный индекс Цанера (1964); 8) хирономидный индекс Балушкиной (1976). Значения индексов ранжировали в соответствии с ГОСТ 17.1.3.07-82 и шкалой оценки состояния пресноводных экосистем

(Критерии, 2001), учитывали критерии инвариантных состояний зообентоса (Руководство..., 1992).

Глава 4. Видовое разнообразие, пространственное распределение и сезонная динамика зообентоса водоёмов бассейна реки Бия

По ретроспективным и современным данным, зообентос бассейна Бии включает 581 вид из 306 родов, 106 семейств, 28 отрядов, 12 классов и 8 типов. Впервые для бассейна указано 249 видов зообентоса. В стоячих водах бассейна обнаружено 396 видов, из них 382 встречаются в Телецком озере (в профундали – 44, в сублиторали – 85, в литорали – 369). В реке Чулышман и ее притоках обнаружено 156 видов, в реках Телецкой котловины (ТК) – 291, в реке Бия и её притоках – 123.

Уровень видового разнообразия зообентоса Телецкого озера и речных систем бассейна близок к уровню хорошо изученных водных объектов России. По количеству видов к Телецкому озеру наиболее близко оз. Ладожское – 385 видов (Биологические ресурсы..., 1968), к рекам ТК – водотоки бассейна р. Кама – 296 видов (Алексеевнина, 2005).

Характерной чертой таксономической структуры зообентоса рек бассейна является преобладание комаров-звонцов (преимущественно п/сем. Orthocladiinae), ручейников сем. Limnephilidae, веснянок сем. Perlodidae и подёнок сем. Heptageniidae (табл. 1). Особенностью зообентоса речной системы р. Чулышман является относительно высокое разнообразие моллюсков и комаров-звонцов п/сем. Chironominae, а зообентоса системы р. Бия – высокое разнообразие олигохет и низкое разнообразие «прочих двукрылых», обычных для притоков озера.

Таксономическая структура зообентоса Телецкого озера характеризуется преобладанием комаров-звонцов (преимущественно п/сем. Chironominae), ручейников сем. Limnephilidae, разнообразием моллюсков, малощетинковых и круглых червей. Отличительными чертами глубоководного участка (сублиторали и профундали) являются отсутствие других двукрылых, кроме хирономид, и высокое разнообразие олигохет и нематод на фоне низкого разнообразия других таксонов. Литораль озера отличается наибольшим таксономическим разнообразием и относительной выравненностью доли различных таксонов.

Список видов литорали Телецкого озера является наиболее универсальным, прочие списки включены в него не менее чем на 47%, что объясняется большим разнообразием биотопов в литорали озера. Высокая степень включения списка видов для глубоководной части

озера в список для литорали свидетельствует о небольшом уровне оригинальности зообентоса сублиторали и профундали.

Таблица 1

Доля отдельных таксонов (%) в списках видов зообентоса основных участков бассейна р. Бия

| Таксоны, лидирующие по видовому разнообразию | Выше озера | | Телецкое озеро | | Ниже озера |
|--|-------------------------|---------|----------------|-------------------------|--------------------|
| | р. Чулышман с притоками | реки ТК | литораль | сублитораль, профундаль | р. Бия с притоками |
| Насекомые | | | | | |
| Двукрылые | | | | | |
| Комары-звонцы | | | | | |
| п/сем. Chironominae | 15 | 6 | 18 | 28 | 6 |
| п/сем. Orthoclaadiinae | 13 | 16 | 13 | 5 | 15 |
| п/сем. Diamesinae | 2 | 4 | 3 | 6 | 7 |
| Прочие двукрылые | | | | | |
| отр. Diptera (без Chironomidae) | 6 | 10 | 5 | 0 | 2 |
| Прочие насекомые | | | | | |
| сем. Limnephilidae | 6 | 10 | 7 | 5 | 8 |
| сем. Perlodidae | 6 | 3 | 0 | 0 | 8 |
| сем. Capniidae | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 |
| сем. Heptageniidae | 4 | 4 | 2 | 0 | 3 |
| сем. Ephemerellidae | 1 | 3 | 1 | 0 | 3 |
| сем. Dytiscidae | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 |
| Водяные клещи | | | | | |
| отр. Acariformes | 3 | 3 | 5 | 3 | 2 |
| Моллюски | | | | | |
| кл. Gastropoda | 5 | 2 | 5 | 3 | 4 |
| кл. Bivalvia | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 |
| Малощет. черви | | | | | |
| отр. Naidomorpha | 1 | 3 | 4 | 11 | 5 |
| Круглые черви | | | | | |
| кл. Nematoda | 0 | 1 | 3 | 7 | 0 |
| Прочие таксоны: | 32 | 29 | 26 | 28 | 33 |

Видовые списки для речных систем Чулышмана и Бии включены в список для речной системы ТК за счет разных видов, сходство их между собой незначительно (рис. 2). По литературным данным были определены ареалы распространения 87% видов. Основу зообентоса бассейна формируют виды, широко распространенные на севере Голарктики. Согласно схеме биогеографического районирования суши (Второв, 1978; Реймерс, 1990), наибольшее участие в формировании зообентоса бассейна принимают Европейская и Ангарская области Палеарктики: на них распространяются ареалы 23% и 22% видов,

соответственно. Ареалы речных видов в большей степени приурочены к восточным областям Палеарктики.

