

Батракина Ирина Олеговна

**МАКРОЗООБЕНТОС МАЛЫХ ВОДОТОКОВ
(ГОРНЫЕ ВОДОТОКИ, РОДНИКИ И
ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ)
БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА**

1.5.12. Зоология

Автореферат

диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Иркутск, 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Байкальский музей Сибирского отделения Российской академии наук» (БМ СО РАН), пос. Листвянка и на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ»), г. Иркутск.

Научный руководитель: **Русинек Ольга Тимофеевна**, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Байкальский музей Сибирского отделения Российской академии наук» (БМ СО РАН), главный научный сотрудник.

Официальные оппоненты: **Безматерных Дмитрий Михайлович**, доктор биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория водной экологии, главный научный сотрудник;

Зуйкова Елена Ивановна, доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систематики и экологии животных Сибирского отделения Российской академии наук, тематическая группа физиологии и генетики гидробионтов, старший научный сотрудник.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии» Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Владивосток.

Защита диссертации состоится «__»_____2024_ г. в часов на заседании диссертационного совета 24.1.119.01 Института систематики и экологии животных СО РАН по адресу: 630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11. Факс: (383)217-09-73, e-mail: dis@eco.nsc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института систематики и экологии животных СО РАН и на сайте института www.eco.nsc.ru

Автореферат разослан «_____»_____2024 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Петрожицкая Людмила
Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Зообентос является одним из важных компонентов водных экосистем, участвующим в продукционных процессах и трансформации органического вещества и энергии в водоемах (Алимов, 2000). Большинство гидробионтов являются пищей для промысловых рыб и их молоди, определяя тем самым основу кормовой базы и биологические ресурсы водоема; многие принимают активное участие в процессе самоочищения водоемов. Видовой состав и количественное развитие биоценозов донных организмов служат хорошим показателем степени загрязнения грунта и придонного слоя воды и поэтому широко используются для оценки экологического состояния водоемов (Абакумов, 1983).

Горные водотоки привлекают внимание исследователей своей уникальной и своеобразной фауной. Во всем мире проводятся исследования фауны малых рек, ручьев, родников и термальных источников (Померанцева, Селезнева, 2005; Лоскутова и др., 2022; Чужекова, 2015; Тахтеев, 2018; Pritchard, 1991; De Jong et al., 2005; De Mattia, 2007; Duggan et al., 2007; Friberg et al., 2009; Suzuki et al., 2017; Болотов и др., 2012, и др.). Малые водотоки представляют собой начальные звенья гидрографической сети и во многом определяют качество воды в водоемах, с которыми они связаны постоянно или эпизодически.

В последние десятилетия начаты исследования сообществ макробеспозвоночных малых водных экосистем Байкальского региона в связи с особенностями их гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов (Тахтеев и др., 2000а; Флора и фауна ..., 2000; Флора и фауна ..., 2001; Семерной, 2004; Кравцова, 2005; Ситникова, Тахтеев, 2006; Тахтеев, Галимзянова, 2009а; Тахтеев, Галимзянова, 2009б; Биота ..., 2009; Тахтеев и др., 2010; Еропова и др., 2014; Борисов, 2015).

Фреатические водотоки (родниковые ручьи, источники, ключи), выносящие воды на поверхность из глубоких водоносных горизонтов либо возникающие в условиях таяния снежников в высокогорьях Байкальской рифтовой зоны являются первичными поставщиками воды в притоки Байкала. Источники являются уникальными водными микроэкосистемами, зоной контакта подземной и наземной частей гидросферы, рефугиумами редких и реликтовых видов водных организмов. Их малые размеры сочетаются со стабильностью условий обитания, а температура воды, изливающейся из глубоких водоносных горизонтов, определяется географической широтой местности (Чеботарев, 1978; Тахтеев, Галимзянова, 2009а; Тахтеев, Галимзянова, 2009б). Она примерно на пять градусов выше среднегодовой температуры воздуха.

Байкальская рифтовая зона – протяжённая система горных хребтов и впадин с разнообразными ландшафтами – отличается значительным количеством минеральных и термальных источников. По подсчётам гидрогеологов, в БРЗ обнаружены несколько сотен минеральных источников, а также около ста термальных с различным гидрохимическим составом, минерализацией, дебитом и температурным режимом (Ломоносов и др., 1977) (Ломоносов, Пиннекер, 1980). Известно, что в местах термальных (с температурой воды от 20 °С и выше) выходов формируются оригинальные биоценозы, которые присущи более южным природным зонам или более низким поясам гор; а минеральных – типичные для засушливых районов группировки галобионтов (Биота ..., 2009).

Термоминеральные источники Байкальского региона придают региону особое ландшафтно-экологическое своеобразие, поскольку являются рефугиями для ряда теплолюбивых элементов водной и наземной фауны и флоры (Тахтеев и др., 2000а; Биота..., 2009). Установлено, что экосистемы горячих и минеральных источников содержат элементы соответственно теплолюбивой или галофильной биоты, свойственной другим природно-климатическим зонам (Биота..., 2009; Тахтеев и др., 2010). Изученность водных сообществ этих источников в настоящее время остается фрагментарной: детально для таких водоемов исследованы только цианобактерии (Раднагуруева и др., 2012; Потапова, Брянская, 2006; Бочка,

1995; Брянская и др., 2006; Зайцева и др., 2007).

Целью данной работы является исследование и описание состава, структуры и количественных характеристик макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона

Задачи исследования:

1. Изучить таксономический состав организмов макрозообентоса, населяющих малые водотоки с различными гидрогеологическими условиями, гидрохимическим составом и температурой вод (горные водотоки, изливающиеся из глубоких водоносных горизонтов, пресные холодноводные родники, термальные источники) Байкальского региона.

2. Провести зоогеографический анализ фауны макрозообентоса малых водных экосистем Байкальского региона.

3. Изучить структуру бентосных сообществ и количественные показатели малых горных холодных водотоков хребта Хамар-Дабан (ручьи и реки), впадающих в оз. Байкал в различных его участках; наземных гидротермальных систем Северного Прибайкалья и долины р. Баргузин; холодного родника Университетский.

4. Выполнить сравнительный анализ таксономического состава и сообществ макрозообентоса в исследованных малых водотоках Байкальского региона.

Научная новизна работы. В рамках работы впервые проведены количественные исследования макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона. Получены новые данные по видовому составу, численности и биомассе донных беспозвоночных. Впервые представлены и проанализированы количественные данные по структуре и распределению бентосных сообществ в малых горных водотоках Байкальского региона. Особое внимание уделено северному макросклону хребта Хамар-Дабан – рефугиуму со своеобразными микроклиматическими особенностями. По результатам работ на малых горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан установлено, что наибольшую эффективность при изучении сообществ горных водотоков с быстрым течением представляют исследования рипали (участки с замедленным течением), характеризующейся наибольшим биоразнообразием и количественными параметрами донной фауны.

Впервые представлена комплексная характеристика сообществ макрозообентоса термоминеральных источников Байкальской Сибири, в том числе ранее не исследованных и находящихся в труднодоступных районах.

Теоретическая и практическая значимость работы. В результате комплексных исследований получены новые данные о биологическом разнообразии и структуре сообществ макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона. Эти данные об уникальных малых водных экосистемах необходимо рекомендовать для развития теории сохранения биологического разнообразия нашей планеты в целом (и Байкальского региона в частности). Результаты исследования могут быть использованы в разработке мер по охране малых водотоков, в разработке и обоснования рекомендаций, ориентированных на минимизацию экологического ущерба. Отдельные элементы фауны донных гидробионтов могут быть рассмотрены в качестве модельных объектов, на которых можно изучать процессы видообразования, а также адаптации гидробионтов к экстремальным абиотическим условиям.

Результаты работы позволили расширить знания о фаунистическом составе и распределении биоты в наземных гидротермах. Полученные на основе многолетних исследований данные по составу и структуре сообществ донного населения малых водных экосистем Байкальского региона могут быть использованы для пополнения существующих и при создании новых (региональной и Евразийской) баз данных.

Материалы диссертации могут быть использованы в лекционных курсах и на практических занятиях по зоологии беспозвоночных, общей экологии, гидробиологии и в учебных методических пособиях для студентов ВУЗов, в подготовке научных кадров высшей квалификации, при проведении учебных и научно-познавательных экскурсий. Результаты исследований могут использоваться при разработке мер охраны реликтовых и эндемичных макробеспозвоночных региона. Обнаруженные виды гидробионтов включены в электронную базу интернет-ресурса «Фауна Байкальской Сибири». Результаты исследований представлены в

учебном пособии «Экологический мониторинг озера Байкал» (2022).

Положения, выносимые на защиту:

1. Биологическое разнообразие и структура сообществ макрозообентоса малых водных экосистем Байкальского региона определяются особенностями их географического положения, гидрологическим, гидрохимическим и температурным режимами.

2. Сравнительно высокое обилие макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона соответствует эвтрофным и мезотрофным водоемам и обусловлено поступлением значительного количества аллохтонного органического вещества.

3. Макрозообентос малых водных экосистем Байкальского региона характеризуется значительным разнообразием типов сообществ и типов ареалов населяющих их видов.

