

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Байкальский музей Сибирского отделения Российской академии наук»
(БМ СО РАН)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Иркутский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)

На правах рукописи
УДК 574.587(571.53)

Батранина Ирина Олеговна

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

1.5.12 – Зоология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук
Ольга Тимофеевна Русинек

Иркутск, 2023

Содержание

	Стр.
Введение	4
Глава 1 История исследований зообентоса малых водотоков Байкальского региона (литературный обзор)	13
1.1. История исследования макрозообентоса горных водотоков и родников Байкальского региона	13
1.2. История исследования макрозообентоса термоминеральных источников Байкальского региона.....	27
Глава 2 Физико-географическая характеристика малых водотоков Байкальского региона	34
2.1. Район исследования	34
2.2. Горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан	36
2.3. Родник Университетский	38
2.4. Термоминеральные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины	40
Глава 3 Материалы и методы исследования	56
3.1. Объект исследования	56
3.2. Характеристика мест отбора и количество проб макрозообентоса в малых водотоках Байкальского региона	56
3.2.1. Отбор проб макрозообентоса в горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан	56
3.2.2. Отбор проб макрозообентоса в роднике Университетский	59
3.2.3. Отбор проб макрозообентоса в термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины.....	60
3.3. Методы исследований	65
3.4. Статистическая обработка данных	69
Глава 4 Таксономическое разнообразие и зоогеографический анализ макрозообентоса малых водотоков (горные водотоки, родники и термоминеральные источники) Байкальского региона	72
4.1. Биоразнообразие макрозообентоса горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан	72
4.1.1. Ручей Травянистый	72
4.1.2. Река Семиречка.....	80
4.1.3. Ручей Безымянный-1	83
4.1.4. Ручей Безымянный-2.....	85
4.1.5. Река Ширингаиха.....	87
4.1.6. Река Шанхаиха.....	88
4.2. Биоразнообразие макрозообентоса родника Университетский.....	91
4.2.1. Родник Университетский.....	92
4.3. Биоразнообразие макрозообентоса термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины.....	94

4.3.1.	Источник Верхняя Заимка.....	95
4.3.2.	Источник Кирон	99
4.3.3.	Источник Хакусы.....	101
4.3.4.	Источник Умхей.....	108
4.3.5.	Источник Аллинский	112
4.3.6.	Источник Гаргинский	114
4.3.7.	Источник Алгинский.....	115
4.3.8.	Источник Толстихинский	117
4.3.9.	Источник Сеюйский.....	119
4.3.10.	Источник Гусихинский.....	120
4.3.11.	Источник Золотой ключ.....	121
4.4.	Зоогеографический анализ донной фауны малых водотоков Байкальского региона	126
Глава 5	Структура сообществ и сравнительный анализ макрозообентоса малых водотоков (горные водотоки, родники и термоминеральные источники) Байкальского региона	132
5.1.	Структура сообществ макрозообентоса горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан	132
5.2.	Структура сообществ и сезонная динамика макрозообентоса родника Университетский	155
5.3.	Структура сообществ макрозообентоса термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины	176
5.4.	Сравнительный анализ макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона	196
	Выводы	200
	Список используемой литературы	202
	Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

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 от загрязнений. 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).

Изучение фауны малых водных экосистем является важным для выявления и сохранения биоразнообразия. 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.

Разнообразие фауны водотоков юга Восточной Сибири исследуется уже несколько десятилетий (Акиншина и др. 1988; Биота ..., 2009; Бекман, 1983; Каплина, 1970; Флора и фауна ..., 2000; Флора и фауна ..., 2001), но данные о количественном составе бентосных беспозвоночных в них крайне ограничены.

Горные водотоки привлекают внимание исследователей своей уникальной и своеобразной фауной. 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).

Большинство исследованных малых горных водотоков протекают в условиях таёжных лесов, находящихся в Центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Малые горные реки и ручьи обладают незначительным потенциалом самовосстановления и поэтому наиболее чувствительны к действию различных природных и антропогенных факторов.

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 чистой воды в притоки Байкала. Источники являются уникальными водными микросистемами, зоной контакта наземной и подземной 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

природные 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 недостаточной: детально для таких водоемов исследованы только цианобактерии (Раднагуруева и др., 2012; Потапова, Брянская, 2006; Бочка, 1995; Брянская и др., 2006; Зайцева и др., 2007).

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является исследование и описание состава, структуры и количественных характеристик макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

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 количественным и качественным составом донной фауны; сборы из потамали (зоны наиболее быстрого течения) необходимы, поскольку дополняют сведения о таксономическом составе макрозообентоса.

Впервые представлена комплексная характеристика сообществ макрозообентоса термоминеральных источников Байкальской Сибири, в том числе ранее не исследованных и находящихся в труднодоступных районах. Результаты работы позволили расширить знания о фаунистическом составе и распределении биоты в наземных гидротермах.

Теоретическая 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, демонстрирующих процессы видообразования, а также изучать адаптации гидробионтов к абиотическим условиям.

Практическая значимость работы. 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 по составу макрозообентоса водоемов разного типа.

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 видов гидробионтов региона. Обнаруженные макробеспозвоночные 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, проведён 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. Вычисление индексов биологического разнообразия, статистические расчёты и графические представления результатов выполнены при помощи стандартных пакетов компьютерных программ.

Определения таксономического видового статуса донных беспозвоночных выполнены с использованием современной зоологической литературы и верифицированы при сравнениях с коллекциями соответствующих групп

организмов в профильных научных учреждениях России и консультациях с ведущими специалистами.

Апробация результатов исследований. Материалы диссертационной работы представлены на конференциях:

1. 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.).

2. 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.).

3. Международная конференция в честь 90-летия Лимнологического института СО РАН «Пресноводные экосистемы – современные вызовы» (г. Иркутск, 10–14 сентября 2018 г.).

4. 12-ый съезд Всероссийского Гидробиологического общества при РАН (Республика Карелия, г. Петрозаводск, 16–20 сентября 2019 г.).

5. 5-ая Международная конференция «Современное состояние водных биоресурсов» (г. Новосибирск, 27–29 ноября 2019 г.).

6. 5-ая Международная конференция "Концептуальные и прикладные аспекты научных исследований и образования в области зоологии беспозвоночных» (г. Томск, 26–28 октября 2020 г.).

7. 10-ая Всероссийская конференция «Чтения памяти профессора Владимира Яковлевича Леванидова» (г. Владивосток, 20–22 марта 2023 г.).

8. 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.).

9. III Всероссийская конференция с международным участием «Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов экстремальных местообитаний

(ЭГДМЭМ)», посвященная 80-летию д.б.н., профессора Б. Б. Намсараева (1943–2015), 100-летию Республики Бурятия и 300-летию Российской академии наук (г. Улан-Удэ, 3–7 июля 2023 г.).

10. IV Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 30-летнему юбилею Байкальского музея «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле» (Иркутский район, пос. Листвянка, 25–29 сентября 2023 г.)

11. 3-я Всероссийская научная конференция с международным участием, посвященная 300-летию Российской академии наук, 55-летию Института водных и экологических проблем ДВО РАН, 60-летию заповедников в Приамурье «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 227 источников, из которых 37 – 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 к.б.н. Н. А. Рожковой и к.б.н. А. В. Непокрытых, н.с. Ю. М. Зверевой и в.н.с., д.б.н. Т. Я. Ситниковой; за ценные советы, замечания, консультации и помощь в определении амфибиотических насекомых научному сотруднику, к.б.н. А. А. Пржиборо (Лаборатория пресноводной и экспериментальной гидробиологии Зоологического института РАН, г. Санкт-Петербург), н.с., к.б.н. С. В. Айбулатову (Лаборатория по изучению паразитических членистоногих Зоологического

института РАН, г. Санкт-Петербург), н.с., к.б.н. Н. В. Базовой (Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН, г. Улан-Удэ), д.б.н., г.н.с., профессору Е. А. Макаrenchенко, к.б.н. О.В. Орел, д.б.н., профессору Т. М. Тиуновой и д.б.н. В. А. Тесленко (Лаборатория пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток); ведущему технологу, к.б.н. 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 д.б.н., профессору А. Н. Матвееву и к.б.н., доценту В. П. Самусенку (кафедра зоологии позвоночных ИГУ), к.б.н., доценту А. Л. Юрьеву, аспиранту, специалисту по УМР Д. А. Батранину, к.б.н., доценту И. В. Арову (кафедра гидробиологии и зоологии беспозвоночных ИГУ) и с.н.с., к.б.н. 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.

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

1.1. История исследования макрозообентоса горных водотоков и родников Байкальского региона

Байкальский регион – не только один из наиболее эстетически привлекательных на нашей планете, но и один из интересных для исследователей различного профиля: геологов, гидрохимиков, ботаников, зоологов и многих других. Горный характер рельефа Байкальского региона обуславливает наличие большого числа горных рек, ручьев, родников и источников, преимущественно с высоким качеством воды (Биота ..., 2009).

Под «биоценозом» (гидробиоценозом) понимают биологическую систему, состоящую из популяций нескольких видов, населяющих определенный участок жизненной арены (биотоп, или экотоп), образующих функциональное единство и осуществляющих во взаимодействии с неживой природой круговорот веществ с использованием энергии, поступающей извне (Константинов, 1986). В данном разделе мы подробнее рассмотрим состояние изученности макрозообентоса исследуемых горных водотоков и родников Байкальского региона. Следует отметить, что в литературе содержится крайне мало данных о фауне донных беспозвоночных крупных притоков Байкала, а малые реки и ручьи остаются практически неизученными. В целом в настоящее время мы имеем опубликованные данные по структуре сообществ горных водотоков, холодных родников (см. табл. 1) и термальных источников Байкальского региона (см. подгл. 1.3).

С начала XX столетия ведется изучение водной флоры и фауны беспозвоночных озер и рек Байкальского региона (за исключением самого оз. Байкал). Первые собранные гидробиологические материалы по фауне и зообентосу Г. Ю. Верещагину.

Таблица 1. Таксономическая изученность малых водотоков Байкальского региона.

Водоток	Авторы данных	Количество обнаруженных таксонов
р. Похабиха	Акиншина и др., 1988	Oligochaeta – 8 видов Ephemeroptera – 11 видов Turbellaria – 1 вид Trichoptera – 9 видов Plecoptera – 29 видов Chironomidae – 14 видов
р. Слюдянка	Акиншина и др., 1988	Oligochaeta – 1 вид Ephemeroptera – 7 видов Turbellaria – 1 вид Trichoptera – 1 вид; Plecoptera – 17 видов Chironomidae – 5 видов
р. Мангутай	Акиншина и др., 1988	Oligochaeta – 4 вида Ephemeroptera – 8 видов Turbellaria – 1 вид Trichoptera – 2 вида Plecoptera – 24 вида Chironomidae – 7 видов
Водотоки и водоёмы Баргузинского заповедника	Бочко, Ситникова и др., 2000	Turbellaria – 1 вид Trichoptera – 33 вида Plecoptera – 5 видов Chironomidae – 26 видов Amphipoda – 3 вида Castropoda – 5 видов Bivalvia – 4 вида Hirudinea – 4 вида
Водотоки и водоёмы Байкальского заповедника	Бондаренко, Механикова и др., 2001	Turbellaria – 1 вид Trichoptera – 33 вида Plecoptera – 26 видов Chironomidae – 26 видов Amphipoda – 3 вида Castropoda – 12 видов Bivalvia – 9 видов Hirudinea – 3 вида
Малые горные речки Байкальской рифтовой зоны	Тахтеев и др. (Биота ..., 2009)	Trichoptera – 56 видов
Ручьи и родники Байкальской рифтовой зоны		Trichoptera – 40 видов
Притоки Южного Байкала – реки Похабиха, Слюдянка и Безымянная	Тахтеев и др. (Биота ..., 2009)	Chironomidae – от 8 до 33 видов
Холодный родник Университетский	Тахтеев и др., 2010	Oligochaeta – 2 вида Amphipoda – 1 вид Trichoptera – 5 видов Chironomidae – 13 видов
Холодный родник Олхинский	Тахтеев и др., 2010	Oligochaeta – 5 видов Trichoptera – 3 вида Chironomidae – 20 видов, с учётом определенных до рода

Он привел сведения о зообентосе некоторых горных рек и родниковых ручьев в окружении оз. Байкал (Верещагин, 1918), указал на преобладание в родниковых водоемах турбеллярий. Однако накопление даже только фаунистических материалов происходило очень медленно, что может объясняться труднодоступностью многих участков Байкальской горной области. В обобщающей монографии М. М. Кожова «Пресные воды Восточной Сибири» (Кожов, 1950) приведена характеристика зообентоса многих озёр региона; для рек, ручьев, родников и некоторых термальных источников дано лишь общее географическое описание.

Тем не менее данные о количественном обилии и структуре донных сообществ, о распределении зообентоса даже для крупных притоков озера по-прежнему очень немногочисленны. В качестве одного из исключений можно назвать опубликованные результаты исследований зообентоса р. Селенги в подлёдный период (Базова, Базов, 2011), и выявление в его структуре доли хищных форм беспозвоночных, которые могут влиять на выживаемость икры байкальского омуля (Базов, Базова, 2016). Отдельно такой анализ проведён для хирономид (Кравцова, 2005; Биота ..., 2009). Однако для малых притоков Байкала (протяженностью 10 км и менее) и питающих их родников количественные сведения о зообентосе практически отсутствуют.

Рассмотрим подробно проведённые исследования состава и количественных характеристик зообентоса, проводимые в малых водных экосистемах Байкальского региона.

Т. В. Акиншиной с соавторами (1988) в рамках долговременного мониторинга донных сообществ Южного Байкала в отдельные годы были получены первые количественные данные по макрозообентосу нижнего течения рек Похабиха, Слюдянка и Мангутай. Также проводилось исследование зообентоса нескольких притоков среднего размера (Безымянная, Слюдянка, Похабиха) (Акиншина, 1988). Для четырёх рек разной величины, впадающих в Байкал (Селенга, Безымянная, Слюдянка, Похабиха) представлены сведения о

структурной организации зообентоса и проведено сравнение с таковой в приустьевых участках Байкала (Кравцова, 2005). Состав макрозообентоса и количественная структура этих рек были исследованы в их нижних участках. В целом список обнаруженных беспозвоночных исследуемых водотоков включает 86 таксонов, в том числе 63 – р. Похабиха, 42 – р. Слюдянка, 51 – р. Мангутай.

В 1998–2001 гг. в летнее время были проведены гидробиологические исследования по изучению водоемов Баргузинского и Байкальского заповедников. По результатам исследований опубликованы фаунистические списки видов бентосных беспозвоночных (Флора и фауна ..., 2000; Флора и фауна ..., 2001).

В период с 2000 по 2003 г. сотрудниками кафедры зоологии позвоночных и экологии и кафедры водных ресурсов ЮНЕСКО ИГУ проведены работы по исследованию биологического разнообразия и структуры макрозообентоса водоёмов Витимского заповедника (полупроточного оз. Орон и рек-притоков) (Биота ..., 2006). Его разнообразие оказалось весьма значительным; в озерах и нижних участках рек-притоков были зарегистрированы планарии, нематоды, олигохеты, пиявки, моллюски, клещи. В количественных сборах бентоса из оз. Орон зарегистрированы планарии, пиявки, олигохеты, водные клещи, ручейники, хирономиды, мокрецы, моллюски, поденки, мошки и другие двукрылые. По численности и биомассе доминировали олигохеты и хирономиды и изредка вислокрылки.

Имеются опубликованные данные по таксономическому составу гидробионтов, обитающих в нескольких источниках Байкало-Ленского заповедника, в которых доминирующей группой являются личинки хирономид (Шабурова и др., 2006).

Н. А. Рожковой (Биота ..., 2009) обобщены материалы по фауне ручейников мелких горных водотоков Байкальской рифтовой зоны с выделением различий фаун малых горных речек, ручьев и родников (источников), а также оз. Байкал. В фауне ручейников Байкальского региона 52% известных таксонов относятся к

реофильным с преобладанием восточно-палеарктических видов (Биота ..., 2009). Хирономиды и ручейники являются доминирующими в горных реках и отличаются значительным таксономическим разнообразием.

Большой научный интерес представляет также изучение биоты в таких небольших экосистемах, как родники. В Байкальском регионе почти не проводились исследования источников (родников) и подземных вод. Как правило, биологами изучались водотоки в среднем или нижнем течении, но не в месте выхода на поверхность. В начале XX в. (Биота ..., 2009) начаты исследования флора и фауны термальных источников.

Л. С. Кравцовой систематизированы и приведены данные по фауне личинок хирономид (Биота ..., 2009). Фауна хирономид лотических и лентических экосистем Прибайкалья весьма разнообразна. В ее составе по оригинальным и литературным данным (Леванидов, 1977; Биота ..., 2009) отмечено около 300 видов личинок хирономид, включая таксоны, идентифицированные до видовых групп. Наиболее представительными являются личинки хирономид двух подсемейств – Orthocladiinae и Chironominae, большинство из которых (111 таксонов), по всей видимости, обладают широкой экологической валентностью, встречаются как в речных, так и в озерных экосистемах (Линевич, 1981; Панкратова, 1977; Панкратова, 1983). Функционирование промышленных предприятий в регионе, усиление рекреационной нагрузки ставит под угрозу существование естественных природных популяций отдельных видов беспозвоночных животных и их сообществ. В связи с этим, немаловажное значение имеет изучение высокогорных рек, ручьев, термальных и минеральных источников, родников, озер как хранилищ естественного генофонда беспозвоночных животных, находящихся вдали от человеческой деятельности.

По данным Л. С. Кравцовой (Биота ..., 2009) личинки комаров–звонцов (сем. Chironomidae) в зообентосе водных экосистем Прибайкалья являются одной из наиболее богатой группой среди амфибиотических насекомых. В водотоках, впадающих в оз. Байкал, в термальных и холодноводных источниках,

расположенных на его побережье зарегистрировано 142 вида и личиночные формы из 6 подсемейств: Podonominae (3), Tanypodinae (2), Diamesinae (20), Prodiamesinae (2), Orthoclaadiinae (72), Chironominae (43). К часто встречающимся в водотоках относится 88 таксонов, тогда как 54 вида и форм являются редкими. Существенное влияние на формирование фауны личинок хирономид в крупных озерах Байкал и Хубсугул оказывают лотические и малые лентические водоемы Прибайкалья (Линевич, 1981). В трёх реках Южного Байкала – Похабихе, Слюдянке и Безымянной – отмечено от 8 до 33 видов хирономид (Кравцова, 2005; Биота ..., 2009). В холодных и термальных источниках Прибайкалья установлено 58 видов и форм личинок хирономид. К тому же, холодные родники являются резерватом реофильной фауны, а термальные – лимнофильной (Биота ..., 2009).

Доминирование личинок амфибиотических насекомых, а среди них хирономид, по-видимому, является универсальной особенностью пресноводных озер, водотоков и родников, имеющих воды гидрокарбонатно-кальциевого класса. Это явление свойственно не только Байкальскому региону, но и большинству других горных и многим равнинным участкам Евразии. Для горных холодных водотоков чаще всего характерен литореофильный комплекс беспозвоночных, включающий личинок хирономид, поденок, ручейников и веснянок (Тесленко, 1986; Руднева, 1995; Мисейко, 2003; Андрианова, 2013, 2015; Еропова, 2014). В разных случаях на первое место по обилию выходит одна из этих групп; например, в малых горных реках Южной Тувы количественно преобладают личинки подёнок (Заика, 2007). Во многих случаях хирономиды являются единственной доминирующей группой либо разделяют эту роль с олигохетами. Даже в родниках и родниковых ручьях Новой Зеландии хирономиды являются резко преобладающей группой (Barquín, Death, 2011). Также нередко доминантами в горных речках оказываются личинки мошек (Simuliidae). В крупных реках Восточной Сибири с заметным прогреванием воды в летний период по биомассе в число доминантов могут также входить личинки стрекоз (Потемкина и др., 2013).

В Восточной Сибири в горных реках и ручьях (но не в родниках) таксономический состав беспозвоночных более бедный, амфиподы не встречаются. Этим регион отличается, к примеру, от Горного Алтая, в котором широко представлены реофильные виды амфипод. В то же время в источниках и малых водотоках Западной и Центральной Европы, Горного Алтая и Памира регулярно присутствуют амфиподы, как подземные (сем. Crangonyctidae, Niphargidae), так и эпигейные (сем. Gammaridae) (Руднева, 1995; Ахроров, 2001; Smith et al., 2003, и др.). В водотоках бассейна р. Бия (Горный Алтай) эндемичные представители рода *Gammarus* часто являются доминирующими на участках с быстрым течением (Ковешников, 2010). В европейских родниках часто достигает высокого обилия изопода *Asellus aquaticus* (L.) (Hoffsten, Malmqvist, 2000; Ilmonen, Paasivirta, 2005; Чертопруд, 2011). В родниках Пензенской области по доминирующим группам макробеспозвоночных выявлены 11 типов сообществ, причем в качестве доминантов могут выступать хирономиды, ручейники, поденки, веснянки, двустворчатые моллюски рода *Euglesa*, изоподы *Asellus aquaticus* (Ивановский, 2010). Родниковые биоценозы в действительности значительно богаче и по составу фауны, и по сложности структурной организации сообществ, чем биоценозы рек и ручьев. Это может объясняться различиями в химическом составе и общей минерализации воды в разных источниках с одной стороны, а с другой – тем, что родники являются переходной зоной контакта между подземными и наземными водами и соответствующими сообществами (Чертопруд, 2006).

Родниковая экосистема является уникальной с точки зрения оригинальности фауны и её экологических особенностей. Родниковые сообщества складываются из немногих собственно родниковых, а также ручьевых видов, причем по мере удаления от самого родника (места выхода воды на поверхность) первые постепенно замещаются вторыми. Многие родники являются местом обитания реликтовой фауны, оставшейся, например, с теплых времен палеогена (улитки *Melanoides* в источниках Средней Азии) (Бирштейн, 1985). Родники считаются

самыми распространёнными и многочисленными водными объектами. Они своеобразны по своим условиям обитания, что позволяет выделять специфическую фауну (Дублянский ..., 2004). Родники обладают своим населением – креноном. В них широко представлены мхи и различные водоросли, образующие обширные скопления. Донная фауна родников состоит из психрофильных (криофильных) форм, которые индифферентны к течению. Фауна кренона нередко таксономически бедна, при этом показатели биомассы могут быть сравнительно высокими. Например, в лимнокрене Теплового озера (Южное Приморье) среднегодовая биомасса зообентоса составила 115,4 г/м² (Леванидов, 1981). Частью кренона являются древние беспозвоночные, которые жили еще в мезозое (Дублянский ..., 2004). Одну из главных ролей в бентосе играют организмы инфауны – малощетинковые черви (*Oligochaeta*), а также личинки хирономид (*Chironomidae*). При этом отмечено значительное развитие мейобентоса и даже зоопланктона, который обычно не свойствен текучим водам (Паньков, 2012).

Проблемы классификации родниковых сообществ и выявление отличий между ними обсуждаются довольно давно. А. Тинеманн, разделивший родники по признакам геоморфологии на реокрены (родниковые ручьи), лимнокрены (родниковые лужи) и геокрены (родниковые топи), также определил родниковую фауну (*in sensu stricto*) геокренов и ее отличия от фауны других мест обитания (Thienemann, 1922). Многие исследователи считают, что родниковую фауну следует исследовать в широком смысле, основываясь на общих положениях геоморфологии и гидрологии. Существуют разные подходы к изучению родниковой фауны: в первом случае родник рассматривается в целом, как однородное местообитание (Gray, 2005), во втором – выделяются микробиотопы и приводится анализ их сообществ (Imonen, 2005). Между тем показано, что населению разнотипных родников свойственны разные тенденции в заселении микробиотопов, что приводит к разной степени его внутренней целостности (Ивановский, 2011).

Общепризнано, что для анализа динамики фауны и сообществ зообентоса родниковых экосистем необходимо проводить продолжительный по времени сбор материала, охватывающий разные сезоны года. Впервые на состав фауны, структуру сообществ зообентоса и его сезонных изменений сотрудниками Иркутского государственного университета и Лимнологического института СО РАН на юге Иркутской области был исследован родник Университетский (с января по декабрь 2003 г.) и родник Олхинский (с февраля 2006 г. по январь 2007 г.) (Тахтеев и др., 2010). В исследованных холодных родниках температура воды в течение всего года составляет – 4–5 °С. Фауна состоит из широко распространенных эпигейных гидробионтов, кренобионтов, стигобионтов и околородных организмов (Тахтеев и др., 2010).

Максимальные значения численности и биомассы в источнике зарегистрированы в апреле (8167,0 экз./м², 22,70 г/м²) (Тахтеев и др., 2010). В мае они резко падали, что объясняется метаморфозом и массовым вылетом имаго амфибиотических насекомых. Среднегодовая численность макробеспозвоночных составила 2519,0 экз./м², биомасса – 3,98 г/м². Суммарное обилие животных также определяли личинки хирономид (Амбросова, 2006; Тахтеев и др., 2010; Помазкова, 2006). Отсутствие в этом источнике планарий и моллюсков, вероятно, объясняется слабокислой реакцией среды (рН 6,25). В роднике было выявлено 12 таксономических групп макробеспозвоночных (табл. 2). Среди них преобладали малощетинковые черви (*Oligochaeta*), личинки комаров-звонцов (*Chironomidae*), комаров-болотниц (*Limoniidae*); редко попадались личинки ручейников (*Trichoptera*), веснянок (*Plecoptera*), жуков (*Coleoptera*), бабочниц (*Psychodidae*), куколки кровососущих комаров (*Culicidae*).

Таблица 2. Сезонная динамика таксономических групп макробентоса в 2003 г. в источнике Университетский (над чертой – численность, экз./м², под чертой – биомасса, г/м²) (цит. по: Тахтеев и др., 2010).

Таксономическая группа	Месяц											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Chironomidae	$\frac{3461}{1,88}$	$\frac{5384}{4,95}$	$\frac{5512}{2,78}$	$\frac{5871}{3,14}$	$\frac{2076}{1,28}$	$\frac{1243}{1,28}$	$\frac{320}{0,06}$	$\frac{346}{0,10}$	$\frac{13}{0,45}$	$\frac{195}{0,29}$	$\frac{410}{0,15}$	$\frac{525}{0,24}$
Oligochaeta	–	$\frac{282}{0,22}$	$\frac{13}{0,17}$	$\frac{2141}{3,41}$	$\frac{141}{0,16}$	$\frac{294}{0,42}$	$\frac{205}{0,03}$	$\frac{38}{0,04}$	$\frac{13}{0,38}$	$\frac{13}{0,02}$	–	–
Trichoptera	$\frac{13}{0,77}$	$\frac{26}{0,06}$	$\frac{13}{1,31}$	$\frac{90}{13,70}$	–	–	$\frac{38}{0,06}$	–	–	–	–	–
Plecoptera	$\frac{26}{0,02}$	$\frac{13}{0,01}$	–	–	$\frac{26}{0,02}$	–	–	$\frac{13}{0,01}$	–	–	–	–
Limoniidae	$\frac{117}{0,44}$	$\frac{52}{0,23}$	$\frac{143}{0,65}$	$\frac{26}{0,69}$	$\frac{39}{0,16}$	$\frac{247}{1,19}$	$\frac{78}{0,19}$	–	–	–	–	–
Ephydriidae	–	$\frac{39}{0,72}$	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Psychodidae	$\frac{39}{0,04}$	$\frac{52}{0,28}$	–	–	–	–	–	–	$\frac{26}{0,01}$	–	–	–
Culicidae (куколки)	–	–	$\frac{13}{0,23}$	–	–	–	$\frac{13}{0,19}$	–	–	–	–	–
Diptera (неопредел.)	–	–	–	$\frac{13}{0,23}$	–	–	–	–	$\frac{39}{0,01}$	–	–	–
Coleoptera (личинки)	–	–	$\frac{13}{0,05}$	$\frac{26}{1,53}$	–	$\frac{13}{0,76}$	–	–	–	–	–	–
Coleoptera (имаго)	–	–	–	–	–	$\frac{13}{3,01}$	–	–	–	–	–	–
Amphipoda (Crangonyctidae)	$\frac{26}{0,02}$	$\frac{38}{0,01}$	$\frac{26}{0,01}$	–	$\frac{76}{0,01}$	$\frac{64}{0,01}$	$\frac{51}{0,01}$	$\frac{13}{<0,01}$	$\frac{13}{<0,01}$	–	$\frac{13}{0,01}$	$\frac{25}{0,01}$
Acariformes	–	–	–	–	–	–	$\frac{13}{<0,01}$	–	–	–	–	–
Итого	$\frac{3682}{3,17}$	$\frac{5886}{6,48}$	$\frac{5850}{5,45}$	$\frac{8176}{22,70}$	$\frac{2358}{1,00}$	$\frac{1874}{6,67}$	$\frac{718}{0,55}$	$\frac{410}{0,16}$	$\frac{104}{0,86}$	$\frac{205}{0,31}$	$\frac{423}{0,16}$	$\frac{550}{0,25}$

Примечание: – виды данной таксономической группы обнаружены не были

В 2003 г. в марте–апреле фауна источника демонстрировала пик по биомассе и численности (до 8200,0 экз./м² и 23,20 г/м²), далее наблюдалось резкое снижение этих показателей (табл. 2). В осенний период численность могла составлять около 100,0 экз./м², а биомасса едва достигала 0,20 г/м². Такая сезонная динамика связана с доминированием хирономид (Chironomidae) и олигохет (Oligochaeta). При повышении температуры воздуха у первых начинается окукливание, метаморфоз и вылет комаров. Но причина весеннего обилия олигохет пока остается невыясненной (Тахтеев и др., 2010).

Состав таксономических групп фауны также существенно уменьшился к концу года (табл. 2). С августа из состава биоценоза исчезли личинки ручейников, комары-болотницы (*Limoniidae*), резко снизилась численность олигохет, которые по непонятным причинам в ноябре–январе вообще не были обнаружены (Тахтеев и др., 2010).

Исследования сезонной динамики количественных показателей макробеспозвоночных в роднике в течение 2004 г. дали сходные результаты, лишь с той разницей, что наибольший пик численности пришелся на апрель. Скорее всего, это связано с более благоприятными погодными условиями в годы исследований. Суммарное обилие животных также определяли личинки хирономид (Амбросова, 2006). Установлено, что источник Университетский населяет всесветно распространенный вид олигохет *Tubifex tubifex*, отмечен также почвенноводный вид *Fridericia callosa* и представители семейства *Lumbriculidae*.

Личинки ручейников были малочисленными и присутствовали в составе сообщества с января по апрель, а также в июле. Они были представлены видами *Limnephilus rhombicus* L., *L. fuscicornis* (Rambur), *Apatania majuscula* McL., *A. stigmatella* (Zett.), *Halesus tessellatus* (Rambur). Эти виды свойственны фауне родников, ручьев и холодных горных водотоков. Фауна хирономид представлена 13 видами (Биота ..., 2009). Комплекс видов, доминирующих по биомассе, формируют *Pseudodiamesa branickii*, *P. nivosa*, *Prodiamesa olivacea* (Meig.), *Diamesa arctica* (Bohemann, 1865), *D. baicalensis* Tshernovskij, 1949, *Diplocladius cultriger* Kieff., 1908 (вид особенно многочислен в апреле и создает основу численности), *Heterotrissocladius marcidus* (Walker, 1856). Все они встречаются в поверхностных водотоках Прибайкалья. Вместе с тем, по данным Л. С. Кравцовой (Биота ..., 2009), сезонная динамика таксоценоза хирономид в холодноводном источнике сходна скорее с динамикой в литоральной зоне оз. Байкал, но не в водотоках Прибайкалья. В источнике в разные сезоны года по биомассе лидируют разные виды. В зимний период доминируют личинки *P. branickii*, весной – *D. cultriger*, летом – *D. baicalensis*. Личинки *D. arctica* присутствуют в числе

доминантов с января по сентябрь, а затем исчезают (как и некоторые другие виды) из состава сообщества за счет вылета имаго. Осенью (в ноябре) найдены личинки только одного вида – *D. cultriger*, жизненный цикл которого растягивается до весны из-за низкой температуры воды.