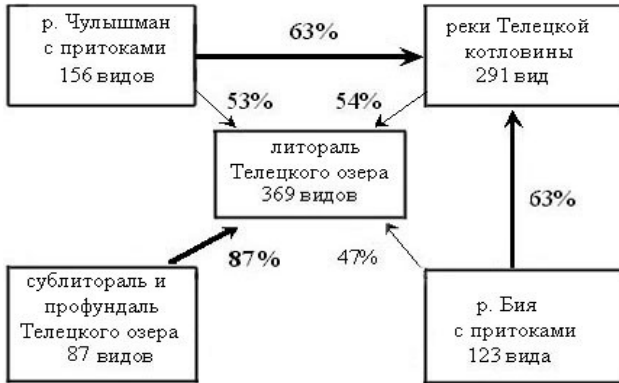


Рис. 2. Ориентированный мультиграф бинарных отношений на множестве мер включения описаний видового состава зообентоса основных участков бассейна Бии (при пороге 45%)

Уровень эндемизма зообентоса в бассейне Бии незначителен и имеет видовой ранг. Список эндемиков бассейна по разным оценкам составляет 12-37 видов, что не превышает 6 % видового состава. Уровень эндемизма зообентоса Телецкого озера (3-8%) несопоставим с Байкалом (60%) и ниже, чем в Братском водохранилище (13%) (Аннотированный список..., 2001; Линевич, 2002; Ербаева, 2002).

Распределение зообентоса от истока реки к её устью изучали в трёх разнотипных водотоках бассейна: Чулышман, Тевенек и Бия. Распределение численности, биомассы, количества видов и индекса Шеннона в руслах исследованных рек имеет мозаичный характер, закономерного увеличения этих показателей вниз по течению отмечено не было. В наиболее крупных реках (Чулышман и Бия) наблюдается изменение видового состава, таксономической и трофической структуры доминирующего комплекса вниз по течению, соответствующее изменению абиотических и биотических условий. В истоке Бии зообентос в основном представлен озёрными формами, вниз по течению увеличивается отличие таксономического состава с вышележащими участками бассейна и формируется собственное донное население реки. Зообентос р. Тевенек не претерпевает резких изменений от истока к устью.

Сезонную динамику зообентоса исследовали в устье 11 притоков озера (1998 г.) и в истоке Бии (2004 г.). В притоках отмечено два

сглаженных сезонных пика: в июле-августе (обусловлен увеличением биомассы ручейников) и октябре (на разных реках был связан с развитием разных групп, в основном двукрылых, гаммарид и ручейников). За время наблюдений (1997-2004 гг.) численность и биомасса зообентоса р. Чулышман изменялись в пределах 0,4-0,5 тыс. экз./м² и 1,3-8,7 г/м². В других притоках Телецкого озера: 0,2-22,3 тыс. экз./м² и 0,2-24,6 г/м²; в реке Бия: 0,2-3,5 тыс. экз./м² и 0,2-12,8 г/м². При близких значениях скорости течения, количество зообентоса всегда было выше на устойчивых глыбовых и щебнистых грунтах, чем на подвижных валунах или песчано-галечниковом грунте. В связи с этим стабильно низкие показатели отмечали в устье главного русла р. Чулышман (песок, галька) и стабильно высокие – в устье р. Малые Чили (щебень, глыбы).

Исследовано пространственное распределение и сезонная динамика таксономического состава, доминирующего комплекса и количественных показателей донных беспозвоночных Телецкого озера. Зообентос водоёма в целом характеризуется преобладанием хирономид и олигохет по численности и существенным их вкладом в биомассу. Выявлены следующие тенденции вертикального распределения зообентоса в озере: с увеличением глубины уменьшается его таксономическое разнообразие; уменьшается численность и биомасса всех групп зообентоса, кроме кл. *Oligochaeta*; уменьшается амплитуда сезонных колебаний количества и биоразнообразия зообентоса в связи с увеличением доли долгоживущих олигохет.

В литорали озера зообентос распределен неравномерно. На удаленных от притоков участках литорали меридиональной части озера, подверженных прибою, наблюдаются минимальные значения численности, биомассы и видового разнообразия. Максимальные значения наблюдаются в июле-августе в литорали широтной части, особенно на заболоченных участках, под зарослями водных растений: до 5 тыс. экз./м², 30 г/м² и 28 видов в пробе. Высокие значения численности, биомассы и таксономического разнообразия зообентоса на зарастающих участках литорали широтной части озера наблюдаются в течение всего периода открытой воды, преобладают лимнофилы, участие речных видов в формировании донного населения невелико.