Личный вклад автора. Автором диссертационной работы самостоятельно выполнены основные этапы исследований: в ходе экспедиционных исследований с 2016 по 2020 гг. собраны пробы макрозообентоса из малых водных экосистем Байкальского региона, проведен количественный учет и идентификация организмов, камеральная обработка отобранных проб, проанализированы и обобщены результаты, рассчитаны индексы биологического разнообразия, проведен кластерный анализ термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Байкальского региона, выполнен зоогеографический анализ фауны, подготовлены иллюстративные материалы (таблицы, графики и дендрограммы), подготовлены и представлены публикации на тему исследований, полученные результаты апробированы на научных конференциях различного уровня, соответствующих профилю работы.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов определяется значительным количеством проб макрозообентоса, собранных из различных биотопов в малых водотоках Байкальского региона, а также подтверждается использованием стандартных методов сбора и обработки гидробиологического материала и методов статистического анализа. Статистические расчёты, вычисление индексов биологического разнообразия и графическое представление результатов выполнены при помощи стандартных пакетов компьютерных программ. Определения таксономического видового статуса донных беспозвоночных выполнены с использованием современной зоологической литературы и верифицированы при сравнении с коллекциями соответствующих групп организмов в профильных научных учреждениях России и консультациях с ведущими специалистами.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертационной работы представлены на 11 конференциях, 4 из которых – международного уровня: Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий», посвященная 100-летию Иркутского государственного университета (г. Иркутск, 23 апреля 2018 г.), Междисциплинарная научно-практическая конференция «The World We Live In» с докладом на английском языке «Methods of Zoobenthos and Plankton Sampling in Lake Baikal» (Иркутский район, пос. Листвянка, 16 мая 2018 г.), Международная конференция в честь 90-летия Лимнологического института СО РАН «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» (г. Иркутск, 10–14 сентября 2018 г.), 12-ый съезд Всероссийского Гидробиологического общества при РАН (Республика Карелия, г. Петрозаводск, 16–20 сентября 2019 г.), 5-ая Международная конференция «Современное состояние водных биоресурсов» (г. Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г.), V Международная конференция "Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных» (г. Томск, 26–28 октября 2020 г.), 10-ая Всероссийская конференция «Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова» (г. Владивосток, 20–22 марта 2023 г.), VI Всероссийская молодежная научно-практическая конференция с международным участием «Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий», посвящённая 110-летию профессора Карнаухова Н. И. (г. Иркутск, 21 апреля 2023 г.), III Всероссийская конференция с международным участием «Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний (ЭГДМЭМ)», посвященная 80-летию д.б.н., профессора Б. Б. Намсараева (г. Улан-Удэ, 3–7 июля 2023 г.), IV Всероссийская научно-практическая

конференция, посвященная 30-летию юбилею Байкальского музея «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле» (Иркутский район, пос. Листвянка, 25–29 сентября 2023 г.), 3-я Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук «Дружининские чтения» (г. Хабаровск, 4–6 октября 2023 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликованы 24 научные работы, в том числе 2 статьи – в зарубежных и российских журналах, включённых в базы цитирования Web of Science и Scopus, 3 – в научных журналах, включённых в список ВАК, 1 – в учебном пособии и 18 статей в сборниках научных трудов по материалам конференций международного и национального уровня.

Объём и структура и диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка использованной литературы и приложения. Материалы диссертации изложены на 238 страницах, содержит 22 таблицы, 48 рисунков, 2 приложения. Список литературы содержит 228 источников, из которых 38 – на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность за помощь в определении материала и ценные советы к работе сотрудникам Лаборатории биологии водных беспозвоночных Лимнологического института СО РАН Н. А. Рожковой и А. В. Непокрытых, Ю. М. Зверевой и Т. Я. Ситниковой; за ценные советы, замечания, консультации и помощь в определении амфибиотических насекомых А. А. Пржиборо (Лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН, г. Санкт-Петербург), С. В. Айбулатову (Лаборатория по изучению паразитических членистоногих Зоологического института РАН, г. Санкт-Петербург), Н. В. Базовой (Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ), Е. А. Макаренченко, О. В. Орел, Т. М. Тиуновой и В. А. Тесленко (Лаборатория пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток); Е. Р. Хадеевой за проведение гидрохимического анализа (Лаборатория физической географии и биогеографии Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН); за полезные замечания при подготовке диссертации А. Н. Матвееву, В. П. Самусенку, А. Л. Юрьеву, Д. А. Батраину (кафедра зоологии позвоночных ИГУ), И. В. Арову (кафедра гидробиологии и зоологии беспозвоночных ИГУ) и Ю. И. Мельникову (Байкальский музей СО РАН). Автор особенно признателен всем сотрудникам кафедры гидробиологии и зоологии беспозвоночных и зоологии позвоночных и экологии Биолого-почвенного факультета Иркутского государственного университета, а также сотрудникам Байкальского музея СО РАН за доброе отношение, поддержку, понимание и помощь в работе.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю д.б.н. О. Т. Русинек за замечания, рекомендации, ценные советы, помощь в определении материал и всестороннюю поддержку при написании диссертационной работы. Отдельную благодарность хочется выразить научному руководителю, безвременно ушедшему из жизни, д.б.н., профессору В. В. Тахтееву за неоценимую помощь, поддержку на протяжении всех этапов работы и за организацию всех экспедиционных работ.

Грантовая поддержка исследования. Диссертационная работа была выполнена при финансовой поддержке грантов Российского фонда фундаментальных исследований (№ 17-29-05067 офи м. и № 19-34-90062-Аспиранты) и при финансовой поддержке тревел гранта Иркутского государственного университета.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

В главе приводятся данные по истории исследования макрозообентоса горных водотоков, родников и термоминеральных источников Байкальского региона (на территории водосборного бассейна оз. Байкал). Представлен краткий обзор работ по изучению состава фауны и структуры сообществ макрозообентоса малых водных экосистем Байкальского региона. Важным результатом исследований фауны макрозообентоса малых горных водотоков, родников и термоминеральных источников является то, что наряду с широко-распространенными элементами в этих водных экосистемах обнаружены реликтовые и эндемичные таксоны (Верещагин, 1918; Кожов, 1950; Акиншина и др., 1988; Флора и фауна ..., 2001; Биота ..., 2009 и др.).

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

В главе представлены подробное описание района исследования, географическое положение, гидрологические (размеры водотоков, водность, сезонный режим) и гидрохимические (элементный состав вод, обеспеченность кислородом, водородный показатель) характеристики малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан, родника в пределах Олхинского плато и термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Объект исследования. В качестве объекта исследования был выбран макрозообентос, который является важным компонентом биоты водоемов, и который широко используют для оценки состояния водных экосистем. Представители макрозообентоса отличаются сравнительно крупными размерами, что значительно облегчает задачу их обнаружения в любом водоеме.

3.2. Характеристика мест отбора и объёма собранного материала. Материал для настоящей работы собран автором в ходе комплексных экспедиционных исследований под руководством В. В. Тахтеева, проводимых в период с 2016 по 2020 г. на 18 малых водотоках Байкальского региона (11 термальных источников, 1 родник, 3 ручья и 3 реки) (рис. 1). Всего было отобрано и обработано 118 проб макрозообентоса (96 количественных и 22 качественные).

Горные водотоки. Сборы материала проведены в июне–июле 2017–2019 гг. на шести близко расположенных водотоках, впадающих в Байкал на участке юго-восточного побережья протяженностью около 6 км между пос. Солзан и Мурино. Пробы отобраны в нижнем течении водотоков (реки Семиречка, Шанхайха и Ширингайха, ручьи Травянистый, руч. Безымянный-1 и руч. Безымянный-2); на р. Семиречка также на двух участках в среднем течении; на руч. Травянистый в верхнем (истоковом) и на двух участках среднего течения (33 количественных и 9 качественных проб макрозообентоса).

Родники. С января по декабрь 2003 г. проведены исследования сообществ макрозообентоса источника (родника) Университетский в пределах городской черты Иркутска (Тахтеев, 2010). В связи с незавершенностью работ исследования были продолжены в период с июля 2018 г. по июль 2019 г.: пробы отбирались ежемесячно в левом рукаве родника (35 количественных проб макрозообентоса).



Рисунок 1. Карта-схема расположения точек отбора проб зообентоса термальных источников, родников и водотоков хр. Хамар-Дабан: 1 – Киронский, 2 – Верхнезаимкинский, 3 – Хакусский, 4 – Умхэйский, 5 – Аллинский, 6 – Гаргинский, 7 – Алгинский, 8 – Толстихинский, 9 – Сеюйский, 10 – Гусихинский, 11 – Золотой Ключ, 12 – Университетский, 13 – руч. Травянистый, 14 – руч. Безымянный-1, 15 – р. Семиречка, 16 – руч. Безымянный-2, 17 – р. Ширингаиха, 18 – р. Шанхаиха.

Термоминеральные источники. В марте 2016, 2017 и 2020 гг. проведены исследования макрозообентоса в месте излияния и прилегающих участках русел трех геотермальных источников Северного Прибайкалья (Киронский, Верхнезаимкинский и Хакусский) и восьми геотермальных источников Баргузинской долины (Умхэйский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский и Золотой Ключ) (28 количественных и 13 качественных проб макрозообентоса).

3.3. Методы исследований

Сбор и обработку материала проводили по общепринятым методикам (Абакумов, 1983; Методические рекомендации ..., 1984; Винберг, 1960; Тахтеев, 2006). Для исследования макрозообентоса мы также использовали методику, разработанную В. И. Жадиным (1960), согласно которой изучение водоемов необходимо проводить различными методами, как количественными, так и качественными, регистрирующими обследованную площадь. Для оценки состава фауны и структуры бентосного сообщества использовали показатели численности и биомассы видов, а также соотношение различных таксономических групп донных организмов. Количественные пробы макрозообентоса в исследованных водотоках были отобраны бентометрами разных конструкций и площадей захвата (0,017 м² и 0,021 м² и 0,0625 м²); качественные – путём сбора животных гидробиологическим сачком. На малых водотоках также использовали предложенный В. В. Тахтеевым металлический конусовидный бентометр, более эффективный при отборе проб на мягких грунтах.

На каждом исследуемом водотоке или источнике фиксировали координаты, выполняли его общее описание, измеряли скорость течения, определяли прозрачность, цвет и запах воды. Для характеристики химического состава были отобраны пробы воды. Гидрохимические анализы выполнены по руководству А.А. Резникова (1970) на базе химико-аналитического центра Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН (Иркутск).