Сравнительно небогатый таксономический состав фауны Университетского источника, возможно, связан с низкими значениями рН воды, которое избегают многие гидробионты. В частности, этим может быть обусловлено отсутствие в нем турбеллярий и моллюсков.

С февраля 2006 г. по январь 2007 г. исследован родник Олхинский (Тахтеев и др., 2010). Источник расположен в пойме реки Олха, впадающей в Иркут. Бассейн этого родника выложен известняками и доломитами нижнего кембрия. Температура этого источника, так же, как и Университетского, круглый год постоянна – 4,5–5 °С, расход воды – 0,5 л/с. Минерализация колеблется от 0,3 до 1,6 г/л с преобладанием ионов кальция, магния, гидрокарбоната и хлора. В фауне Олхинского источника, которая считается более богатой по количеству групп животных, обнаружены арктические реликты – гарпактициды *Attheyella nordenskjoldi* (Lilljeborg), и даже элементы байкальской фауны – олигохеты *Nais baicalensis* Sokolskaja (Тахтеев и др., 2010). В сообществах макробеспозвоночных доминируют личинки хирономид (по численности и биомассе) и олигохеты (по численности); в отдельные месяцы – планарии (Олхинский источник). Впервые для Восточной Сибири описан подземный вид амфипод из семейства Crangonyctidae – *Stygobromus anastasiae* n. sp. (Sidorov et al, 2010, 2015).

Также в роднике преобладали хирономиды (Chironomidae) и олигохеты (Oligochaeta), а иногда доминирующей группой выступали ручьевые планарии (*Phagocata sibirica*); встречаются личинки ручейников, мокрецов, комаров-болотниц, цилиндротомид, долгоножек, мух-береговушек, а также водные жуки и клещи (Trichoptera, Ceratopogonidae, Limoniidae, Cyllindrotomidae, Tipulidae, Ephydriidae, Dytiscidae, Acari). Наряду с ними отмечены трипсы (Thysanoptera), коллемболы (Collembola), личинки комаров-скатописид (Scatopsidae), которые

являются полуводными животными, обитающими в обводненных растительных остатках и гниющей органике. В составе олигохет этого источника, по определению В. П. Семерного, оказался наис байкальский (*Nais baicalensis*), который был известен из оз. Байкал, а также из Ангары (Семерной, 2004). В разные периоды времени отмечен бокоплав-стигобромус (*Stygobromus anastasiae*). Здесь же встречается истинно кренобионтный ракушковый рачок илидромус эстонский (*Ilyodromus estonicus*) и арктический вид веслоногих рачков – аттеелла Норденшелда из отряда гарпактицид (*Attheyella nordenskjoldi*; определения Г. Л. Окуневой), которого можно считать реликтом, сохранившимся со времени последнего плейстоценового похолодания. Сезонная динамика обилия беспозвоночных в чем-то оказалась схожа с Университетским источником, а в чем-то совершенно различна. Весной 2006 г. тоже наблюдался пик численности с преобладанием личинок насекомых – хирономид (*Chironomidae*), береговушек (*Ephydriidae*), долгоножек (*Tipulidae*), которые впоследствии начинали вылетать, и их обилие падало (Тахтеев и др., 2010).

В 2006–2007 годах был ярко выражен летний пик обилия макрозообентоса – в июле численность возрастала до 17900,0–19300,0 экз./м², а биомасса – до 28,50–62,80 г/м² (максимальное значение), но при этом в 2007 году весеннего пика численности не наблюдалось. Не исключено, что часть организмов в это время привносилась из реки, поскольку ее уровень летом после дождей повышается, и источник за счет этого немного подтапливается.

Макрозообентос в Олхинском источнике оказался разнообразнее, чем в источнике Университетский, и представлен различными группами облигатных гидробионтов и околотоводных беспозвоночных. Среди них преобладают детритофаги – *Chironomidae* (от 11,4% численности и 8,1% биомассы в октябре до 48,3% численности и 57,2% биомассы в апреле), по численности также *Oligochaeta* (от 23,6 в январе до 56,6% в ноябре). На протяжении всего года в состав бентоса также входят *Turbellaria* (кроме ноября, по неясной причине), личинки *Trichoptera* (с максимальным обилием в зимние месяцы) и

Ceratorogonidae. Численность планарий в источнике сильно варьирует. Максимального значения она достигала в июле – 4923,0 экз./м². Немногочисленно, но регулярно в Олхинском источнике отмечены обитатели малых водоемов – луж и ручьев: личинки двукрылых из семейств Limoniidae, Cylandrotomidae, Ephydriidae, Tipulidae, а также волосатики (Nematomorpha), имаго жуков (Coleoptera). Среднегодовая численность макробеспозвоночных составила 8078,0 экз./м², биомасса – 13,67 г/м². Изменения количественных показателей в течение года определяются прежде всего доминирующими группами – личинками хирономид и ручейников, олигохетами. Мартовский пик обилия создают личинки насекомых (хирономид, долгоножек и береговушек). В апреле–мае наблюдается резкое уменьшение численности и биомассы за счет массового вылета имаго амфибионтов. Отмечено, что по количественным показателям макрозообентоса холодные родники соответствуют мезотрофным и даже эвтрофным озерам (Шабурова, 2006; Помазкова, 2006; Тахтеев и др., 2010).

В 2014 г. сотрудниками и студентами ИГУ под руководством д.б.н. И. Б. Книжина из-за недостатка данных о структуре зообентоса водотоков бассейна р. Ангара, необходимых для организации их системного мониторинга, было проведено исследование структуры зообентоса правых притоков, впадающих в Иркутское водохранилище. Впервые представлены сведения о составе и структуре сообществ зообентоса правых притоков Иркутского водохранилища и верхнего течения Ангары: Большая Речка, Тальцинка, Бурдугуз и Королок (Хромова, 2014). Исследования были проведены с апреля по сентябрь 2013 г. Наибольшие значения численности организмов макрозообентоса наблюдались в июле в р. Тальцинка (40,3 тыс. экз./м²). В остальных реках значение этого показателя изменялось от 2,9 до 18,1 тыс. экз./м². Наибольшая биомасса отмечалась в Большой Речке в июне – 41,7 г/м². В других водотоках величина этого показателя колебалась от 2,3 до 13,8 г/м². Средняя численность макрозообентоса в исследованных реках составляет 8890,0 экз./м², биомасса – 8,90 г/м². По численности и биомассе среди макробеспозвоночных в безледный

период доминируют личинки амфибиотических насекомых: хирономиды, подёнки, ручейники и веснянки. Полученные данные сопоставимы с количественными и качественными показателями макрозообентоса из других малых рек региона (Ербаева, 1977; Акиншина, 1988).

Таким образом, согласно литературным данным, фауна донных макробеспозвоночных малых водотоков Байкальского региона представлена 13 таксономическими группами. Доминирующее положение в сообществах макрозообентоса исследованных холодных родников Восточной Сибири принадлежит личинкам различных двукрылых насекомых. В рассмотренных случаях доминируют личинки хирономид, в качестве субдоминирующей группы выступают олигохеты; в ряде случаев на первое место по обилию могут выходить турбеллярии и личинки ручейников.

1.2. История исследования макрозообентоса термоминеральных источников Байкальского региона

Значительный интерес для биологического исследования представляют термальные источники. Горячие источники известны как места обитания теплолюбивых реликтовых и эндемичных видов, вплоть до южно-субтропических. Источники принято считать термальными, если температура воды в них не опускается ниже 20 °С в течение года. Такие источники являются природными термостатами, где температура воды у истоков остаётся практически постоянной в течение десятков и даже сотен лет (Борисов, 2015).

Термальные источники Прибайкалья и побережий Байкала довольно подробно описаны (Ломоносов, 1977). Начиная с 1997 г. на территории Прибайкалья коллективом исследователей из Иркутского госуниверситета и Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН постоянно проводятся экспедиции, в которых исследуют источники разных типов, а также выполняют наблюдения за сезонной динамикой зообентоса в них.

В пределах Байкальской рифтовой зоны обнаружено около 100 термальных источников (с температурой воды от 20 °С и выше) (Ломоносов, 1980). Благодаря особому микроклимату биотопы термальных источников стали благоприятными для обитания реликтовых популяций организмов, не свойственных для континентального климата, которые сохранились на территории Байкальской Сибири со времен доледникового периода (Марьясов, 2000). К настоящему времени в пределах Байкальской рифтовой зоны было исследовано несколько десятков источников, различных по своему гидрохимическому составу, температурному режиму, и составу фауны. Первые результаты исследований биоты источников опубликованы В. В. Тахтеевым с соавторами (Биота ..., 2009).

Установлено, что Ключевской источник в бассейне р. Киренги, отличается разнообразием фауны, в нём часто встречаются амфиподы *Gammarus lacustris* (Sars), представитель морского комплекса биоты фораминифера *Trochammina bami* (Окунева, 2007) и галофильный рачок *Cletocamptus retrogressus* (Биота ..., 2009).

Ермаковский минеральный источник является благоприятным местом обитания для арктической гарпактициды *Attheyella nordenskjoldi*. В макрозообентосе обитают представители амфипод, преобладают личинки хирономид (Биота ..., 2009).

Мунокский источник отличается своим химическим составом, в котором были обнаружены метан, тяжелые углеводороды (6,65 %) и углекислый газ (31,4 %). Данный родник является одним из самых обеднённых гидробионтами мест. Из животных встречены только личинки хирономид и олигохеты.

Постоянная и относительно стабильная высокая температура в термоминеральных источниках создает своеобразные условия для фауны. В таких условиях у гидробионтов вырабатываются физиолого-биохимические и поведенческие адаптации, что позволяет им успешно обитать при повышенной температуре (Болотов, 2012; Хмелёва, 1985). Термальные источники можно рассматривать в качестве уникальных местообитаний для изучения механизмов

адаптаций гидробионтов к повышенным температурам их морфологической изменчивости, пределов толерантности к градиенту температур, модификации жизненных циклов.

Большинство организмов крайне чувствительны к повышенным температурам, поскольку воздействие таких условий вызывает разрушение живой клетки. Формирования покоящихся форм: споры, или устойчивые стадии, как у тихоходок (*Tardigrada*), коловраток (*Rotifera*) и некоторых хирономид (*Chironomidae*) позволяет им выживать в экстремальных условиях. Известно очень немного организмов-термофилов, которые ведут активную жизнь при постоянных высоких температурах (Kahan, 1969).

П. Ю. Шмидтом первым из гидротерм Байкальского региона был исследован Котельниковский ключ, расположенный на северном берегу мыса Котельниковский на оз. Байкал. Температура воды в нём до каптации скважины была до 71°C. Вода имела запах сероводорода. Ключ, а также разлив, был населён разнообразной флорой и фауной. Животные появляются в ручье при температуре 31°C. В разливе обнаружены хирономиды *Psectrocladius extentus borealis* и жук рода *Hydroporus* (Кожов, 1950; Киселев, 1937; Резвой, 1937).

В середине прошлого столетия по материалам экспедиции П. Д. Резвого проведены описания биоты горячих источников Байкальского горного хребта (Хакусский и Котельниковский) (Резвой, 1937; Жадин, 1937; Жадин, 1960). Из макрозообентоса были выявлены моллюски (*Radix peregra geysericola*), клещи, личинки Diptera, имаго и личинки жуков (Coleoptera), личинки стрекоз (Odonata). Высокая численность прудовика *R. peregra geysericola* была отмечена в Хакусском источнике (Жадин, 1937; Жадин, 1960). Позднее из этого источника Н. Д. Кругловым и Я. И. Старобогатовым (Круглов, 1989) были описаны два вида лимнеид, первое время считавшиеся локальными эндемиками Хакусского источника: *R. thermobaicalica* Krugl. et Star. и *R. hakusyensis* Krugl. et Star. (по мнению Т. Я. Ситниковой эти два названия являются синонимами) (Биота ..., 2009). Дальнейшие исследования показали, что *R. thermobaicalica* обитает еще в

трёх других горячих источниках – Гаргинском в Баргузинской долине, Котельниковском – на северо-западном побережье Байкала и Дзелиндинском в бассейне р. Верхней Ангары (Биота ..., 2009; Болотов, 2011).

Некоторые изученные термальные источники в БРЗ имеют схожую друг с другом фауну. В составе гидробиоценозов доминирующей группой являются брюхоногие моллюски (Gastropoda), а также личинки хирономид (Chironomidae).

В разливе Гаргинского источника, который относится к бассейну реки Гарга в Баргузинской долине Бурятии, были отмечены высокие показатели биомассы макрозообентоса (7385,0 экз./м² и 43,84 г/м²) за счёт обилия эндемичного для гидротерм Байкальского региона вида моллюсков *R. thermobaicalica* (Тахтеев и др., 2006а).

В пределах бассейна реки Верхняя Ангара было изучено четыре термальных источника. Температура в Верхнезаимкинском и Ирканинском источниках значительно различается, на разных выходах ее колебания составили 21–29 °С и 29–35 °С соответственно. Верхнезаимкинский источник примечателен наличием водоросли из состава «морского» комплекса *Percursaria percursa*. У Ирканинского источника, как и у Киронского, установлено обитание реликтовой субтропической стрекозы *Orthetrum albistylum* (Selis). Дзелиндинские источники, также относящиеся к бассейну Верхней Ангары, вызвали интерес исследователей, поскольку в них обитают эндемичные для гидротерм БРЗ виды моллюсков *Radix thermobaicalica* и *Gyraulus* sp., имеющие высокие показатели биомассы (30 г/м²) (Биота ..., 2009).

В 2006–2007 гг. сотрудниками ИГУ и СИФИБР СО РАН в ходе совместных экспедиций были исследованы водные микрэкосистемы и природное окружение 12 минеральных хлоридно-натриевых источников, расположенных в Предбайкальской впадине и бассейне верхнего течения р. Лены, изливающихся из кембрийских соляных отложений. Минерализация их значительно варьирует – от 1,1 до 123,0 г/л (Тахтеев и др., 2017). Вследствие этого разнообразны и сообщества макрозообентоса. Они представлены 6 типами по доминирующей по

биомассе группе. Турбеллярный, гастроподный и психодидный типы отмечены для слабо минерализованных вод (<3 г/л); хирономидный тип встречается в водах и с низкой, и с высокой (до 28 г/л) минерализацией. В источниках с солёностью от 2,5 до 11 г/л формируются сообщества амфиподного типа с резко выраженным доминированием и высокой биомассой бокоплава *Gammarus lacustris* Sars. Уникальный эфидридный тип сообществ описан для гипергалинных вод Усть-Кутского источника с доминированием личинок береговушек (>97% биомассы). В составе мейофауны отмечены галофильные виды ракообразных. Особенно интересно присутствие в двух источниках типично морского вида – фораминиферы *Trochammina bami* Okuneva et Tachteew (Тахтеев и др., 2017).

По сравнению с наземными сообществами, гидробионты горячих источников изучены значительно слабее, хотя здесь предположительно могут обитать не менее интересные в биогеографическом отношении элементы. В 17 термальных источниках Прибайкалья обитает южно-палеарктический вид стрекоз *Orthetrum albistylum* Selys (Красная книга ..., 2013; Алексеева, 1990; Круглов, 1989) из Хакусского источника описаны два вышеназванных вида брюхоногих моллюсков. В настоящее время вид *Radix thermobaicalica* включен в Красную книгу Республики Бурятия (Красная книга ..., 2013). В ходе дальнейших исследований эти моллюски вполне могут быть обнаружены и на других горячих ключах региона. Однако уже сейчас очевидно, что они представлены разобщенными популяциями. Хакусская и гаргинская популяции разделены высоким Баргузинским хребтом, а хакусская и котельниковская – северной котловиной Байкала. В термальных источниках также встречаются особые формы широко распространённых видов *Radix auricularia* (Linnaeus, 1758) и *Gyraulus takhteevi* Sitnikova & Peretolchina, 2018 (Биота ..., 2009; Тахтеев и др., 2000а).

Из Хакусского термального источника был описан водяной клещ *Thermacarus thermobius* Sok. (сем. Hydrachnellidae) (Биота ..., 2009), известный также из Кашмира (Индия) (Schwoerbel, 1987); другой вид этого рода, *T. nevadensis* Marshall, населяет горячие источники в ряде штатов США, а также в

Чили (Schwoerbel, 1987). Этот автор считает, что термакарусы представляют собой древнюю широко распространенную эвритермную группу, ставшую позднее термофильной и отступившую в термальные биотопы. По этим материалам, данных клещей следует относить к реликтам мезозойского времени.

Для многих термальных источников Байкальского региона свойственны сообщества макробеспозвоночных гастроподного типа, на основе доминирования брюхоногих моллюсков. Они способны обитать при температурах более высоких, чем другие водные животные – до 33–35 °С, а также ползать по поверхности бактериально-водорослевых матов, покрывающих и более горячие разливы воды (до 42 °С). Отмечены гастроподные сообщества двух типов: моно- и бидоминантные. Так, единственным видом – прудовиком *Radix sibirica* Westerlund – представлены гастроподы на Окусиканском источнике и в серии Хойто-Гольских источников на противоположном фланге Байкальской рифтовой зоны – в Восточных Саянах (Биота ..., 2009; Ситникова, 2006). В то же время расположенный сравнительно недалеко от последнего термальный источник Халун-Ухан населён одним видом катушек *Gyraulus* (= *Anisus*) *acronicus* Férussac.

Бидоминантные гастроподные сообщества всегда представлены двумя массовыми видами – одним из рода *Radix* и одним из рода *Gyraulus* (Биота ..., 2009; Ситникова, 2006). Это могут быть широко распространённые виды *R. zazurnensis* (Mozley) и *G. cf. ignotellus* (Dybowski) (источник Золотой Ключ по р. Турка), либо *R. auricularia* L. и *Gyraulus takhteevi*. (литораль Байкала в месте разгрузки Котельниковского источника). Однако известны два крайне интересных аналогичных факта, когда в сообществе доминируют два вида, считающихся на данный момент эндемичными для высокотемпературных гидротерм Байкальской рифтовой зоны: *R. thermobaicalica* и *Gyraulus* sp. n. (пока не описанный новый вид). Сообщества данного типа известны в источниках Хакусы и Дзелинда.

Для примера приведём описание бентосного сообщества одного из горячих источников. В Гусихинском источнике (Баргузинская долина) имеется амфиподное сообщество, представленное двумя видами: байкальским *Gmelinoides*

fasciatus Stebbing и голарктическим *Gammarus lacustris* Sars. *G. fasciatus*, будучи выходцем из Байкала, отличается сравнительной термофильностью, и в местах разливов горячих источников встречается при температурах до 29°C. Моллюски представлены видами *Anisus contortus* (L.) (= *Bathiomphalus contortus*) и *A. (Gyraulus) baicalicus* (Dybowski); хирономиды – *Cricotopus gr. silvestris* Fabr., 1794, *Psectrocladius gr. psilopterus* (Kieffer) и *P. gr. obvius* (Walker). В составе фауны обнаружены также пиявки, пауки, клещи, клопы, личинки веснянок и стрекоз, личинки и имаго жуков-плавунцов. В целом фауна пруда, в который сливаются воды источника, имеет общесибирский облик (Биота ..., 2009; Флора и фауна ..., 2000). Бокоплав *G. fasciatus* отмечен также на источнике Золотой Ключ в 53 км от Байкала, что подтверждает его способность активно мигрировать вверх по течению рек (Биота ..., 2009).

Таким образом, согласно литературным данным, фауна донных макробеспозвоночных термоминеральных источников Байкальского региона представлена 19 таксонами. Доминирующее положение в составе макрозообентоса исследованных термоминеральных источников Восточной Сибири принадлежит брюхоногим моллюскам (Gastropoda), а также личинкам хирономид (Chironomidae). Необходимо отметить, что нашими предшественниками проведена огромная работа по изучению состава фауны и структуры сообществ макрозообентоса малых водных экосистем Байкальского региона. Важным результатом проведенных ранее 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.

ГЛАВА 2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ ВОДОТОКОВ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

2.1. Район исследования

Часть Восточной Сибири, называемая нередко по-разному из-за различий оконтуривающих границ – Байкальская Сибирь, Байкальский регион, Прибайкалье отличается значительное разнообразие имеющихся здесь природных условий, ландшафтов: от высокогорной тундры и темнохвойной тайги, до элементов экстразональной степи и даже песчаной пустыни (Русинек и др., 2012).

Байкальский регион охватывает территорию водосборного бассейна оз. Байкал и включает в себя три субъекта Российской Федерации (Иркутскую область, Забайкальский край и Республику Бурятию) а часть территории Монголии (Калихман, 2011). В наших исследованиях проведен анализ макрозообентоса территории, прилегающей к побережью оз. Байкал, в пределах Иркутской области и Республики Бурятии. Прибайкалье – территория, прилегающая к оз. Байкал с запада и востока, окружённая хребтами Приморский, Байкальский, Хамар-Дабан, Улан-Бургасы, Баргузинский и др. В Прибайкалье условно включена территория Иркутской области и Республики Бурятии, тяготеющие к Байкалу и занимающие перспективные для хозяйственного освоения районы Предбайкалья и западного Забайкалья (Ломоносов, 1977) (Приложение 1).

Большая часть этого региона – в центре и на востоке, представлена чередованием кайнозойских впадин и молодых горноскладчатых сооружений, отличается повышенной сейсмичностью. Она называется Байкальским рифтом и включает в себя Байкальскую горную страну, а также юго-восточную часть хребта Восточный Саян. На западе – в пределах Сибирской платформы – к Прибайкалью отнесена юго-восточная и восточная окраины Иркутского амфитеатра – плоскогорье, сложенное древними (палеозойскими) осадочными породами. Байкальская горная страна отделяется от Селенгинского плоскогорья хребтами Хамар-Дабана и Улан-Бургасы – системы оглаженных хребтов и

впадин, выполненных мезозойскими отложениями, также включенного в описываемый регион (Ломоносов, 1977).

Главным природным объектом Байкальского региона является озеро Байкал, включённое в 1996 г. в список всемирного природного наследия ЮНЕСКО. Байкальский регион расположен в зоне контакта четырёх крупных природных областей – Среднесибирской таёжной, Южносибирской гольцово-горно-таёжной, Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таёжной и Центрально-азиатской пустынно-степной, поэтому во флоре и фауне региона наряду с широко распространенными трансголарктическими и транспалеарктическими видами хорошо представлены европейско-сибирские, сибирско-дальневосточные, центральноазиатские и некоторые другие биографические элементы (Белов и др., 2002). Многие виды растений и животных, распространённые в Байкальском регионе, находятся здесь на границах своих ареалов. В связи с этим характерной особенностью региона как экотонной зоны является его повышенное биологическое разнообразие.

Горный характер рельефа Байкальского региона обуславливает наличие большого количества ручьев и горных рек. Оно в значительной мере определяет качество воды самого Байкала и формируется благодаря сочетанию комплекса факторов: особенностей горных пород, химически и физически устойчивых к водной эрозии; почвенному покрову; прибрежной растительности; гидробиоценозам, существующим в водотоках.

Особое значение имеет оценка состояния экосистем притоков, поставляющих воду в Байкал и во многом формирующих её уникальное качество. Изучение таких крупных притоков Байкала, как Селенга и Баргузин, следует признать регулярным (Katano et al., 2008; Томберг и др., 2014; Рожкова и др., 2016; Сороковикова и др., 2017 и мн. др.), в отличие от малых рек и ручьев, которые не были охвачены мониторинговыми наблюдениями. Между тем, горные водотоки, протекающие по труднорастворимым породам, обладают обычно наиболее высоким качеством воды.

2.2. Горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан

Хребет Хамар-Дабан находится на восточном побережье оз. Байкал на высотах 1300–2370 м над у. м. и является самым влажным местом в Прибайкалье. Максимальное количество осадков (около 1400 мм осадков в год) выпадает на северных и северо-западных склонах хр. Хамар-Дабан на высотах 1000–1400 м (Русинек и др., 2012). Северный макросклон хребта с вершинами от 2090 м (пик Черского) до 2396 м (Субутуй), простирающийся на 30–35 км, характеризуется большим количеством мелких рек и ручьев с небольшими площадями водосборных бассейнов. Все они берут начало в гольцовой или подгольцовой части хребта, имеют горный характер, обилие порогов, различные шиверы и водопады, характеризуются повышенной водностью и пополняют озеро чистой и маломинерализованной водой. Эти водотоки имеют снеговое и грунтовое (родниковое) питание, характеризуются холодноводностью даже в самый теплый период года.

Для классификации исследованных малых водотоков Байкальской Сибири использовали систему А. М. Комлева и Е. А. Черных (Комлев, 1984), согласно которой реки по протяженности делятся на самые малые (0–10 км), очень малые (11–25 км), малые (26–100 км), средние (101–500 км), большие (501–1000 км), очень большие (свыше 1001 км). Согласно этой классификации, исследуемые нами водные экосистемы, были отнесены к самым малым водотокам.

Исследованные речки и ручьи имеют небольшую протяженность: руч. Травянистый чуть более 5 км, р. Семиречка около 6,5 км. Несмотря на это, их течение на многих участках достаточно бурное из-за большого перепада высот. Ручей Травянистый начинается в зоне горных пихтовых редколесий на высоте 1200 м, общий перепад высот составляет около 746 м. Скорость течения на перекатах может достигать 1 м/с и более. Потоки текут ступенчато и на более ровных участках образуют разливы и небольшие заводи, скорость течения в которых снижается до 10–20 см/с, могут возникать «завихрения» с небольшим противотечением у линии берега. Ширина водотоков в таких участках небольшая:

от 40–100 см (оба ручья Безымянных) до 4–6 м у р. Шанхаиха и до 2–3 м у р. Семиречка. Глубина даже в расщелинах с быстрым течением не превышает 1 м, в разливах – от 5 до 30 см. Температура воды в июне–июле варьировала от 6,0 до 12,0 °С. В самом истоке руч. Травянистый она составила 3,4 °С несмотря на то, что ручей вытекал из-под мощного купола не растаявшего снежника на довольно крутом склоне.

Это означает, что питание ручья происходит не только талыми снеговыми водами, но и из более глубоких водоносных горизонтов. Грунты на участках с быстрым течением представлены валунами, крупными галькой и щебнем; поверхность камней может частично покрываться водными и полуводными мхами; между камнями задерживается растительный детрит и примесь песка. В мелководных затишных участках преобладают отложения из песка и дресвы с кусочками мелкого щебня, иногда чистые, чаще – в разной степени заиленные и обогащенные детритом; пески серого или рыжеватого цвета, часто с примесью черной слюды. Встречаются песчанистые илы и участки с большим количеством детрита, либо с покровом из мха.

По ионно-солевому составу воды большинства водотоков – гидрокарбонатные кальциевые. В устьевых участках руч. Травянистого и р. Шанхаиха немного повышается доля сульфатов (вода сульфатно-гидрокарбонатная кальциевая). Соотношение ионов заметно отличается в руч. Безымянный-2, вода в нем сульфатно-гидрокарбонатная натриево-кальциевая, с почти равными эквивалентными долями гидрокарбонатов и сульфатов (т. 347; см. табл. 3). Общая минерализация водотоков очень низкая, 34.7–83.4 мг/л, что ниже минерализации вод оз. Байкал, содержащей в среднем 95–96 мг/л солей (Русинек и др., 2012). Только в устьевом участке р. Шанхаиха вода минерализована почти на одном уровне с байкальской – 91.4 мг/л. Пониженная минерализация вод свойственна многим другим притокам Байкала; однако в ряде крупных и средней величины притоков (Селенга, Баргузин, Томпуда, Голоустная, Бол. Бугульдейка) превышает таковую в озере, достигая значений 107–187 мг/дм³ (Русинек и др., 2012). В пяти

точках отмечено присутствие нитратов, из них в двух довольно высокое (6 %-экв., устьевые участки руч. Травянистого и р. Семиречка). Значения рН находятся в нейтральной, слабокислой или слабощелочной области (6.23–7.87). Условия среды благоприятны для обитания холодолюбивой оксифильной фауны: содержание растворённого кислорода варьируется даже на очень коротком протяжении водотоков, но чаще оказывается выше степени насыщения, не достигая её только в р. Ширингаиха (см. табл. 3).

2.3. Родник Университетский

Родниками и родниковыми ручьями принято считать сосредоточенные естественные выходы подземной воды на дневную поверхность; имеются и подводные родники, разгрузка которых происходит в водоемы (Чеботарев, 1978). В этих условиях формируются водные микросистемы с наземной и подземной частями гидросферы, а также рефугии редких и реликтовых видов водных организмов (Тахтеев и др., 2010). Родники относятся к числу самых распространённых и многочисленных водных объектов, составляющих особую часть гидросферы.

В период с 2018 по 2019 г. исследован состав макрозообентоса и сезонная динамика родника Университетский.

Источник (родник) Университетский (рис. 1) расположен в черте г. Иркутска близ микрорайона Университетский ($52^{\circ}15'043''$ с.ш., $104^{\circ}14'402''$ в.д., высота 438 м над у. м.). Это один из источников, изливающихся из глубоких водоносных горизонтов в толще песчаников, в низине между микрорайонами Университетский и Первомайский. Расход воды составляет около 0,5 л/с. Грунт в источнике представлен щебнем, дресвой и песком с примесью растительного детрита. Ширина ручья составляет от 20 до 70 см (рис. 1, 2) и немного изменяется зимой и весной из-за снежного покрова и наледи. Глубина 20–30 см остается неизменной в течение всего года. Средняя скорость течения равна 0,11 м/с.

Воды исследованного Университетского источника – хлоридно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые, реакция их слабокислая (Тахтеев и др., 2010). Источник Университетский относится к холодному низкоминерализованному типу с минерализацией воды меньше 1 г/л, который выходит на поверхность из глубоких водоносных горизонтов и имеют стабильную в течение года температуру.



Рисунок 1. Родник Университетский в летний период. Фото автора.



Рисунок 2. Родник Университетский в зимний период. Фото М. М. Протасова.

Летом содержание кислорода наиболее высокое (82,6% насыщения, или 10,0 мг/, зимой наименьшее (0,01% насыщения, или 0,07 мг/). Температура воды стабильна в течение всего года и равна 4–5 °С. Воды источника вливаются в ручей – приток р. Кая, впадающей в р. Иркут (Тахтеев и др., 2010). Источник пресный: общая минерализация вод составляет 0,43 г/л. Однако ионно-солевой состав говорит о том, что это – разбавленные минеральные воды.

2.4. Термоминеральные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины

В недрах Прибайкалья находятся разнообразные по составу и свойствам минеральные воды: соленые и рассольные, термальные и холодные радоновые, углекислые и сероводородные. По богатству гидроминеральных ресурсов Прибайкалье не только не уступает таким традиционным курортным районам, как Кавказ или Центральная Европа, но, пожалуй, превосходит их. Термальные источники придают региону особое ландшафтно-экологическое своеобразие, являются рефугиумами для ряда теплолюбивых элементов фауны и флоры, как водной, так и наземной. Вокруг термальных источников формируются

комплексы, свойственные либо более южным природным зонам, либо более низким поясам гор (Плешанов, 1997; Тахтеев, Плешанов, 2012).

Геотермальные рефугиумы – уникальный объект изучения современного биологического разнообразия и динамики природных сообществ в процессе геологической эволюции земной поверхности. Их воздействие на флору и фауну проявляется не только в непосредственной близости от источников, но и на значительно удаленных территориях (Плешанов, 1997). Несмотря на то, что их доля в общем водном балансе Байкала крайне мала, особый химический состав воды оказывает существенное воздействие на процессы почвообразования, а оригинальное биологическое разнообразие демонстрирует их важную роль как биокоридоров между фаунами и флорами удаленных друг от друга регионов.

Термоминеральные источники Северного Прибайкалья. В 2016 г. нами исследован состав фауны термальных источников Северного Прибайкалья (Кирон, Верхняя Заимка и Хакусы). Физико-географические характеристики исследованных источников представлены ниже.