На участках sublиторали, расположенных вблизи наиболее крупных рек (Чулышман, Кыга, Самыш), отмечено увеличение доли олигохет. Максимальные за период наблюдений значения численности и биомассы глубоководного зообентоса отмечены на этих же участках: в sublиторали – 14,1 тыс. экз./м² и 25,5 г/ м²; в профундали – 8,8 тыс.

экз./м² и 12,4 г/м². Пики развития глубоководного зообентоса вблизи крупных притоков были обеспечены массовым развитием олигохет сем. Tubificidae.

Глава 5. Типизация донных сообществ и оценка экологического состояния водоёмов бассейна реки Бия

5.1 Сообщества донных беспозвоночных водотоков бассейна реки Бия. На различных участках рек проводили сравнение таксономического состава донных беспозвоночных, типа питания и способа добывания пищи, структуры доминирующего комплекса на видовом, родовом и более высоких уровнях; анализировали изменение биомассы, численности и индекса Шеннона от верховий притоков Телецкого озера к устью р. Бия. Установлено, что наиболее показательной характеристикой пространственного распределения речного зообентоса в зависимости от изменения абиотических и биотических условий от истока к устью является изменение структуры доминирующего по биомассе комплекса на уровне крупных таксонов, преимущественно на уровне семейств; для сем. Chironomidae – на уровне подсемейств.

Это изменение было положено в основу типизации речных донных сообществ в соответствии с классификацией участков речного русла по Иллиес-Ботошняну (Illies, 1963) (табл. 2; рис. 3). Выявлено четыре основных и два переходных типа речных донных сообществ.

Эпиритральный тип сообществ наблюдается в зоне формирования стока, характеризующейся малым уклоном русла, каменистым дном с крупным детритом и зарослями водных растений. Это сообщества собирателей: эври-, детрито- и фитофагов. Чаще других доминируют семейства Gammaridae (в 56% проб), Heptageniidae (56%), Limnephilidae (31%). Только здесь в состав доминирующего по биомассе комплекса могут входить семейства Planariidae, Chloroperlidae, Nouridae, Ceratopogonidae и Simuliidae.

Метаритральный тип – в зоне эрозии с максимальным уклоном русла. Каменистое дно, мелкий детрит, развитый фитоэпилитон. Преобладают альго- и детритофаги (собиратели и соскабливатели). Обычно доминируют семейства Glossosomatidae (71%) и Heptageniidae (41%). Доминанты-индикаторы – семейства Glossosomatidae, Stenopsychidae, Ephemerellidae, Capniidae и Blephariceridae. Сообщества всех исследованных верховий рек относятся к эпиритральному типу, замена этого типа метаритральным происходит только в реках длиной не менее 10 км и обладающих протяженным порожистым участком.

Гипоритральный тип – в верхней зоне осадконакопления с малым уклоном. Галечниково-песчаное дно, мелкий детрит, редкие заросли водных растений. В составе доминирующего комплекса появляются зоофаги, преобладают фито- и детритофаги (собиратели и соскабливатели). Обычные доминанты – сем. Lymnaeidae (70%), п/сем. Chironominae (30%). Доминанты-индикаторы – семейства Hydropsychidae, Arctopsychidae, Haliplidae.

Потамальный тип – в нижней зоне осадконакопления с минимальным уклоном, песчано-илистым дном и прибрежными зарослями водных растений. Обычные доминанты – сем. Lymnaeidae (63%) и п/сем. Chironominae (50%). Доминанты-индикаторы – кл. Hirudinea, сем. Tubificidae, кл. Bivalvia, семейства Ephemerae, Dytiscidae и Tipulidae. В потамали наблюдается максимальное разнообразие пищевых групп и способов питания, включая грунтоядные и фильтрующие формы; преобладают фито-, детрито-, пело- и зоофаги.