Камеральную обработку материала проводили в лабораторных условиях согласно рекомендациям (Абакумов, 1983). Обработка проб макрозообентоса включала в себя несколько этапов: 1. Разделение и определение организмов по таксономическим группам. 2. Расчет показателей численности и биомассы по группам организмов. 3. Идентификация макробеспозвоночных животных до родового и видового рангов. 4. Определение численности и биомассы по видам.

3.4. Статистическая обработка данных

Оценку экологического состояния водотоков производили на основе биотических индексов: индекс выравненности экологических сообществ Пиелу (Pielou, 1966), индекс разнообразия Шеннона-Уивера (Shannon, Weaver, 1949; Шеннон, 1963), индекс доминирования и индекса разнообразия Симпсона D (Мэггаран, 1992). Вычисление индексов биоразнообразия производили на видовом уровне при помощи программы PAST (Paleontological Statistics) (v. 4.03). Использованы модули описательной статистики пакетов MS Excel 2010 и Statistica (v. 10), графическое представление данных выполнено в среде MS Excel 2010. Кластерный анализ структуры сообществ макрозообентоса термальных источников выполнен в программе Statistica v. 10. Использована иерархическая кластеризация методом Уорда с применением Евклидова расстояния. Перед анализом все данные переводили в логарифмический формат (ln). Уровень трофности водоемов оценен по шкале С. П. Китаева (2007), основанной на градации водных экосистем по биомассе зообентоса.

ГЛАВА 4. ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ (ГОРНЫЕ ВОДОТОКИ, РОДНИКИ И ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ) БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

4.1. Биоразнообразие макрозообентоса горных водотоков северного макросклона

хребта Хамар-Дабан

Впервые исследован таксономический состав донной фауны шести горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (руч. Травянистый, р. Семиречка, руч. Безымянный-1, руч. Безымянный-2, р. Шанхаиха и р. Ширингаиха). Эти водотоки характеризуются небольшой протяженностью и сходными абиотическими параметрами. В нижнем течении ручьев грунты представлены заиленным песком и гравием с примесью гальки и детрита, в реках – песком и заиленным песком с примесью детрита, слюды, дресвы, а также каменистыми грунтами с обрастаниями мхов.

По результатам нашей работы установлено, что макрозообентос малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (р. Травянистый, р. Семиречка, руч. Безымянный-1, руч. Безымянный-2, р. Ширингаиха и р. Шанхаиха) представлен 4 типами, 5 классами, 10 отрядами, 25 семействами, 47 родами и 65 видами. Впервые в этих водотоках отмечено 64 вида макробеспозвоночных.

Наибольшим видовым разнообразием отличается фауна макрозообентоса обследованного на всех участках течения (верхнем, среднем и нижнем) ручья Травянистый, представленная 40 видами. В реке Семиречка представлен 21 вид макробеспозвоночных, в руч. Безымянный-1 – 17 видов, в руч. Безымянный-2 – 21 вид. Наименьшее количество видов отмечено в нижних течениях рек Ширингаиха и Шанхаиха (по 6 видов), что, вероятно, обусловлено отличиями в характере грунтов в этих водотоках.

Основная часть видов макрозообентоса относится к амфибиотическим насекомым (75,4 %, 49 видов): двукрылые – 24 вида, поденки – 12 видов, веснянки – 7 видов, ручейники – 6 видов. Отмечено 30 видов насекомых с полным типом развития и 19 видов с неполным типом.

В горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан в фауне ручейников нами выделены две основные трофические группы: хищники (руч. Травянистый, среднее и нижнее течение; р. Семиречка, среднее течение; руч. Безымянный, нижнее течение), собиратели и соскребаты (руч. Травянистый, среднее течение; р. Семиречка, среднее течение; руч. Безымянный, нижнее течение). К группе хищников относятся виды *Rhyacophila cedrensis* (Schmid, 1993) и *Rhyacophila sibirica* (McL., 1879). К группе собирателей и соскребателей относятся *Asynarchus amurensis* (Ulmer, 1905) и *Ecclisomyia digitata* (Martynov, 1929).

Видовое разнообразие донных обитателей в горных ручьях хребта Хамар-Дабан оказалось значительно выше (59 видов), чем в реках (21 вид). Наибольшее видовое разнообразие приходится на рипаль – мелководные прибрежные участки с замедленным течением. В устьевых участках ручьев отмечено 26, в реках – 11 видов.

4.2. Биоразнообразие макрозообентоса родника Университетский

Изучен таксономический состав донной фауны родника Университетский. По результатам собственных и литературных данных фауна родника представлена 2 типами, 3 классами, 7 отрядами, 11 семействами, 22 родами и 27 видами. Впервые в роднике отмечено 13 видов. Основная часть видов макрозообентоса относится к амфибиотическим насекомым (55,6 %, 15 видов): двукрылые – 9 видов, ручейники – 5 видов и веснянки – 1 вид; 14 видов насекомых с полным типом развития и 1 вид с неполным.

4.3. Биоразнообразие макрозообентоса термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины

В данном разделе приведены данные по таксономическому составу макрозообентоса трех термальных источников Северного Прибайкалья и восьми термальных источников Баргузинской долины.

По результатам нашей работы установлено, что макрозообентос термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины характеризуется значительным

таксономическим разнообразием и представлен 3 типами, 7 классами, 16 отрядами, 24 семействами, 36 родами и 59 видами. Впервые в этих источниках отмечено 45 видов макробеспозвоночных.

На основе собственных и литературных данных разнообразие донной фауны термальных источников Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка, Кирон и Хакусы) представлено 3 типами, 5 классами, 9 отрядами, 12 семействами, 14 родами и 22 видами. Впервые отмечено 11 видов.

Макрозообентос термальных источников Баргузинской долины (Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский, Золотой Ключ) на основе собственных и литературных данных представлен 3 типами, 7 классами, 13 отрядами, 21 семейством, 34 родами и 47 видами. Впервые в этих источниках отмечено 36 видов макробеспозвоночных. Стоит отметить находку двустворчатых моллюсков (*Euglesa* sp.) в источнике Золотой ключ: этот вид моллюсков встречен впервые за три года исследований. В источниках сформированы уникальные для региона сообщества с преобладанием личинок реликтовой стрекозы *Orthetrum albistylum*.

В исследованных термальных источниках зарегистрировано 20 видов насекомых (33,9 %, 20 видов): двукрылые – 13 видов, стрекозы – 2 вида, клопы – 2 вида, жесткокрылые – 2 вида, ручейники – 1 вид. Отмечено 16 видов насекомых с полным типом развития и 4 вида с неполным.

Мы отметили минимальное сходство в фауне макробеспозвоночных между термоминеральными источниками Северного Прибайкалья и Баргузинской долины: в шести из одиннадцати термальных источников встречается только один общий вид – стрекоза *O. albistylum*.

4.4. Зоогеографическая характеристика макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона

В разделе представлены результаты зоогеографического анализа фауны макрозообентоса исследованных малых водотоков Байкальского региона.

По нашим и обобщенным литературным источникам фауна макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона представлена 134, в том числе 110 видами по нашим данным.

Зоогеографический анализ проведен на основе известных сведений о распространении отдельных групп и видов (Аннотированный список фауны ..., 2001, 2004, 2009; Определитель ..., 1977, 1995, 1997, 1999, 2001; Линевич и др., 2002; Семерной, 2004; Тахтеев, 2000в; Тесленко, 2010; Тиунова, Базова, 2015; Макаренченко и др., 2010; Рожкова и др., 2020; Паньков, Овчанкова, 2017; Паньков и др., 2015; Крашенинников, 2013).

Виды с неустановленным таксономическим статусом (29,1%) составили значительную долю макрозообентоса. Всего с учетом литературных данных в исследованных малых водных экосистемах Байкальского региона выделено 23 типа ареалов: космополитный, палеарктический, северо-палеарктический, западно-палеарктический, восточно-палеарктический, транспалеарктический, транспалеарктический суббореальный, голарктический, голарктический арктобореальный, трансголарктический, европейский, европейско-азиатский, северо-азиатский, центрально-азиатский, амфипацифический, сибирский, сибирско-европейский, восточно-сибирский, сибирско-дальневосточный, реликтовый-субтропический, трансбайкальский, эндемики горной Сибири и байкальские субэндемики (см. рис. 2).

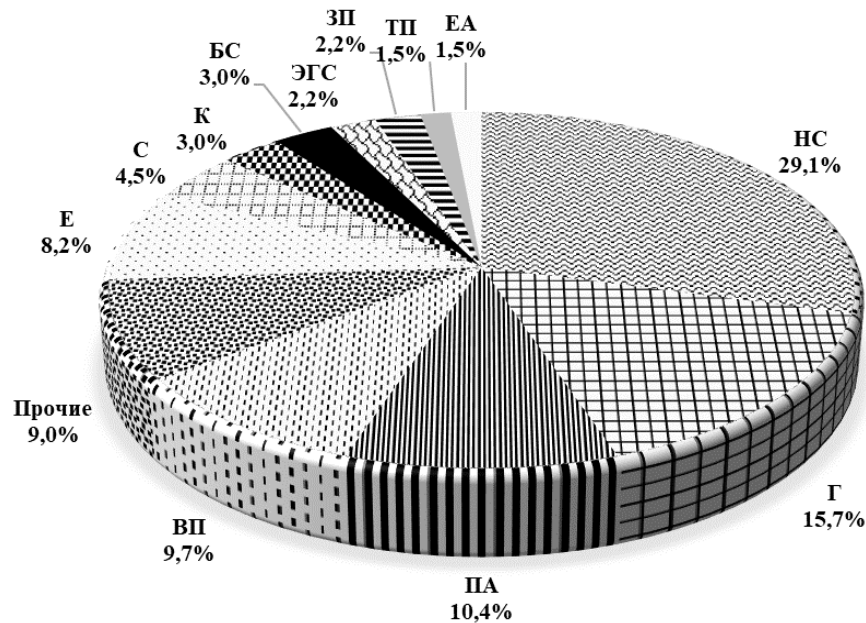


Рисунок 2. Доля отдельных типов ареалов в фауне малых водотоков Байкальского региона. ■■■■■ – НС, ■■■■■ – Г, ■■■■■ – ПА, ■■■■■ – ВП, ■■■■■ – Е, ■■■■■ – С, ■■■■■ – К, ■■■■■ – БС, ■■■■■ – ЭГС, ■■■■■ – ЗП, ■■■■■ – ТП, ■■■■■ – ЕА, ■■■■■ – Прочие.