Источник Кирон (рис. 3) расположен у одноимённого озера, относящегося к бассейну Верхней Ангары на 1166 км БАМ магистрали. Термальные воды выходят в нескольких метрах от железнодорожной линии, у подножия склона, поросшего сосновым лесом, в россыпи крупных глыб. После выхода термальный поток проходит сквозь насыпи железной и автомобильной дорог и вливается в оз. Кирон. В летнее время источник посещается мало. В это время года вода в источнике имеет температуру 43 °С (Биота ..., 2009). Зимой Киронский источник



Рисунок 3. Источник Кирон в марте 2016 г. Участники экспедиции перед подготовкой к отбору качественных проб макрозообентоса. В центре В. В. Тахтеев, слева Я. А. Смирнов, справа И. О. Батранина.

не посещается вообще – подходы к точке разгрузки завалены глубоким снегом. Мы имели возможность лишь подойти к промоине у берега озера, в которой по обильным остаткам отмерших растений текла термальная вода с температурой 25 °С, и отобрать в образовавшейся луже (глубиной 3–5 см) качественную пробу. Грунт в пробе представлен обильным гниющим детритом. По составу вода сульфатно-гидрокарбонатная кальциево-натриевая, с запахом сероводорода, с минерализацией 0,63 г/л и кислой реакцией (рН=6,4) (см. главу 3, табл. 4).

Источник Верхняя Заимка расположен на левом берегу р. Верхняя Ангара напротив одноименного поселка. Разгрузка термальных вод происходит у подножия коренного склона основным и несколькими малыми выходами, а также рассеянно через аллювиальные галечниковые отложения (Биота ..., 2009). Воды источника собираются в узкий залив Верхней Ангары протяженностью несколько сотен метров (рис. 4). Только при наличии снежного покрова возможно видеть обширность термального поля, общая площадь которого составляет несколько тысяч м². Вода источника тёплая, низкоминерализованная (0,16 г/л), без явного

запаха, гидрокарбонатно-сульфатная натриевая, со слабощелочной реакцией (см. табл. 4). Содержание растворённого кислорода 5,8 мг/л. Возле основного выхода грунты чистые, галечно-песчаные, поверхность воды при температурах 25–28 °С покрыта бактериально-водорослевыми матами (БВМ). По мере остывания воды начинаются заиленные пески и песчанистые илы, БВМ отсутствуют. На термальных площадках у горячих источников отмечены пятна рдеста злакового – *Potamogeton gramineus* L. и урути сибирской – *Myriophyllum sibiricum* Kom. (рис. 5).

Источник Хакусы (Хакусский) находится в одноименной бухте на северо-восточном побережье оз. Байкал примерно в 0,5 км от береговой линии. От берега Хакусские источники отделены низкой террасой шириной 250–300 м, поверхность которой сложена песчаными дюнами, заросшими кустарником и сосновым бором. Впервые источники описал в 1775 г. И. Г. Георги, затем они изучались И. А. Багашевым, И. М. Овчинниковым, А. Г. Франк-Каменецким, В. Г. Ткачук и другими. Это один из самых высоких по дебиту (около 40 л/с) термальных источников Байкальской рифтовой зоны (Ломоносов, 1977).



Рисунок 4. Источник Верхняя Заимка. Рассеянные выходы термальной воды, собирающиеся в незамерзающий залив р. Верхняя Ангара. Фото автора.



Рисунок 5. Рдест злаковый и Уруть сибирская в Верхнезаимкинском термальном источнике. Фото Д. А. Кривенко.

Основная часть термальной воды изливается под уступом на склоне Баргузинского хребта при температуре 47 °С и далее общим потоком вливается в ручей Хакусы. Общая протяженность термального поля от основного выхода до слияния всех разливов в ручей – около 60 м. Вода по своим характеристикам сходна с таковой в предыдущем источнике, высокотермальная, гидрокарбонатно-сульфатная натриевая, без запаха, с низкой минерализацией (0,16–0,17 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4). Содержание растворенного кислорода в месте излияния 5,0–5,2 мг/л, в конце термального поля возрастает до 6,9 мг/л за счет фотосинтеза в бактериально-водорослевых матах. Частично воды ответвляются от главного потока или выходят на поверхность в виде более мелких и более холодных излияний, формируя обширные мелководные (1–3 см) разливы, которые и являются рефугиумом для теплолюбивой гидрофауны (рис. 6). Поверхность разливов покрыта бактериально-водорослевыми матами зеленого и рыжего цветов (рис. 7), грунты представлены смесью песка, гравия и гальки.

Хакусские источники, являющиеся гидроминеральной базой водолечебницы, приурочены к гранитам, которыми сложен прилегающий склон Баргузинского хребта. Воды источника Хакусы по классификации И. С. Ломоносова относятся к горячинскому типу (Ломоносов и др., 1977).



Рисунок 6. Термальный источник Хакусы. Боковой ручей с остывающими мелководными разливами. На заднем плане слева – основной поток. Фото Г. Д. Ильина.

В 2017 и 2020 г. нами проведены исследования состава макрозообентоса Баргузинской долины (Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский и Золотой ключ). Физико-географические характеристики исследованных источников представлены ниже.

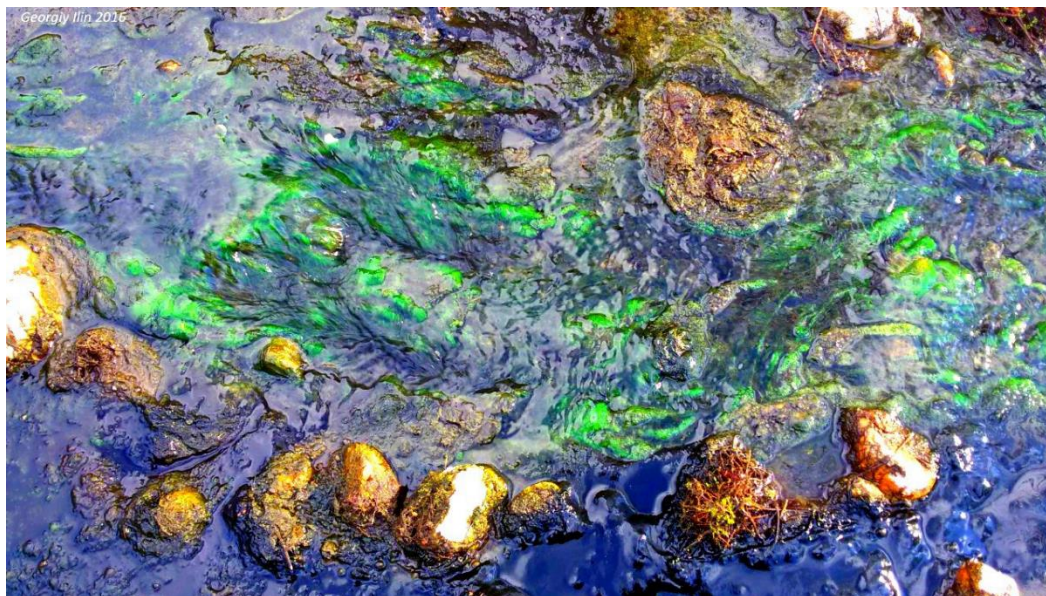


Рисунок 7. Бактериально-водорослевые маты на Хакусском источнике. Фото Г. Д. Ильина.

Термоминеральные источники Баргузинской долины. Долина расположена в Северном Прибайкалье в восточной части оз. Байкал и протягивается вдоль его северной части на 190–200 км. С северо-запада долина ограничена высоким Баргузинским хребтом (рис. 8), с юго-востока – Икатским, на юго-западе замыкается Шаманским отрогом, а на северо-востоке – схождением Баргузинского, Икатского, Северо- и Южно-Муйского хребтов.

Умхэйская группа термальных источников, относящаяся к щелочным фторсодержащим водам кульдурского типа (см. гл. 1.1), располагается в Курумканском районе, в верхнем окончании Баргузинской долины, в зоне смыкания Баргузинского и Икатского хребтов. В группе насчитывается до 150 отдельных излияний с различной температурой и дебитом, расположенных как на острове р. Баргузин, так и близ него по берегам реки (Ломоносов, 1977). Два основных выхода, сливаясь, образуют горячее озеро (рис. 9) шириною 20–30 м и длиной до 100 м. На дне озера глубиной 1,5 м, покрытом красным и тёмно-зелёным налётом и лечебной грязью, бьют многочисленные грифоны. Суммарный дебит только этих источников, судя по расходу ручья, вытекающего из озера, равен 7 л/с. Температура термальной воды в многолетнем разрезе остаётся постоянной. Наиболее высокая температура в основных выходах 45–46°C, а на



Рисунок 8. Баргузинский хребет перед сумерками. Фото Д. А. Кривенко.



Рисунок 9. Умхэйское горячее озеро. Фото автора.

дне озера 50 °С (Ломоносов, 1977). По составу вода в источнике карбонатно-сульфатная натриевая, с запахом сероводорода, с минерализацией (0,36 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4). В 2020 г. на источнике Умхэй нами была повторно отобрана проба воды. Вода по своим характеристикам сходна с таковой в предыдущем источнике, сульфатно-натриевая, с минерализацией (0,34 г/л) и

щелочной реакцией (см. табл. 4). Воды Умхейского источника по классификации И. С. Ломоносова относятся к кульдурскому типу.

Аллинские источники (рис. 10) расположены в 8 км от дер. Алла в устьевой части ущелья горной реки Алла, притока Баргузина. Это большая группа (более 50) горячих источников с температурой от 50 до 77 °С, разбросанных по всей долине реки. Выходы термальных вод периодически меняют свое местоположение. Это связано с изменением русла при наводнениях, засыпкой грунтом и илом выходов термальных вод. Минеральные воды разгружаются не только по берегам реки, но и в её русле.



Рисунок 10. Аллинский источник. Фото А. Б. Купчинского.

Гидрофауна Аллинских источников впервые была изучена в 1997 г. (Тахтеев и др., 2000а). Тогда они представляли серию больших по суммарному дебиту излиятий, формирующих «горячую протоку», впадающую в р. Аллу. Однако несколько лет спустя на реке прошёл селевой паводок, в результате которого большая часть излиятий оказалась погребённой полутораметровым слоем валунно-галечного материала (Тахтеев и др., 2000а).

Однако к 2017 г. первоначальный облик «горячей протоки» практически восстановился. Серия излияний с максимальной температурой до 75 °С формирует протоку остывающей воды, обильно покрытую толстыми многослойными бактериально-водорослевыми матами, протонемой мхов.

Вода гидрокарбонатно-сульфатная натриево-кальциевая, с минерализацией (0,33 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4). Согласно классификации И.С. Ломоносова воды Аллинского источника относятся к аллинскому типу.

Гаргинские термы (рис. 11) расположены в Курумканском районе, на правом берегу р. Гарги (левый приток р. Баргузина) при выходе из гранитных пород. Источник расположен в 78 км. восточнее с. Курумкан, от которого на источник идет дорога с бродом через р. Гаргу. Гаргинские источники известны давно, первое упоминание о них относится к 1772 г. и принадлежит И. Г. Георги. Минеральная вода Гаргинского источника изливается в количестве 3 л/с (Ломоносов, 1977). Наиболее высокая температура возле основного выхода Гаргинского источника 72 °С, в 15–20 м ниже 28 °С, грунты на данной станции представлены смесью лиственного опада, грязи, дресвы, щебня и небольших гейзеритов (10 мм и более). В 120 м ниже истока температура воды составила 39 °С, грунт здесь представлен в виде серого песка с наилком, детрита и лиственного опада. Вода сульфатно-кальциевого типа, с высокой минерализацией (0,71 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4).

Алгинский источник расположен на территории Курумканского района, в долине р. Баргузин, на северо-восточной окраине д. Алга и в 35 км на восток от с. Баргузин. Горячая вода разгружается в рыхлые четвертичные отложения на берегу Алгинского озера. Подлежит охране как гидрогеологический памятник природы федерального ранга. Температура воды 20,5 °С, дебит 1,3 литров в секунду. Выход вод приурочен к зоне разлома, проходящей по юго-восточному борту Баргузинской впадины. Родниковая воронка диаметром 2,5 м и глубиной 0,5 м выработана в рыхлых озёрно-речных отложениях (Карпунин, 1998). Источник для лечебных целей не используется (Ломоносов, 1977). Грунты в

источнике представлен смесью песка, гальки и детрита. Вода в источнике сульфатно натриево-кальциевого типа, с высокой минерализацией (0,60 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4).



Рисунок 11. Гаргинский источник. Место отбора количественных проб макрозообентоса. Фото А. Б. Купчинского.

Толстихинский источник располагается на левом берегу р. Баргузин, в 3,5 км к юго-западу от пос. Баргузин. Термальные воды разгружаются в русле и на самом урезе воды р. Баргузин и связаны с зоной разлома в древних гранитах. Большую часть времени источник затоплен речными водами. Зимой на реке образуется полынья. В 1965 г. Бурятским геологическим управлением источник был каптирован скважиной. Температуры воды, выходящей из скважины, равна 42–43 °С при максимальной температуре в источнике 30,5 °С. В марте 2020 г. температура воды возле основного выхода источника составила – 17 °С, в 30 м ниже – 21 °С. Поверхность разливов источника покрыта двумя ярусами бактериально-водорослевых матов, грунты представлены смесью заиленного песка с примесью дресвы, щебня и мелких камней. Вода в источнике гидрокарбонатно-сульфатного кальциевого типа с запахом сероводорода, с минерализацией (0,25 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4). Согласно

классификации И. С. Ломоносова воды Толстихинского источника относятся к аллинскому типу.

Сеюйский источник расположен в Курумканском районе у западного склона Икатского хребта на пойменной террасе р. Сея (левая часть бассейна Баргузина). Источник является притоком р. Хахархай. Вода изливается с дебитом 2 л/с при температуре 55,2 °С и сразу же формирует горячее озеро (рис. 12) с обильными бактериально-водорослевыми матами (рис. 13). Из озера вытекает ручей (рис. 12), который 22.03.2017 г. остывал до 22–25 °С. Он протекает через густо заросшую болотистую низину и впадает в р. Сея. Расход воды в верхнем течении ручья составил 15 л/с. Источник для лечебных целей не используется. Грунт в Сеюйском источнике представлен смесью песка, гравия и черного детрита. Вода в источнике сульфатно натриевого-кальциевого типа с запахом сероводорода, с минерализацией (0,23 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4). Воды Сеюйского источника по классификации И. С. Ломоносова относятся к кульдурскому типу.



Рисунок 12. Сеюйский горячий источник: горячее озеро (слева), ручей, вытекающий из озера (справа). Фото В. В. Тахтева.



Рисунок 13. Бактериально-водорослевые маты в Сеюйском источнике. Фото В. В. Тахтеева.

Гусихинский источник расположен в Баргузинской долине в 50 км юго-западнее пос. Баргузин, на правом берегу р. Мал. Гусиха. Источник относится памятнику природы республиканского значения. В 1965 г. Баргузинской партией Бурятского геологического управления на источнике пробурена скважина, вскрывшая на глубине 84 м термальную воду с температурой 74 °С. Дебит скважины при фонтанировании составлял 0,45 л/с, а при понижении уровня воды на 26 м равнялся 7,3 л/с. Температура воды в источнике – 38 °С. Дебит источника равен 0,37 л/с (Ломоносов, 1977). Горячая вода стекает в образованный в результате искусственного спрямления русла р. Мал. Гусихи пруд (рис. 14) и образует незамерзающее зимой озеро. Речной поток проходит через образовавшееся озеро. В марте 2020 г. вблизи термального потока температура составила 22 °С. Поверхность разливов покрыта бактериально-водорослевыми матами зелёного цвета, грунты представлены смесью ила с растительным детритом. Проба воды для проведения гидрохимического анализа отобрана из питьевого колодца. Вода сульфатно-кальциевого типа, с минерализацией (0,49 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4).



Рисунок 14. Гусихинский пруд. Фото В. В. Тахтеева.

Источник Золотой ключ находится к востоку от курорта Горячинск, в 53 км от устья р. Турки. Многочисленные выходы горячей минеральной воды отмечаются на острове р. Турки, и на её правом берегу. Суммарный расход не менее 5 л/с. Местным населением источник используется крайне редко (Ломоносов, 1977). Источник находится под охраной государства с января 1984 года. В марте 2020 г. температура в разных высачиваниях источника составляла 11–21 °С. Грунты в источнике представлены смесью заиленного песка с примесью дресвы, рыжего песка и черного детрита. В источнике обнаружены бактериально-водорослевые маты. Вода по своим характеристикам сходна с таковой в предыдущем источнике, сульфатно-кальциевого типа, с минерализацией (0,31 г/л) и щелочной реакцией (см. табл. 4).

Исследованные термальные источники относятся к горячинскому, аллинскому и кульдурскому типам (Ломоносов и др., 1977).

Таким образом, с 2016 по 2020 гг. году исследованы одиннадцать термальных источников Северного Прибайкалья (Кирон, Верхняя Заимка и Хакусы) и Баргузинской долины (Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский и Золотой ключ).

Рассмотрены их уникальные природные особенности, расположение, гидрохимические и гидрологические условия среды, особенности грунтов.

Представлена характеристика трех типов малых водотоков Байкальского региона (горные водотоки, родники и термоминеральные источники):

1. Горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан (ручей Травянистый, река Семиречка, руч. Безымянный-1, руч. Безымянный-2, р. Ширингаиха, р. Шанхаиха) берут начало в гольцовой или подгольцовой части хребта, имеют горный характер и снеговое, и грунтовое (родниковое) питание. Исследованные водотоки имеют небольшую протяженность (руч. Травянистый чуть более 5 км, р. Семиречка около 6,5 км) и небольшую ширину (от 40 см в ручьях Безымянных и до 6 м в р. Шанхаиха). По химическому составу воды большинства горных водотоков – гидрокарбонатного кальциевого типа. Температура воды варьировалась от 3,4 (исток руч. Травянистый) до 12,0 °С (р. Шанхаиха). Горные реки и ручьи характеризуются очень низкой минерализацией, нейтральной, слабокислой или слабощелочной рН.

2. Источник Университетский расположен в черте г. Иркутска близ микрорайона Университетский. Родник характеризуется небольшой шириной (от 20 до 70 см), глубиной (от 20–30 см), низкой минерализацией и температурой воды – от 3,0 (декабрь, 2018 г.) до 6,0 °С (июль, 2019 г.). По химическому составу воды Университетского источника хлоридно-гидрокарбонатного кальциево-магниевого типа со слабокислой реакцией среды.

3. Термоминеральные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины находятся на северо-восточном побережье оз. Байкал на достаточно удаленном расстоянии друг от друга. Источники характеризуются различным ландшафтно-экологическим своеобразием, температурой воды от 8,8 (ист. Умхейский, 2017 г.) до 75 °С (ист. Аллинский, 2017 г.), одинаковой реакцией среды – щелочной, за исключением ист. Верхняя Заимка (слабощелочная) и близким химическим составом воды. Вода термальных источников Северного

Прибайкалья имеет гидрокарбонатно-сульфатно-натриевый тип, а источников Баргузинской долины – сульфатно-натриевый тип.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Объект исследования

В качестве объекта исследования выбран макрозообентос, который является важным компонентом биоты водоемов и широко используется для оценки состояния водных экосистем. Представители макрозообентоса отличаются сравнительно крупными размерами, что значительно облегчает задачу их обнаружения в любом водоеме. Роль донных гидробионтов в водных экосистемах сложно переоценить, ведь они являются одним из важнейших элементов в пищевых цепях и основой кормовой базы рыб. Изучение состава зообентоса и структуры его сообществ – важнейший элемент экологического мониторинга водотоков любого типа.

3.2. Характеристика мест отбора и количество проб макрозообентоса в малых водотоках Байкальского региона

Материал для настоящей работы собран автором в ходе комплексных экспедиционных исследований, проводившихся под руководством д.б.н. профессора В. В. Тахтеева с 2016 по 2020 гг. на 18 малых водотоках Байкальского региона (3 ручья и 3 реки, 1 родниковый ручей и 11 термальных источников) (рис. 15). Всего отобраны и обработаны 118 проб макрозообентоса (96 количественных и 22 качественных).

3.2.1. Отбор проб макрозообентоса в горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан

В настоящей работе впервые приведены данные о составе фауны и количественной характеристике бентосных сообществ макробеспозвоночных шести горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан. Сборы макрозообентоса проводили в июне–июле 2017–2019 гг. на водотоках на участке протяжённостью около 6 км вдоль береговой линии Байкала между пос. Солзан и

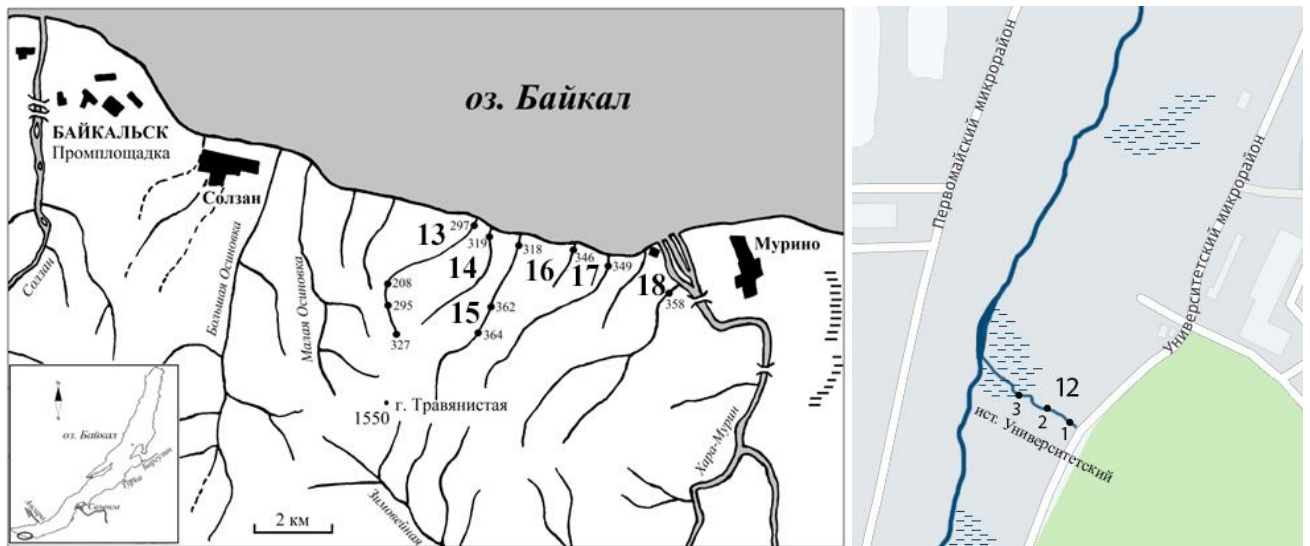
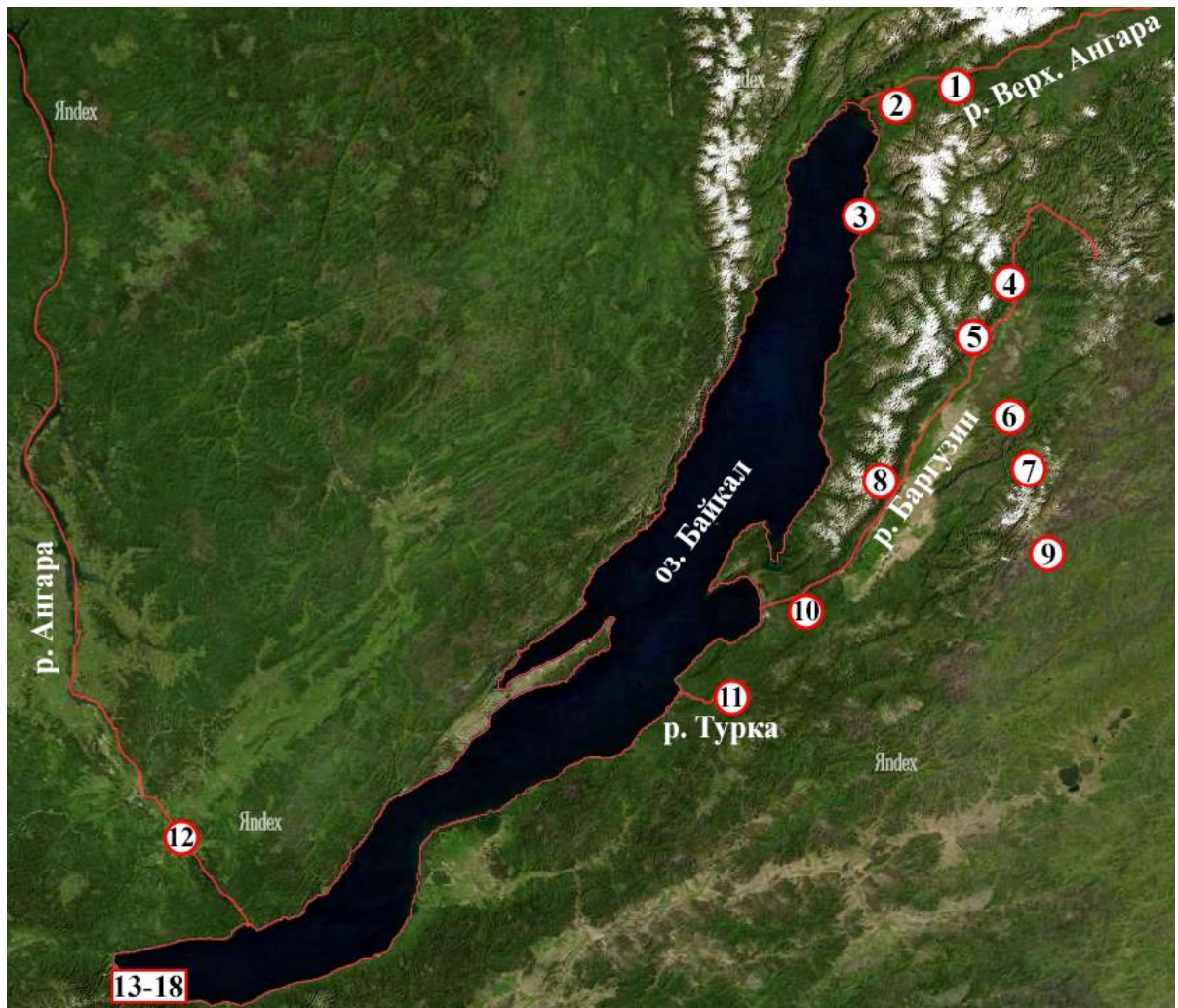


Рисунок 15. Карта–схема расположения точек отбора проб зообентоса термальных источников, родников и водотоков хр. Хамар-Дабан: 1 – Киронский, 2 – Верхнезаимкинский, 3 – Хакусский, 4 – Умхэйский, 5 – Аллинский, 6 – Гаргинский, 7 – Алгинский, 8 – Толстихинский, 9 – Сеюйский, 10 – Гусихинский, 11 – Золотой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

Мурино. Пробы отобраны в нижнем течении рек Семиречка, Шанхаиха и Ширингаиха, руч. Травянистый и двух безымянных); на р. Семиречка также на двух участках в среднем течении; на руч. Травянистый в верхнем (истоковом) и на двух участках среднего течения. Высота точек отбора составила от 463 до 1200 м над у. м. Всего собраны 33 количественных, 9 качественных проб бентоса и 11 проб воды (см. табл. 3). Схема отбора проб показана на рис. 15.

Среди трёх основных зон, выделяемых для малых водотоков Хамар-Дабана по направлению их течения (кренали, ритралаи и потамали), совершенно не выражена потамаль со слабым уклоном и замедленным течением, где накапливаются приносимые отложения (возможно, кроме короткого нижнего участка р. Шанхаиха) – течение речек и ручьев быстрое вплоть до самого устья. В условиях мелководных и быстротекущих потоков отбор проб на их стрежне малоэффективен: часть организмов, несмотря на предпринимаемые усилия, все-таки уносится течением. Кроме того, существование бентофауны в таких условиях возможно только в интерстициали или с нижней стороны камней, где гидродинамические условия более спокойные. По-видимому, в этом заключается объяснение того, почему многие исследователи при изучении быстрых водотоков получают низкие показатели обилия (биомасса – до 1–3 г/м² или даже менее). Учитывая это, мы производили отбор проб преимущественно в рипали водотоков – в прибрежных мелководных участках, на которых скорость течения снижается до 10–20 см/с и менее (см. рис. 16). Первые полученные результаты показали правомерность такого подхода: наиболее богатые сообщества зообентоса существуют именно в рипали (Еропова и др., 2019). Более того, на стремнине потока обычно невозможно установить бентометр из-за превышавшей его высоту (30–35 см) глубины либо препятствующего сильного течения. На таких участках проводили только качественные сборы.



Рисунок 16. Установка круглого бентометра для отбора количественной пробы в нижнем течении ручья Безымянный-2, точка 346. Фото В.В. Тахтеева.

3.2.2. Отбор проб макрозообентоса в роднике Университетский

С января по декабрь 2003 г. проведены исследования по описанию таксономической структуры и сезонной динамики сообществ макрозообентоса источника (родникового ручья) Университетский (Тахтеев и др., 2010). Их результаты нуждались в обновлении, вследствие чего с июля 2018 г. по июль 2019 г. нами отобраны новые пробы с целью проведения сравнительной характеристики сообществ макрозообентоса.

В левом рукаве родника Университетский отбор проб проводили ежемесячно (с июля 2018 г. по июль 2019 г.), что позволило в дальнейшем охарактеризовать годовую динамику зообентоса. Всего отобрано и обработано 35 количественных проб макрозообентоса (см. табл. 4) с трёх станций. Станция № 1 (рис. 17) находится в 1,5 м от выхода источника, станция № 2 находится в 5 м от точки № 1, станция № 3 – в 5 м от точки № 2 ниже по течению. На каждой станции отбирали по 2–3 количественные пробы.



Рисунок 17. Родник Университетский, станция № 1. Фото С. И. Дидоренко.

3.2.3. Отбор проб макрозообентоса в термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины

Изучение водных биоценозов термальных источников Байкальского региона начато сравнительно недавно. Большая часть опубликованных материалов (Биота ..., 2009; Тахтеев и др., 2006а) относится к летнему сезону года. Два исследования состояния экосистем термальных источников выполнены в ранневесенний период (март 1999 г. и 2006–2008 г.), однако результаты этих работ опубликованы не полностью (Биота ..., 2009).

С 2016 по 2020 г. проведены исследования макрозообентоса на трёх термальных источниках Северного Прибайкалья (Киронский, Верхнезаимкинский и Хакусский) и восьми термальных источниках Баргузинской долины (Умхэйский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский и Золотой Ключ).

С 16 по 22 марта 2016 г. отобраны количественные пробы макрозообентоса на трёх термальных источниках Верхнеангарской впадины и побережья Северного Байкала: Верхнезаимкинский, Киронский и Хакусский. Всего собраны и обработаны 6 количественных и 5 качественных проб (см. табл. 4).

С 18 по 24 марта 2017 г. проведена экспедиция по трём термальным

источникам Баргузинской долины: Умхэйский-1, Аллинский-1 и Сеюйский. Собраны и обработаны 6 количественных и 6 качественных проб макрозообентоса (см. табл. 4). Точки отбора проб отображены на рис. 15. С 18 по 26 марта 2020 г. продолжены исследования по семи термоминеральным источникам Баргузинской долины: Умхэйский-2, Аллинский-2, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Гусихинский, Золотой Ключ (рис. 15). Собраны и обработаны 18 проб макрозообентоса (из них 16 количественных и 2 качественных). Всего в термальных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины собраны и обработаны 28 количественных и 13 качественных проб макрозообентоса (см. табл. 4).

Из-за большой расчленённости рельефа и разнообразия гидрогеологических условий термальные источники содержат таксономически богатую фауну и разнообразные бентосные сообщества. Благодаря наличию в регионе многочисленных экстразональных природных комплексов они нередко являются экосистемами-рефугиумами.

Таблица 3. Объем собранного материала и характеристика исследованных станций на малых горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан (2017–2019 гг.).