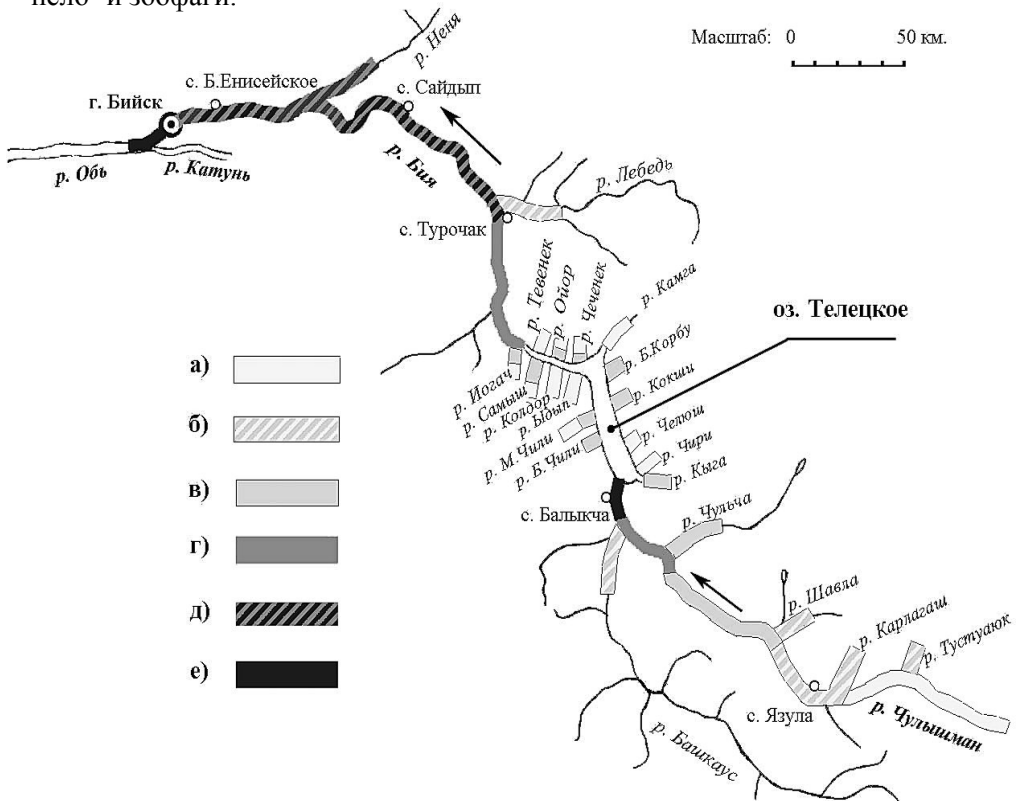


Рис. 3. Распределение донных сообществ разного типа в водотоках бассейна р. Бия
 Тип сообщества: а – эпиритральный, б – переходный эпи-метаритральный, в – метаритральный, г – гипоритральный, д – переходный гипоритрально-потамальный, е – потамальный

Таблица 2

Доминирующие и субдоминирующие по биомассе таксоны донных беспозвоночных на различных участках лотической системы бассейна р. Бия

| Зона формирования стока | Зона эрозии | Верхняя зона осадконакопления | Нижняя зона осадконакопления |
|---|---|--|--|
| класс Turbellaria | | | |
| <i>Planariidae</i> | – | – | – |
| тип Annelida | | | |
| – | – | Naididae | Naididae <i>Tubificidae</i> <i>Hirudinea</i> |
| тип Mollusca | | | |
| – | – | Planorbidae Lymneidae | Planorbidae Lymneidae <i>Bivalvia</i> |
| отряд Amphipoda | | | |
| Gammaridae | Gammaridae | Gammaridae | – |
| отряд Ephemeroptera | | | |
| Baetidae Heptageniidae | Baetidae Heptageniidae Ameletidae <i>Ephemerellidae</i> | Ameletidae Heptageniidae | <i>Ephemeridae</i> Heptageniidae |
| отряд Plecoptera | | | |
| <i>Chloroperlidae</i> <i>Nemouridae</i> | Perlodidae <i>Capniidae</i> | Perlodidae | – |
| отряд Trichoptera | | | |
| Rhyacophilidae Limnephilidae | <i>Glossosomatidae</i> <i>Stenopsychidae</i> Rhyacophilidae Limnephilidae Brachycentridae | <i>Arctopsychidae</i> <i>Hydropsychidae</i> Brachycentridae Limnephilidae | Limnephilidae Brachycentridae |
| отряд Coleoptera | | | |
| Elmidae | Elmidae | <i>Haliplidae</i> | <i>Dytiscidae</i> |
| отряд Diptera (исключая семейство Chironomidae) | | | |
| Limoniidae <i>Ceratopogonidae</i> <i>Simuliidae</i> | Limoniidae <i>Blephariceridae</i> | Limoniidae | <i>Tipulidae</i> |
| семейство Chironomidae | | | |
| Orthocladiinae Chironominae | Orthocladiinae Chironominae | Orthocladiinae Chironominae | Chironominae |

| | | | |
|--|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| | Diamesinae | Diamesinae | |
| Типы сообществ, соответствующие участкам лотической системы | | | |
| Эпиритральный | Метаритральный | Гипоритральный | Потамальный |

Примечание – *жирным курсивом* выделены индикаторы соответствующих типов сообществ.

«Переходными» названы сообщества с доминантами из смежных основных типов. Сообщества верхнего течения р. Чулышман и её притоков, рек Телецкой котловины, притоков верхнего и среднего течения р. Бия варьируют в диапазоне эпиритрального-метаритрального типа. Донные сообщества в диапазоне гипоритрального-потамального типа отмечены только в реке Бия, в нижней части рек Неня и Чулышман. Реки Камга, Кыга, Колдор, Самыш и Чебачья протока р. Чулышман при впадении в озеро образуют дельты. В случае подтопления водой озера в них формируются те же сообщества, что в прилегающей литорали. Это дает основание рассматривать сообщества затопленных дельт как часть экосистемы озера, а не его притоков. Аналогичная ситуация наблюдается в истоке р. Бия.

В целом последовательная смена сообществ от истоков к устью определяется факторами, связанными с рельефом местности. Изменение видового состава, изменение механизмов питания и увеличение разнообразия пищевого поведения подтверждают положения «концепции речного континуума», что позволяет рассматривать донные сообщества исследованных водотоков как части единой лотической экосистемы. Разнообразие сообществ максимально в самом длинном водотоке, проходящем наибольшее число высотных поясов: в реке Чулышман, а в общем виде – в системе Чулышман-Бия.