НС – неустановленный статус, Г – голарктический, ПА – палеарктический, ВП – восточно-палеарктический, Е – европейский, С – сибирский, К – космополитный, БС – байкальские субэндемики, ЭГС – эндемики горной Сибири, ЗП – западно-палеарктический, ТП – транспалеарктический, ЕА – европейско-азиатский. Прочие: реликтовый субтропический, трансбайкальский, центрально-азиатский, северо-азиатский, сибирско-европейский, сибирско-дальневосточный, северо-палеарктический, транспалеарктический суббореальный, амфиацифический, восточно-сибирский, голарктическо-арктобореальный, трансголарктический.

В результате проведенных исследований впервые отмечены 15 зоогеографических ареалов макробеспозвоночных. В целом в бентофауне малых водотоков Байкальского региона преобладают голарктические (15,7%) и палеарктические виды (10,4%), но также выделяются уникальные элементы: космополиты, байкальские субэндемики и эндемики горной Сибири.

ГЛАВА 5. СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ (ГОРНЫЕ ВОДОТОКИ, РОДНИКИ И ТЕРМОМИНЕРАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ) БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

5.1. Структура сообществ макрзообентоса горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан

Изучены сообщества макрзообентоса 6 малых горных водотоков по показателям численности и биомассы организмов (рис. 3, 4).

Сообщества макрзообентоса горных ручьев северного макросклона хребта Хамар-Дабан. Нами исследовано три ручья: ручей Травянистый, руч. Безымянный-1 и руч. Безымянный-2.

Ручей Травянистый. В верхнем течении ручья Травянистый зарегистрировано наименьшее количество видов макробеспозвоночных (4). Установлено, что в истоковой части ручья доминантами по численности и биомассе являлись олигохеты из семейства Enchytraeidae и вид *Henlea perpusilla* (2255,0 экз./м² или 88,7% и 1,86 г/м² или 81,7%). Субдоминантами

выступали планарии вида *Phagocata sibirica* (176,3 экз./м² и 0,31 г/м²). Таким образом, в верхнем течении выявлен олигохетно-турбеллярный тип сообщества.

В среднем течении ручья отмечено наибольшее количество видов макробеспозвоночных (14). В затишном участке в зоне мелкого геокрена среди густых подушек мха и обильных отложений детрита, местами переходящих в сильно заиленный песок, течения почти не наблюдалось. В этих условиях обитает огромное количество амфипод *Gammarus dabanus*: их численность составляет 12176,0 экз./м² (станция 3, 2017 г.). Очевидно, именно такие биотопы содержат скопления эндемичного бокоплава (ядра популяций), в основном же потоке его единичные особи встречаются, будучи снесёнными течением. Доминирующей группой по численности и биомассе выступали амфиподы *G. dabanus* (2205,8 экз./м² или 41,0% и 19,91 г/м² или 83,8%). Субдоминантами были олигохеты вида *Mesenchytraeus* sp. с численностью 960,8 экз./м² и планарии вида *Phagocata sibirica* с биомассой 3,83 г/м². Таким образом, в среднем течении ручья Травянистый выделен амфиподно-турбеллярный тип сообщества.

В нижнем течении ручья выявлено 9 видов макробеспозвоночных. В устьевой части ручья перед впадением в Байкал доминантами по численности являлись олигохеты *Mesenchytraeus* sp. (3676,2 экз./м²), субдоминантами по численности (2529,5 экз./м²) выступали планарии *Ph. sibirica*. Доминантами по биомассе являлись планарии *Ph. sibirica* (7,27 г/м²). Олигохеты *Mesenchytraeus* sp. выступали субдоминантами по биомассе 3,65 г/м². Примечательно, что в устьевой части ручья на участке с покровом из водного мха (сплошным или в виде окаймляющей валуны полосы) планарии достигали нигде ранее не отмечавшейся экстремально высокой численности 10118,0 экз./м² и биомассы 29,06 г/м² и составляли 72,3 % от общей численности и 86,8 % от общей биомассы сообщества. Таким образом, в устьевой части ручья Травянистый выявлен турбеллярно-олигохетный тип сообщества.

Ручьи Безымянный-1 и Безымянный-2. Доминантами по численности в ручье Безымянный-2 являлись олигохеты *Mesenchytraeus* sp. (1365,2 экз./м²), по биомассе – амфиподы *G. dabanus* (4,84 г/м²). В некоторых точках биомасса *G. dabanus* в биомассе может быть очень высокой – в руч. Безымянный-2 его доля составила 59,9% от общей биомассы зообентоса. Субдоминантами по численности выступали амфиподы этого же вида (1079,3 экз./м²), по биомассе – личинки ручейников *Ecclisomyia digitata* (0,71 г/м²). Таким образом, в нижнем течении ручья Безымянный-2 выявлен амфиподно-трихоптероидный тип сообщества.

Таким образом, наибольшая численность макрозообентоса отмечена в нижнем течении руч. Травянистый (229,7 экз./м²), наибольшая биомасса (0,71 г/м²) зафиксирована в среднем его течении. Наибольшее число видов зарегистрировано в нижнем течении руч. Безымянный-2 (17 видов), наименьшее – в истоковой части руч. Травянистый (4 вида).

Сообщества макрозообентоса в горных реках северного макросклона хребта Хамар-Дабан. На северном макросклоне хребта Хамар-Дабан исследовано три реки: Семиречка, Ширингаиха и Шанхаиха.

Р. Семиречка. В среднем течении р. Семиречка выявлено наибольшее количество видов макробеспозвоночных животных (15). Доминирующей группой по численности выступали олигохеты *Mesenchytraeus* sp. (849,2 экз./м²). По биомассе доминировали амфиподы *G. dabanus* (2,02 г/м²). Они же выступали субдоминантами по численности – 738,1 экз./м². Субдоминантами по биомассе являлись планарии 0,88 г/м². Таким образом, в среднем течении р. Семиречка выделен амфиподно-турбеллярный тип сообщества зообентоса.

В нижнем течении реки выявлено 6 видов макробеспозвоночных животных. доминантами по численности являлись личинки хирономид *Pagastia orientalis* (1098 экз./м²) и личинки мух-бабочниц (1058,7 экз./м²). Личинки бабочниц *Szaboiella* sp. выступали доминантами по биомассе (1,16 г/м²). В числе субдоминантов по численности (333,3 экз./м²) отмечены планарии *Ph. sibirica*. Планарии были обнаружены в небольшой протоке со скоростью течения 10–15 см/с. Скорость течения на стремнине реки может достигать 1 м/с. Грунт на этой станции – песчанистый с примесью дресвы. По-видимому, это предпочитаемый планариями биотоп. Личинки хирономид *Pagastia orientalis* отмечены в роли субдоминантов по биомассе. В устьевой части реки выявлен психодидно-хирономидный тип сообщества.

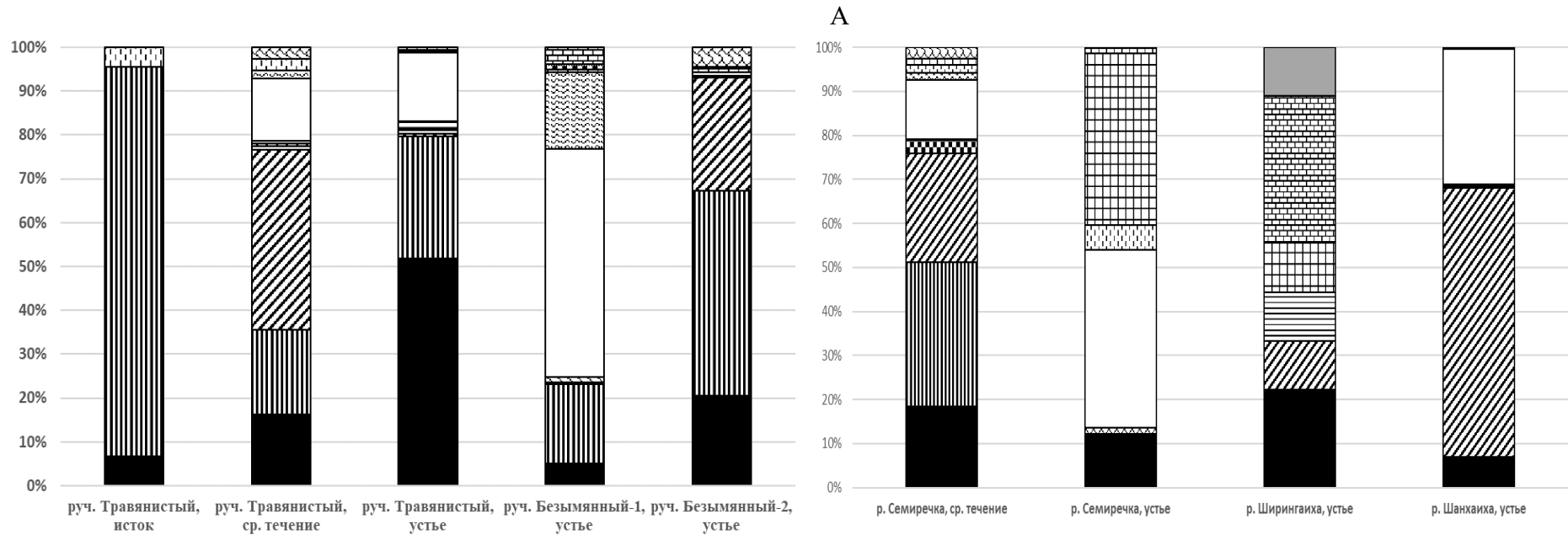


Рисунок 3. Процентное соотношение групп (ранг семейств) макрозообентоса малых горных водотоков хребта Хамар-Дабан в различных биотопах в 2017–2019 гг. А – по численности. Условные обозначения: – Gammaridae; – Chironomidae, – Ceratopogonidae, – Enchytraeidae; – Lymnephilidae; – Rhyacophilidae, – Planariidae; – Lymnaeidae; – Limoniidae, – Ephemerellidae, – Psychodidae, – Siphonuridae, – Capniidae, – Pediciidae, – Прочие.