№ точки	Водоток и его участок	Дата сбора	Координаты		Высота н.у.м., м	Содержание O ₂ **	Число проб*	Физико-химические свойства воды (формула Курлова)
			с.ш.	в.д.				
327	Руч. Травянистый, в 3,5–8 м от истока из-под снежника на крутом склоне	05.06.2018	N 51°27'38"	E 104°17'07"	1200	$\frac{13.49}{100.9}$	$\frac{3}{1}$	M 0.07 $\frac{HCO_3 89 SO_4 7 NO_3 2 Cl 1}{Ca 78 Mg 15 Na 5 K 2}$ T 3.4° pH 6.98
295	Он же, выше среднего течения	03.06.2018	N 51°28'07"	E 104°16'51"	930–963	$\frac{9.00-14.00}{77.2-109.3}$	$\frac{3}{0}$	M 0.04 $\frac{HCO_3 82 SO_4 15 Cl 2 NO_3 1}{Ca 68 Mg 18 Na 11 K 3}$ T 6.0° pH 6.75
208	Он же, среднее течение, в 230 м ниже предыдущей точки	05.07. – 06.07.2017	N 51°28'18"	E 104°16'52"	944	$\frac{10.62-15.30}{90.3-167.1}$	$\frac{3}{2}$	M 0.04 $\frac{HCO_3 86 Cl 9 SO_4 5}{Ca 70 Mg 20 Na 6 K 4}$ T 6.5° pH 7.16
297	Он же, устьевая часть	06.07.2017, 02.06.2018	N 51°29'07"	E 104°18'44"	477	$\frac{20.90}{171.7}$	$\frac{4}{2}$	M 0.03 $\frac{HCO_3 64 SO_4 27 NO_3 6 Cl 3}{Ca 70 Mg 20 Na 7 K 3}$ T 6.5° pH 6.70
319	Руч. Безымянный-1, устьевая часть	03.06.2018	N 51°29'00"	E 104°19'00"	466–478	$\frac{9.51-18.91}{78.4-156.5}$	$\frac{3}{1}$	M 0.03 $\frac{HCO_3 72 SO_4 23 Cl 2 NO_3 3}{Ca 59 Mg 22 Na 13 K 5}$ T 8.0° pH 6.78
318	Р. Семиречка, устьевая часть	02.06.2018	N 51°29'00"	E 104°19'44"	476	$\frac{7.43-29.5}{61.5-242.0}$	$\frac{3}{1}$	M 0.07 $\frac{HCO_3 83 SO_4 9 NO_3 6 Cl 1}{Ca 73 Mg 21 Na 4 K 2}$ T 7.2° pH 7.66
362	Она же, среднее течение, в 1770 м выше предыдущей точки	10.07.2019	N 51°28'11"	E 104°19'05"	645–680	$\frac{10.11-17.60}{86.4-156.3}$	$\frac{3}{1}$	M 0.08 $\frac{HCO_3 74 SO_4 24 Cl 1}{Ca 67 Mg 23 Na 7 K 2}$ T 8.0° pH 7.87
364	Она же, среднее течение, второй участок, в 395±20 м выше предыдущего	10.07.2019	N 51°27'59"	E 104°18'60"	645–681	$\frac{10.67-11.26}{96.1-101.0}$	$\frac{3}{0}$	M 0.08 $\frac{HCO_3 75 SO_4 23 Cl 2}{Ca 68 Mg 23 Na 7 K 2}$ T 10.5° pH 7.87
346	Ручей Безымянный-2, устьевая часть, в 6–70 м от впадения в Байкал	08.07.2019	N 51°28'46"	E 104°20'41"	475	$\frac{7.11-20.50}{63.3-183.2}$	$\frac{3}{1}$	M 0.03 $\frac{HCO_3 46 SO_4 44 Cl 9}{Ca 47 Na 32 Mg 14 K 5 NH_4 2}$ T 10.0° pH 6.23
349	Река Ширингаиха, устьевая часть	08.07.2019	N 51°28'41"	E 104°21'31"	463–481	$\frac{8.50-9.06}{80.7-83.2}$	$\frac{2}{0}$	M 0.07 $\frac{HCO_3 88 SO_4 12}{Ca 70 Mg 20 Na 7 K 2}$ T 11.0° pH 6.83
358	Река Шанхаиха, устьевая часть	08.07.2019	N 51°28'22"	E 104°22'53"	467–517	$\frac{3.50-21.7}{32.8-200.0}$	$\frac{3}{0}$	M 0.09 $\frac{HCO_3 73 SO_4 26 Cl 1}{Ca 70 Mg 19 Na 8 K 2}$ T 12.0° pH 7.55

Примечание: * числитель – количественные пробы, знаменатель – качественные; ** числитель – мг/дм³ O₂, знаменатель – % насыщения воды кислородом.

Таблица 4. Объем собранного материала и характеристика исследованных источников Байкальского региона (2016–2020 гг.).

Источник	Дата сбора	Координаты		Температура, °С	Число проб*	Физико-химические свойства воды (формула Курлова)
		с.ш.	в.д.			
1	2	3	4	5	6	7
Кирон	18.03.2016	N 55°57'292"	E 110°42'326"	25,0	$\frac{0}{1}$	$M 0,63 \frac{HCO_3 58 SO_4 25 Cl 17}{Na 66 Ca 32} pH 6,4$
Верхняя Заимка	18.03.2016	N 55°50'310"	E 110°09'497"	28,8–12,0	$\frac{2}{2}$	$M 0,16 \frac{SO_4 55 HCO_3 31 Cl 14}{Na 74 Ca 19 HCO} pH 8,2$
Хакусский	20.03.2016	N 55°21'344"	E 109°49'423"	47,0–10,0	$\frac{4}{2}$	$M 0,17 \frac{SO_4 58 HCO_3 33 Cl 19}{Na 74 Ca 24} pH 8,8$
Умхейский-17	20.03. – 23.03.2017	N 54°59'156"	E 111°07'075"	47,6–8,8	$\frac{1}{6}$	$M 0,36 \frac{SO_4 39 CO_3 27}{Na 90} pH 9,0 ***$
Аллинский-17	21.03.2017	N 54°42'009"	E 110°42'107"	75,0–11,0	$\frac{2}{0}$	$M 0,33 \frac{SO_4 37 HCO_3 30}{(Na + K) 79} pH 9,7 ***$
Сеюйский	22.03.2017	N 54°50'089"	E 111°18'058"	55,2–22,0	$\frac{3}{0}$	$M 0,23 \frac{SO_4 28 HCO_3 20}{(Na + K) 75} pH 9,7 ***$
Умхейский-20	20.03.2020	–	–	31,0–29,0	$\frac{3}{1}$	$M 0,34 \frac{SO_4 60 HCO_3 19 CO_3 15 Cl 6}{Na 92 Ca 5 Mg 2 K 1} pH 10,03$
Аллинский-20	21.03.2020	N 54°42'032"	E 110°42'177"	16,1–11,1	$\frac{2}{0}$	–
Гаргинский	21.03.2020	N 54°19'120"	E 110°59'381"	39,0–28,0	$\frac{3}{0}$	$M 0,71 \frac{SO_4 71 HCO_3 15 Cl 13}{Ca 85 Na 9 Mg 5} pH 8,15$
Алгинский	22.03.2020	N 54°98'65"	E 111°11'86"	18,0–17,0	$\frac{2}{0}$	$M 0,60 \frac{SO_4 82 HCO_3 11 Cl 7}{Ca 68 Na 27 Mg 4} pH 7,87$
Толстихинский	23.03.2020	N 53°59'72"	E 109°59'10"	25,0–17,0	$\frac{2}{0}$	$M 0,25 \frac{SO_4 46 HCO_3 27 CO_3 14 Cl 12}{Ca 90 Na 5 Mg 4} pH 9,76$

1	2	3	4	5	6	7
Гусихинский	24.03.2020	N 53°24'53"	E 109°21'21"	22,0	$\frac{1}{0}$	$M 0,49 \frac{SO_4 68 HCO_3 20 Cl 12}{Ca 84 Mg 7 Na 9} pH 8,50$
Золотой Ключ	25.03.2020	N 53°00'057"	E 108°43'524"	22,0–11,0	$\frac{3}{1}$	$M 0,31 \frac{SO_4 72 HCO_3 11 Cl 12 CO_3 4}{Ca 84 Na 10 Mg 5} pH 9,25$
Университетский	07.2018–07.2019	N 52°15'043"	E 104°14'402"	3,0 (декабрь, 2018)–6,0 (июль, 2019)	$\frac{35}{0}$	$M 0,43 \frac{HCO_3 47,7 Cl 142,8 SO_4 9,5}{Mg 49 Ca 27,5 Na 23,5} pH 6,25^{**}$

Примечание: * числитель – количественные пробы, знаменатель – качественные;

* – точнее не указано из-за обширности полосы термальных излияний; ** – химический состав по (Резников, 1970);

*** – химический состав по (Намсараев,

2011).

– данные отсутствуют.

3.3. Методы исследований

Для исследований макрозообентоса мы руководствовались принципом, выдвинутым В. И. Жадиным (1960), согласно которому изучение водоемов необходимо проводить различными методами, как количественными, так и качественными, регистрирующими обследованную площадь. Сбор и обработку всего материала проводили по общепринятым гидробиологическим методикам (Абакумов, 1983; Методические рекомендации ..., 1984; Винберг, 1960; Тахтеев, 2006а, б). 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 ($0,017 \text{ м}^2$ и $0,021 \text{ м}^2$ и $0,0625 \text{ м}^2$); качественные – путём сбора животных гидробиологическим сачком. Использовался металлический конусовидный бентометр авторской модификации, предложенной В. В. Тахтеевым (рис. 18), который эффективен на различных грунтах, кроме гальки, валунов и плотного листовенного опада.



Рисунок 18. Отбор количественных проб на источнике Золотой ключ. Фото А. Б. Купчинского.

Бентометр плотно устанавливали на грунт, с площадки, ограниченной устройством, вынимали слой субстрата толщиной 2–5 см, укладывали в ёмкость и тщательно отмывали путём взбалтывания. Полученный осадок промывали через сачок из мельничного сита № 76 и фиксировали 4%-м раствором формальдегида или 70 %-м этанолом. На каждом участке отбирали по 3 количественные пробы (реже 2 или 4) и 1–2 качественные. Оказавшиеся внутри бентометра камни, листья, фрагменты древесины вынимали отдельно и отмывали в сачке.

На каждом исследуемом водотоке или источнике фиксировали координаты, выполняли его общее описание, измеряли скорость течения, прозрачность воды, определяли её цвет и запах. Содержание в воде кислорода (в мг/дм³ и в % насыщения) определяли с помощью анализатора растворённого кислорода МАРК 302Э (ВЗОР, Россия). Температуру измеряли одновременно ртутным термометром и термодатчиком термооксиметра. Одновременно проводили измерения глубины, толщины слоя вынутаго грунта, длины, ширины и скорости течения водотоков. Координаты и высоту над уровнем моря фиксировали с помощью GPS-навигатора eTrex Legend C (Garmin, США).

На каждом участке проводили отбор проб воды для характеристики химического состава исследуемых водотоков. Гидрохимические анализы выполнены по руководству А. А. Резникова и соавторов (1970) на базе химико-аналитического центра Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН. Воду набирали в объёме 0,5–1 л в месте изливания источника на поверхность. Определяли общую минерализацию, содержание основных катионов и анионов, рН. Для компактного представления результатов составляли формулу М. Г. Курлова, отражающую основные физико-химические свойства воды (Резников, 1970) (см. табл. 3, 4). Это псевдодробь, в числителе которой указано содержание анионов в %-эквивалентах, в знаменателе – катионов в %-экв. Обычно указывают только те ионы, содержание которых не менее 5 %-экв. Однако, поскольку в ряде проб обнаружено содержание нитратов (важный экологический показатель), мы сочли нужным указать содержание всех ионов со значением не менее 1 %-экв.

Слева от дробы указана общая минерализация (г/л), справа – температура в месте отбора (°С) и значение рН.

Камеральную обработку отобранного материала проводили в лабораторных условиях по общепринятой методике (Абакумов, 1983) с использованием микроскопов МБС–9 и МБС–10 (ЛОМО, Россия). Обработка проб макрозообентоса включала в себя несколько этапов:

1. Разделение и определение организмов по таксономическим группам.

Организмы сортировали по таксономическим группам и взвешивали с точностью до 0,001 г.

2. Расчет показателей численности и биомассы по группам организмов.

Численность определяли путём прямого подсчета, а биомассу – взвешиванием на электронных весах Ohaus RV 153 (Mettler Toledo, США) с последующим пересчетом на квадратный метр по общепринятой методике (Абакумов, 1983). Тип сообщества зообентоса устанавливали по таксономической группе, доминирующей по численности и биомассе, что для малых водных экосистем Восточной Сибири обосновано ранее (Takhteev, 2018). Для качественных сборов рассчитывали процентные доли групп по численности и биомассе.

3. Идентификация макробеспозвоночных животных. В наших пробах были представлены следующие группы макрозообентоса: Turbellaria, Oligochaeta, Hirudinea, Amphipoda, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Heteroptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera и Mollusca. Определение организмов производили до вида (группы видов) (Tricladida, Oligochaeta, Hirudinea, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Gastropoda, Amphipoda, Odonata, Chironomidae и часть Diptera). В ходе работы по определению видов макрозообентоса осуществлены консультации со специалистами-зоологами, для уточнения определений отдельных групп беспозвоночных была проведена работа с зоологическими коллекциями Лимнологического института СО РАН, биолого-почвенного факультета ИГУ и "Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии" ДВО РАН. Помощь в определении амфипод оказал д.б.н., профессор В. В.

Тахтеев. Моллюсков определяли по морфологии раковин. Помощь в их определении оказала д.б.н. Т. Я. Ситникова (ЛИН СО РАН). Представителей класса Oligochaeta определяла м.н.с. Ю. М. Зверева (ЛИН СО РАН). Помощь в определении личинок Chironomidae оказали к.б.н. Н. В. Базова (Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН), д.б.н. Е. А. Макаrenchенко и к.б.н. О. В. Орел; в определении личинок Plecoptera и Ephemeroptera – д.б.н. Т. М. Тиунова и д.б.н. В. А. Тесленко (все – ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН) и к.б.н. И. В. Аров (Биолого-почвенный факультет ИГУ). В идентификации остальных представителей отряда двукрылых помощь оказали к.б.н. А. А. Пржиборо и к.б.н. С. В. Айбулатов (Зоологический институт РАН). Помощь в определении личинок ручейников оказали к.б.н. Н. А. Рожкова и к.б.н. А. В. Непокрытых (ЛИН СО РАН). Помощь в определении пиявок оказала д.б.н. О. Т. Русинек (Байкальский музей СО РАН).

Ручейников и амфипод определяли по следующим литературным источникам: (Лепнева, 1964; Лепнева, 1966; Тахтеев, Дидоренко, 2015; Тахтеев, Механикова, 2000; Тахтеев, Амбросова, 2001; Тахтеев, 2008в; Определитель ..., 2001; Определитель ..., 1995), двукрылых – по: «Определитель пресноводных беспозвоночных России ...» (Определитель ..., 1999). Определение Plecoptera, Ephemeroptera осуществляли по: «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части России» (Определитель ..., 1977; 1997; Тесленко, Жильцова, 2009). Идентификацию пиявок осуществляли по следующему определителю (Лукин, 1976). Личинок стрекоз определяли по: «Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части России» (Определитель ..., 1977). Моллюсков идентифицировали по определителю: (Определитель ..., 2016). Олигохет определяли с помощью определителей (Чекановская, 1962; Семерной, 2004; Schmelz, Collado, 2010).

3.4. Статистическая обработка данных

Статистическая обработка данных включала несколько этапов:

1. Статистическая и графическая обработка материалов исследования.

Рассчитывались следующие статистические параметры: среднее значение показателя (\bar{x}), стандартная ошибка среднего значения ($\pm m\bar{x}$), максимальное значение показателя (\max), минимальное значение показателя (\min). Использовали блоки описательной статистики программных пакетов MS Office Excel 2010 и Statistica v. 10, графическое представление данных выполнено с помощью MS Office Excel 2010. Полученные данные представлены и обсуждаются в главах 4 и 5. По усредненным значениям численности и биомассы макрозообентоса исследованных малых водных экосистем построены гистограммы на уровне семейств.

2. Оценка экологического состояния водотоков

Оценку экологического состояния водотоков производили по результатам расчёта ряда биотических индексов (Шитиков и др., 2005):

- для оценки уровня структурированности сообществ (выравненности организации таксономической структуры) используется *индекс выравнимости экологических сообществ Пиелу* (Pielou, 1966). Индекс выравнимости Пиелу E вычисляется на основании индекса Шеннона-Уивера по формуле (1):

$$E = \frac{H}{\ln S} \quad (1),$$

где H – индекс Шеннона-Уивера;

S – число отмеченных в водном объекте видов.

При вычислении индекса Пиелу применяется логарифм с тем же основанием, что был применён при вычислении индекса Шеннона-Уивера.

- для оценки степени структурированности биоценозов как степень упорядоченности системы рассчитывали *информационный индекс разнообразия*

Шеннона-Уивера (H' , бит/экз.) для численности и биомассы видов (Shannon, Weaver, 1949; Шеннон, 1963; Зуева и др., 2019) по формуле (2):

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i, \quad (2),$$

где p_i – доля каждого вида в пробе.

Он отражает как видовое разнообразие, так и выравненность относительной численности видов в сообществе. Чем выше величина индекса, тем благополучнее состояние сообщества. Уменьшение величины индекса Шеннона указывает на функциональную перестройку сообществ беспозвоночных животных.

- уровень доминирования видов в сообществах рассчитан с помощью *индекса разнообразия Симпсона D* по формуле (3):

$$D = \frac{1}{c} \quad (3)$$

где C – мера доминирования (индекс Симпсона) (Мэгарран, 1992).

Вычисление индексов биоразнообразия для всех исследованных водотоков производили только по численности. Расчёты по биомассе не выполняли по причине того, что в ходе жизненных циклов биомасса личинок насекомых может сильно изменяться в зависимости от периода времени отбора проб, а потому показатели биомассы окажутся необъективными. Вычисление индексов производили на видовом уровне при помощи программы PAST (Paleontological Statistics) v. 4.03.

3. Кластерный анализ

Самым распространённым методом для сравнения отдельных водотоков, типов участков и т.д. является метод классификаций, или кластерный анализ. Основная цель кластерного анализа – классификация объектов, представленными множеством переменных или одномерными данными (Хотинский, 1989). Исходными данными для проведения анализа служит матрица расстояний между

объектами, сформированная с использованием той или иной метрики. Все методы расчета расстояний обладают достоинствами и недостатками, не существует универсальных рекомендаций относительно выбора метрики. Распространенная мера удалённости объектов друг от друга – Евклидово расстояние (Хотинский, 1989).

Кластерный анализ для 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) (см. раздел 5.3).

4. Оценка уровня трофности водоемов

Оценка трофности выполнена по шкале С. П. Китаева (1984; 2007), представляющей градацию 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

В июле 2017 г., июне 2018 г. и июле 2019 г. изучен таксономический состав донной фауны шести горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (ручей Травянистый, река Семиречка, два безымянных ручья, р. Шанхаиха и р. Ширингаиха). В приложении 2 представлен видовой состав донных гидробионтов, исследованных малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан.

4.1.1. Ручей Травянистый

Ручей Травянистый исследован на всех участках (верхнее, среднее и нижнее течение).

Пробы макрозообентоса в верхнем течении ручья отобраны в июне 2018 г. на трех станциях: 1. в 8 м от истока; 2. в 6 м от истока и в 2 м от предыдущей станции; 3. в 3,5 от истока и в 2,5 м выше предыдущей станции.

Пробы макрозообентоса в среднем течении ручья отобраны в июле 2017 г. и в июне 2018 г. В июле 2017 г. донная фауна была отобрана на трех станциях: 1. под зимовьем, в месте разделения ручья на два рукава; 2. в 10 м выше предыдущей станции, в затишной мшистой протоке, шириной 1,5 м; 3. в 230 м от 1-ой станции. В июне 2018 г. макрозообентос был отобран на трех станциях: 1. выше зимовья; 2. в 25–30 м ниже предыдущей станции; 3. в 30 м ниже предыдущей станции, в правом ответвлении ручья, в разливе шириной 80–90 см.

В нижнем течении ручья Травянистый пробы отобраны в июле 2017 г. и в июне 2018 г. В июле 2017 г. донная фауна была отобрана на одной станции: 1.

перед железнодорожным мостом, на правом берегу. В июне 2018 г. макрозообентос отобран на трех станциях: 1. перед железнодорожным мостом, самая нижняя точка, правый берег; 2. в 12 м выше предыдущей станции, в небольшом ответвлении по течению ручья; 3. в 8–9 м выше предыдущей станции, в 50 м от берега, на участке с затишным течением.

Тип Плоские черви (Plathelminthes) в ручье на всех станциях представлен общесибирским видом – планарией *Phagocata sibirica* Sabussov 1903 (класс Turbellaria, отряд Tricladida и сем. Planariidae). В июле 2017 г. в нижнем течении ручья, где были обнаружены планарии течение слабое (2 см/с по сравнению с 15–20 см/с на стрежне ручья). С нижней стороны голых камней, имеющих лишь обрастания из микроводорослей, планарии также встречаются, но единично. Планарии относятся к типичным лимнокренам, предпочитающими небольшие затишные мшистые протоки шириной до 1,5 м. Грунт в ручье представлен значительно-заиленным песком с примесью детрита и большим обилием мха. Такие условия наиболее благоприятны для развития планарий.

В качественных сборах в истоковой части ручья Травянистый также была обнаружена планария *Ph. sibirica* Sabussov 1903.

Phagocata sibirica – это единственный представитель планарий в списках видов фауны водотоков Хамар-Дабана в пределах Байкальского заповедника (Флора и фауна ..., 2001), широко распространенный во всех речках и ручьях, впадающих в Байкал (Ливанов, Забусова, 1940; Тимошкин, Наумова, 2000, 2001), также обитает во многих водотоках Сибири (Sluys et al., 2001). Встречаются планарии на нижней стороне камней в ручьях и речках. По типу питания планария *Ph. sibirica* – хищник, нападающая на мелких беспозвоночных животных таких как, личинки насекомых младшего возраста, олигохеты, моллюски и др.).

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен 4 видами из класса Oligochaeta, отряда Enchytraeida и семейства Enchytraeidae (*Mesenchytraeus* sp., *Fridericia connata* Bretscher, 1902, *Henlea perpusilla* Friend, 1911 и *Enchytraeus* sp.).

Такое небольшое видовое разнообразие связано с тем, что отмеченные нами кольчатые черви, предпочитают реки и ручьи с илистым и песчано-илистым грунтом с примесью детрита. Грунт в ручье Травянистый представлен заиленным песком с примесью дресвы. Наибольшую роль в формировании бентосных сообществ по численности и биомассе играют олигохеты вида *Mesenchytraeus* sp. обнаруженными в среднем и нижнем течениях ручья Травянистый. Вид *Fridericia connata* в ручье обнаружен лишь в июле 2017 г. на второй станции. Олигохеты двух видов *Henlea perpusilla* и *Enchytraeus* sp. отмечены лишь в истоковой части ручья. Представители олигохет рода *Mesenchytraeus* обитают в пресных и солоноватых водах (Семерной, 2004). Олигохеты рода *Enchytraeus* встречаются как в почве (большинство видов), так и в пресных водах. Олигохеты рода *Fridericia* встречаются в полуводных средах (в заплесковой зоне оз. Байкал). Питаются разлагающейся органикой и бактериальными налётами. Представители всех трех родов являются также почвенными обитателями.

Тип Членистоногие (Arthropoda) включает в себя представителей двух классов: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен эндемичным для хр. Хамар-Дабан реофильным видом *Gammarus dabanus* Tachteew et Mekhanikova, 2000 (Тахтеев, Механикова, 2000) (отряд Amphipoda, сем. Gammaridae). Типовое местонахождение вида – среднее течение руч. Травянистый. Этот вид впервые был обнаружен 1998–1999 г. в горных водотоках хребта Хамар-Дабан, а именно в среднем течении ручья Травянистый (Тахтеев, Механикова, 2000; Механикова, 2009). В июле 2017 г. *G. dabanus* обнаружен в заросшем мхом геокрене с илом, с замедленным течением.

В качественных сборах в среднем и нижнем течении ручья Травянистый этот вид обнаружен на разных стадиях развития (размерно-возрастных группах), начиная с только что вылупившихся и до молоди длиной 2,0–10,0 мм.

Основу питания *G. dabanus* составляет детрит с большим количеством минеральных частиц и нитчатых водорослей (Механикова, 2009). Размножение у

этого вида происходит весной, а в течение лета в период максимального прогрева воды рачки растут и к зиме достигают половой зрелости (Механикова, 2009). Необходимо отметить, что в верхнем течении ручья Травянистый, где черневая тайга с высокотравьем сменяется редколесьем, он отсутствует. Вероятнее всего, этот участок полностью промерзает зимой, что делает существование амфипод здесь невозможным. Кроме того, присутствие вида только в поясе горной тайги с богатой травянистой растительностью может объясняться поступлением достаточного количества детрита для его питания. Известно, что в Швейцарских Альпах родники, населенные бокоплавом *Gammarus fossarum* Koch 1836, также обнаружены только в лесном поясе; родники альпийской зоны лишены амфипод (Wigger, 2015).

В Байкале *G. dabanus* встречается только в местах впадения притоков; уже в нескольких метрах от них отмечаются только байкальские виды амфипод. В наших сборах встречены все размерно-возрастные группы, от только вылупившейся молодежи с длиной тела 1,5–2,0 мм до половозрелых особей. Длина тела самок 6–8 мм. Самцы немного крупнее, их длина 6,8–11,0 мм, чаще от 8–10 мм. Среди самок встречаются немногочисленные яйценосные, отмечались и спаривающиеся особи. Все это говорит о том, что в этих условиях для вида характерен растянутый или даже круглогодичный период размножения. Вероятно, оно более интенсивно протекает в конце весны – начале лета.

Класс Insecta представлен в ручье 4 отрядами: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera и Diptera. Представители насекомых в ручье обнаружены на фазе личинки.

Отряд Веснянки (Plecoptera). Как интересный факт стоит отметить находку в среднем течении ручья Травянистый (мшистый геокрен на превышении 488 м от уровня Байкала) личинки веснянки сем. Capniidae. По ряду признаков (сильно удлинённое тело, редуцированные глазки и крылья) она близка к эндемичному для Байкала яйцеживородящему роду *Baikaloperla* sp., хотя точное определение оказалось невозможным, поскольку личинка была зафиксирована в

момент линьки. В большинстве проб личинки веснянок встречены единично. В июле 2017 года веснянки были обнаружены на третьей станции, где грунт представлен заиленным песком, на станции обильно представлен мох. У веснянок рода *Baikaloperla* в отличие от всех других видов, эмбриональное развитие яиц происходит внутри насекомого. К моменту окончания развития личинок внутри яиц самки покидают берег, уходя в воду прибрежной полосы Байкала, где и происходит процесс выхода личинок из яиц. Таким образом, байкальские веснянки являются яйцеживородящими насекомыми (Живая природа ..., 2002).

В качественных сборах в среднем течении ручья обнаружены личинки веснянок 2-х видов из семейства Perlodidae: *Isoperla altaica* Šámal, 1939, *Isoperla eximia* Zapekina-Dulkeit, 1975 и одного вида из сем. Nemouridae: *Nemoura* sp. В нижнем течении ручья обнаружены также личинки веснянок этого же семейства и вида *Isoperla altaica*.

Отряд Поденки (Ephemeroptera) представлен двумя семействами и видами: *Siphonurus* sp. и *Epeorus* sp. В нижнем течении ручья личинки поденок представлены видом *Siphonurus* sp. (сем. Siphonuridae). Поденки вида *Epeorus* sp. (сем. Neptageniidae) обнаружены в среднем течении ручья. Поденки вида *Epeorus* sp. обнаружены в июле 2017 г. на первой станции, где грунты представлены мелким и средним заиленным песком с примесью детрита. Из-за отсутствия жабр у личинки поденки *Epeorus* sp. осуществить видовую идентификацию не удалось. Поденки вида *Siphonurus* sp. обнаружены в то же время на станции, находящейся перед железнодорожным мостом, где грунт представлен заиленным песком и гравием с примесью гальки. Личинки этих видов поденок населяют холодноводные и умеренно холодноводные реки и ручьи. Личинки обнаруженных в малых горных водотоках поденок обитают в водоемах с различной скоростью, течением воды и т.д.

В качественных сборах в среднем течении ручья обнаружены личинки поденок двух семейств и 3-х видов: *Ephemerella nuda* Tshernova, 1949 (сем. Ephemerellidae), *Baetis bicaudatus* Dodds, 1923 (сем. Baetidae) и *Baetis*

pseudothermicus Kluge, 1983 (сем. Baetidae). В нижнем течении ручья обнаружены личинки поденок трех семейств и 4-х видов: *Cinygmula kurenzovi* Bajkova, 1965 (сем. Heptageniidae), *Baetis feles* Kluge, 1980 (сем. Baetidae), *Ephemerella nuda* Tshernova, 1949 (сем. Ephemerellidae) и *Ameletus* sp. (сем. Ameletidae).

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен семействами Rhyacophilidae и Limnephilidae. Rhyacophilidae представлены одним видом – *Rhyacophila sibirica* McLachlan 1879, обнаруженным в среднем течении ручья на третьей станции. Грунт на этой станции представлен заиленным песком. Семейство Limnephilidae представлено двумя видами. В среднем течении ручья Травянистый встречен вид – *Asynarchus amurensis* (Ulmer 1905). Личинка ручейника этого вида была обнаружен в июне 2018 г. на первой станции, где грунт представлен серым чистым песком средней фракции. Второй вид из сем. Limnephilidae – *Ecclisomyia digitata* (Martynov 1929) обнаружен в июне 2018 г. в нижнем течении ручья Травянистый на второй и третьей станциях, на песчанистом грунте с примесью детрита и дресвы.

В качественных сборах в среднем течении ручья обнаружены личинки ручейников 2-х видов: *Rhyacophila sibirica* McLachlan 1879 (личинки IV-ой и V-ой возрастной стадии) и *R. cedrensis* Schmid, 1993. Вид *R. cedrensis* – обнаружен в качественной пробе. Он обычен для водоемов Южного Приморья и Алтая, впервые встречен нами в притоках Байкала в нижнем и среднем течениях ручья Травянистый. В нижнем течении ручья обнаружены личинки ручейников 2-х видов: *Ecclisomyia digitata* (Martynov 1929) (личинки младших возрастов) и *Limnophilus* sp. (сем. Limnephilidae), а также незрелые куколки ручейников вида *Rhyacophila sibirica*.

Rhyacophila sibirica – обычный вид для малых горных рек, ручьев, родников Байкальской рифтовой зоны (Биота ..., 2009); может обитать на высоте до 2000 м, и потому распространён по всему руслу руч. Травянистый. Оба представителя рода *Rhyacophila* принадлежат к трофической группе хищников, восточно-палеарктические виды *A. amurensis* и *E. digitata* – одновременно к 2 группам

собирателям и соскребателям.

Отряд Двукрылые (Diptera) в ручье Травянистый представлен 7 семействами: Chironomidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Empididae, Psychodidae, Pediciidae и Stratiomyidae и 16 видами. Двукрылые в ручье обнаружены на фазе личинки.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae) представлено 4 видами (*Tanytarsus* sp, *Lymnophyes* sp., *Pagastia orientalis*, *Diamesa* sp.) обнаруженными в среднем и нижнем течении ручья Травянистый. В июле 2017 г. в среднем течении ручья на третьей станции при температуре воды (8,4 °С) хирономиды представлены видом *Lymnophyes* sp. Грунт на данной станции представлен достаточно-заиленным песком. В нижнем течении ручья на второй станции личинки хирономид вида *Diamesa* sp. занимали второстепенное положение.

В качественных сборах в нижнем течении ручья обнаружены личинки хирономид шести видов: *Diamesa* sp., *Sympotthastia fulva* (Johannsen, 1921), *Diamesa* gr. *insignipes*, *Orthocladus* (*Euorthocladus*) *saxosus* (Tokunaga, 1939), *Orthocladus* gr. *rivolurum* и *Orthocladus* sp.