5.2 Сообщества донных беспозвоночных Телецкого озера. В основу типизации были положены различия таксономической и трофической структур зообентоса в наиболее характерных биотопах с учётом сезонной динамики этих показателей (рис. 4).

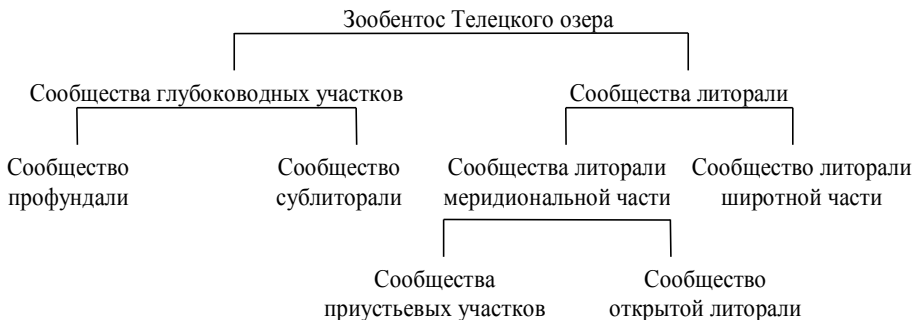


Рис. 4. Типизация сообществ донных беспозвоночных Телецкого озера

Сообщества глубоководных участков характеризуются невысоким биоразнообразием. Основу донного населения составляют формы, способные существовать в условиях глубоководий, амфибионты представлены только семействами Chironomidae и Limnephilidae, приуроченными к сублиторали. От сублиторали к профундали возрастает доля малощетинковых червей, а общее таксономическое разнообразие, численность и биомасса зообентоса понижаются. Характерной чертой глубоководных сообществ является отсутствие выраженной сезонной динамики таксономической и трофической структуры. В сообществе **сублиторали** в течение всего сезона по численности и биомассе доминируют общие с литоралью виды сем. Tubificidae и п/сем. Chironominae, преобладающий тип питания – детрито- и альгофагия. В сообществе **профундали** доминируют грунтоядные олигохеты сем. Tubificidae и сем. Nematoda. Средняя биомасса в период летней температурной стратификации (июль-август 1996, 1999, 2000, 2004 гг.) для сообщества сублиторали (65 проб) составила $2,2 \pm 0,5$ г/м², из которых 56% олигохет, а для сообщества профундали (102 пробы) – $1,0 \pm 0,2$ г/м² (олигохет 93%).

Сообщества литорали характеризуются высоким биологическим разнообразием и выраженной сезонной динамикой таксономической и трофической структуры. В сообществах литорали **меридиональной части** озера в период весеннего нагревания по численности и биомассе доминируют собиратели широкого спектра питания, в основном представители отр. Ephemeroptera и р. Gammarus. В период летней температурной стратификации, на пике развития фитоперифитона (Ким, 2005), доминируют собиратели: альго-, эври- и детритофаги (преимущественно сем. Chironomidae, р. Gammarus, отр. Trichoptera и кл. Oligochaeta). К периоду осеннего охлаждения значительно увеличивается доля сем. Chironomidae и т. Mollusca. При этом в сообществах **приустьевых участков** доминируют те же виды, что и в нижнем течении притоков, а в сообществе **открытой литорали** – озерные виды. Количественные показатели обычно невелики: от случаев отсутствия (весной или после шторма, вдали от притоков) до 2 тыс. экз./м² и 1,7 г/м² (летом, вблизи устьев притоков). Средняя биомасса зообентоса литорали меридионального участка за период летней стратификации (91 проба) составила $1,4 \pm 0,2$ г/м². В литорали **широтной части** озера донное сообщество меньше зависит от населения притоков, в основном оно приурочено к зарослям, где

достигает максимального видового разнообразия в июле-августе. В период весеннего нагревания в широтной части доминируют собиратели: эври-, детрито- и пелофаги (обычно р. *Gammarus*, сем. *Chironomidae* и кл. *Oligochaeta*). В период летней стратификации и максимального прогрева верхнего слоя воды наблюдается пик развития высших водных растений и фитоперифитона (Ким, 2005; Литоральные..., 2005). При этом вне зарослей доминируют представители кл. *Oligochaeta*, сем. *Chironomidae* и отр. *Trichoptera*, а под зарослями и у заболоченных берегов – сем. *Chironomidae*, кл. *Oligochaeta*, р. *Gammarus* и кл. *Gastropoda*. Преобладают собиратели: альго- и детритофаги; в зарослях в состав доминант входят и зоофаги, но преобладают виды, собирающие водоросли и детрит с поверхности листьев. Средняя биомасса зообентоса литорали широтной части озера в период летней стратификации (79 проб) составила $2,8 \pm 0,5$ г/м². В период осеннего охлаждения доминирование представителей кл. *Oligochaeta*, сем. *Chironomidae* и кл. *Gastropoda* распространяется на всю литораль широтного участка. Наибольшее количество и разнообразие зообентоса Телецкого озера обычно отмечали в северо-восточной части Камгинского залива и на участке между реками Ойор и Тевенек.