Прочие: Heptageniidae, Perlodidae, Ameletidae, Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Stratiomyidae, Empididae.

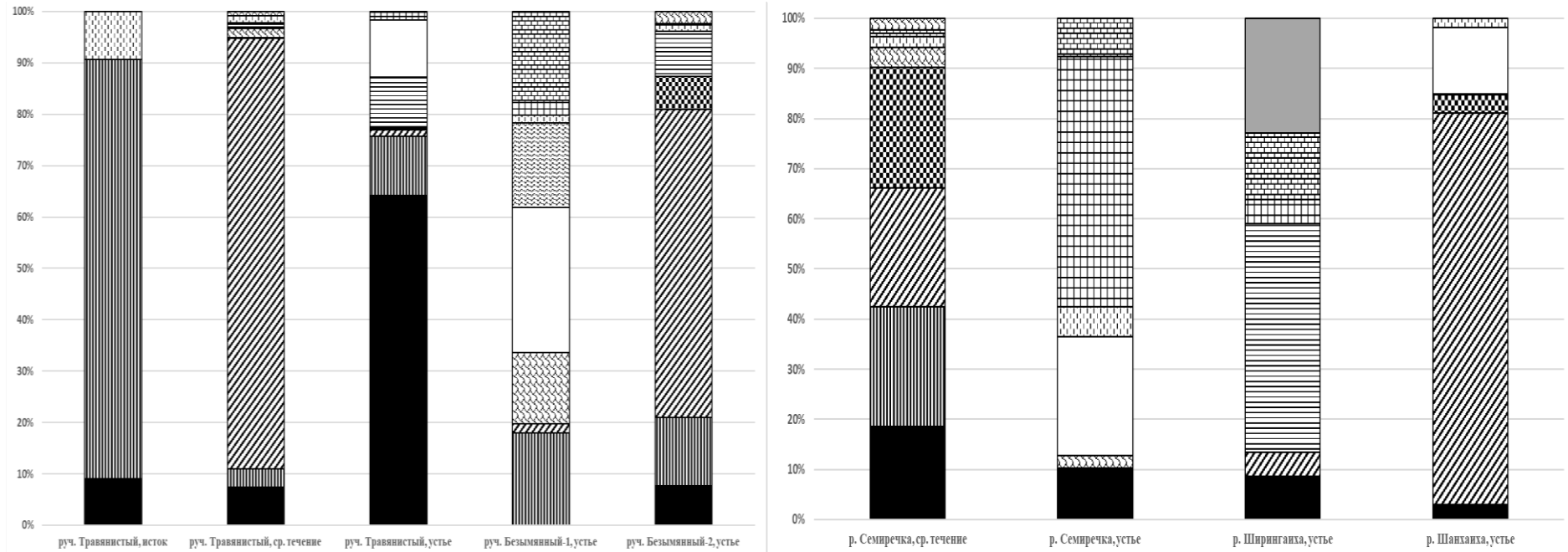


Рисунок 4. Процентное соотношение групп (ранг семейств) макрозообентоса малых горных водотоков хребта Хамар-Дабан в различных биотопах в 2017–2019 гг. В – по биомассе. Условные обозначения: – Gammaridae; – Chironomidae, – Ceratopogonidae, – Enchytraeidae; – Lymnephilidae; – Rhyacophilidae, – Planariidae; – Lymnaeidae; – Limoniidae, – Ephemerellidae, – Psychodidae, – Siphonuridae, – Capniidae, – Pediciidae, – Прочие.

Прочие: Heptageniidae, Perlodidae, Ameletidae, Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Stratiomyidae, Empididae.

Таким образом, в среднем и нижнем течении р. Семиречка выявлено два типа сообществ зообентоса: амфиподно-турбеллярный и психодидно-хириномидный.

Реки Ширингаиха и Шанхаиха исследованы в их нижнем течении. Здесь выявлено одинаковое количество видов (по 6 видов). Наибольшая численность и биомасса макрозообентоса отмечена в устьевой части р. Шанхаиха и составляла 111,5 экз./м² и 0,24 г/м², тогда как наименьшая численность и биомасса отмечены в устье р. Ширингаиха – 5,8 экз./м² и 0,01 г/м². Таким образом, в нижнем течении р. Ширингаиха выявлен трихoptероидно-гастроподный тип сообщества зообентоса, в устье р. Шанхаиха – амфиподно-хириномидный тип сообщества зообентоса. Наибольшая численность макрозообентоса отмечена в среднем течении р. Семиречка (80,2 экз./м²), тогда как наибольшая биомасса (0,24 г/м²) зафиксирована в нижнем течении р. Шанхаиха. Наибольшее число видов зарегистрировано в среднем течении р. Семиречка (15 видов), наименьшее – в устьях рек Семиречка, Ширингаиха и Шанхаиха.

Таким образом, в шести горных ручьях и реках северного макросклона хребта Хамар-Дабан выделены 8 типов сообществ: амфиподно-хириномидный, трихoptероидно-гастроподный, психодидно-хириномидный, амфиподно-трихoptероидный, олигохетно-педициидный, турбеллярно-олигохетный, амфиподно-турбеллярный и олигохетно-турбеллярный. В горных водотоках формируются сообщества с доминированием таких групп, как Amphipoda, Oligochaeta, Trichoptera, Psychodidae и Turbellaria. Чаще всего в малых водотоках хребта Хамар-Дабан встречаются сообщества зообентоса с доминированием амфипод и олигохет. Схожие сообщества зообентоса с доминированием Chironomidae, Turbellaria и Oligochaeta известны из 15 других холодных пресных источников Байкальской рифтовой зоны и прилегающих территорий (Тахтеев, 2018).

Индексы биоразнообразия малых водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан. Наибольшим значением индекса отличается нижнее течение руч. Безымянный-1 (1,32 бит./экз). Нижнее течение руч. Травянистый характеризуется наименьшим количеством видов макрозообентоса, что отражается на значении индекса Шеннона-Уивера (0,54 бит./экз). В устьевой части ручья при количестве видов = 11 наибольшее значение индекса Шеннона указывает на более равномерное распределение видов. Полученное значение индекса указывает на более выравненный состав фауны (при индексе Пиелу = 0,71). Индекс выравненности Пиелу (E) меняется в пределах от 0,51 (устье р. Ширингаиха) до 0,91 (устье руч. Безымянный-2). Наименее выравненным оказался количественный состав макрозообентоса в нижнем течении р. Ширингаиха, наиболее выравненным – в нижнем течении руч. Безымянный-2. Максимальная выравненность по обилию видов характеризует макрозообентос, отличающийся максимальным количеством видов (руч. Безымянный-2). Индекс разнообразия Симпсона D во всех водотоках меняется в пределах от 0,23 (устье р. Семиречка) до 0,66. Наибольшее значение индекса (0,66) отмечено в истоке руч. Травянистый при наименьшем количестве видов (4), что говорит о небольшом разнообразии видов. В нижнем течении р. Семиречка значение индекса значительно ниже (0,23), что говорит о большом разнообразии видов в сообществах макрозообентоса.

В ходе нашей работы установлено, что наибольшее обилие бентосных животных и мозаичное распределение разнообразных по структуре сообществ приходится на рипаль водотоков. Поэтому при исследовании малых горных рек и ручьев необходимо обязательно учитывать это обстоятельство и не ограничиваться отбором проб на участках с быстрым течением. Малые горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан являются резерватами сравнительно большого разнообразия макрозообентоса, во многих случаях в них наблюдается эндемичное видообразование. Хотя его масштабы несопоставимы с таковыми в древних и глубоких озерах (таких, как Байкал), исследование этих водных объектов очень важны для понимания эволюции, расселения и становления современной пресноводной фауны.

5.2. Структура сообществ и сезонная динамика макрозообентоса родника Университетский

Родник Университетский характеризуется значительными колебаниями в видовом

составе макрозообентоса течение исследуемого года.

В 2018–2019 гг. в родниковом ручье Университетский незначительно представлены или встречены лишь в отдельные месяцы года представители следующих семейств с наименьшей численностью и биомассой: олигохеты (сем. Protoparidae), болотницы или луговики (Diptera: Pediciidae), веснянки (Nemouridae) и амфиподы (Crangonycidae) (первые три сем. из них в материалах 2003 г. отсутствовали, см. табл. 2). В то же время в наших материалах следующие таксономические группы обнаружены не были: Trichoptera, Ephydriidae, Culicidae, Coleoptera и Acariformes. Таким образом, сообщества макрозообентоса родникового ручья Университетский, исследованного в (2003–2004 гг.) могут быть отнесены к диптероидному типу, в которых ведущая роль принадлежит личинкам различных двукрылых насекомых (Тахтеев, Галимзянова, 2009а, б). В рассмотренных случаях доминируют личинки хирономид, в качестве субдоминирующей группы выступают олигохеты.