Семейство Мокрецы (Ceratopogonidae). В июле 2017 г. на всех трех станциях среднего течения руч. Травянистый отмечен один вид – *Bezzia* sp. Мокрецы обнаружены на второй станции, где грунт представлен заиленным песком с примесью дресвы, щебня и детрита. Личинки мокрецов рода *Bezzia* – плавающие. По типу питания мокрецы – хищники-энтомофаги (Исаев, 2014).

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae) в верхнем и среднем течении ручья отмечен один вид – *Eloeophila* sp. Личинки хирономид рода *Eloeophila* – водные, но могут жить также и в полуводных биотопах. Кроме ручья Травянистый данный вид встречается во всех исследованных горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан. В качественных сборах в нижнем течении ручья также обнаружены личинки вида *Molophilus griseus* (Meigen, 1804).

Семейство Толкунчики (Empididae). В июле 2017 г. и июне 2018 г. в среднем течении ручья обнаружен один вид – *Chelifera* sp. Личинки толкунчиков

рода *Chelifera* – водные. Они могут жить также в полуводных биотопах, на дне водоемов и среди растительности. Личинки рода *Chelifera* – неплавающие.

Семейство Бабочницы (Psychodidae). В устье ручья на первой и второй станциях обнаружен 1 вид – *Szaboiella* sp. Личинки рода *Szaboiella* в основном полуводные и обитают среди мха и на камнях по краям родников/ручьев).

Семейство Болотницы или луговики (Pediidae). В июне 2018 г. в нижнем течении ручья на первой и второй станциях в единственных количествах обнаружен 1 вид – *Dicranota* (D.) sp. Представители рода *Dicranota* обитают на дне водоемов и среди растительности. Личинки рода *Dicranota* – неплавающие.

Семейство Мухи-львинки (Stratiomyidae) обнаружены в июне 2018 г. в нижнем течении ручья на первой станции и представлены 1 видом – *Beris* sp. Личинки рода *Beris* – полуводные или наземные. Обитают личинки среди мхов или растительного опада.

В качественных сборах в среднем течении ручья обнаружены личинки двукрылых трех семейств: Simuliidae, Stratiomyidae и Blephariceridae (до вида не определены). В нижнем течении ручья обнаружены также личинки мошек (Simuliidae) вида *Simulium truncatum* (Lundström, 1911).

Таким образом, впервые нами исследовано видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса руч. Травянистый. Макрозообентос ручья на всех его участках представлен 3 типами, 4 классами, 7 отрядами, 20 семействами, 33 родами и 40 видами (Приложение 2). Впервые для руч. Травянистый отмечено 39 видов макробеспозвоночных. Наибольшее количество видов приходится на среднее течение ручья Травянистый (14 видов), наименьшее (4 вида) – на верхнее течение ручья. В устьевой части отмечено 9 видов макробеспозвоночных. Высокие показатели численности объясняются тем, что на этой станции бокоплавбы обнаружены в мшистой протоке, где грунт представлен большим количеством детрита. В ручье отмечено присутствие эндемичного для хр. Хамар-Дабан реофильного вида амфипод *Gammarus dabanus* и эндемичного вида личинки веснянки – *Baikaloperla* sp.

4.1.2. Река Семиречка

Река Семиречка обследована на двух участках (среднее и нижнее течение).

Пробы макрозообентоса в среднем течении реки отобраны в июле 2019 г. на шести станциях: 1. в 1770 м выше нижнего течения реки; 2. вверх по течению, в 100-120 м от предыдущей станции; 3. на 1 м выше по течению и ближе к берегу реки; 4. в 395 м выше первой станции, правый берег; 5. в 20 м выше по течению, левый берег; 6. в 20 м ниже четвертой станции, изолированная лужица на левом берегу.

Пробы макрозообентоса в нижнем течении реки отобраны в июне 2018 г. на трех станциях: 1. сразу за ж/д мостом, в ручейке справа от основного потока; 2. в 80 м выше по течению от предыдущей станции, выше автодорожного моста, в затишном участке по правому берегу; 3. в 116 м от первой станции, выше по течению, в затишной части у правого берега.

Тип Плоские черви (Plathelminthes). В реке представлен общесибирским видом – *Phagocata sibirica* (класс Turbellaria, отряд Tricladida, сем. Planariidae). Представители этого типа отмечены на обеих станциях реки. Планарии составляют основу всего бентосного сообщества в этом водотоке. Представители семейства Planariidae обнаружены на участках, где грунт представлен бурым мелким детритом с примесью песка, дресвы и мха.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен одним видом из семейства Enchytraeidae: *Mesenchytraeus* sp. (класс: Oligochaeta, отряд: Enchytraeida). Олигохеты отмечены в среднем и нижнем течении р. Семиречка. Черви были обнаружены в небольшой заводи, где грунт был сложен тонким и грубым детритом с примесью песка и мха.

Тип Членистоногие (Arthropoda) включает в себя представителей двух классов: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен единственным эндемичным для хр. Хамар-Дабан реофильным видом *Gammarus dabanus* (отряд Amphipoda и сем. Gammaridae).

Класс Насекомые (Insecta) представлен в реке Семиречка 4 отрядами: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera и Diptera. Насекомые в реке обнаружены на фазе личинки.

Отряд Веснянки (Plecoptera). В среднем течении реки отмечен одним видом – *Skwala pusilla* Klapálek, 1912 из семейства Perlodidae. В июле 2017 года веснянки были обнаружены на четвертой станции, где грунт представлен бурым мелким детритом с примесью мха. Личинки веснянок обнаруженного вида обитают крупных предгорных и небольших горных реках (Черешнев, 2005).

В качественных сборах в среднем течении реки Семиречка обнаружены личинки веснянок этого же семейства и вида – *Skwala pusilla* (сем. Perlodidae).

Отряд Поденки (Ephemeroptera) в устье реки представлен двумя видами: *Ameletus* sp. из семейства Ameletidae и *Ephemerella aurivillii* из семейства Ephemerellidae. Поденки обнаружены в песчанистом иле с примесью мелкого детрита и слюды. Личинки подёнок рода *Ephemerella* обитают в реках и ручьях с несильным течением, изредка живут и в озерах. Держатся на детрите и растениях. Питаются личинки водорослями и детритом (Боголюбов, 2018).

В качественных сборах в среднем течении реки Семиречка обнаружены личинки поденок 3 семейств и 3-х видов *Siphonurus alternatus* (Say, 1824) (Siphonuridae), *Ephemerella aurivillii* Bengtsson, 1908 (сем. Ephemerellidae) и *Ameletus* sp. (сем. Ameletidae). В нижнем течении реки обнаружены личинки поденок 3-х семейств и 4-х видов: *Ameletus* sp. (сем. Ameletidae), *Cinygmula kurenzovi* Vajkova, 1965 (сем. Neptageniidae), *Ephemerella aurivillii* Bengtsson, 1908 (сем. Ephemerellidae) и *Drunella lepnevae* Tshernova, 1952 (сем. Ephemerellidae).

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен одним семейством Rhyacophilidae и одним видом – *Rhyacophila sibirica* McLachlan 1879. Личинки ручейников обнаружены в среднем и нижнем течении реки. В большинстве проб встречался единично. В качественных сборах в среднем течении реки Семиречка обнаружены: личинки ручейников 2-х семейств и 3-х видов: *Rhyacophila sibirica* McLachlan 1879 (сем. Rhyacophilidae), *Rhyacophila* sp. (сем. Rhyacophilidae) и

Ecclisomyia digitata (Martynov 1929) (сем. Limnephilidae).

Отряд Двукрылые (Diptera) в реке представлен 7 семействами: Chironomidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Empididae, Psychodidae, Pediciidae, и Stratiomyidae. Все представленные семейства были обнаружены и в фауне ручья Травянистый.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae) обнаружены в среднем и нижнем течении реки. В среднем течении единично представлено три вида: *Pagastia orientalis*, *Prodiamesa olivacea* и *Protanypus caudatus*. В нижнем течении реки личинки хирономид *Pagastia orientalis* обнаружены лишь в одной пробе (на 2-ой станции). Грунт здесь представлен в виде заиленного мелкого песка и камней.

Семейство Мокрецы (Ceratopogonidae). В среднем течении реки на третьей станции обнаружен один вид – *Bezzia* sp.

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae). В среднем и нижнем течении реки обнаружен один вид – *Eloeophila* sp.

Семейство Толкунчики (Empididae). В среднем течении реки на четвертой станции обнаружен 1 вид – *Chelifera* sp. В качественных сборах в среднем течении реки обнаружены личинки толкунчиков этого же вида – *Chelifera* sp.

Семейство Бабочницы (Psychodidae). В нижнем течении реки на первой станции обнаружен 1 вид – *Szaboiella* sp. Грунт здесь – чистый, без наилка и представлен серым песком и дресвой.

Семейство Болотницы или луговики (Pediciidae). В среднем и нижнем течении реки обнаружен 1 вид – *Dicranota* (D.) sp. Грунт здесь представлен детритом и мелким песком.

Семейство Мухи-львинки (Stratiomyidae). В среднем течении реки на второй станции обнаружен 1 вид – *Beris* sp.

Таким образом, впервые исследовано видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса р. Семиречка. Макрозообентос реки на

двух ее участках (в среднем и нижнем течении) представлен 3 типами, 4 классами, 7 отрядами, 17 семействами, 20 родами и 21 видом (Приложение 2). В результате проведенного исследования установлено, что наибольшее количество видов приходится на среднее течение реки (15), наименьшее (6) видов – отмечено в нижнем течении реки.

4.1.3. Ручей Безымянный-1

Ручей Безымянный-1 обследован в июне 2018 г. в нижнем течении на трех станциях: 1. выше автодорожного моста, в заводи по правому берегу; 2. в 25 м ниже первой станции; 3. между автодорожным и ж/д мостами, в 90 м от первой станции.

Тип Плоские черви (Plathelminthes) в ручье Безымянный-1 представлен видом – *Phagocata sibirica* (класс Turbellaria, отряд Tricladida и сем. Planariidae). Плоские черви обнаружены на участках, где грунты представлены заиленным песком с примесью детрита. В качественных сборах также обнаружены планарии вида *Phagocata sibirica*.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен 1 видом: *Fridericia maculata* Issel, 1904 (класс Oligochaeta, отряд Enchytraeida и сем. Enchytraeidae). И по численности, и по биомассе олигохеты в нижнем течении ручья выступали субдоминантами. Грунты в месте обнаружения червей представлены мелким песком с примесью детрита.

Тип Членистоногие (Arthropoda) включает в себя представителей двух классов: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен единственным эндемичным для хр. Хамар-Дабан реофильным видом *Gammarus dabanus* (отряд Amphipoda, сем. Gammaridae). В большинстве проб встречался единично (на второй станции). В качественных сборах также обнаружены амфиподы вида *Gammarus dabanus*.

Класс Насекомые (Insecta) представлен в ручье Безымянный-1 четырьмя

отрядами: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera и Diptera. Насекомые в ручье обнаружены на фазе личинки.

Отряд Веснянки (Plecoptera). В качественных сборах в нижнем течении ручья обнаружены личинки веснянок двух семейств и видов: *Arcynopteryx* sp. (сем. Perlodidae) и *Claassenia* sp. (сем. Perlidae).

Отряд Поденки (Ephemeroptera). В качественных сборах в нижнем течении ручья обнаружены личинки поденок семейства Heptageniidae вида: *Epeorus pellucidus* Brodskij, 1930.

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен семейством: Rhyacophilidae и одним видом – *Rhyacophila sibirica* McLachlan.

Отряд Двукрылые (Diptera) представлен 5 семействами: Chironomidae, Ceratopogonidae, Limoniidae, Psychodidae и Pediciidae.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae) в устье ручья на третьей станции единично представлены тремя видами: *Prodiamesa olivacea*, *Thienemanniella gr. clavicornis* и *Microspectra* sp. Личинки *Thienemanniella gr. clavicornis* в нижнем течении ручья выступали в роли субдоминантов среди всего зообентоса. Грунт на третьей станции представлен заиленным мелким песком с примесью детрита.

В качественных сборах обнаружены личинки хирономид трех видов: *Thienemanniella* sp., *Corynoneura* sp. и *Diamesa tsutsui* Tokunaga, 1936.

Семейство Мокрецы (Ceratopogonidae) в ручье представлено одним видом – *Bezzia* sp.

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae). В нижнем течении ручья на третьей станции представлено одним видом – *Eloeophila* sp.

Семейство Бабочницы (Psychodidae). В устье ручья на второй станции представлено одним видом: *Szaboiella* sp.

Семейство Болотницы или луговики (Pediciidae) Представители этого семейства в нижнем течении ручья встречались единично и представлены одним видом: *Dicranota (D.)* sp. в среднем и нижнем течении реки.

Таким образом, впервые исследовано видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса руч. Безымянный-1. Макрозообентос в его нижнем течении представлен 3 типами, 4 классами, 7 отрядами, 12 семействами, 15 родами и 17 видами (Приложение 2).

4.1.4. Ручей Безымянный-2

Ручей Безымянный-2 обследован в июле 2019 г. в нижнем течении на трех станциях: 1. в 6 м от впадения ручья в галечную косу; 2. выше автодорожного моста метров на 10; 3. в 54 м от предыдущей станции

Тип Плоские черви (Plathelminthes) в ручье Безымянный-2 обнаружен на второй и третьей станциях и представлен видом – *Phagocata sibirica* (класс Turbellaria, отряд Tricladida и сем. Planariidae. В качественных сборах также обнаружены планарии вида *Phagocata sibirica*.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен классом Oligochaeta и 3 отрядами: Tubificida, Enchytraeida и Lumbriculida. Первый отряд представлен сем. Tubificidae и видом: *Tubifex tubifex* (Müller, 1774). В состав второго отряда входит семейство Enchytraeidae, представленное 7 видами: *Marionina argentea* (Michaelsen, 1889), *M. atrata* Bretscher, 1903, *M. riparia* Bretscher, 1899, *Mesenchytraeus* sp., *Fridericia maculata* Issel, 1904, *F. connata* Bretscher, 1902, *Henlea perpusilla* Friend, 1911. Третий отряд представлен единственным видом *Trichodrilus* sp. (сем. Lumbriculidae). В этом ручье было найдено больше видов олигохет (9), чем во всех остальных исследованных водотоках. В качественных сборах обнаружены олигохеты из отряда Enchytraeida, двух семейств: Tubificidae и Enchytraeidae и 4 видов: *Tubifex* sp. (сем. Tubificidae), *Fridericia* sp. (сем. Enchytraeidae), *Cernosvitoviella* sp. (сем. Enchytraeidae), *Fridericia connata* Bretscher, 1902 (сем. Enchytraeidae), а также олигохеты сем. Lumbriculidae gen. sp. juv., которые определить не удалось из-за плохой фиксации и сохранности, а также ювенильных стадий червей.

Тип Членистоногие (Arthropoda) включает в себя представителей двух

классов: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен эндемичным для хр. Хамар-Дабан реофильным видом *Gammarus dabanus* Tachteew & Mekhanikova, 2000 (отряд Amphipoda, сем. Gammaridae). В нижнем течении ручья амфиподы обнаружены на второй и третьей станции. В качественных сборах также обнаружены особи этого вида.

Класс Насекомые (Insecta) представлен в ручье 3 отрядами: Ephemeroptera, Trichoptera и Diptera. Насекомые в ручье обнаружены на фазе личинки и куколки.

Отряд Поденки (Ephemeroptera) в нижнем течении ручья представлен семейством Ephemerellidae и видом: *Ephemerella aurivillii*.

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен одним видом – *Ecclisomyia digitata* (сем. Lymnephilidae). В качественных сборах обнаружены куколки ручейников вида *Rhyacophila sibirica* McLachlan, 1879 (сем. Rhyacophilidae).

Отряд Двукрылые (Diptera) в ручье Безымянный-2 представлен 3 семействами: Limoniidae, Empididae и Pediciidae.

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae) представлено одним видом – *Eloeophila* sp. Комары-болотницы в пробах встречены единично и обнаружены лишь на первой станции. Грунты здесь заиленные и представлены песком с примесью дресвы и щебнем.

Семейство Толкунчики (Empididae) представлено одним видом – *Chelifera* sp. Личинки толкунчиков в ручье встречены единично и обнаружены на первой станции.

Семейство Болотницы или луговики (Pediciidae) представлено видом – *Dicranota* (D.) sp. Комары-болотницы в пробах встречены единично и обнаружены на второй станции.

Тип Моллюски (Mollusca) представлен одним классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda). В нижнем течении ручья обнаружен *Radix gr. balthica* (класс Gastropoda, отряд Hygrophila и сем.

Lymnaeidae). В ручье представители брюхоногих моллюсков встречены единично и обнаружены на второй станции. В силу своих небольших размеров существенного вклада в формирование биомассы не внесли.

Таким образом, биологическое разнообразие впервые исследованного руч. Безымянный-2 в его нижнем течении представлено 4 типами, 5 классами, 9 отрядами, 12 семействами, 16 родами и 21 видом (Приложение 2).

4.1.5. Река Ширингаиха

Река Ширингаиха обследована в июле 2019 г. в нижнем течении на двух станциях: 1. выше железнодорожной насыпи, у деревянного моста; 2. в 220 м от предыдущей станции вверх по течению, выше автодорожного моста.

Тип Плоские черви (Plathelminthes). В устьевой части реки представлен видом – *Phagocata sibirica* Sabussov 1903 (класс Turbellaria, отряд Tricladida и сем. Planariidae). Планарии обнаружены на первой станции, где грунты представлены мелким серым песком с примесью черной слюды и детрита.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в реке представлен двумя классами: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен эндемичным, реофильным видом *Gammarus dabanus* Tachteew & Mekhanikova, 2000 (отряд Amphipoda, сем. Gammaridae).

Класс Насекомые (Insecta) представлен в ручье 2 отрядами: Trichoptera и Diptera. Ручейники и двукрылые в ручье обнаружены на фазе личинки.

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен одним видом – *Ecclisomyia digitata* Martynov, 1929 (сем. Lymnephilidae). Личинки ручейников обнаружены лишь на первой станции.

Отряд Двукрылые (Diptera) в реке представлен 2 семействами: Psychodidae и Pediciidae.

Семейство Бабочницы (Psychodidae) обнаружено в нижнем течении реки на 2-ой станции и представлено видом *Szaboiella* sp. Грунты здесь представлены

серым песком мелкой фракции с большой примесью слюды.

Семейство Болотницы или луговики (Peditiidae) представлено видом – *Dicranota (D.)* sp. Личинки комаров-болотниц были обнаружены на второй станции.

Тип Моллюски (Mollusca) представлен классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda). В нижнем течении реки обнаружен один вид – *Radix gr. balthica*. Данный вид относится к классу Gastropoda, отряду Hygrophila и семейству Lymnaeidae. В пробах представитель брюхоногих моллюсков встречался единично и был обнаружен на второй станции. В силу своих небольших размеров существенного вклада в формирование биомассы брюхоногие моллюски не внесли.

Таким образом, впервые исследовано видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса р. Ширингаиха. Макрозообентос в нижнем течении реки представлен 3 типами, 4 классами, 5 отрядами, 6 семействами, 6 родами и 6 видами (Приложение 2).

4.1.6. Река Шанхаиха

Река Шанхаиха обследована в июле 2019 г. в нижнем течении на трех станциях: 1. в 40 м выше автодорожного моста; 2. В 100-110 м ниже предыдущей станции, под нижним ж/д мостом, в затишной зоне у правого берега; 3. в 65 м ниже предыдущей станции.

Тип Плоские черви (Plathelminthes). В реке Шанхаиха представлен одним видом – *Phagocata sibirica* Sabussov 1903 (класс Turbellaria, отряд Tricladida, сем. Planariidae). Планарии обнаружены на всех трех станциях.

Тип Членистоногие (Arthropoda) представлен двумя классами: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен эндемичным и реофильным видом *Gammarus dabanus* (отряд Amphipoda, сем. Gammaridae). В

нижнем течении реки Шанхаиха обнаружен на всех станциях.

Класс Насекомые (Insecta) представлен в реке Шанхаиха тремя отрядами: Ephemeroptera, Trichoptera и Diptera. Насекомые в реке обнаружены на фазе личинки.

Отряд Поденки (Ephemeroptera) в нижнем течении реки представлен одним видом: *Ephemerella aurivillii* (сем. Ephemerellidae).

Отряд Ручейники (Trichoptera) представлен одним видом – *Ecclisomyia digitata* из сем. Lymnephilidae.

Отряд Двукрылые (Diptera) в нижнем течении реки представлен 2 семействами: Chironomidae и Limoniidae.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae) представлено одним видом: *Prodiamesa olivacea*. Личинки комаров-звонцов обнаружены на второй и третьей станции.

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae) представлено одним видом – *Eloeophila* sp. Личинки комаров-болотниц обнаружены на третьей станции, где грунт здесь представлен вязким черным песчанистым илом с примесью детрита мелкой фракции.

Таким образом, впервые исследовано видовое разнообразие и количественные показатели зообентоса р. Шанхаиха. Макрозообентос в нижнем течении реки представлен 2 типами, 3 классами, 5 отрядами, 6 семействами, 6 родами и 6 видами (Приложение 2).

Таким образом, впервые исследован видовой состав и количественная структура зообентоса шести малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (руч. Травянистый, р. Семиречка, руч. Безымянный-1, руч. Безымянный-2, р. Ширингаиха, р. Шанхаиха). Все водотоки имеют схожие гидрологические и гидрохимические характеристики. Эти горные реки и ручьи имеют небольшую протяженность (руч. Травянистый чуть более 5 км, р. Семиречка около 6,5 км) и относятся к маломинерализованным водам (34,7–83,4

г/л), с нейтральной, слабокислой или слабощелочной средой (6.23–7.87). Содержание растворённого кислорода варьирует даже на очень коротком протяжении водотоков, и она часто оказывается выше степени насыщения (табл. 4). Химический состав вод преимущественно гидрокарбонатного класса с преобладанием катиона кальция. Грунты во всех водотоках в основном песчаные либо представлены заиленным песком. Анализ таксономического разнообразия показал, что среди малых горных рек и ручьёв наибольшим видовым разнообразием отличается фауна ручья Травянистый, обследованного на всех участках (верхнее, среднее и нижнее течение). Макрозообентос ручья Травянистый представлен 40 видами. Наименьшее количество видов отмечено в нижних течениях рек Ширингаиха и Шанхаиха (по 6 видов в каждом водотоке). Вероятно, это связано с отбором проб, взятых на станциях, где грунт в р. Ширингаиха представлен мелким серым песком с большой примесью черной слюды (с желтым наилком), а в р. Шанхаиха – слюдоносным рыжевато-серым песком с примесью детрита и щебня, а также вязким черным песчаным илом с примесью детрита. Причиной небольшого биоразнообразия в р. Ширингаиха мы связываем с составом грунта, представленного на трех станциях и минимального содержания в водотоке органических и минеральных веществ.

Основная часть видов макрозообентоса относится к амфибиотическим насекомым (75,4 %, 49 видов): двукрылые – 24 вида, поденки – 12 видов, веснянки – 7 видов и ручейники – 6 видов. Отмечено 30 видов насекомых с полным типом развития и 19 видов с неполным типом (Приложение 2).

В горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан в фауне ручейников нами были выделены две основные трофические группы: хищники (ручей Травянистый, среднее и нижнее течение; р. Семиречка, среднее течение; руч. Безымянный, нижнее течение), собиратели и соскребатели (руч. Травянистый, среднее течение; р. Семиречка, среднее течение и руч. Безымянный, нижнее течение). К группе хищников относятся виды *Rhyacophila cedrensis* (Schmid, 1993) и *Rhyacophila sibirica* (McL., 1879). Ко второй трофической группе

собирателей и соскребателей относятся 2 вида: *Asynarchus amurensis* (Ulmer, 1905) и *Ecclisomyia digitata* (Martynov, 1929).

Во всех исследованных водотоках встречаются планарии вида *Phagocata sibirica* Sabussov 1903 и амфиподы *Gammarus dabanus* Tachteew et Mekhanikova, 2000 (Тахтеев, Механикова, 2000). Плоские черви являются биоиндикаторами и их присутствие в водотоке служит показателем высокого качества воды.

В ходе нашей работы установлено, что макрозообентос малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (ручей Травянистый, река 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 (Приложение 2). Впервые в этих водотоках отмечено 64 вида макробеспозвоночных. В результате проведенного исследования, установлено, что видовое разнообразие донных обитателей горных ручьев хребта Хамар-Дабан оказалось значительно выше (59 видов), чем в реках (21 вид) (Приложение 2). Наибольшее биоразнообразие в горных ручьях вероятно связано с тем, что в них мы обследовали больше типов участков и отобрали большее количество проб (в ручьях – 26 проб, в реках – 16). Необходимо отметить, что наибольшее видовое разнообразие бентосных животных приходится на рипаль – мелководные прибрежные участки с замедленным течением. В устьевых участках ручьев отмечено 26, в реках – 11 видов. 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.

4.2. Биоразнообразие макрозообентоса родника Университетский

С июля 2018 г. по июль 2019 г. изучен видовой состав донной фауны родникового ручья Университетский (см. Приложение 2).

4.2.1. Родник Университетский

В родниковом ручье количественные пробы макрозообентоса были отобраны на 3 станциях. Станция № 1 находится в 1,5 м от выхода источника; станция № 2 находится в 5 м от точки № 1 и станция № 3 – в 5 м от точки № 2 ниже по течению.

Тип Кольчатые черви (Annelida) в родниковом ручье представлен классом Oligochaeta, 3 отрядами, 4 семействами и 10 видами: 6 видов – из отряда Tubificida, 4 вида – из отряда Enchytraeida и из отряда Crassiclitellata определено только семейство – Lumbricidae gen. sp. Так, отряд Tubificida представлен 6 видами: *Rhyacodrilus* sp. (сем. Naididae), *Psammoryctides barbatus* (Grube, 1860) (сем. Naididae), *Rhyacodrilus coccineus* (Vejdovský, 1876) (сем. Naididae), *Nais simplex* Piguet, 1906 (сем. Naididae) и *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) (сем. Tubificidae), *Limnodrilus* sp. (сем. Naididae). Отряд Enchytraeida представлен двумя семействами и пятью видами: *Mesenchytraeus* sp. (сем. Enchytraeidae), *Henlea perpusilla* (сем. Enchytraeidae) Friend, 1911, *Fridericia maculata* Issel, 1904 (сем. Enchytraeidae) и *Marionina vesiculata* (Nielsen & Christensen, 1959) (сем. Enchytraeidae) и *Propappus volki* (сем. Propappidae) (Michaelsen, 1916). Температура воды в родниковом ручье составляла – 5,0 °С, скорость течения – 4 см/с.

Согласно литературным данным, в роднике в 2004 г. были обнаружены почвенноводные олигохеты *Fridericia callosa* (Eisen, 1878) (отряд Enchytraeida, сем. Enchytraeidae) (Тахтеев и др., 2010).

Тип Членистоногие (Arthropoda) в родниковом ручье представлен двумя классами: Высшие ракообразные и Насекомые.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен отрядом: Amphipoda, одним семейством: Crangonyctidae и одним видом. Он принадлежит к ранее известным из этой точки представителям подземной фауны *Stygobromus anastasiae* Sidorov, Holsinger et Takhteev 2010. Представители этого рода широко распространены в Северной Америке. В составе фауны источника в ноябре и

декабре 2018 г., а также в феврале 2019 г. Амфиподы обнаружены в родниковом ручье на первой и третьей станции.

Класс Насекомые (Insecta) представлен тремя отрядами – Plecoptera, Trichoptera и Diptera. Насекомые в родниковом ручье обнаружены на фазе личинки.

Отряд Веснянки (Plecoptera). Личинки веснянок представлены семейством Nemouridae и одним видом *Nemoura* sp. Личинки веснянок обнаружены на первой станции, лишь в феврале и марте 2019 года. Отсутствие личинок веснянок в остальные месяцы связано с особенностями их жизненного цикла – вылетом имаго насекомых.

Отряд Ручейники (Trichoptera). Согласно литературным данным (Тахтеев и др., 2010) известно, что в роднике Университетский выявлено 5 видов ручейников из 2-х семейств. Семейство Limnephilidae представлено 3 видами: *Limnephilus rhombicus* Linnaeus, 1758 (сем.), *L. fuscicornis* Rambur, 1842 и *Halesus tessellatus* (Rambur, 1842). Сем. Apataniidae представлено 2 видами: *Apatania majuscula* McLachlan, 1872 и *A. stigmatella* Zetterstedt, 1840 (Тахтеев и др., 2010).

Отряд Двукрылые (Diptera) представлен тремя семействами: Chironomidae, Limoniidae и Pediciidae. Представители всех семейств обнаружены в родниковом ручье на фазе личинки.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae). Видовой состав личинок Chironomidae был представлен 2 видами: палеарктическим видом *Pseudodiamesa stackelbergi* (Goetghebuer, 1933) и голарктическим видом *Diplocladius cultriger* Kieffer, 1908. У хирономид рода *Pseudodiamesa* вылет имаго происходит обычно весной в период оттепели или ранним летом. Спаривание было отмечено даже на снегу при отрицательных температурах (Plyashuk et al., 2010; Oliver, 1989). Питаются личинки мелкими частичками органического вещества, но также могут нападать на мелких беспозвоночных, в том числе и личинок хирономид (Plyashuk et al., 2010). Личинки хирономид появлялись в составе бентоса в октябре, очевидно, после их выхода из отложенных яиц, и присутствовали до июня.

В. В. Тахтеев с соавторами (Тахтеев и др., 2010) в роднике Университетский выделили по биомассе доминирующий комплекс видов хирономид. К этому комплексу были отнесены 5 видов: *Pseudodiamesa gr. branickii* (Nowicki, 1873), *Prodiamesa olivacea* (Meigen, 1818), *Diamesa arctica* Boheman, 1865, *D. baicalensis* Chernovskij, 1949 и *Heterotrissocladius marcidus* Walker, 1856 (Тахтеев и др., 2010).

Семейство Комары-болотницы (Limoniidae) представлено широко распространенным в Палеарктике видом – *Molophilus griseus* (Meigen, 1804). Среди представленных семейств в родниковом ручье доминировали личинки комаров-болотниц.

Семейство Болотницы или луговики (Pediidae) представлено только на первой станции в июле 2018 г. одним родом *Dicranota* (*D.*) sp.

По результатам собственных и литературных данных фауна родника Университетский в 2018–2019 г. представлена 2 типами, 3 классами, 7 отрядами, 11 семействами, 22 родами и 27 видами (Приложение 2). Впервые в роднике отмечено 13 видов. Основная часть видов макрозообентоса относится к амфибиотическим насекомым (55,6 %, 15 видов). К ним относятся: двукрылые – 9 видов, ручейники – 5 видов и веснянки – 1 вид. Отмечено 14 видов насекомых с полным типом развития и 1 вид с неполным типом (Приложение 2).

4.3. Биоразнообразие макрозообентоса термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины

Изучение таксономической принадлежности донных беспозвоночных является необходимым этапом зоологических исследований. В марте 2016, 2017 и 2020 г. проведены исследования таксономического состава макрозообентоса на 11 термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины. В приложении 2 представлен видовой состав донных беспозвоночных исследованных термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины.

Биоразнообразии макрозообентоса термальных источников Северного Прибайкалья. В марте 2016 г. изучен таксономический состав фауны трех термальных источников Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка, Кирон и Хакусы).

4.3.1. Источник Верхняя Заимка

Макрозообентос термального источника Верхняя Заимка обследован в марте 2016 г. на двух станциях: 1. вблизи места основного излияния термального источника ($t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$); 2. в начале заводи р. Верхняя Ангара, в разливе остывающей термальной воды ($t=12\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Тип Членистоногие (Arthropoda). Среди представителей этого типа в источнике Верхняя Заимка было обнаружено два класса: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) представлен отрядом Amphipoda, семейством Carinogammaridae и байкальским по происхождению видом *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) (рис. 19), известным своей очень широкой экологической валентностью. Для этого вида характерно обитание в стоячих и текучих водоемах разных климатических зон, различного температурного и кислородного режимов, а также *Gm. fasciatus* способен проявлять большую активность в миграциях (Бекман, 1962; Механикова, 2000; и др.).