Таким образом, вертикальное распределение зообентоса в Телецком озере соответствует экологической зональности дна, при этом пространственная неоднородность и сезонная динамика сильнее выражены в литорали, чем в сублиторали и профундали. Существенное влияние на формирование зообентоса в широтной части озера оказывает медленное нарастание глубин, наличие мелководий с зарослями водных растений и заиленным грунтом. Уменьшение средних значений численности и биомассы зообентоса на створах меридиональной части озера по отношению к створам широтной части связано с более быстрым нарастанием глубин, большей глубиной профундали и большей прибойно-волновой активностью в литорали. С учетом площадей различных участков дна водоёма и особенностей пространственного распределения зообентоса была рассчитана валовая биомасса зообентоса Телецкого озера для периода летней температурной стратификации – 312 тонн (при средней для озера величине $1,3$ г/м²), доля биомассы малощетинковых червей – около 70%. Большая часть зообентоса (54,4% общей биомассы) сосредоточена в профундали озера; 32,6% приходится на сублитораль; около 8,8% – на литораль широтной части и только 4,2% биомассы приходится на литораль меридиональной части озера. Учитывая стабильность

количественных показателей зообентоса в глубоководной части озера и решающее значение этого участка в формировании общей биомассы даже в летние месяцы (когда развитие зообентоса в литорали максимально), можно заключить, что глубоководная часть определяет уровень биомассы зообентоса Телецкого озера в течение всего года. Указанные тенденции вертикального распределения зообентоса в Телецком озере и его количественные характеристики соответствуют характеристикам зообентоса других глубоких олиготрофных озер умеренных широт.

5.3 Оценка качества природных вод бассейна реки Бия по зообентосу. Оценку качества воды проводили как на заповедной, так и на неохраемой территории, в сообществах всех выявленных типов: в низовьях пяти рек ТК (1997, 1998, 2004 гг.), на всем протяжении Чулышмана (2001) и Бии (2002) с низовьями их притоков, на 21 участке литорали Телецкого озера (2004) и 19 его глубоководных участках (по архивным материалам ЛВЭ 1996-2002 гг.). Использовали восемь общепринятых и рекомендованных руководствами биотических индексов (Методы..., 1976; Оценка..., 1982; Унифицированные методы..., 1983; Руководство..., 1992; Критерии, 1994). Индекс Пантле - Букка не использовали в связи с низкой встречаемостью видов – индикаторов сапробности. С учетом установленных закономерностей распределения зообентоса для каждого участка были выбраны индексы, отражающие состав конкретного сообщества и возможное изменение его структуры в случае загрязнения. Из них дополнительными названы индексы, способные фиксировать не только загрязнение, но и незначительное изменение условий среды на данном участке, приводящее к изменению структуры доминирующего комплекса в пределах естественных (в т. ч. сезонных) колебаний. Основными названы индексы, которые фиксируют только более значительное изменение среды и структуры сообщества, согласуются между собой и с оценкой качества воды по гидрохимическим показателям (Материалы..., 2004; Доклад..., 2004). Построены сводные таблицы с указанием значений основных, дополнительных и не рекомендуемых индексов, которые можно использовать при организации экологического мониторинга водных объектов бассейна Бии по зообентосу.

На участках водотоков эпиритрального-гипоритрального диапазона в качестве основных индексов целесообразно использовать индексы Шеннона (кроме ледниковых ручьев) и Гуднайта - Уитлея, в качестве дополнительного – индекс Балушкиной. На участках с донными сообществами потамального и гипоритрально-потамального типа можно

использовать наибольшее количество индексов: основные – Шеннона, Гуднайта - Уитлея, Пареле, Попченко; дополнительные – Балушкиной и Вудивисса. В истоке р. Бия рекомендуется использовать индексы Пареле и Попченко как основные и индекс Балушкиной как дополнительный.

По значению основных индексов вода всех исследованных притоков Телецкого озера и притоков Бии соответствует I классу и оценивается как «очень чистая» (ГОСТ 17.1.3.07-82). Дополнительные индексы отмечают ухудшение условий в нижнем течении рек Чулышман и Неня, соответствующее III классу качества «умеренно загрязненные воды». Но значения этих индексов определяются комплексом природных условий потамали (в частности, высокой долей п/сем. Chironominae) и находятся в пределах «удовлетворительной экологической ситуации» (Критерии..., 1994; Шитиков, 2003). Вода реки Бия, по значению основных индексов, соответствует I-II классу качества и оценивается как «чистая». Понижение значений индексов до уровня II-III класса отмечено только в устье реки, ниже города Бийска. Данное загрязнение, в отличие от низовий рек Чулышман и Неня, регистрируют как дополнительные, так и основные индексы. Резкое увеличение доли сем. Tubificidae ниже города может указывать на органическое загрязнение реки. Результаты оценки по зообентосу согласуются с результатами одновременной оценки по высшим водным растениям (Разработка..., 2005) и с результатами гидрохимического мониторинга 2002-2003 гг. (Материалы..., 2004; Доклад..., 2004). Для получения интегральной оценки качества воды в притоках Телецкого озера мониторинг рекомендуется организовать в их нижнем течении, но выше затопляемых дельт. Мониторинг реки Бия рекомендуется организовать в двух пунктах: выше с. Б. Енисейское – для оценки долговременных изменений и выше с. Сорокино – для оценки влияния города Бийска.