Наибольшая численность макрозообентоса – 1705,88 экз./м² отмечена в июле 2018 г., тогда как наименьшая численность – 58,8 экз./м². в августе 2018 г. Это связано с тем, что в этом месяце на станции 1 отмечено полное отсутствие зообентоса. В течение всего года доминантами по численности и биомассе среди олигохет являются представители семейства Naididae, а именно вид *Rhyacodrilus* sp. В июле 2018 года наибольшая его численность в среднем составила – 1176,60 экз./м². Субдоминантами по численности и биомассе являются представители семейства Ephytraeidae (294 экз./м² и 0,35 г/м²).

О сравнительно быстрой способности бентосных сообществ к самовосстановлению свидетельствует состав фауны после временного осушения станции 3 в январе–мае 2019 г. Уже в июне и июле на этой станции представлены немногочисленные олигохеты и личинки хирономид. В то же время, в двух случаях отмечено полное отсутствие зообентоса на отдельных участках родника: в августе 2018 г. на станции 1 и в июле 2019 г. на станции 2.

В целом за весь период наблюдений (2018–2019 гг.) сообщество макрозообентоса источника Университетский можно охарактеризовать как олигохетно–хирономидное, хотя на протяжении года состав доминантов и субдоминантов меняется.

Индексы биоразнообразия родника Университетский. Значения индекса Шеннона-Уивера проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. Наименьшее значение индекса Шеннона (0,93 бит./экз) отмечено для периодов года с минимальным количеством видов (2) макробеспозвоночных (август, июль). Значение индекса Шеннона (2,04 и 2,20 бит./экз) закономерно возрастает в зимние месяцы (декабрь, февраль) с увеличением количества видов до 7. Индекс выравненности Пиелу (E) меняется в пределах от 0,47 (август, июль) до 0,96 (январь). Максимальная выравненность по обилию видов характеризует макрозообентос, отличающийся минимальным количеством видов (январь и июнь 2019 г.).

Несмотря на небольшой видовой состав (16) наибольшие значения индекса Шеннона-Уивера и Пиелу соответствуют их значениям для предгорных водоемов Алтая (Яныгина, Крылова, 2006), чье видовое богатство в 3–4 раза превышает видовое богатство изученных родников Байкальского региона.

В целом довольно небогатый таксономический состав фауны источника Университетский, возможно, связан со слабокислым значением рН воды (6,25), которого избегают многие гидробионты. В частности, этим может быть обусловлено отсутствие в нем турбеллярий и моллюсков.

Установлено, что кривая годового хода биомассы макрозообентоса в определённой мере повторяет ход кривой численности. Наименьший показатель пришёлся на август (0,30 г/м²) и март (0,18 г/м²). В сентябре–декабре и феврале следует незначительный подъём, новый минимум – в январе (0,23 г/м²). Затем следует новое повышение уровня биомассы, достигая максимума в апреле – 4,95 г/м². С мая по июль следует резкий спад уровня биомассы. В июле в пробе присутствовали только олигохеты семейства Naididae.

Сезонная динамика количественных показателей (общей численности и биомассы) макрозообентоса демонстрирует минимумы в августе и январе, максимальные значения – в весенний период (апрель–май). Следует отметить, что таксономический состав фауны

источника, её количественное обилие и его сезонная динамика не претерпели существенных изменений. Проведенный анализ по исследованию сезонной динамики макрозообентоса родника Университетский после временного осушения станции 3 в феврале-мае 2019 г. дополнительно подчеркивает хорошую способность бентосных сообществ к самовосстановлению в столь быстрые сроки.

Несмотря на проведенную несколько лет назад отсыпку щебнем прилегающего к роднику участка дороги, экосистема родника сохранилась. Количественные показатели макрозообентоса в 2018–2019 гг. не достигали высоких значений, но оставались примерно на уровне, наблюдавшемся с января по декабрь 2003 г., при этом обилие доминирующих групп (по численности и биомассе), личинок хирономид и олигохет, не изменилось (Тахтеев и др., 2010).

Согласно широко используемой шкале трофности С. П. Китаева (1984), основанной на градации водных экосистем по биомассе зообентоса (Китаев, 1984; 2007), уровень количественного обилия зообентоса в источнике соответствует озерам β -мезотрофного класса.

В целом состав фауны родника Университетский – обычный для пресноводных водотоков Восточной Сибири. Наличие отдельных интересных в биогеографическом отношении элементов (таких, как подземные амфиподы сем. Crangonycidae) говорят о перспективности исследований гидрофауны родников Байкальского региона.

5.3. Структура сообществ макрозообентоса термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины

В процессе работы детально изучен состав фауны 11 термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины. Поскольку в источнике Кирон были отобраны только качественные пробы, структуру сообществ макрозообентоса мы рассмотрим на примере 10 термальных источников (Верхняя Заимка, Хакусы, Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский, Золотой Ключ). Для иллюстрации уровня сходства видового состава и сообществ макрозообентоса между этими источниками проведен кластерный анализ по их количественному составу с использованием одной метрики сходства и построена дендрограмма (рис. 5).

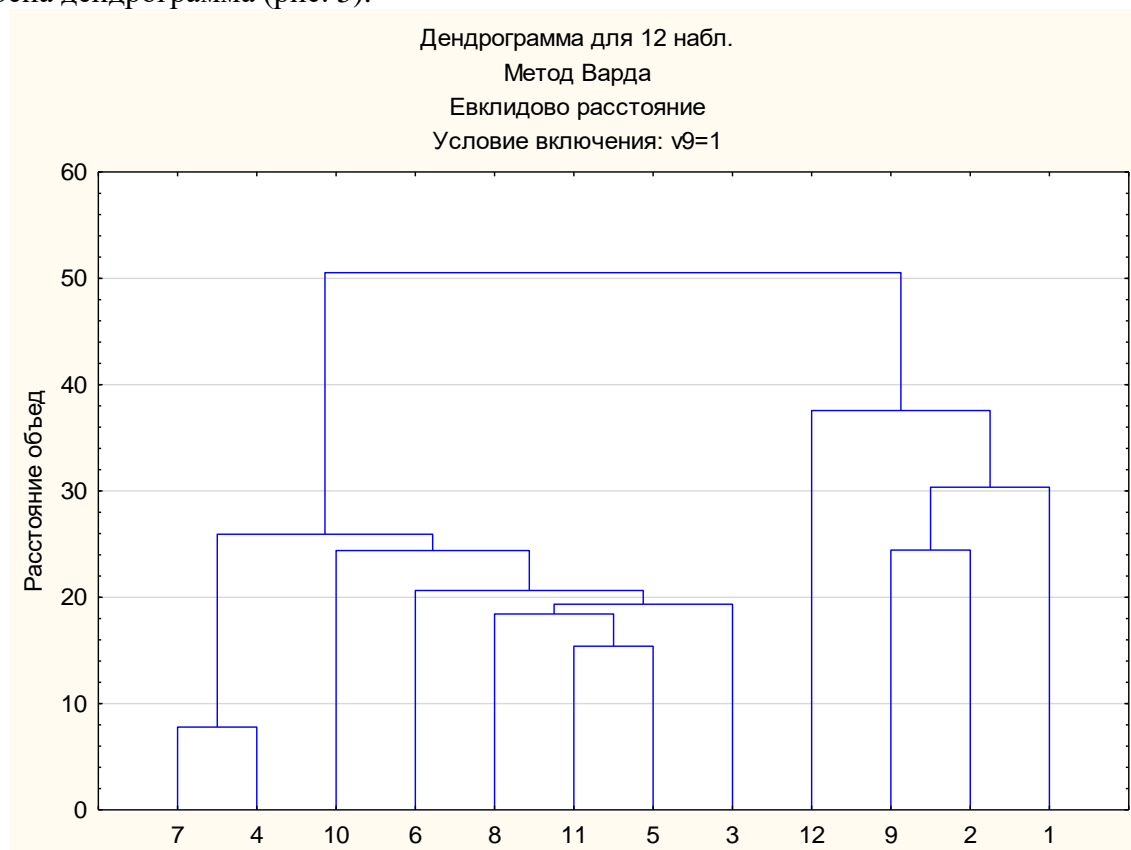


Рисунок 5. Дендрограмма сходства состава фауны в исследованных термоминеральных источниках (N=12). По оси ординат – расстояние объединения (сходство), по оси абсцисс – местоположения термальных источников. Цифрами обозначены источники, разделенные на два кластера (I и II): I: 12 – Золотой ключ, 9 – Алгинский, 2 – Хакусский, 1 – Верхняя Заимка. II: 7 – Аллинский-20, 4 – Аллинский-17, 10 – Толстихинский, 6 – Умхейский-20, 8 – Гаргинский, 11 – Гусихинский, 5 – Сеюйский, 3 – Умхейский-17.

Кластер I. В одну компактную группу (правый кластер) вошли источники Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка и Хакусы) и Баргузинской долины (Алгинский и Золотой ключ) (рис. 5). Эти водные источники находятся на довольно удаленном расстоянии друг от друга. Химический состав воды в них практически одинаков. Вода термальных источников Северного Прибайкалья имеет гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый тип, а источников Баргузинской долины – сульфатно-натриевый тип. Также для них характерна одинаковая реакция среды – щелочная, за исключением Верхней Заимки (слабощелочная). Во всех источниках, за исключением Алгинского, обнаружены бактериально-водорослевые маты. Каждый источник имеет особенности в качественном и количественном составе макрозообентоса, тем не менее они объединяются в один кластер с достаточно высоким уровнем сходства.