По нашим наблюдениям, в обширных разливах высачивающейся термальной воды (глубина около 1 см), *Gm. fasciatus* был самым многочисленным видом. В остывающем разливе термальных вод, переходящем в залив Верхней Ангары, среди всего зообентоса на первое место по численности и биомассе выходят амфиподы, представленные видом *Gm. fasciatus*, способным активно мигрировать вверх по течению притоков Байкала. Ранее он уже отмечался в термальных источниках, расположенных в бассейнах рек Верхняя Ангара, Баргузин и Турка при температурах от $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Куморские холодные источники) до $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Котельниковский источник, Верхняя Заимка) (Биота ..., 2009).



Рисунок 19. Бокоплав *Gmelinoides fasciatus*. Фото С. И. Дидоренко.

Gm. fasciatus принадлежит к прибрежно-соровому комплексу байкальских видов и по классификации В. В. Тахтеева относится к «амфиподам с переменным образом жизни» (Тахтеев, 2000б). Это эвритермный и эвритопный вид. Амфиподы обнаружены на песчано-илистых грунтах. По типу питания *Gm. fasciatus* – эврифаг (Barkov, Kurashov, 2011). В естественных условиях потребляет водоросли, макрофиты, детрит растительного и животного происхождения, и мелких животных (Петунина, 2015).

По литературным данным *Gm. fasciatus* в оз. Байкал размножается в летне-осенний период (Базикалова, 1941; Гаврилов, 1949). В наших сборах в популяции присутствовали экземпляры разного размера и возраста, начиная от только что отрожденной молодежи до взрослых, а также спаривающиеся особи. Такой размерно-возрастной состав позволяет предположить, что размножение в стабильных температурных и гидрохимических условиях горячего источника становится более равномерным и не связано с наступлением весенне-летнего периода как это обычно бывает.

Класс Насекомые (Insecta) представлен в источнике двумя отрядами: Odonata (Стрекозы) и Hemiptera (Полужесткокрылые, или клопы). Стрекозы и клопы в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata) в источнике представлен термофильным реликтовым видом – *Orthetrum albistylum* Selys, 1848 (рис. 20) (сем. Libellulidae).



Рисунок 20. Имаго реликтового вида стрекозы *Orthetrum albistylum*. Фото В. В. Тахтеева.

Личинки реликтового вида стрекоз *Orthetrum albistylum* Selys, 1848 обнаружены на одной станции – в мелководных разливах остывающей термальной воды, переходящей в залив р. Верхней Ангары ($t=12\text{ }^{\circ}\text{C}$). Известно, что цикл развития *Orthetrum albistylum* длится один–два года. Вылет имаго происходит в июне-августе. Личинки и имаго являются хищниками. В термальных источниках наблюдается переход личинок на питание имаго различных насекомых, падающих на поверхность воды (Белышев, 1960). В более теплых регионах вид обитает в открытых прудах и озерах, часто в развитых поймах рек; лет имаго продолжается до сентября; личинки держатся на дне в наиболее прогреваемых участках водоемов с богатой водной растительностью (Спурис, 1964; Дюжаева, 2009). Личинка может временно переносить высыхание воды. Грунты на станции, где были обнаружены личинки стрекоз, представлены песчанистым илом. В источнике Верхняя Заимка численность стрекоз составляла – $59,0\text{ экз./м}^2$, биомасса – $8,4\text{ г/м}^2$. Впервые об обнаружении этого вида по сборам В. Н. Скалона в 1953 г. на Ирканинском источнике (Северобайкальский район) в нижнем течении р. Верхняя Ангара и в 1954 г. на Большереченском источнике (Баргузинский заповедник) сообщил Б. Ф. Белышев (Belyshev, 1956). В Прибайкалье в начале нашего века *O. albistylum* был отмечен уже в 10 гидротермах, в том числе и в источнике Верхняя Заимка (Биота ..., 2009).

Отряд Полужесткокрылые, или клопы (Hemiptera). В качественном сборе обнаружен один вид водяного скорпиона – *Nepa cinerea* Linnaeus, 1758 (рис. 21) (сем. Nepidae). По типу питания скорпионы являются хищниками, подкарауливающими личинок разных насекомых, водяных клещей и др.

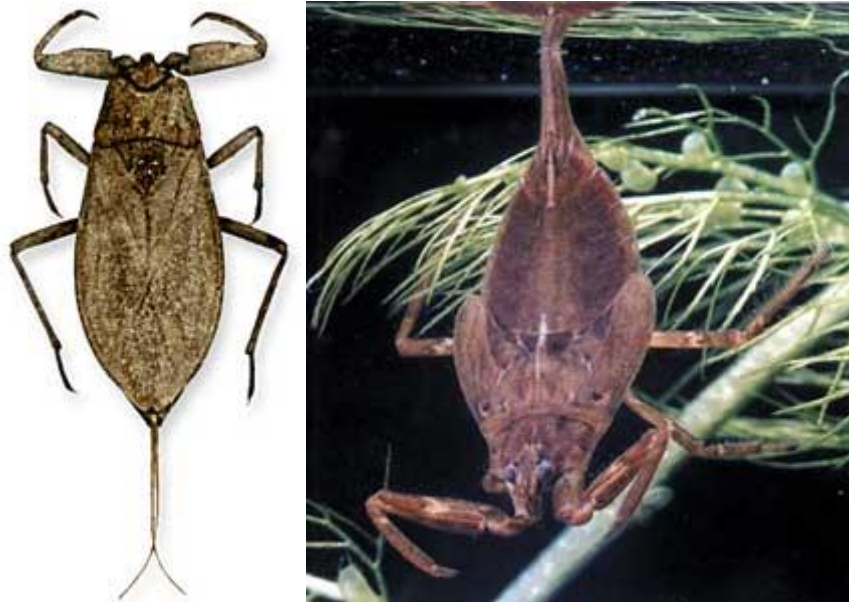


Рисунок 21. Слева имаго водяного скорпиона. Справа личинка водяного скорпиона. Фото взято с сайта: <http://zooex.baikal.ru/hemipteroidea/nepidae.htm>

Тип Моллюски (Mollusca) представлен классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) вблизи места основного излияния источника представлен тремя отрядами: Littorinimorpha, Heterostropha, Lymnaeiformes, тремя семействами: Bithyniidae, Valvatidae, Planorbidae и четырьмя видами: *Boreoelona contortrix* (Lindholm, 1909), *Cincinna (Sibirovalvata) sibirica* Starobogatov & Zatravkin, 1985, *Cincinna aliena* (Westerlund 1877) и *Gyraulus* sp. (рис. 22). Возле основного выхода термальных вод грунты чистые, галечно-песчаные, поверхность воды покрыта бактериально-водорослевыми матами (БВМ). В зоне охлаждения термальных вод обнаружены представители семейства Lymnaeidae – молодые особи *Radix* sp. Исследованные виды моллюсков являются растительно-детритоядными, соскабливающими роговой теркой налет из различных водорослей с камней и растений. Моллюски из семейства Planorbidae, Valvatidae и Lymnaeidae являются гермафродитами, тогда как

представители семейства Bithyniidae – раздельнополыми (Ситникова, 2012). Предыдущими исследованиями в летний период в этом источнике было установлено обитание *Cincinna (Sibirovalvata) sibirica* (Westerlund) и *Gyraulus* cf. *ignotellus* (Dybowski, 1913) (Биота ..., 2009).



Рисунок 22. Раковины брюхоногих моллюсков, обитающих в термальном источнике, Верхняя Заимка (А–В). А – *Boreoelona contortrix* Lindholm, 1909; Б – *Gyraulus* sp. (группа *G. tugurensis* Prozorova et Starobogatov, 1997); В – *Cincinna (Sibirovalvata) sibirica* Starobogatov & Zatravkin, 1985. Масштабная линейка 1 мм. Фото Т. Я. Ситниковой.

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Верхняя Заимка представлен 2 типами, 3 классами, 6 отрядами, 6 семействами, 8 родами и 9 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечено 5 видов макробеспозвоночных. В результате проведенного исследования мы выяснили, что на исследованных станциях источника Верхняя Заимка таксоценоз складывается из брюхоногих моллюсков, представителей родов *Boreoelona*, *Cincinna* и *Gyraulus*, значительная роль принадлежит амфиподному монодоминантному сообществу *Gmelinoides fasciatus*. В мелководных разливах остывающей термальной воды, переходящей в залив р. Верхней Ангары обнаружены личинки реликтовой стрекозы *Orthetrum albistylum* Selys, 1848.

4.3.2. Источник Кирон

Качественная проба макрозообентоса отобрана в марте 2016 г. в промоине у

берега Киронского озера, в которой по обильным остаткам отмерших растений текла термальная вода с температурой 25 °С.

Тип Членистоногие (Arthropoda) представлен в источнике классом Насекомые (Insecta) и отрядом – Odonata. Стрекозы в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata). Среди представителей этого отряда в источнике было обнаружено два вида: *Orthetrum albistylum* Selys, 1848 (сем. Libellulidae) и *Aeschna juncea* (Linnaeus, 1758) (сем. Aeshnidae) соответственно. Также в пробе были встречены экзувии стрекоз подотряда Anisoptera. Личинки этого подотряда – самые быстрые стрекозы, охотящиеся на мух, муравьев, пчел и бабочек. Особенностью этого подотряда является то, что личинки вне водной среды, в случае высыхания водоемов не погибают, а дышат через стигмы, наполняя воздухом свою трахейную систему (Боголюбов, Кравченко, 2018). Личинка стрекозы *Aeschna juncea* – активный хищник. Цикл развития личинки длится 2 года. Самка откладывает яйца в ткани живых растений. При их отсутствии – в мертвые ткани растений (Спурис, 1964).

По литературным данным известно о нахождении *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) (кл. Malacostraca, отр. Amphipoda, сем. Carinogammaridae) в Киронском источнике (Тахтеев и др., 2006; Биота ..., 2009).

Тип Моллюски (Mollusca). В качественном сборе макрозообентоса моллюски представлены классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) в источнике представлен одним отрядом – Lymnaeiformes – с одним семейством Lymnaeidae и видом – *Radix* sp. Моллюски этого семейства – гермафродиты. Прудовики всеядны, но предпочитают растительную пищу. Моллюски соскабливают налеты водорослей с различных погруженных в воду предметов, а также растительный детрит. В источнике Кирон грунт представлен в виде обильного гниющего детрита. В момент отбора качественной пробы на источнике отмечен запах сероводорода. По литературным данным известно о встречаемости в Киронском источнике

брюхоногих моллюсков видов *Radix lagotis* (Schrank, 1803) и *Cincinna (S.) brevicula* (Kozhov, 1936) (Биота ..., 2009).

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Кирон представлен 2 типами, 3 классами, 4 отрядами, 5 семействами, 5 родами и 6 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечено 2 вида макробеспозвоночных. Молодые особи моллюсков *Radix* sp. составляли незначительную долю.

4.3.3. Источник Хакусы

Пробы макрозообентоса в Хакуском источнике были отобраны в марте 2016 г. на четырех станциях: 1. в разливах термальных вод в 2 м от основного излияния (глубина 1,5 м); 2. в разливах термальных вод в 40 м ниже основного выхода; 3. в стоячем остывающем разливе глубиной около 1 см в нижней части термального поля; 4. в общем потоке ручья Хакусы на выходе из термального поля, в 64 м от основного излияния, у берега (глубина 5 см).

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен классом: Oligochaeta, отрядом: Tubificida, семействами Tubificidae и Naididae и 3 видами: *Tubifex tubifex* (сем. Tubificidae), *Rhyacodrilus* sp. (сем. Naididae) и *Nais simplex* (сем. Naididae). *Tubifex tubifex* обнаружен на 2-ой станции, где грунты представлены в виде мелкого песка с примесью гальки. Температура в месте обнаружения олигохет составила – 18 °С. От дна до поверхности воды были обнаружены бактериально-водорослевые маты ржавого и зеленого цвета. *T. tubifex* также встречен на 4-ой станции в общем потоке ручья Хакусы.

Трубочник обыкновенный является ярким представителем пресноводного зообентоса. Он обитает на дне заиленных стоячих водоёмов, встречается также на песчаных и каменистых грунтах, а также этому виду свойственно населять загрязнённые ручьи и реки. Трубочник образует огромные скопления в иле сильно загрязнённых рек. Живут олигохеты в специально-изготовленных из ила трубчатых норках. *Tubifex tubifex* – типичный грунтоед. Питается

разлагающимися частицами, заглатывая и пропуская их через кишечник. Пищей трубочника являются органические вещества, содержащиеся в иле, в основном - анаэробные бактерии (Боголюбов, Кравченко, 2018). А также для данного вида характерно то, что они способны интенсивно размножаться, что используется при их культивировании в аквакультуре (Поддубная, 1980).

Олигохеты видов *Rhyacodrilus* sp. и *Nais simplex* по типу питания относятся к фито- и детритофагам. Для представителей семейства Naididae характерно то, что они собирают планктонные водоросли и, в меньшей степени, органическую взвесь, тем самым фильтруя воду (Монаков, 1998), а также для данного семейства свойственны разнообразные формы бесполого размножения (Харин и др., 2003).

Тип Членистоногие (Arthropoda) представлен тремя классами: Malacostraca, Arachnida и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) в источнике представлен видом *Micruropus wohlii platycercus* Dybowsky 1874 (отряд: Amphipoda, сем. Micruropodidae) (рис. 23). Данный байкальский вид амфипод является полупелагическим и псаммофильным (Тахтеев и др., 2018). В 2 м от основного излияния источника (около 0,5 км от береговой линии Байкала) отмечен случай захода *Micruropus wohlii platycercus* (Базикалова, 1962). Это очень интересная находка: ранее данный вид за пределами самого озера отмечен не был (Базикалова, 1962), тем более, при таких экстремально-высоких температурах (29,3 °С). Данная находка представляет несомненный интерес, поскольку свидетельствует о достаточной термофильности этого вида и о его высокой способности мигрировать – в разливы термальных вод через песчано-гравийную интерстициаль ручья Хакусы. В источнике обильно разрастаются бактериально-водорослевые маты.

Представители высших ракообразных вида *Micruropus wohlii platycercus* относятся к амфиподам с переменным образом жизни, т.е. они могут вести попеременно и нектобентический, и фитофильный, а также зарывающийся образ жизни (Тахтеев, 2000б). А. Я. Базикалова (1962) на примере рода *Micruropus*

считала способность ряда видов амфипод к зарыванию в грунт адаптивной особенностью, которая возникла как способ избегания хищников (Тахтеев, 2000б). Известно, что *Micruropus wohlii platycercus* образует ночные миграционные комплексы, например, на южном Байкале в районе пос. Ключевка (Behaviour of ..., 2016).



Рисунок 23. Хакусская диковина – бокоплав *Micruropus wohlii platycercus*. Фото В. В. Тахтеева.

Класс Паукообразные (Arachnida). В наших сборах обнаружен не был. По литературным данным известно, что из Хакусского термального источника описан водяной клещ из отряда Acarina, сем. Hydrachnellidae и вида *Thermacarus thermobius* (Sokolov, 1927) (Биота ..., 2009).

Класс Насекомые (Insecta) представлен в источнике 2 отрядами: Odonata и Diptera. Стрекозы и двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata) в источнике Хакусы представлен семейством – Libellulidae и видом *Orthetrum albistylum*. Личинки стрекоз в источнике были обнаружены на второй и третьей станциях. В источнике личинки стрекоз *Orthetrum albistylum* были обнаружены на галечно-песчаных грунтах с примесью детрита и бактериально-водорослевых матов. Биологические особенности этого вида представлены в подглаве 4.3.1.

Отряд Двукрылые (Diptera) в источнике представлен семейством – Stratiomyidae (мухи-львинки). Личинки львинок двух видов: *Odontomyia argentata* (Fabricius, 1794) и *Odontomyia angulata* (Panzer, 1798) в источнике были встречены

на второй и третьей станциях. Личинки *Stratiomyidae* обнаружены в источнике на галечно-песчаных грунтах с примесью детрита и отмерших бактериально-водорослевых матов.

Личинки мух-львинок имеют важное значение в цепях разложения органического вещества в различных типах водных экосистем. Большинство личинок из рода *Odontomyia* являются обитателями стоячих водоемов: прудов, канав, заливов или медленно текучих вод и развиваются в основном в воде или в полуводных местообитаниях. Личинки по типу питания являются преимущественно детритофагами и фитосапрофагами (Баранов, 2002; Нарчук, 2009).

Тип Моллюски (Mollusca) представлен одним классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) представлен отрядом Lymnaeiformes и двумя семействами – Planorbidae и Lymnaeidae. В более прохладных высачиваниях при температуре воды – 29,3 °С рядом с главным излиянием термального источника обнаружены большей частью гастроподы из рода *Radix* и *Gyraulus*. Представители рода *Radix* в источнике представлены двумя видами: *R. thermobaicalica* Kruglov et Starobogatov, 1989 (рис. 24) и *R. hakusyensis* Kruglov et Starobogatov, 1989 (рис. 25). В месте слияния термальных вод с холодным ручьем Хакусы значительно преобладают гастроподы (особи *Radix* разного возраста). Род *Gyraulus* представлен видом – *Gyraulus takhteevi* Sitnikova & Peretolchina, 2018 (рис. 25).

По материалам экспедиции П. Д. Резвого (Резвой, 1937) в Хакусском источнике известны брюхоногие моллюски вида *Radix peregra geysericola* (О. Ф. Muller, 1774). Моллюски этого вида в наших сборах обнаружены не были.



Рисунок 24. Эндемичный моллюск *Radix thermobaicalica* в остывающих разливах горячего источника Хакусы. Фото Г. Д. Ильина.



Рисунок 25. Раковины брюхоногих моллюсков, обитающих в горячем источнике Хакусы (Г, Д, Е). Г – *Gyraulus takhteevi* Sitnikova & Peretolchina, 2018; Д – *Radix thermobaicalica* Kruglov et Starobogatov, 1989; Е – *Radix hakusyensis* Kruglov et Starobogatov, 1989. Масштабная линейка 1 мм. Фото Т. Я. Ситниковой.

Известно, что для моллюсков рода *Gyraulus* характерна адаптация к существованию в разнообразных условиях. Примером этого может служить обнаруженный нами вид – *Gyraulus takhteevi* Sitnikova & Peretolchina, 2018, обитающий в источнике Хакусы при температуре воды – 29,3 °С. По типу питания моллюски из семейства Planorbidae – фитофаги, преимущественно

питаются растительной пищей с предпочтением водорослей и остатков растений. Моллюски обнаружены на галечно-песчаных грунтах.

Н. Д. Кругловым и Я. И. Старобогатовым из Хакусского источника по материалам 1976 г. описаны два новых вида *Radix*: *Radix thermobaicalica* Kruglov et Starobogotov, 1989 и *R. hakusyensis* Kruglov et Starobogotov, 1989. Разделение видов было основано на нескольких конхологических и анатомических признаках (Круглов, 2005; Круглов, Старобогатов, 1989, 1993; Ситникова и др., 2014; Старобогатов и др., 2004). В. В. Тахтеев и Т. Я. Ситникова (Тахтеев, Ситникова, 2009) предположили, что эти два вида могут быть конспецифичными. Т. Я. Ситникова с соавторами (2014), основываясь на их конхологическом сходстве и существовании промежуточных форм, предположили, что эти виды на самом деле представляют собой два парapatриальных экотипа, которые в настоящее время имеют статус отдельных видов.

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Хакусы представлен 3 типами, 5 классами, 6 отрядами, 7 семействами, 9 родами и 12 видами. Впервые отмечено 5 видов (Приложение 2). В целом, здесь преобладают брюхоногие моллюски, как по численности, так и по биомассе. В качественных сборах примерно в равном количестве присутствовали морфотипы, соответствующие двум описанным отсюда региональным эндемикам – *Radix thermobaicalica* и *R. hakusyensis*. В источнике Хакусы к числу наиболее интересных фаунистических находок можно отнести два вида, включенных в Красную книгу Республики Бурятия (Красная книга ..., 2013) – личинки реликтовой стрекозы *Orthetrum albistylum* и гастроподы *Radix thermobaicalica*. *O. albistylum* населяет южную часть Палеарктики, в Байкальском регионе встречается разорванными популяциями лишь в высокотемпературных термальных источниках; *R. thermobaicalica* эндемичен для региона, обнаружен только в четырех горячих источниках (Биота ..., 2009; Красная книга ..., 2013).

На основе собственных и литературных данных разнообразие донной фауны трех термальных источников Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка, Кирон и

Хакусы) представлено 3 типами, 5 классами, 9 отрядами, 12 семействами, 14 родами и 22 видами (Приложение 2). Впервые для источников Северного Прибайкалья отмечено 11 видов.

С учетом проведенных исследований и литературных данных мы выяснили, что максимальное количество видов (12) отмечено в источнике Хакусы. Минимальное количество видов макробеспозвоночных (6) зарегистрировано в термальном источнике Кирон.

В результате наших исследований установлено, что в высокотемпературном источнике Хакусы ($t = 29,3 \text{ }^\circ\text{C}$) обитают *Gyraulus takhteevi* и *Micruropus wohlii platycercus*. В источнике Верхняя Заимка, при $t = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ также отмечено обитание 3 видов брюхоногих моллюсков: *Boreoelona contortrix*, *Cincinna (Sibirovalvata) sibirica*, *Cincinna aliena* и *Gyraulus* sp. В фауне термальных источников Северного Прибайкалья обнаружены: 1 реликтовый вид стрекозы *Orthetrum albistylum* и 2 эндемичных вида моллюсков – *Radix thermobaicalica* и *R. hakusyensis*. Моллюски и личинки стрекоз в трех исследованных термальных источниках обнаружены на станциях с преобладанием чистых галечно-песчаных, и песчано-илистых грунтов, а также на участках с преобладанием большого количества детрита. На большинстве станций поверхность воды была покрыта многослойными бактериально-водорослевыми матами (БВМ).

Биоразнообразие макрозообентоса термальных источников Баргузинской долины. В марте 2017 и 2020 гг. исследован состав макрозообентоса 8 термальных источников Баргузинской долины (Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский, Золотой Ключ).

4.3.4. Источник Умхей

Пробы макрозообентоса в Умхейском источнике в марте 2017 г. были отобраны на двух станциях: 1. в центре небольшого разлива одного из выходов в нижней части термального поля; 2. в правом боковом ручье (по правому берегу от горячего Умхейского озера).

В марте 2020 г. пробы в источнике отобраны: 1. в правом боковом ручье (по правому берегу от горячего Умхейского озера); 2. вблизи озера, в 5 метрах; 3. в 8 метрах от предыдущей станции.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике Умхэй представлен одним классом: Насекомые (Insecta).

Класс Насекомые (Insecta) в 2017 г. в источнике представлен двумя отрядами: Odonata и Diptera. Стрекозы и двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки. В 2020 г. класс Насекомые представлен двумя отрядами: Coleoptera и Diptera. Жесткокрылые и двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata) в 2017 г. был отмечен только в качественных сборах. В источнике Умхей представлен только семейством – Libellulidae и видом *Orthetrum albistylum* Selys, 1848. Основная часть термальных вод источника Умхэй поступает в горячее озеро с температурой у кромки берега 29,0–30,0 °С. Здесь, в качественной пробе при температуре 33,0 °С и были обнаружены личинки стрекоз *Orthetrum albistylum*. Грунт в Умхейском озере представлен окатанной, разноразмерной галькой с примесью детрита. В озере также обнаружены трехслойные бактериально-водорослевые маты темно-зеленого цвета. В момент отбора проб присутствовал ощутимый запах сероводорода.

Отряд Жесткокрылые или жуки (Coleoptera). В качественной пробе у берега озера найдены погибшие личинки клопов *Nepa* sp. (отряд: Hemiptera, сем. Nepidae (Водяные скорпионы)) и жуков-плавунцов *Dityscus* sp. (отряд: Coleoptera, сем. Dytiscidae).

Отряд Двукрылые (Diptera). Представители двукрылых обнаружены только в 2017 г. в количественных сборах. Несколько теплых ключей изливаются

на левом берегу р. Баргузин, напротив острова, где находятся основные выходы термальных вод. Температура одного из них в истоке составляла 37,0 °С, в месте отбора пробы – 20,0 °С. Грунт в источнике представлен в виде черного плотного растительного детрита. Отряд Двукрылые в источнике Умхей представлен семейством – Chironomidae.

Семейство Комары-звонцы (Chironomidae) в источнике представлено двумя видами: *Ablabesmyia gr. lentiginosa* и *Procladius* sp.

Личинки комаров рода *Ablabesmyia* встречаются в самых разнообразных водоемах. По типу питания личинки комаров-звонцов вида *Ablabesmyia gr. lentiginosa* Fries (1823) относятся к группе хищников. Личинки хирономид рода *Procladius* встречаются в стоячих и текучих водах. Для личинок хирономид этого рода свойственно то, что они играют немаловажную роль в трансформации органического вещества на дне водоемов, а также биоиндикации (Аникина, 2007).

Наиболее разнообразной фауна макробеспозвоночных оказалась в качественных пробах, в нижней части термального поля, в луже, где температура в день отбора проб (20.03.2017 г.) составляла всего 7,0–10,3 °С. Это слабое высачивание термальной воды у края протоки р. Баргузин, где она частично может смешиваться с речной. Грунт представлен окатанными валунами, покрытыми черным илом, детритом, водорослевым войлоком. Глубина в месте отбора проб 0–7 и 22 см соответственно. Массовый лет имаго береговушек у края лужи отмечен при температуре воздуха, слабо отрицательной или близкой к нулевой. Двукрылые здесь представлены семействами: мокрецы (Ceratorogonidae), комары-звонцы или хирономиды (Chironomidae), мухи-береговушки (Ephydriidae) и львинки (Stratiomyidae). Личинки мокрецов представлены видом *Culicoides* sp. Они могут жить также и в полуводных биотопах. Как и у всех других насекомых из отряда Diptera, развитие Ceratorogonidae происходит с полным превращением, т.е. жизненный цикл его развития включает 4 фазы: яйцо–личинка–куколка–имаго. Длительность развития различных видов мокрецов колеблется от двух недель до двух месяцев. Личинка

мокреца обитает среди подводных зарослей и активно плавает, S-образно изгибая свое тело. Личинки мокрецов рода *Culicoides* – питаются детритом и бактериями (Аубакиров, Еренко, 2022).

Личинки мокрецов определены до вида. Личинки стрекоз – до отряда. Все остальные таксономические группы были идентифицированы в ранге семейства.

В 2020 г. в источнике на двух станциях обнаружен 1 вид мокрецов *Culicoides* sp: возле горячего Умхейского озера и в 5 метрах от него. Мокрецы на обнаруженных станциях являлись преобладающей группой среди других беспозвоночных.

Отряд Жесткокрылые или жуки (Coleoptera) в 2020 г. представлен в источнике видом: Болотолуб крошечный – *Laccobius minutus* (сем. Hydrophilidae) (Linnaeus, 1758) (рис. 26). В источнике встречен единично, в 5 метрах от горячего озера при температуре 31 °С. Численность личинки водолюба составила – 47,6 экз./м², и 0,43 г/м². По типу питания жуки-водолюбы – падальщики. Они питаются органическими остатками растительного и животного происхождения, а также нитчатыми водорослями. Этот вид обнаружен не только в наших сборах в этом источнике, но и в горячем источнике Аллинский на берегу р. Алла, при температуре до 32 °С. Болотолуб крошечный ползал по дну на обрастаниях водорослей, а также забирался под камни, заливаемые водой (Шиленков, 2000).



Рисунок 26. Болотолуб крошечный – *Laccobius minutus* L. Фото С. И. Дидоренко.

Тип Моллюски (Mollusca) обнаружен лишь в 2020 г. и представлен классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) в источнике обнаружен лишь на первой станции (вблизи горячего Умхейского озера). Брюхоногие моллюски представлены отрядом Lymnaeiformes, семейством Planorbidae и видом *Gyraulus* sp.

Грунты в источнике в местах отбора количественных проб в 2020 г. представлены заиленным песком, также здесь отмечены бактериально-водорослевые маты.

В качественной пробе в 2020 г. обнаружены личинки мокрецов (Ceratopogonidae) трех видов: *Culicoides* sp., *Dasyhelea* sp. и *Bezzia* sp. Доминировали личинки *Culicoides* sp. Личинки мокрецов рода *Dasyhelea* – неплавающие, рода *Culicoides* и большинство *Bezzia* – плавающие. Личинки мокрецов рода *Dasyhelea* обитают в различных сильно увлажненных субстратах. Личинки мокрецов являются сапрофагами или хищниками, питаются водными и почвенными организмами или их остатками. В качественных сборах обнаружены 3 пустых домика личинок ручейников, предположительно рода *Brachycentrus*, личинка ручейника *Rhyacophila* sp. (сем. Rhyacophilidae) и V-ая стадия предкуколки ручейника.

Таким образом, макрозообентос источника Умхей за два года исследований представлен 2 типами, 2 классами, 4 отрядами, 10 семействами, 11 родами и 11 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечено 11 видов. В результате проведенного исследования мы выяснили, что наибольшими количественными показателями среди макробеспозвоночных этого источника выделяется отряд Diptera, а именно личинки вида – *Culicoides* sp. (сем. Ceratopogonidae). В количественных сборах макрозообентос на третьей станции обнаружен не был. Наименьшее таксономическое разнообразие отмечено в количественных пробах, отобранных в источнике Умхей в 2017 году. В качественных сборах отмечено присутствие личинок реликтового вида стрекоз *Orthetrum albistylum*.

По нашим наблюдениям, из-за большого теплового потока, как от термальных вод, а также через грунт, в месте выхода Умхейских источников фенологические явления, связанные с наступлением весны, наблюдаются раньше на 1–1,5 месяца.

4.3.5. Источник Аллинский

Пробы макрозообентоса в Аллинском источнике в марте 2017 г. были отобраны на правом берегу реки Алла, на двух участках: 1. в остывающей протоке, напротив выхода термального источника с максимальной температурой (до 75 °С); 2. в 150 м ниже от места самых горячих излияний источника. В марте 2020 г. пробы макрозообентоса в этом источнике были отобраны на правом берегу реки Алла, на двух участках: 1. в остывающей протоке, в 5 м выше выхода термального источника с максимальной температурой (до 75 °С); 2. в 10–15 м ниже от места самых горячих излияний источника.

В марте 2017 г. в Аллинском источнике обнаружены личинки мокрецов семейства Ceratopogonidae. В марте 2020 г. – личинки мокрецов и личинки мух-львинок Stratiomyidae.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в марте 2017 г. и 2020 г. в Аллинском источнике представлен одним классом: Насекомые (Insecta).

Класс Насекомые (Insecta) в 2017 г. и 2020 г. в источнике представлен отрядом Diptera. Двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Двукрылые (Diptera) в марте 2017 г. представлен одним семейством: Мокрецы (Ceratopogonidae)

Семейство Мокрецы (Ceratopogonidae) представлено видом *Bezzia* sp. Этот вид обнаружен на обеих станциях. Грунты на первой станции представлены серым мелким песком, подстилаемым валунами. Тогда как на втором участке отмечены мягкие грунты (мелкий песок, песчанистый ил), в воде обнаружены бактериально-водорослевые маты оливкового и светло-ржавого цвета. На поверхности воды присутствовал водорослевый войлок.

В марте 2020 г. двукрылые в источнике представлены двумя семействами: Ceratorogonidae и Stratiomyidae. Мокрецы представлены тем же видом, что и в 2017 г. – *Bezzia* sp. Личинки мокрецов обнаружены на обеих станциях. Температура воды в источнике на первой станции составила 12,0 °С, на второй – 15,0 °С. Грунты на обеих станциях представлены песчанистым илом, в воде обнаружены бактериально-водорослевые маты.

Семейство мух-львинок (Stratiomyidae) в источнике Алла представлено видом – *Odontomyia tigrina* (Fabricius, 1775). Личинки мух-львинок встречены в источнике единично на мягких грунтах при температуре воды 15,0 °С и только на второй станции. Личинки мух-львинок обитают в разнообразных околоводных и лесных биотопах. По типу питания относятся к детритофагам и фитосапрофагам. У многих видов личинки развиваются в воде. Наибольшее видовое разнообразие семейства Stratiomyidae отмечено в теплых широтах (Нарчук 2000, 2003).