В литорали Телецкого озера (исключая заболоченные участки) целесообразно использовать индексы Шеннона и Гуднайта - Уитлея в качестве основных и индекса Балушкиной – в качестве дополнительного. На заболоченных участках литорали вблизи впадения рек Чулышман, Кыга, Камга, Колдор, Самыш и Ойор нужно использовать индексы Шеннона и Цанера как основные, и индексы Балушкиной и Гуднайта - Уитлея – как дополнительные. Для профундали и сублиторали по многолетним данным ранее были рекомендованы индексы Бринкхурста и Цанера (Биологические индикаторы..., 2007). На основании новых и архивных данных воду Телецкого озера, на подавляющей части акватории, можно оценить I-II классом качества, «очень чистая - чистая», участки ухудшения качества воды незначительны по площади и

приурочены к местам с повышенным природным уровнем содержания органических веществ. В сублиторали они локализованы вблизи устьев рек Чулышман и Самыш, где значения индексов могут понижаться до уровня II-III класса. В литорали такие участки расположены вблизи заболоченных берегов широтного участка озера (включая территорию заповедника), где значения индексов могут понижаться до III класса (Самыш), до IV класса (Ойор) и даже до V-VI класса (в Камгинском заливе). Установленные тенденции распределения загрязнения в целом согласуются с данными гидрохимического мониторинга 2002-2003 гг. (Доклад..., 2004). Однако все без исключения случаи понижения значений индексов в Телецком озере определялись не уменьшением количества и разнообразия отдельных групп, а разной степенью увеличения этих показателей и соответствующим изменением структуры донного сообщества.

Относительно высокая концентрация органического вещества на заболоченных участках – БПК₅ до 4,7 при обычном для озера летнем значении <1 мг О₂/дм³ (Долматова, 2008) – приводит к увеличению численности, биомассы и таксономического разнообразия общего зообентоса за счет увеличения доли полисапробных видов (главным образом, обычных для озера тубифицид), что является признаком метаболического и экологического прогресса (Руководство, 1992). Такая реакция зообентоса на субсидию органического вещества может объясняться его дефицитом в олиготрофном озере при благоприятном кислородном режиме. Это позволяет рассматривать заболоченные участки литорали и участки сублиторали вблизи устьев рек Чулышман и Самыш как специфические локальные биотопы Телецкого озера. В связи с незначительной площадью этих участков проводить по ним оценку качества воды всего Телецкого озера нельзя. Мониторинговые участки для озерной литорали рекомендуется организовать в 100-200 м восточнее устьев рек Тевенек и Самыш. Эти пункты достаточно удалены от притоков и заболоченных участков, обладают развитым и устойчивым донным сообществом и расположены вблизи возможных источников антропогенного загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. По ретроспективным и современным данным, зообентос бассейна реки Бия включает 581 вид. В Телецком озере обнаружено 382 вида, в р. Чулышман и её притоках – 156, в реках Телецкой котловины – 291,

в р. Бия и её притоках – 123. Основу бентофауны бассейна составляют виды европейского и ангарского распространения, доля эндемичных видов не превышает 6%.

2. Средняя многолетняя биомасса зообентоса Телецкого озера в период летней температурной стратификации составляет $1,3 \text{ г/м}^2$ (в профундали $1,0 \text{ г/м}^2$; в сублиторали – $2,2 \text{ г/м}^2$; в литорали широтного участка озера – $2,8 \text{ г/м}^2$ и в литорали меридионального участка – $1,4 \text{ г/м}^2$). Основу биомассы зообентоса в профундали составляют сем. Tubificidae и сем. Nاپlotaxidae; в сублиторали – сем. Tubificidae, п/сем. Chironominae; в литорали сем. Chironomidae, кл. Oligochaeta, сем. Gammaridae, отр. Trichoptera.
3. Сезонные колебания состава, структуры и количества зообентоса в литорали Телецкого озера выражены сильнее, чем в сублиторали и профундали. Максимального количества и биоразнообразия зообентос озера достигает в летние месяцы на заболоченных участках литорали и вблизи впадения притоков; минимального – весной в прибойной зоне.
4. Биомасса зообентоса в реках бассейна р. Бия варьирует в пределах $0,1\text{-}24,6 \text{ г/м}^2$ с максимальными значениями на каменистом грунте и минимальными – на песчаном. Основу биомассы зообентоса в эпиритрали составляют сем. Gammaridae, сем. Heptageniidae и сем. Limnephilidae; в метаритрали – сем. Glossosomatidae, сем. Heptageniidae; в гипоритрали и потамали – сем. Lymneidae, п/сем. Chironominae.
5. Трофическая структура речных сообществ последовательно усложняется от горных истоков к устью р. Бия. В эпиритрали преобладают собиратели, в метаритрали – собиратели и соскабливатели, в гипоритрали – собиратели, соскабливатели и хищники; в потамали – собиратели, соскабливатели, хищники и фильтраторы.
6. Качество воды исследованных притоков озера преимущественно соответствует I классу, Телецкого озера – I-II классу, реки Бия – II классу. Изменения значений индексов в устьях рек Чулышман и Неня (до III класса) и в Телецком озере (локально до III-VI класса) определяются природными факторами. Ухудшение качества воды в результате антропогенного воздействия отмечено только в устье Бии, ниже города Бийска (до III класса).