Кластер II. В эту группу вошли термальные источники Баргузинской долины (Умхейский-1, Аллинский-1, Сеюйский, Умхейский-2, Аллинский_2, Гаргинский, Толстихинский и Гусихинский) (рис. 5). Важно отметить, что их однородность выше по сравнению с первым кластером. Состав воды источников Баргузинской долины – сульфатно-натриевый с присутствием в некоторых источниках гидрокарбонатов и кальция. Химический состав вод в источниках очень схож. Во всех источниках одинаковая реакция среды – щелочная, повсюду обнаружены бактериально-водорослевые маты.

Оценка биологического разнообразия термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины.

Значения индекса Шеннона-Уивера (H) во всех водотоках проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. Наименьшее значение (0,12 бит./экз) с наименьшим количеством видов макробеспозвоночных отмечено в Аллинском источнике. Наибольшее значение индекса (1,28 бит./экз) отмечено в источнике Верхняя Заимка. Здесь при количестве видов = 8 наибольшее значение индекса Шеннона указывает на более равномерное распределение видов. Полученное значение индекса указывает на более выравненный состав фауны (при индексе Пиелу = 0,90). Индекс выравненности Пиелу (E) меняется в пределах от 0,44 (Алгинский источник) до 0,95 (Аллинский источник). Наименее выравненным оказался состав макрозообентоса в Алгинском источнике, наиболее выравненным – в Аллинском источнике. Максимальная выравненность по обилию видов характеризует макрозообентос, отличающийся минимальным количеством видов (Аллинский источник). Индекс разнообразия Симпсона D во всех водотоках меняется в пределах от 0,08 (Аллинский источник) до 0,71 (источник Верхняя Заимка). Наибольшее значение индекса (0,71) при количестве видов = 8 говорит о небольшом разнообразии видов.

Термальные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины, вошедшие в первый и второй кластер, характеризуются схожими гидрохимическими параметрами, а также таксономическим составом фауны. Среди макробеспозвоночных в большинстве источников встречены следующие виды: *Tubifex tubifex*, *Rhyacodrilus* sp. (Oligochaeta); *Gammarus lacustris* (Amphipoda), *Orthetrum albistylum* (Odonata); *Gyraulus* gr. *Acronicus*, *Gyraulus* sp. (Gastropoda).

По наблюдениям трех лет можно заключить, что бентосные сообщества термоминеральных источников в марте, в период фенологической зимы в регионе, находятся в активно функционирующем состоянии. Размножение таких гидробионтов как амфиподы и моллюски, очевидно, растягивается во времени или (вероятно) становится круглогодичным. Показатели биомассы находятся на высоком уровне (прежде всего за счет гастропод) и, согласно шкале трофности С. П. Китаева, соответствуют эвтрофным озерным водоемам (10–40 г/м²). Остывающие разливы источника Верхняя Заимка можно соотнести даже с гипертрофными водоемами (>40 г/м²). Показатель биомассы зообентоса и, следовательно,

уровень трофности горячих источников в холодное время года значительно превышает таковой в холодных родниках Прибайкалья, имеющих постоянную в течение года температуру 4–5 °С. При сравнении с холодным источником Университетский биомасса горячих источников выше на порядок.

В большинстве термальных источников северного побережья Байкала, Верхнеангарской впадины и Баргузинской долины преобладают гастроподные сообщества зообентоса, на отдельных станциях термального поля – одонатоидные, хирономидные, цератопогонидные, а также олигохетные сообщества. В термальных источниках Баргузинской долины вследствие почти полного отсутствия твердых субстратов преобладают личинки стрекоз и других насекомых. Показатели биомассы макрозообентоса термальных источников (в пригодной для обитания животных зоне) находятся на высоком уровне и соответствуют таковым в эвтрофных или даже гипертрофных озерах.

В последнее время все больше и больше туристов посещают термальные источники. Мало кто знает, что в местах разгрузки терм существуют уникальные экосистемы – рефугии (убежища) для редких и реликтовых растений и животных. Полученные нами результаты можно использовать в целях экологического просвещения, ознакомления туристов с такими уникальными природными объектами. Для более полного выявления разнообразия бентосных сообществ необходимы дополнительные исследования термоминеральных источников Байкальского региона.

5.4. Сравнительный анализ малых водотоков Байкальского региона

Проведя анализ состава фауны малых водотоков Байкальского региона, можно сделать вывод, что наибольшее число видов с учетом литературных источников (65 видов) отмечено в горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан, Родник Университетский характеризуется меньшим видовым богатством (27 видов). В термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины зарегистрировано 59 видов макробеспозвоночных животных.

В результате проведенных исследований в малых водотоках Байкальского региона было выделено 19 типов бентосных сообществ: олигохетно-турбеллярный, амфиподно-турбеллярный, турбеллярно-олигохетный, психодидно-хирономидный, олигохетно-педициидный, амфиподно-трихоптероидный, амфиподно-гастроподный, амфиподно-хирономидный, олигохетно-хирономидный, гастроподно-гирудинный, гастроподно-одонатоидный, олигохетный, одонатоидно-цератопогонидный, цератопогонидно-стратиомиидный, гастроподно-амфиподный, одонатоидно-хирономидный, гирудинно-гастроподный, хирономидный, цератопогонидно-колеоптероидный.

В термальных источниках и горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан нами обнаружены специфичные типы бентосных сообществ: в горных водотоках присутствуют сообщества с доминированием амфипод, в термоминеральных источниках выявлены разнообразные типы сообществ с преобладанием гастропод и двукрылых насекомых и в роднике Университетский доминируют олигохеты.

Несмотря на разнотипность малых горных речек и ручьев северного макросклона хребта Хамар-Дабан, мы отметили значительное сходство в их фауне. В большинстве этих водотоков встречается 12 видов беспозвоночных: *Phagocata sibirica*; *Mesenchytraeus* sp.; *Gammarus dabanus*; *Ephemerella aurivillii*, *Rhyacophila sibirica*, *Ecclisomyia digitata*, *Bezzia* sp., *Eloeophila* sp., *Chelifera* sp., *Szaboiella* sp., *Dicranota* (D.) sp., *Beris* sp. Обычный для подобных водотоков комплекс реофилов из личинок подёнок, веснянок, ручейников свойственен участкам с быстрым течением, в то время как в прибрежье, где оно замедляется, формируются сообщества иного типа.

При сравнении зообентоса малых водотоков Хамар-Дабана и других регионов следует отметить небольшую представленность таксономических групп, характерных для малых рек равнинной местности (Мисейко, 2003; Безматерных, 2008; Палатов, 2012 и др.): *Spongia*,

Bryozoa, Hirudinea, Aranei, Odonata, Heteroptera, Coleoptera. Обеднена фауна брюхоногих и двустворчатых моллюсков, из высших ракообразных имеется только один массовый вид амфипод.

Иная картина наблюдается в термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины. При разнотипности этих термоминеральных источников, отмечено минимальное сходство в фауне макробеспозвоночных. В большинстве термальных источников обнаружен реликтовый вид стрекозы *Orthetrum albistylum*. В исследованных малых водных экосистемах Байкальского региона обнаружены общие виды: космополитный вид *Tubifex tubifex*, голарктический вид *Henlea perpusilla* и западно-палеарктический вид болотниц *Molophilus griseus* (родник Университетский и горные водотоки хребта Хамар-Дабан).

Фауна макрозообентоса малых водотоков представлена значительным биологическим разнообразием. Исследованные разнотипные водоемы отличаются составом и структурой сообществ, что определяется их географическим положением, абиотическими параметрами среды и экологической валентностью гидробионтов.

ВЫВОДЫ

1. Согласно результатам собственных исследований и литературных данных состав макрозообентоса малых водотоков (горные водотоки, родники и термоминеральные источники) Байкальского региона представлен 4 типами, 8 классами, 21 отрядом, 44 семействами, 86 родами и 134 видами беспозвоночных. Впервые отмечено 110 видов.

2. В состав макрозообентоса малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (ручей Травянистый, река Семиречка, руч. Безымянный-1, руч. Безымянный-2, р. Ширингаиха и р. Шанхайха) входят 4 типа, 5 классов, 10 отрядов, 25 семейств, 47 родов и 65 видов. Впервые в них отмечено 64 вида макробеспозвоночных.

3. Таксономический состав макрозообентоса холодного родника Университетский представлен 2 типами, 3 классами, 7 отрядами, 11 семействами, 22 родами и 27 видами. Впервые в роднике отмечено 13 видов.

4. Состав макрозообентоса термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины (Верхняя Заимка, Кирон, Хакусы, Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский, Золотой Ключ) представлен 3 типами, 7 классами, 16 отрядами, 24 семействами, 35 родами и 59 видами. Впервые отмечено 45 видов макробеспозвоночных.

5. В малых водотоках (горные водотоки, родники и термоминеральные источники) Байкальского региона по доминирующим группам выявлено 19 типов бентосных сообществ. Уровни биомассы бентосных сообществ малых водотоков соответствуют таковым в эвтрофных и мезотрофных водоемах.

6. В результате проведенного зоогеографического анализа установлено, что фауна исследованных малых водотоков Байкальского региона представлена 23 типами зоогеографических ареалов, в том числе 15 выделено впервые. В бентофауне малых водотоков Байкальского региона (термоминеральные источники, горные водотоки и родники) преобладают голарктические и палеарктические виды.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, индексируемые в международных базах данных Web of Science и Scopus:

1. Takhteev, V. V. Structure of Hydrobiocenoses in Mineral and Thermal Springs of the Lake Baikal Region: A Review / V. V. Takhteev, **И. О. Еропова (Батранина)**, I. N. Egorova, G. I. Kobanova, D. A. Krivenko, A. V. Lishtva, G. D. Ilin, G. I. Pomazkova, G. L. Okuneva, T. Ya. Sitnikova, T. E. Peretolchina, E. R. Khadeeva, O. G. Lopatovskaya // Contemporary Problems of Ecology. 2019. Vol. 12, N 2. P. 126–142.