Тип Моллюски (Mollusca) представлен классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda). В наших сборах обнаружены не были. Предыдущими исследованиями в этом источнике было установлено обитание моллюсков видов: *Radix (Galba) bowelli* (Preston, 1909) и *R. (Sibirigalba) sibirica* (Westerlund, 1885). Первый вид моллюсков обнаружен в Аллинском источнике в 1997 г., до паводка, на участке горячей протоки (t=32 °С). Скопление моллюсков этого вида было приурочено к подушкам мха у уреза воды. Второй вид моллюсков обнаружен в источнике в 2004 г. в оставшихся после паводка изливаниях при t=20–40 °С (Биота ..., 2009).

Также, стоит упомянуть, что первые гидробиологические исследования Аллинского термального источника были проведены в 1997 г. (Тахтеев, 2000а). В зоне остывающих вод (от 32,0 до 20,0 °С) были отмечены брюхоногие моллюски вида *Radix* sp. (отряд Lymnaeiformes, сем. Lymnaeidae), жуки-водолубы *Laccobius minutus* (Linnaeus, 1758) (отряд Coleoptera, сем. Hydrophilidae) (определение В. Г. Шиленкова), а также личинки хирономид и различных мух неустановленного таксономического статуса.

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Аллинский представлен 2 типами, 2 классами, 3 отрядами, 4 семействами, 4 родами и 6 видами (Приложение 2). Впервые отмечено 2 вида.

В результате проведенного исследования мы выяснили, что за два года исследований Аллинского источника (2017 и 2020 г.) преобладающей группой являлись двукрылые, представленные сем. *Ceratorogonidae* и видом *Bezzia* sp. Помимо личинок мокрецов, в источнике были единично встречены личинки мух-львинок.

4.3.6. Источник Гаргинский

Пробы макрозообентоса в Гаргинском источнике отобраны в марте 2020 г. на следующих станциях: 1. в 15–20 м от истока, в небольшой заводи; 2. в 120 м от истока, в боковом ответвлении от основного потока; 3. в 140 м от истока в боковом ответвлении.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен одним классом: Насекомые (Insecta).

Класс Насекомые (Insecta) представлен двумя отрядами: Odonata и Diptera. Стрекозы и двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata) представлен семейством Libellulidae и видом *Orthetrum albistylum*. Личинки стрекоз в источнике были обнаружены на первой и третьей станциях при температурах 28,0 °С и 21,0 °С. На третьей станции личинки стрекоз *Orthetrum albistylum* обнаружены в первой возрастной стадии. Грунты здесь представлены песком с примесью детрита, листовного опада и небольшими фрагментами дресвы.

Отряд Двукрылые (Diptera) представлен одним семейством Chironomidae и видом *Paratendipes* sp. Личинки комаров-звонцов в источнике обнаружены только на первой станции. Температура воды здесь составила – 28,0 °С. По типу питания личинки вида *Paratendipes* sp. относятся к детритофагам, грунтоедом.

Тип Моллюски (Mollusca) в Гаргинском источнике представлен классом: Брюхоногие моллюски (Gastropoda). В наших сборах обнаружены не были. Согласно литературным данным (Тахтеев и др., 2006; Биота..., 2009) в разливе Гаргинского источника отмечены высокие показатели биомассы макрозообентоса (7385,0 экз./м² и 43,84 г/м²) за счёт обилия эндемичного для гидротерм Байкальского региона вида моллюсков *Radix thermobaicalica* (отр. Lymnaeiformes, сем. Lymnaeidae) (Тахтеев и др., 2006).

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Гаргинский представлен 2 типами, 2 классами, 3 отрядами, 3 семействами, 3 родами и 3 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечен 1 вид.

В результате проведенного исследования мы выяснили, что в Гаргинском источнике макрозообентос был представлен только на двух станциях: первой и третьей. На второй станции беспозвоночные обнаружены не были. Вероятно, это связано с тем, что в боковом ответвлении от основного потока температура воды достигала 39,0 °С. Грунт здесь представлен серым песком с небольшим наилком, детритом, а также листовным опадом, обнаруженным на всех станциях. В источнике отмечена личинка реликтового вида стрекозы – *Orthetrum albistylum*.

4.3.7. Источник Алгинский

Пробы макрозообентоса в Алгинском источнике отобраны в марте 2020 г. на двух станциях в небольшой заводи. Расстояние между ними составляет 2 метра.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен классом Oligochaeta, отрядом Tubificida, семейством Naididae и 3 видами: *Rhyacodrilus* sp., *Spirosperma (Emboloccephalus) nikolskyi* (Lastočkin, 1953) и *Nais pardalis* Piguët, 1906. Грунт в месте обнаружения олигохет – песчано-галечный с примесью детрита. В месте отбора проб присутствовал запах сероводорода. Температура воды на обоих станциях составляла – 17,0–18,0 °С. По преобладающему типу питания

обнаруженные олигохеты в основном детрито- и фитофаги, реже хищные.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен двумя классами: Высшие ракообразные (Malacostraca) и Насекомые (Insecta).

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) в источнике представлен одним видом: *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863 (отряд: Amphipoda, сем. Gammaridae) (рис. 27). *G. lacustris* относится к. Бокоплав обнаружены на обоих участках, на песчано-галечном грунте с примесью детрита.

Спектр питания *G. lacustris* разнообразен. Будучи всеядным видом, в естественных условиях предпочитает детрит и растительную пищу (Бекман, 1954). Среди ракообразных *G. lacustris* – наиболее эврибионтный вид. Он населяет многие озерные водоемы Сибири и Прибайкалья. В норме байкальские популяции *G. lacustris* размножаются летом (Бекман, 1954). Однако в популяции этого рачка из Давшинского термального источника в марте были представлены все возрастные группы, начиная от молоди с длиной тела 2,8 мм, а также яйценосные самки, что свидетельствует о круглогодичном размножении (Тахтеев и др., 2000а). Переход к такому циклу обусловлен сглаживанием сезонного хода температур в термальных водах (Тахтеев, 2000б).



Рисунок 27. Бокоплав *Gammarus lacustris*. Фото В. В. Павличенко.

Класс Насекомые (Insecta) в Алгинском источнике представлен двумя

отрядами: Odonata и Hemiptera. Стрекозы и Полужесткокрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata) в источнике представлен семейством – Libellulidae и реликтовым видом *Orthetrum albistylum*. Личинки стрекоз встречены единично и обнаружены лишь на первом участке при температуре воды 18,0 °С. Грунт на станции – галечный с примесью детрита. На второй станции обнаружена личинка стрекозы раннего возраста, которую определить не удалось.

Отряд Полужесткокрылые, или клопы (Hemiptera) представлен только – *Nepa cinerea* Linnaeus, 1758 (сем. Nepidae). Водяной скорпион обнаружен на первой станции, где грунт представлен обильным детритом и галькой.

Тип Моллюски (Mollusca). В наших сборах встречены только представители класса Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) представлен отрядом Lymnaeiformes, семейством Planorbidae и видом *Gyraulus* gr. *acronicus*. Моллюски отмечены на двух обследованных станциях. *G.* gr. *acronicus* являются соскребателями, фитофагами.

Предыдущими исследованиями в 2004 г. в этом источнике в месте основного выхода было установлено обитание брюхоногих моллюсков *Radix (Radix) auricularia intercisa* Lindholm, 1909 и *Radix thermobaicalica* Kruglov et Starobogatov, 1989 (Биота ..., 2009).

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Алгинский представлен 3 типами, 4 классами, 5 отрядами, 6 семействами, 8 родами и 9 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечено 6 видов макробеспозвоночных. В источнике отмечены личинки реликтового вида стрекозы – *Orthetrum albistylum*, которые были найдены на галечном субстрате с примесью детрита.

4.3.8. Источник Толстихинский

Пробы в Толстихинском источнике отобраны в марте 2020 г. на 2-х

станциях: 1. в изолированной лужице, находящейся в 2 метрах от основного выхода термального источника; 2. в 30 м от первой станции (в 0,5 м от берега).

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен одним классом: Пиявки (Hirudinea) и одним отрядом: Хоботные пиявки (Rhynchobdellida). Отряд представлен одним семейством – Плоские пиявки (Glossiphoniidae) и двумя видами: *Protoclepsis maculosa* (Rathke, 1862) и *Hemiclepsis marginata* (O.F. Müller, 1773). Кольчатые черви обнаружены только на второй станции при температуре 21,0 °С на заиленном песке с примесью мелкого щебня и камней.

Пиявки рода *Protoclepsis* относятся к пятнистым птичьим пиявкам. Пиявки этого рода не плавают, их можно найти либо паразитирующими на водоплавающих птицах, либо сидящими на водных растениях. Пиявки вида *Hemiclepsis marginata* обитают в постоянных пресных, преимущественно стоячих водоёмах, реже в медленно текущих реках. Пиявки относятся к эктопаразитам. Питаются кровью рыб, тритонов, головастиков бесхвостых амфибий.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен одним классом Насекомые (Insecta) и отрядом Двукрылые (Diptera). Двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Двукрылые (Diptera) в источнике представлен видом *Tanytarsus* sp. (сем. Chironomidae). Личинки комаров-звонцов в источнике встречены на обеих станциях. Грунт на первой станции представлен заиленным песком с примесью дресвы и мелких камней, на второй – заиленным песком с примесью щебня и мелких камней. В месте отбора проб отмечены бактериально-водорослевые маты и присутствовал запах сероводорода.

Тип Моллюски (Mollusca). В наших сборах встречены только представители класса Брюхоногие моллюски (Gastropoda).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) представлен отрядом Heterostropha, семейством Valvatidae и одним видом – *Cincinna aliena* (Westerlund 1877). Гастроподы в источнике встречены единично, на первом участке. Грунты, на которых были обнаружены брюхоногие моллюски представлены заиленным

песком с примесью дресвы и мелких камней.

Таким образом, биологическое разнообразие впервые исследованного Толстихинского источника представлено 3 типами, 3 отрядами, 3 семействами, 4 родами и 4 видами (Приложение 2).

4.3.9. Источник Сеюйский

Пробы макрозообентоса в Сеюйском источнике отобраны в марте 2017 г. на 3-х станциях: 1. в остывающей луже сбоку от основного потока, изливающегося из горячего Сеюйского озера; 2. в теплом ручье, в 120 м от Сеюйского озера; 3. в 8–10 м от устья горячего ручья.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен одним классом: Oligochaeta, отрядом: Tubificida, семейством Tubificidae и видом: *Tubifex tubifex* (Müller, 1774). Олигохеты в источнике обнаружены единично, на второй станции. Температура воды на этой станции составляла – 22,0 °С. Грунт в месте обнаружения олигохет представлен детритом.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен классом: Насекомые (Insecta).

Класс Насекомые (Insecta) в Сеюйском источнике представлен двумя отрядами: Odonata и Diptera. Стрекозы и двукрылые в источнике обнаружены на фазе личинки.

Отряд Стрекозы (Odonata). В источнике сформировано одонатоидное сообщество. Стрекозы представлены семейством – Libellulidae и реликтовым видом стрекоз *Orthetrum albistylum*. Личинки стрекоз обнаружены на всех обследованных станциях. Температура воды на первой станции составляла – 22,0 °С, на второй и третьей станции – 22,0 и 25,0 °С.

Отряд Двукрылые (Diptera) в Сеюйском источнике представлен двумя видами: *Bezzia* sp., *Culicoides* sp. (сем. Ceratopogonidae). Первый вид мокрецов обнаружен только на третьей станции, второй вид – на первой станции. Личинки мокрецов рода *Culicoides* и большинство личинок рода *Bezzia* – плавающие

личинки.

Таким образом макрозообентос Сеюйского источника представлен 2 типами, 2 классами, 3 отрядами, 3 семействами, 4 родами и 4 видами (Приложение 2). Впервые в этом источнике был установлен видовой статус макробеспозвоночных. В источнике представлены личинки реликтовой стрекозы *Orthetrum albistylum*. Брюхоногие моллюски полностью отсутствуют на всем протяжении ручья вероятно из-за неподходящего субстрата: дно вплоть до устьевой его части покрыто плотным слоем детрита и листовенного опада. Макробеспозвоночные в горячем Сеюйском озере с обильными бактериально-водорослевыми матами обнаружены не были.

4.3.10. Источник Гусихинский

Пробы макрозообентоса в Гусихинском источнике были отобраны в марте 2020 г. на правом берегу Гусихинского пруда, возле выхода термального потока.

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен одним классом: Oligochaeta, отрядом Tubificida, семейством Tubificidae и одним видом *Tubifex tubifex*. Грунт в месте обнаружения олигохет представлен илом с растительным детритом. Поверхность воды в источнике покрыта зеленой пленкой бактериально-водорослевых матов. Температура воды на этом участке была – 22,0 °С.

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен классом: Malacostraca и отрядом Amphipoda.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca). По литературным данным (Биота ..., 2009) известно о нахождении в источнике Гусихинский амфипод двух видов: байкальского *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) (сем. Carinogammaridae) и голарктического *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863 (сем. Gammaridae).

Класс Насекомые (Insecta) в источнике представлен отрядом Diptera.

Отряд Двукрылые (Diptera) представлен в источнике семейством Chironomidae. В литературе имеются данные о встречаемости в источнике личинок хирономид трех видов: *Cricotopus* gr. *silvestris* Fabricius, 1794,

Psectrocladius gr. *psilopterus* (Kieffer, 1906) и *Ps.* gr. *obvius* Walker, 1856 (Биота ..., 2009).

Тип Моллюски (Mollusca) в наших сборах обнаружен не был. По литературным данным известно, что в Гусихинском пруду в месте разлива горячей воды, при температуре 23,0–28,0 °С обнаружено два вида моллюсков из отр. Lymnaeiformes сем. Planorbidae: *Bathyomphalus* (= *Anisus*) *contortus* (Linnaeus, 1758) и *Anisus* (*Gyraulus*) *baicalicus* (В. Dybowski, 1913) (Биота ..., 2009).

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Гусихинского представлен 3 типами, 4 классами, 4 отрядами, 4 семействами, 7 родами и 8 видами (Приложение 2). Впервые для источника отмечен 1 вид макробеспозвоночных. Это олигохеты вида – *Tubifex tubifex*.

4.3.11. Источник Золотой ключ

Макробеспозвоночные в источнике отобраны на трех станциях: 1. в небольшой заводи р. Турка (шириной 1×3 м) (в верхней оконечности); 2. в этой же заводи, в 3 метрах от предыдущей станции; 3. в большой заводи р. Турка (шириной 12×2 м).

Тип Кольчатые черви (Annelida) представлен двумя классами: Oligochaeta и Hirudinea.

Класс Олигохеты (Oligochaeta) представлен двумя отрядами: Tubificida и Lumbriculida, тремя семействами Tubificidae, Naididae и Lumbriculidae и 4 видами. Семейство Naididae представлено двумя видами: *Rhyacodrilus* sp. и *Limnodrilus profundicola* (Verrill, 1871). Семейство Tubificidae одним видом – *Tubifex tubifex* (Müller, 1774). Семейство Lumbriculidae представлено видом *Stylodrilus heringianus* Claparède, 1862. Олигохеты в источнике обнаружены на обеих станциях.

Пресноводные олигохеты *L. profundicola* являются биоиндикаторами загрязнения водоемов разного типа. Обнаруженные нами олигохеты, по типу питания являются детритофагами.

В качественных сборах в источнике обнаружены олигохеты из отряда Tubificida, сем. Tubificidae и Naididae и 4-х видов: *Tubifex tubifex* (Tubificidae), *Tubifex* sp. (Tubificidae), *Rhyacodrilus* sp. (Naididae), *Limnodrilus* sp. (Naididae), а также олигохеты из сем. Naididae gen. sp и gen. sp. juv., которые определить не удалось из-за плохого состояния и ювенильных стадий червей.

Класс Пиявки (Hirudinea) представлен отрядом: Бесхоботные или Челюстные пиявки (Arhynchobdellida). Отряд представлен семейством – Erpobdellidae и одним видом: *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758) (рис. 28). Кольчатые черви обнаружены только на третьей станции. Пиявки в источнике обнаружены в остывающей большой заводи при температуре 11,0 °С на мягких грунтах.



Рисунок 28. Внешний вид пиявки *Erpobdella octoculata* (Лукин, 1976).

Малая ложноконская пиявка по способу питания – хищник. Относится к обычным видам и чаще встречается в пресных водах. Продолжительность жизни около двух лет. Встречается часто в стоячих и текущих пресных водоемах, заросших ряской, камышом, кубышками и кувшинками. Держится на подводных камнях, водных растениях, затонувших ветках и других подводных предметах (Боголюбов, Кравченко, 2018).

Тип Членистоногие (Arthropoda) в источнике представлен двумя классами: Malacostraca и Insecta.

Класс Высшие ракообразные (Malacostraca) в источнике представлен отрядом Amphipoda, сем. Gammaridae и видом *Gammarus lacustris* G.O. Sars, 1863. В источнике отмечен единично при температуре воды 11,0 °С, на третьей станции. Этот вид был встречен нами ранее в термальном источнике Алгинский (см. подглаву 4.3.7.).

В литературе также имеются данные о встречаемости в источнике Золотой ключ в 53 км от Байкала амфипод байкальского вида: *Gmelinoides fasciatus* (Stebbing, 1899) (сем. Carinogammaridae), что подтверждает их способность активно мигрировать вверх по течению рек. Амфиподы обнаружены в источнике при температуре воды 28,0 °С (Биота ..., 2009).

Класс Насекомые (Insecta) в источнике представлен двумя отрядами: Ephemeroptera и Diptera. Представители этих отрядов встречены в источнике на фазе личинки.

Отряд Поденки (Ephemeroptera) представлен семейством: Siphonuridae и видом *Siphonurus grisea* Navás, 1912. Личинки поденок в источнике были отмечены на первой станции при температуре воды 21,0 °С. Личинки поденок обитают среди водной растительности в стоячих водоемах, реже в ручьях на участках с замедленным течением. В качественных сборах, отобранных в малой заводи на всех участках в источнике, грунт представлен заиленным песком и валунами, а также зарослями элодеи, БВМ и водорослевым войлоком. Здесь также встречены личинки *S. grisea* Navás, 1912 на 1 и 2 возрастных стадиях.

Отряд Двукрылые (Diptera) представлен одним семейством: Chironomidae и одним видом: *Ablabesmyia* gr. *lentiginosa* Fries (1823). Личинки комаров-звонцов обнаружены лишь на третьей станции, где был песчанистый с примесью камней грунт. Личинки рода *Ablabesmyia* не могут обходиться без животной пищи, в первую очередь – Cladocera. При отсутствии животной пищи личинки переходят к каннибализму (Сергеева, 2006).

Тип Моллюски (Mollusca) в источнике Золотой ключ представлен двумя классами: Брюхоногие моллюски (Gastropoda) и Двустворчатые моллюски (Bivalvia).

Класс Брюхоногие моллюски (Gastropoda) представлен одним отрядом: Lymnaeiformes и двумя семействами: Planorbidae и Lymnaeidae. Первое семейство представлено видом – *Gyraulus gr. acronicus*, второе – *Radix gr. balthica*. Моллюски вида *Gyraulus gr. acronicus* обнаружены лишь на второй станции. Моллюски вида *Radix gr. balthica* найдены на второй и третьей станции. Температура воды в месте отбора проб составляла 11,0 °С. Грунты здесь – песчанистые с примесью камней небольшой фракции.

По литературным данным известно, что брюхоногие моллюски также были обнаружены в этом источнике в остывающих лужицах при 33,0 °С и вдоль уреза воды р. Турки. Здесь выявлено два вида моллюсков из отряда Lymnaeiformes: *Radix zazurnensis* Mozley, 1934 (сем. Lymnaeidae) и *Gyraulus cf. ignotellus* (Dybowski, 1913) (сем. Planorbidae) (Биота ..., 2009).

Класс Двустворчатые моллюски (Bivalvia). За три года исследований этот класс обнаружен впервые только в этом источнике. Двустворчатые моллюски в этом источнике представлен видом *Euglesa* sp. (отряд: Luciniformes, сем. Euglesidae). Данный вид моллюсков является основным видом обрастаний в пресных водоёмах. По способу питания моллюски рода *Euglesa* – фильтраторы.

В качественных сборах, отобранных в малой заводи на всех участках в источнике, грунт представлен заиленным песком и валунами, а также зарослями элодеи, БВМ и водорослевым войлоком. Также в источнике обнаружены пустые домики ручейников предположительно двух семейств: Limnophilidae Brachycentridae.

Таким образом, по нашим и обобщенным литературным данным, макрозообентос источника Золотой ключ представлен 3 типами, 6 классами, 8 отрядами, 10 семействами, 13 родами и 16 видами (Приложение 2). Впервые отмечено 13 видов макробеспозвоночных. В результате проведенного

исследования мы выяснили, что в 2020 г. впервые в этом источнике обнаружены двустворчатые моллюски вида *Euglesa* sp.

В ходе нашей работы установлено, что макрозообентос восьми 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 (Приложение 2). Впервые в этих источниках отмечено 36 видов макробеспозвоночных. Также стоит отметить находку двустворчатых моллюсков в источнике Золотой ключ – *Euglesa* sp. Этот вид моллюсков встречен впервые за три года проведенных исследований. Подводя итог изучения фауны донных беспозвоночных термальных источников Баргузинской долины можно сделать вывод, что участками в термах сформированы уникальные для региона сообщества с преобладанием личинок реликтовой стрекозы *Orthetrum albistylum*. По данным С. Н. Борисова (Борисов, 2015), в число обычных видов в этой долине может входить также вид *Sympetrum pedemontanum* (Mueller). В Баргузинской долине в 2017 г. нами не были выявлены гастроподные сообщества, поскольку грунты в термальных водах там почти везде мягкие, иногда сильно-заиленные и обогащенные органикой (источник Сеюйский), и не подходят для обитания брюхоногих моллюсков. Тогда как в 2020 г. брюхоногие и двустворчатые моллюски были обнаружены на большинстве станций.

В термоминеральных источниках Северного Прибайкалья и Баргузинской долины мы отметили минимальное сходство в фауне макробеспозвоночных. В шести из одиннадцати термальных источников встречается только один общий вид стрекозы *Orthetrum albistylum*.

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

По результатам нашей работы установлено, что макрозообентос 11 термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины (Верхняя Заимка, Кирон, Хакусы, Умхейский, Аллинский, Гаргинский, Алгинский, Толстихинский, Сеюйский, Гусихинский, Золотой Ключ) характеризуется значительным таксономическим разнообразием и представлен 3 типами, 7 классами, 16 отрядами, 24 семействами, 36 родами и 59 видами (Приложение 2). Впервые в этих источниках отмечено 45 видов макробеспозвоночных.

4.4. Зоогеографическая характеристика макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона

Фауна макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона представлена 110 видами, с учетом литературных источников – 134. В отечественной зоогеографии существует ряд наиболее широко используемых систем типизации ареалов (Емельянов, 1974; Сергеев, 1980, 1986; Городков, 1984, 1992) и многие из них построены на основе особенностей распространения определенной группы насекомых. Применение подобных классификаций для других групп возможно только при условии их тщательного анализа и адаптирования. Специалисты по разным таксономическим группам по-разному подходят к анализу ареалов, при этом нередко характеристика географического распространения объединяется с экологической характеристикой (к примеру, в ихтиологии при выделении фаунистических комплексов рыб). В связи с этим, экстраординальность фаун гидротерм, минеральных источников не позволяет вписать их в общепринятые схемы биогеографического районирования (Биота ..., 2009).

Характеристика зоогеографического распространения макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона (группы даны по Цалолихину с некоторыми дополнениями (Определитель ..., 1977, 1995, 1997, 1999, 2001) и

другим источникам (Аннотированный список фауны ..., 2001, 2004, 2009; Линевиц и др., 2002; Семерной, 2004; Тахтеев, 2000в; Тесленко, 2010; Тиунова, Базова, 2015; Макаrenchенко и др., 2010; Рожкова и др., 2020; Паньков, Овчанкова, 2017; Паньков и др., 2015; Крашенинников, 2013) показала, что малых водотоках основу фауны составляют голарктические (15,7%), палеарктические (10,4%) и восточно-палеарктические виды (9,7%) (рис. 29). Виды с неустановленным таксономическим статусом (29,1%) занимали большую долю среди всего макрозообентоса. Всего с учетом литературных источников в исследованных малых водных экосистемах Байкальского региона было 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. Неустановленные виды могут показать различные типы распространения, они могут быть как космополитами, эндемиками, так и голарктическими видами и др. (см. табл. 5, рис. 29).

Голарктические виды (15,7%, 21 вид) включали 7 видов олигохет, 11 видов хирономид, 2 вида ручейников и 1 вид амфипод.

Палеарктические виды (10,4%, 14 видов) включали 2 вида олигохет, 3 вида хирономид, 1 вид поденок, 1 вид ручейников, 1 вид водяных скорпионов, 3 вида пиявок, 2 вида брюхоногих моллюсков и 1 вид стрекозы.

Восточно-палеарктические виды (9,7%, 13 видов) включали 3 вида веснянок, 6 видов поденок, 2 вида ручейников и 2 вида хирономид.

Европейские виды (8,2%, 11 видов) включали 5 видов олигохет, 1 вид ручейников, 1 вид хирономид, 1 вид брюхоногих моллюсков и 3 вида мух-львинок.

Сибирские виды (4,5%, 6 видов) включали 1 вид амфипод, 1 вид планарий, 2 вида ручейников и 2 вида брюхоногих моллюсков. Этим видам свойственно не выходить за границы своего ареала.

Космополиты (3,0%, 4 вида) включали 3 вида олигохет и 1 вид хирономид.

Байкальские субэндемики (3,0%, 4 вида) включали 2 вида амфипод, 1 вид хирономид и 1 вид брюхоногих моллюсков.

Эндемики горной Сибири (2,2%, 3 вида) включали 1 вид амфипод и 2 вида брюхоногих моллюсков.

Западно-палеарктические виды (2,2%, 3 вида) включали 1 вид ручейников, 1 вид брюхоногих моллюсков и 1 вид комаров-болотниц.

Транспалеарктические виды (1,5%, 2 вида) включали 1 вид поденок и 1 вид жука-водолюба.

Европейско-азиатские виды (1,5%, 2 вида) включали 2 вида брюхоногих моллюсков.

В группу Прочие (9%, 12 видов) вошли следующие типы ареалов: северо-палеарктические виды (1%) включали 1 вид брюхоногих моллюсков, транспалеарктические суббореальные виды (1%) – 1 вид стрекоз, амфипацифические виды (1%, 1 вид поденок), восточно-сибирские (1%) включали 1 вид брюхоногих моллюсков, голарктические арктобореальные (1%, 1 вид мошек) и фауна трансголарктических видов (1%) включала 1 вид поденок. Также в состав фауны макробеспозвоночных исследованных нами малых водотоков Байкальского региона с учетом литературных источников были включены виды, обнаруженные другими исследователями в этих же малых водных экосистемах. С учетом литературных источников было выделено 6 типов ареалов и такое же количество видов: реликтовый субтропический (1%, 1 вид водяных клещей: *Thermacarus thermobius*), трансбайкальский (1%, 1 вид брюхоногих моллюсков: *Anisus (Gyraulus) baicalicus*), центрально-азиатский (1%, 1 вид брюхоногих моллюсков: *Radix (Galba) bowelli*), северо-азиатский (1%, 1 вид брюхоногих моллюсков: *Radix zazurnensis*), сибирско-дальневосточный (1%, 1 вид брюхоногих

моллюсков: *Cincinna (S.) brevicula*) и сибирско-европейский тип ареала включал 1 вид брюхоногих моллюсков: (1%, *Radix peregra geysericola*) (табл. 5, рис. 30).

Виды с неустановленным таксономическим статусом (29,1%, 39 видов) включали: 9 видов хирономид, 8 видов олигохет, 1 вид водяных скорпионов, 1 вид жуков-плавунцов, 3 вида мокрецов, 4 вида веснянок, 3 вида поденок, 2 вида ручейников, 2 вида брюхоногих моллюсков, 1 вид двустворчатых моллюсков, 1 вид комаров-лимониид, 1 вид болотниц, 1 вид львинок, 1 вид толкунчиков и 1 вид бабочниц, а также 4 таксона, определенные до семейства: Ephydriidae gen. sp., Naididae gen. sp. и gen. sp. juv., Lumbricidae gen. sp., Lumbriculidae gen. sp. juv.

Таблица 5. Характеристика зоогеографического распространения макрозообентоса малых водотоков Байкальского региона.

№	Типы ареалов	Виды	Доля, %
1.	Голарктический	<i>Psammoryctides barbatus</i> , <i>Henlea perpusilla</i> , <i>Propappus volki</i> , <i>Diplocladius cultriger</i> , <i>Prodiamesa olivacea</i> , <i>Protanypus caudatus</i> , <i>Diamesa gr. insignipes</i> , <i>Sympotthastia fulva</i> , <i>Orthocladius (Euorthocladius) saxosus</i> , <i>O. gr. rivulorum</i> , <i>Spirosperma nikolskyi</i> , <i>Limnodrilus profundicola</i> , <i>Stylodrilus heringianus</i> , <i>Gammarus lacustris</i> , <i>Rhyacodrilus coccineus</i> , <i>Pseudodiamesa gr. branickii</i> , <i>Diamesa arctica</i> , <i>Limnephilus rhombicus</i> , <i>Apatania stigmatella</i> , <i>Psectrocladius gr. psilopterus</i> , <i>Psectrocladius gr. obvius</i>	15,7 (21 вид)
2.	Палеарктический	<i>Nais simplex</i> , <i>Pseudodiamesa stackelbergi</i> , <i>Marionina riparia</i> , <i>Thienemanniella gr. clavicornis</i> , <i>Baetis feles</i> , <i>Nepa cinerea</i> , <i>Protocleipsis maculosa</i> , <i>Hemicleipsis marginata</i> , <i>Erpobdella octoculata</i> , <i>Gyraulus acronicus</i> , <i>Aeschna juncea</i> , <i>Cricotopus gr. silvestris</i> , <i>Radix (Radix) auricularia intercisa</i> , <i>Apatania majuscule</i>	10,4 (14 видов)
3.	Восточно-палеарктический	<i>Skwala pusilla</i> , <i>Rhyacophila cedrensis</i> , <i>Asynarchus amurensis</i> , <i>Pagastia orientalis</i> , <i>Baetis pseudothermicus</i> , <i>Epeorus pellucidus</i> , <i>Ephemerella nuda</i> , <i>Drunella lepnevae</i> , <i>Cinygmula kurenzovi</i> , <i>Isoperla altaica</i> , <i>Isoperla eximia</i> , <i>Diamesa tsutsuii</i> , <i>Siphonurus grisea</i>	9,7 (13 видов)
4.	Европейский	<i>Marionina vesiculata</i> , <i>M. argentea</i> , <i>M.</i>	8,2 (11 видов)

		<i>(Cernosvitoviella) atrata, Fridericia maculata, F. connata, Radix gr. balthica, Odontomyia argentata, O. angulata, O. tigrina, Limnophilus fuscicornis, Heterotrissocladius marcidus</i>	
5.	Сибирский	<i>Stygobromus anastasiae, Phagocata sibirica, Rhyacophila sibirica, Ecclisomyia digitata, Cincinna (Sibirovalvata) sibirica, Radix (Sibirigalba) sibirica</i>	4,5 (6 видов)
6.	Космополиты	<i>Tubifex tubifex, Nais pardalis, Ablabesmyia gr. lentiginosa, Fridericia callosa</i>	3,0 (4 вида)
7.	Байкальские субэндемики	<i>Micruropus wohlii platycercus, Gmelinoides fasciatus, Diamesa baicalensis, Gyraulius cf. ignotellus</i>	3,0 (4 вида)
8.	Эндемики горной Сибири	<i>Gammarus dabanus, Radix thermobaicalica, Radix hakusyensis</i>	2,2 (3 вида)
9.	Западно-палеарктический	<i>Molophilus griseus, Boreoelona contortrix, Halesus tessellatus</i>	2,2 (3 вида)
10.	Транспалеарктический	<i>Ephemerella aurivillii, Laccobius minutus</i>	1,5 (2 вида)
11.	Европейско-азиатский	<i>Radix lagotis, Bathyomphalus (=Anisus) contortus</i>	1,5 (2 вида)
12.	Прочие	<i>Thermacarus thermobius, Anisus (Gyraulius) baicalicus, Radix (Galba) bowelli, Radix zazurnensis, Cincinna (S.) brevicula, Gyraulius borealis, Orthetrum albistylum, Baetis bicaudatus, Cincinna aliena, Simulium truncatum, Siphonurus alternatus, Radix peregra geysericola</i>	9,0 (12 видов)
13.	Виды с неустановленным таксономическим статусом	<i>Tubifex sp., Rhyacodrilus sp., Nepa sp., Dityscus sp., Paratendipes sp., Procladius sp., Bezzia sp., Culicoides sp., Dasyhelea sp., Radix sp., Gyraulius sp., Euglesa sp., Mesenchytraeus sp., Cernosvitoviella sp., Fridericia sp., Enchytraeus sp., Trichodrilus sp., Siphonurus sp., Epeorus sp., Ameletus sp., Nemoura sp., Baikaloperla sp., Arcynopteryx sp., Claassenia sp., Rhyacophila sp., Limnophilus sp., Eloephila sp., Dicranota (D.) sp., Szaboiella sp., Lymnophyes sp., Diamesa sp., Orthocladius sp., Thienemanniella sp., Microspectra sp., Corynoneura sp., Beris sp., Chelifera sp., Limnodrilus sp., Tanytarsus sp.</i> 4 таксона, определенные до семейства: Ephydridae gen. sp., Naididae gen. sp., Lumbricidae gen. sp. и gen. juv. sp., Lumbriculidae gen. sp. и gen. juv. sp.	29,1 (39 видов)
Итого:			100,0 (134 вида)

На рисунке 29 представлена доля отдельных типов ареалов в фауне исследованных малых водотоков Байкальского региона.