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Руднева, Л.В. Бентосные беспозвоночные Телецкого озера / Л.В. Руднева, Е.Н. Крылова, М.И. Ковешников // Экология Южной Сибири – 2000 год: Матер. регион. научн. конф. (Красноярск, 27-28 ноября 1997). – Красноярск: КГУ, 1997. – С.74.
2. Мисейко, Г.Н. К фауне ручейников Горного Алтая / Г.Н. Мисейко, М.И. Ковешников // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования: Тез. докл. конф., (Томск, 22-23 января 1998). – Томск, 1998. – С. 291-293.
3. Руднева, Л.В. Зообентос Телецкого озера в 1996 году / Л.В. Руднева, Е.Н. Крылова, М.И. Ковешников // Состояние водных экосистем Сибири и перспективы их использования: Тез. докл. конф., (Томск, 22-23 января 1998). – Томск, 1998. – С. 303-305.
4. Ковешников, М.И. Современное состояние бентофауны Телецкого озера / М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Изучение и охрана природы Алтае-Саянской горной страны: Мат. научн. конф., (Горно-Алтайск, 3-6 сентября 2002). – Горно-Алтайск, 2002. – С. 65-66.
5. Ковешников, М.И. О некоторых изменениях в бентофауне Телецкого озера / М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Особо охраняемые природные территории Алтайского края и сопредельных регионов, тактика сохранения видового разнообразия и генофонда: Тез. докл. V регион. научно-практ. конф., (Барнаул, 18-19 сентября 2002). – Барнаул, 2002 – С. 31.
6. Ковешников, М.И. Зообентос реки Томи в период пониженного потенциала самоочищения / М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия: Мат. XII Междунар. конф. молодых ученых (Борок, 23-26 сентября 2002) – Борок, 2002. – С. 112-121.
7. Оценка качества воды и донных отложений реки Томи в период пониженного потенциала самоочищения / Е.Ю. Зарубина, Г.И. Тушкова, Л.А. Долматова, В.В. Кириллов, Г.В. Ким, М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Биология внутренних вод: проблемы экологии и биоразнообразия: Мат. XII Междунар. конф. молодых ученых, (Борок, 23-26 сентября 2002) – Борок, 2002.– С. 77-88.
8. **Ковешников, М.И. Зообентос литорали Телецкого озера / М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Ползуновский вестник. – 2004. – № 2. – С.162-169.**

9. Ковешников, М.И. Зообентос литорали Телецкого озера и связанных с ней рек / М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова // Горные экосистемы Южной Сибири: изучение, охрана и рациональное природопользование: Мат. 1 межрег. науч.-практ. конф. (Барнаул, 14-17 марта 2005): Труды ГПЗ «Тигирекский». – Барнаул: Алтайские страницы, 2005. – Выпуск 1. – С. 302-306.
10. Ковешников, М.И. Новая модель пробоотборника для количественного учета речного зообентоса / М.И. Ковешников, Л.В. Яныгина // Гидробиол. журн., 2005. – Т. 41, № 5. – С. 113-118.
11. **Литоральные биоценозы как один из факторов устойчивости экосистемы Телецкого озера / Е.Ю. Зарубина, Л.В. Яныгина, О.С. Бурмистрова, Е.Ю. Митрофанова, Г.В. Ким, А.В. Котовщиков, Е.Н. Крылова, М.И. Ковешников // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4, ч. 2. – С. 201-207.**
12. The role of high aquatic plants in formation of lake Teletskoye littoral zoocenoses / L.V. Yanygina, O.S. Burmistrova, M.I. Kovesnikov, E.N. Krilova. // Aquatic Ecology at the Dawn of XXI Century, (St-Petersburg, 3-7 Oktober, 2005). – Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. – St-Petersburg, 2005. – P. 108.
13. Пространственное распределение зообентоса Телецкого озера / Л.В. Яныгина, М.И. Ковешников, Е.Н. Крылова, К.В. Марусин // Озерные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Мат. III междунар. науч. конф. (Минск, 17-22 сентября 2007 г.). – Минск: «Издательский центр БГУ», 2007. – С. 274.