Версии: Тахтеев, В. В. Структура гидробиоценозов минеральных и термальных источников Байкальского региона: обзор / В. В. Тахтеев, **И. О. Еропова (Батранина)**, И. Н. Егорова, Г. И. Кобанова, Д. А. Кривенко, А. В. Лиштва, Г. Д. Ильин, Г. И. Помазкова, Г. Л. Окунева, Т. Я. Ситникова, Т. Е. Перетолчина, Е. Р. Хадеева, О. Г. Лопатовская // Сибирский экологический журнал. 2019. Т. 26, № 2. С. 157–176.

2. Takhteev, V. V. Water Chemistry in Small Tributaries and the Coastal Zone of Lake Baikal in the Period of Environmental Crisis / V. V. Takhteev, E. R. Khadeeva, **И. О. Еропова (Батранина)**, O. G. Lopatovskaya // Water Resources. – 2020 – Vol. 47, No. 3 – P. 291–301.

Версии: Тахтеев В. В. О химическом составе воды в малых притоках и прибрежной зоне озера Байкал в период экологического кризиса / В. В. Тахтеев, Е. Р. Хадеева, **И. О. Еропова (Батранина)**, О. Г. Лопатовская // Водные ресурсы: гидрохимия, гидробиология, экологические аспекты. 2020. Т. 47, № 3. С. 291–301.

Статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК:

3. **Еропова (Батранина), И. О.** О неравномерности структуры макрозообентоса малых горных водотоков (на примере родникового ручья Травянистый, хребет Хамар-Дабан) / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова, Д. А. Батрагин, Е. Р. Хадеева, О. Г. Лопатовская // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология». – 2019 – Т. 29 – С. 15–23.

4. Рожкова, Н. А. Новые данные о фауне и распространении ручейников (Trichoptera) притоков озера Байкал / Н. А. Рожкова, Н. В. Базова, **И. О. Батранина** // Евразийский энтомологический журнал. – 2020 – 19 (6) – С. 347–355.

5. Говорухина, Е. Б. Динамика количественных показателей макрозообентоса в зависимости от изменений уровня воды в проливе Малое Море озера Байкал / Е. Б. Говорухина, Г. П. Сафронов, В. П. Самусенок, А. Л. Юрьев, Е. А. Мишарина, **И. О. Батранина**, А. Н. Матвеев / География и природные ресурсы. – 2022 – Т. 43. N. 5. – С. 124–132.

Работы, опубликованные в других изданиях:

6. Экологический мониторинг озера Байкал : учебное пособие / О. Г. Лопатовская, Е. Р. Хадеева, Е. Б. Говорухина, В. В. Тахтеев, **И. О. Батранина** // Глава 11. Экологический мониторинг притоков и малых водных экосистем. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2022. – С. 206–226.

7. Хромова, П. А. Структура зообентоса правых притоков Иркутского водохранилища / П. А. Хромова, Н. В. Шибанова, **И. О. Еропова (Батранина)**, И. Б. Книжин, Л. С. Кравцова, Б. Э. Богданов // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана : Сб. статей. – Борок : Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, 2014. – Т. 2. – С. 385–387.

8. **Еропова (Батранина), И. О.** Роль хирономид в донных биоценозах реки Олга Иркутской области / И. О. Еропова (Батранина), П. А. Хромова, Н. В. Шибанова, И. Б. Книжин, Л. С. Кравцова, Б. Э. Богданов // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана : Сб. статей. – Борок : Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, 2014. – Т. 2. – С. 136–138.

9. Тахтеев, В. В. Бентосные и перифитонные сообщества минеральных источников

Северного Прибайкалья / В. В. Тахтеев, Г. И. Помазкова, Г. Л. Окунева, И. Н. Егорова, А. В. Галямзянова, О. Г. Лопатовская, **И. О. Еропова (Батранина)**, С. В. Гамаюнов // Функционирование и динамика водных экосистем в условиях климатических изменений и антропогенных воздействий. Матер. 5-й Междунар. конф., посвящ. памяти выдающегося гидробиолога Г. Г. Винберга (12–17 октября 2015 г., г. Санкт-Петербург, Россия). – СПб.: Изд-во «ЛЕМА», 2015. – С. 268–269.

10. **Еропова (Батранина), И. О.** Макрозообентос некоторых термальных источников Северного Прибайкалья в ранневесенний период / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев, Т. Я. Ситникова, Е. Р. Хадеева, О. Г. Лопатовская // Байкальский зоологический журнал. – 2016. – № 2 (19). – С. 54–60.

11. **Еропова (Батранина), И. О.** Макрозообентос некоторых термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины в ранневесенний период / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев // Междунар. конф. «Пресноводные экосистемы – современные вызовы». 10–14 сентября, 2018. Тез. докл. и стенд. сообщ. – Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. – С. 139–140.

12. **Еропова (Батранина), И. О.** Структура макрозообентоса горного родникового ручья Травянистый на северном макросклоне хребта Хамар-Дабан / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: Матер. междунар. науч.-практич. конф. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2018. – С. 130–132.

13. **Еропова (Батранина), И. О.** Почвы и макрозообентос термальных источников Байкальской Сибири / И. О. Еропова (Батранина), Е. Р. Хадеева, О. Г. Лопатовская // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: Матер. междунар. науч.-практич. конф. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2018. – С. 279–282.

14. **Еропова (Батранина), И. О.** Фауна и сообщества макрозообентоса малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (Прибайкалье) / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН. 16–20 сентября, 2019 г. Тез. докл. – Петрозаводск: ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2019. – С. 157–159.

15. Тахтеев, В. В. Разнообразие сообществ бентосных макробеспозвоночных холодных термальных и минеральных источников Байкальской Сибири / В. В. Тахтеев, **И. О. Еропова (Батранина)** // XII Съезд Гидробиологического общества при РАН. 16–20 сентября, 2019 г. Тез. докл. – Петрозаводск: ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2019. – С. 473–475.

16. **Еропова (Батранина), И. О.** Сравнительная характеристика структуры сообществ макробеспозвоночных горных водотоков хребта Хамар-Дабан / И. О. Еропова (Батранина), В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова, Д. А. Батрагин // Материалы 5-ой международной конференции «Современное состояние водных биоресурсов». 27–29 ноября 2019 г. – Новосибирск: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», 2019. – С. 70–73.

17. **Батранина, И. О.** Особенности распределения бентосных сообществ горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (Восточная Сибирь) / И. О. Батранина, В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова, Е. Р. Хадеева // Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных: сборник статей V Международной конференции, г. Томск, 26–28 октября 2020 г. / под ред. Р.Т-о. Багирова, Ю.В. Максимовой, Е.Ю. Субботиной, М.В. Щербакова, А.В. Симаковой. – Томск: Издательство Томского государственного университета, 2020. – С. 69–73.

18. Шелест, К. Ю. Особенности родников как малых водотоков и среды обитания для гидробионтов / К. Ю. Шелест, **И. О. Батранина**, Е. А. Мишарина // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы V Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск, 22 апреля 2022 г. // ФГБОУ ВО «ИГУ»: редкол.: А.Н. Матвеев [и др.]. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2022. – С. 175–178.

19. Govorukhina, E. V. Dynamics of quantitative indicators of macrozoobenthos depending

on changes in water level in the Maloe More Strait of Lake Baikal / E. B. Govorukhina, G. P. Safronov, V. P. Samusenok, A. L. Yuryev, E. A. Misharina, **I. O. Batranina**, A. N. Matveev // Ресурсы, окружающая среда и региональное устойчивое развитие в Северо-Восточной Азии: тезисы докладов V Международной научной конференции (Иркутск, 23–26 августа 2022 г.). – Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2022. – С. 180.

20. **Батранина, И. О.** Макрозообентос некоторых термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины в ранневесенний период / И. О. Батранина, В. В. Тахтеев // Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова: Тезисы конференции. Владивосток, 20–22 марта 2023 г. ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН. – Владивосток, 2023 – С. 28.

21. **Батранина, И. О.** Разнообразие сообществ бентосных макробеспозвоночных некоторых термальных минеральных источников Байкальской Сибири / И. О. Батранина, В. В. Тахтеев // Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний: Материалы III Всероссийской конференции международным участием, посвященной 80-летию д.б.н., проф. Б.Б. Намсараева, 100-летию Республики Бурятия, 300-летию Российской академии наук (3–7 июля 2023 г., Улан-Удэ – Байкальск) / отв. ред. Д.Д. Бархутова, О.П. Дагурова, Т.Г. Банзаракцаева; Сибирское отд-ние РАН [и др.]. – Новосибирск: СО РАН, 2023 – С. 18–19.

22. **Батранина, И. О.** Особенности распределения макрозообентоса горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (Восточная Сибирь) / И. О. Батранина, В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова // VIII Дружининские чтения: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 300-летию Российской академии наук, 55-летию Института водных и экологических проблем ДВО РАН, 60-летию заповедников в Приамурье. 4–6 октября 2023 г., г. Хабаровск. – Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2023. – С. 22–24.

23. **Батранина, И. О.** Термоминеральные источники – как часть уникального природного наследия Байкальского региона / И. О. Батранина, О. Т. Русинек, В. В. Тахтеев // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-летию юбилею Байкальского музея СО РАН, 25–29 сентября 2023 г. / отв. Ред. Е. П. Зайцева. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2023. – С. 98–102.

24. **Батранина, И. О.** Макрозообентос некоторых термоминеральных источников Баргузинской долины / И. О. Батранина, Д. А. Батрагин, Е. А. Мишарина // Социально-экологические проблемы Байкальского региона и сопредельных территорий: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Иркутск, 21 апреля 2023 г. // ФГБОУ ВО «ИГУ»: редкол.: А.Н. Матвеев [и др.]. – Иркутск : Изд-во ИГУ, 2023. – С. 21–24.