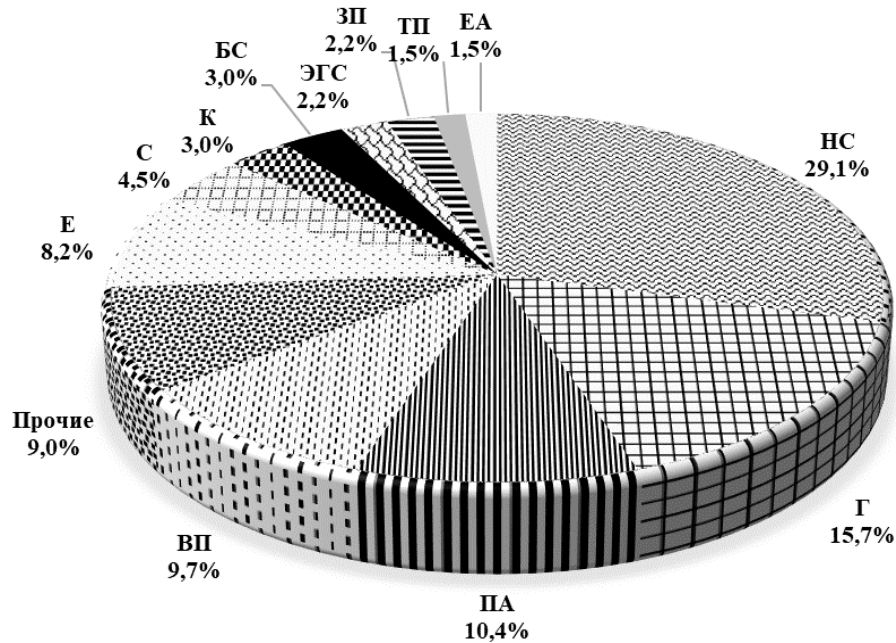


Рисунок 30. Доля отдельных типов ареалов в фауне малых водотоков Байкальского региона. ■■■■■ – НС, ■■■■■ – Г, ■■■■■ – ПА, ■■■■■ – ВП, ■■■■■ – Е, ■■■■■ – С, ■■■■■ – К, ■■■■■ – БС, ■■■■■ – ЭГС, ■■■■■ – ЗП, ■■■■■ – ТП, ■■■■■ – ЕА, ■■■■■ – Прочие.

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, амфиокеанский, восточно-сибирский, голарктическо-арктобореальный, трансголарктический.

В результате проведенных исследований впервые были отмечены 15 зоогеографических ареалов макробеспозвоночных. Согласно обобщенным данным макрозообентос малых водотоков Байкальского региона представлен 23 типами зоогеографических ареалов. В целом, в бентофауне малых водотоков Байкальского региона (термоминеральные источники, горные водотоки и родники) преобладают голарктические и палеарктические виды, но в ней также выделяются различные типы распространения, такие как: космополиты, байкальские субэндемики и эндемики горной Сибири и др.

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

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

Горные водотоки текут гораздо быстрее равнинных, они не образуют широких долин и извилин и являются резерватами довольно большого разнообразия животного мира пресных вод, во многих случаях в них, возможно, наблюдается эндемичное видообразование. Хотя его масштабы несопоставимы с таковыми в древних и глубоких озерах (таких, как Байкал), исследования этих водных объектов очень важны для понимания эволюции и картины расселения современной пресноводной фауны.

Изучив подробно состав фауны шести горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан (ручьи: Травянистый, Безымянный-1 и Безымянный-2; речки: Семиречка, Шанхаиха и Ширингаиха) (см. главу 4 и Приложение 2) мы рассмотрели их структуру сообществ макрозообентоса. Пробы макрозообентоса были отобраны в летние месяцы (первая половина июня и июля). При описании структуры сообществ макрозообентоса и при построении таблиц и графиков мы учитывали фауну, представленную в количественных сборах. Тип сообщества в малых водотоках определяли по доминирующим и субдоминантным группам макробеспозвоночных. Доминирование групп оценивали по их биомассе. Для родников европейской России тип сообщества зообентоса определялся используемым в ботанике методом Браун-Бланке (Чертопруд, 2006; Ивановский, 2007, 2010). Это требует точной идентификации большинства видов.

Гидрофауна Восточной Сибири изучена хуже европейской, и не всегда имеются нужные специалисты по группам. Применительно к Байкалу есть опыт классификации сообществ по доминирующему виду из любой таксономической

группы (Кравцова и др., 2003; Тахтеев и др., 2018; Тахтеев и др., 2019; Галимзянова и др., 2008). В исследованных горных водотоках зарегистрировано 21 семейство (см. рис. 30, 31; табл. 6). Для оценки разнообразия сообществ макрозообентоса в горных водотоках нами рассчитаны наиболее широко-используемые в зоологии и гидробиологии индексы биоразнообразия: Индекс Шэннона-Уивера (H, бит./экз.), индекс выравненности Пиелу (E) и индекс Симпсона D (Мэгарран, 1992). Для каждого водотока индексы биологического разнообразия оценивали по показателям численности макрозообентоса

Сообщества макрозообентоса горных ручьев северного макросклона хребта Хамар-Дабан. Из шести горных водотоков нами исследовано три ручья: ручей Травянистый, руч. Безымянный-1 и руч. Безымянный-2.

Ручей Травянистый исследован на трех участках (верхнее течение, среднее течение, нижнее течение), тогда как в двух безымянных ручьях исследовано только нижнее течение. Макрозообентос ручья представлен 19 семействами и 38 видами макробеспозвоночных животных (включая количественные и качественные сборы) (см. главу 4). В количественных сборах в ручье зарегистрировано 15 семейств и 22 вида макробеспозвоночных. Поскольку руч. Травянистый исследован от истока до устья, мы имели возможность проследить смену сообществ по градиенту высоты и, отчасти, температуры (рис. 32, 33). Высота в верхнем течении ручья составляет 1200 м, в среднем течении – 930–963 м, тогда как в нижнем течении – 477 м над уровнем моря. Температура воды в истоке ручья – 3,4 °С, в среднем течении – 6,0–6,5 °С и в устьевой части – 6,5 °С. В наиболее холодном истоковом участке ($t=3,4$ °С) в месте выхода ручья из-под мощного снежника зообентос оказался количественно беден. В среднем течении ручья выявлено наибольшее количество видов (14). Наименьшее количество видов обнаружено в верхнем течении ручья (4). Наибольшая численность всего зообентоса отмечена в нижнем течении ручья и составляла – 229,7 экз./м², наибольшая биомасса (0,71 г/м²) в среднем течении ручья.

А

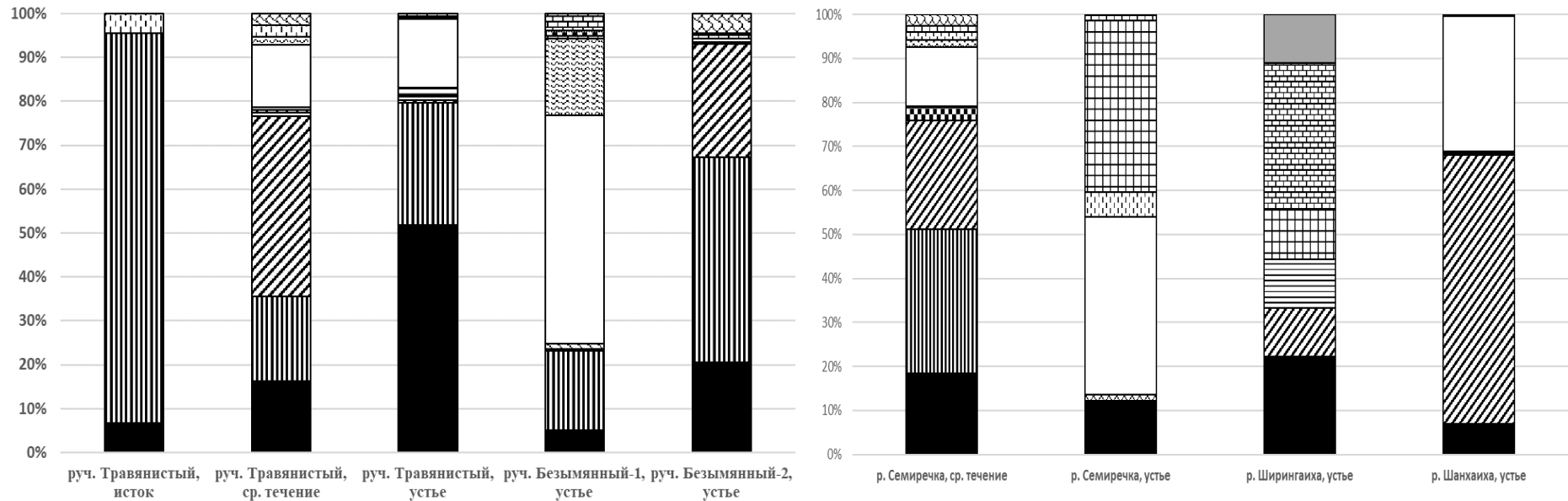

















Рисунок 30. Процентное соотношение групп (ранг семейств) макрозообентоса малых горных водотоков хребта Хамар-Дабан в различных биотопах в 2017–2019 гг. А – по численности. Условные обозначения:  – Gammaridae;  – Chironomidae,  – Ceratorogonidae,  – Enchytraeidae;  – Lymnephilidae;  – Rhyacophilidae,  – Planariidae;  – Lymnaeidae;  – Limoniidae,  – Ephemerellidae,  – Psychodidae,  – Siphonuridae,  – Capniidae,  – Pediciidae,  – Прочие.
Прочие: Heptageniidae, Perlodidae, Ameletidae, Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Stratiomyidae, Empididae.

В

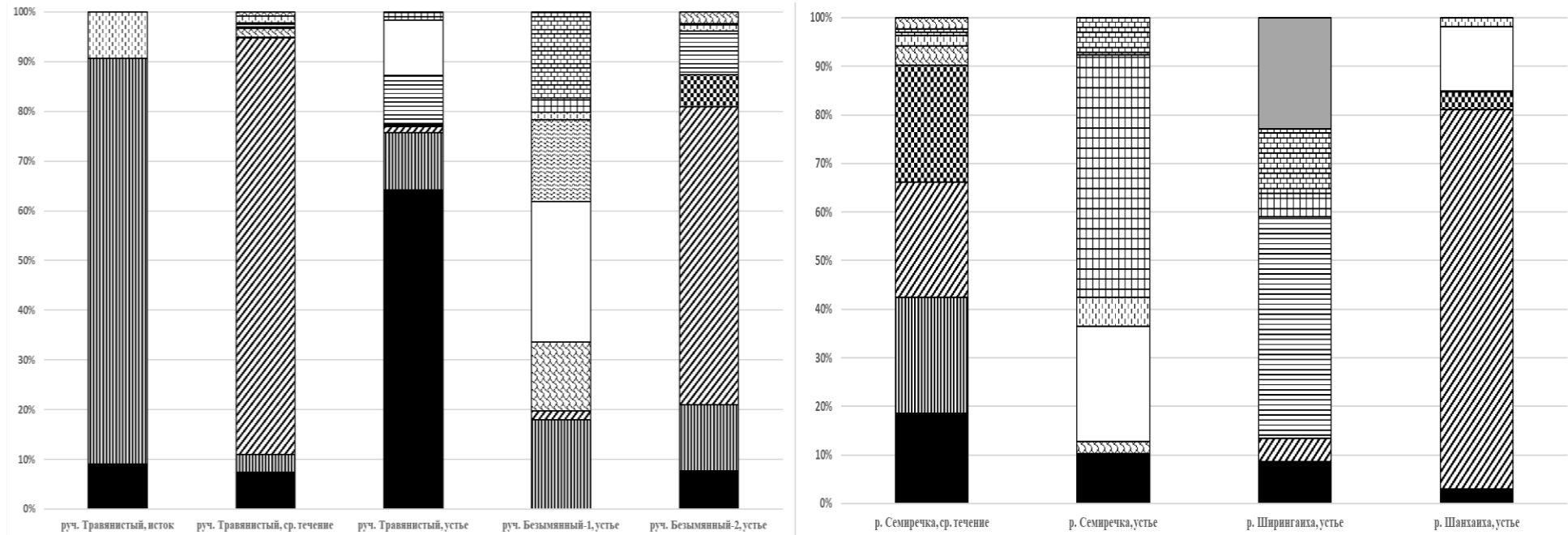

















Рисунок 31. Процентное соотношение групп (ранг семейств) макрозообентоса малых горных водотоков хребта Хамар-Дабан в различных биотопах в 2017–2019 гг. В – по биомассе. Условные обозначения:  – Gammaridae;  – Chironomidae,  – Ceratorogonidae,  – Enchytraeidae;  – Lymnephilidae;  – Rhyacophilidae,  – Planariidae;  – Lymnaeidae;  – Limoniidae,  – Ephemerellidae,  – Psychodidae,  – Siphonuridae,  – Capniidae,  – Pediciidae,  – Прочие. Прочие: Heptageniidae, Perlodidae, Ameletidae, Naididae, Tubificidae, Lumbriculidae, Stratiomyidae, Empididae.

Таблица 6. Средняя численность (экз./м²), биомасса (г/м²) и индексы биоразнообразия сообществ макрозообентоса малых горных водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан.

№	Виды	Водотоки								
		Руч. Травянистый, исток	Руч. Травянистый среднее течение	Руч. Травянистый устье	Руч. Безымянный-1, устье	Руч. Безымянный-2, устье	Река Семиречка, среднее течение	Р. Семиречка, устье	Р. Ширингаиха, устье	Р. Шанхайха, устье
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Planariidae										
1.	<i>Phagocata sibirica</i>	$\frac{176,3}{0,31}$	$\frac{774,5}{3,83}$	$\frac{2529,5}{7,27}$	$\frac{255}{0,25}$	$\frac{857}{0,62}$	$\frac{547,63}{0,88}$	$\frac{333,3}{0,24}$	$\frac{47,6}{0,05}$	$\frac{285,7}{0,24}$
Tubificidae										
2.	<i>Tubifex tubifex</i>	–	–	–	–	$\frac{31,7}{0,02}$	–	–	–	–
Enchytraeidae										
3.	<i>Marionina argentea</i>	–	–	–	–	$\frac{63,5}{0,03}$	–	–	–	–
4.	<i>Marionina atrata</i>	–	–	–	–	$\frac{63,5}{0,03}$	–	–	–	–
5.	<i>Marionina riparia</i>	–	–	–	–	$\frac{63,5}{0,03}$	–	–	–	–
6.	<i>Mesenchytraeus</i> sp.	–	$\frac{960,8}{1,18}$	$\frac{3676,2}{3,65}$	–	$\frac{1365,2}{0,70}$	$\frac{849,2}{0,49}$	–	–	–
7.	<i>Fridericia maculata</i>	–	–	–	$\frac{921,7}{0,69}$	$\frac{63,5}{0,05}$	–	–	–	–
8.	<i>Fridericia connata</i>	–	$\frac{78,5}{0,05}$	–	–	$\frac{285,7}{0,13}$	–	–	–	–
9.	<i>Henlea perpusilla</i>	$\frac{2255,0}{1,86}$	–	–	–	$\frac{31,7}{0,02}$	–	–	–	–
10.	<i>Enchytraeus</i> sp.	$\frac{58,8}{0,22}$	–	–	–	–	–	–	–	–
11.	<i>Cernosvitoviella atrata</i>	–	–	–	–	–	$\frac{127,0}{0,06}$	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lumbriculidae										
12.	<i>Trichodrilus sp.</i>	–	–	–	–	$\frac{127,0}{0,08}$	–	–	–	–
Gammaridae										
13.	<i>Gammarus dabanus</i>	–	$\frac{2205,8}{19,91}$	$\frac{29,5}{0,13}$	$\frac{19,7}{0,07}$	$\frac{1079,3}{4,84}$	$\frac{738,1}{2,02}$	=	$\frac{23,8}{0,03}$	$\frac{2523,9}{7,10}$
Heptageniidae										
14.	<i>Epeorus sp.</i>	–	$\frac{19,7}{0,01}$	–	–	–	–	–	–	–
Ameletidae										
15.	<i>Ameletus sp.</i>	–	–	–	–	–	$\frac{47,6}{0,34}$	–	–	–
Ephemerellidae										
16.	<i>Ephemerella aurivillii</i>	–	–	–	–	$\frac{15,9}{0,52}$	$\frac{87,3}{0,61}$	–	–	$\frac{15,9}{0,33}$
Siphonuridae										
17.	<i>Siphonurus sp.</i>	–	–	$\frac{44,0}{0,05}$	–	–	–	–	–	–
Capniidae										
18.	<i>Baikaloperla sp.</i>	–	$\frac{39,2}{0,02}$	–	–	–	–	–	–	–
Perlodidae										
19.	<i>Skwala pusilla</i>	–	–	–	–	–	$\frac{15,9}{0,02}$	–	–	–
Rhyacophilidae										
20.	<i>Rhyacophila sibirica</i>	–	$\frac{29,3}{0,44}$	–	$\frac{59,0}{0,53}$	–	$\frac{7,9}{0,10}$	$\frac{39,3}{0,06}$	–	–
Limnephilidae										
21.	<i>Ecclisomyia digitata</i>	–	–	$\frac{264,5}{3,40}$	–	$\frac{31,7}{0,71}$	–	–	$\frac{23,8}{0,24}$	$\frac{15,9}{0,02}$
22.	<i>Asynarchus amurensis</i>	–	$\frac{9,8}{0,07}$	–	–	–	–	–	–	–
Chironomidae										
23.	<i>Tanytarsus sp.</i>	–	$\frac{9,8}{0,01}$	–	–	–	–	–	–	–
24.	<i>Lymnophyes sp.</i>	–	$\frac{715,7}{0,12}$	–	–	–	–	–	–	–
25.	<i>Pagastia orientalis</i>	–	–	$\frac{264,8}{0,43}$	–	–	–	$\frac{1098}{0,55}$	–	–
26.	<i>Diamesa sp.</i>	–	–	$\frac{1500}{2,02}$	–	–	–	–	–	–
27.	<i>Prodiamesa olivacea</i>	–	–	–	$\frac{646,7}{0,43}$	–	$\frac{341,3}{0,40}$	–	–	$\frac{1269,8}{1,21}$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28.	<i>Thienemanniella gr. clavicornis</i>	–	–	–	$\frac{1078,3}{0,35}$	–	–	–	–	–
29.	<i>Microspectra</i> sp.	–	–	–	$\frac{921,3}{0,29}$	–	–	–	–	–
30.	<i>Protanypus caudatus</i>	–	–	–	–	–	$\frac{55,6}{0,09}$	–	–	–
Ceratopogonidae										
31.	<i>Bezzia</i> sp.	–	$\frac{98,2}{0,08}$	–	$\frac{882,3}{0,63}$	–	$\frac{47,6}{0,06}$	–	–	–
Limoniidae										
32.	<i>Eloeophila</i> sp.	$\frac{117,7}{0,24}$	$\frac{147}{0,30}$	–	$\frac{39,3}{0,06}$	$\frac{31,7}{0,10}$	$\frac{55,6}{0,15}$	$\frac{156,7}{0,06}$	–	$\frac{15,9}{0,16}$
Empididae										
33.	<i>Chelifera</i> sp.	–	$\frac{107,8}{0,18}$	–	–	$\frac{31,7}{0,10}$	$\frac{7,9}{0,01}$	–	–	–
Psychodidae										
34.	<i>Szaboiella</i> sp.	–	–	$\frac{58,8}{0,29}$	$\frac{58,7}{0,10}$	–	–	$\frac{1058,7}{1,16}$	$\frac{23,8}{0,03}$	–
Pediciidae										
35.	<i>Dicranota (D.)</i> sp.	–	–	$\frac{132,3}{0,32}$	$\frac{196,0}{0,67}$	$\frac{16,0}{0,02}$	$\frac{31,7}{0,04}$	$\frac{39,3}{0,18}$	$\frac{71,5}{0,07}$	–
Stratiomyidae										
36.	<i>Beris</i> sp.	–	$\frac{9,8}{0,02}$	–	–	–	$\frac{7,9}{0,16}$	–	–	–
Lymnaeidae										
37.	<i>Radix gr. balthica</i>	–	–	–	–	$\frac{15,9}{0,14}$	–	–	$\frac{23,8}{0,12}$	–
Весь зообентос		$\frac{70,5}{0,07}$	$\frac{140,7}{0,71}$	$\frac{229,7}{0,48}$	$\frac{137,2}{0,11}$	$\frac{112,4}{0,22}$	$\frac{80,2}{0,14}$	$\frac{73,7}{0,06}$	$\frac{5,8}{0,01}$	$\frac{111,5}{0,24}$
Количество видов		4	14	9	11	17	15	6	6	6
Индексы биоразнообразия										
1.	Индекс Шэннона, бит./экз.	1,26	0,82	0,54	1,32	0,80	1,14	0,38	0,59	1,17
2.	Индекс выравненности Пielу (E)	0,77	0,54	0,71	0,63	0,91	0,66	0,80	0,51	0,63
3.	Индекс Симпсона D	0,66	0,44	0,30	0,65	0,50	0,63	0,23	0,32	0,58

Примечание: числитель – численность (экз./м²), знаменатель – биомасса (г/м²).

В верхнем течении ручья Травянистый доминантами по численности и биомассе являлись олигохеты из семейства Enchytraeidae и вида *Henlea perpusilla* (2255,0 экз./м² или 88,7% и 1,86 г/м² или 81,7%) (см. табл. 6). Тогда как субдоминантами в истоке ручья выступали планарии вида *Phagocata sibirica* (176,3 экз./м² и 0,31 г/м²). Таким образом, в верхнем течении выявлен олигохетно-турбеллярный тип сообщества.

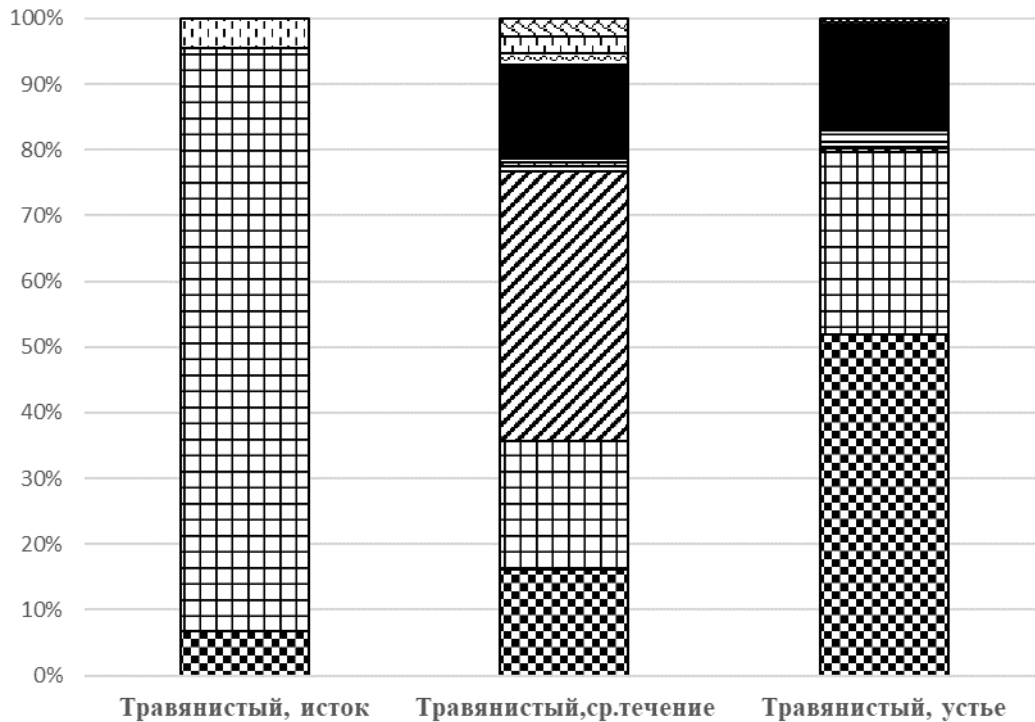


Рисунок 32. Процентное соотношение групп (семейств) макрозообентоса ручья Травянистый в различных биотопах в 2017–2019 гг. А – по численности. Условные обозначения: – Enchytraeidae, – Gammaridae, – Planariidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Ceratopogonidae, – Lymnephilidae; – Pediciidae, – Прочие.

Прочие: Capniidae, Rhyacophilidae, Psychodidae, Ephemerellidae, Lymnaeidae, Siphonuridae.

Напомним, что именно в среднем течении ручья Травянистый зарегистрировано наибольшее количество видов макробеспозвоночных животных (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 (3-я станция, 2017 г.).

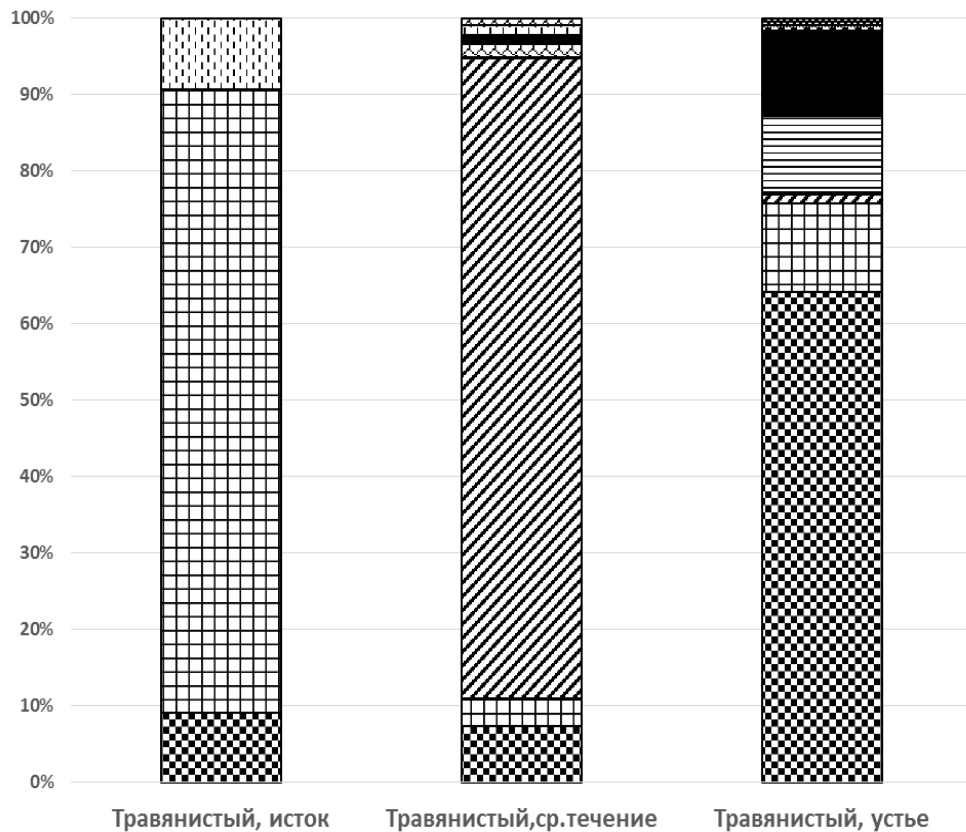


Рисунок 33. Процентное соотношение групп (семейств) макрозообентоса ручья Травянистый в различных биотопах в 2017–2019 гг. **В** – по биомассе. Условные обозначения: – Enchytraeidae, – Gammaridae, – Planariidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Ceratopogonidae, – Lymnephilidae; – Pediciidae, – Прочие. Прочие: Capniidae, Rhyacophilidae, Psychodidae, Ephemereidae, Lymnaeidae, Siphonuridae.

Очевидно, именно такие биотопы содержат ядра популяций эндемичного бокоплава, в основном же потоке его особи встречаются, будучи снесёнными течением. Доминирующей группой по численности и биомассе выступали амфиподы вида *G. dabanus* (2205,8 экз./м² или 41,0% и 19,91 г/м² или 83,8%) (см. рис. 30–33; табл. 6). Субдоминантами выступали 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 зообентоса.

Максимальная процентная доля планарий по численности (82,9%) отмечена в качественной пробе в среднем течении ручья Травянистый в заросшем мхом геокрене.

В нижнем течении ручья перед впадением в Байкал выявлены сообщества на основе доминирования олигохет и планарий. Доминантами по численности являлись олигохеты вида *Mesenchytraeus* sp. (3676,2 экз./м²), они же выступали субдоминантами по биомассе 3,65 г/м². Доминантами по биомассе являлись планарии вида *Phagocata sibirica* (7,27 г/м²). Они же выступали субдоминантами по численности (2529,5 экз./м²). Необходимо напомнить тот факт, что именно в устьевой части ручья на участке с покровом из водного мха – сплошным или в виде полосы, окаймляющей валуны, планарии достигали нигде ранее не отмечавшейся экстремально высокой численности – 10118,0 экз./м² и биомассы 29,06 г/м², составляя 72,3 % от общей численности и 86,8 % от общей биомассы сообщества. Таким образом, в устьевой части ручья Травянистый выявлен турбеллярно-олигохетный тип сообщества (рис. 30–33, табл. 6).

В качественной пробе обнаружены личинки Trichoptera рода *Limnephilus* и личинки сем. Chironomidae (см. главу 4). Личинки ручейников – очень мелкие, очевидно, отродившиеся уже в мае того же года. Это, а также отсутствие амфипод, говорит о том, что этот участок (креналь) подвергается зимнему промерзанию. Из двукрылых также немногочисленно встречены личинки двукрылых из семейств: Limoniidae, Pediciidae и Psychodidae. В качественной пробе обнаружены личинки поденок, которые встречались также на гальке непосредственно в месте впадения ручья в Байкал (см. главу 4).

Поскольку этот ручей исследован от верхнего течения до устьевой его части, мы наблюдали, как изменяются значения индексов биоразнообразия в этом ручье по градиенту высоты.

Индекс Шеннона-Уивера (H). Значения индекса Шеннона-Уивера проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. Наименьшее значение индекса Шеннона (0,54 бит./экз) отмечено в нижнем течении ручья Травянистый с наименьшим количеством видов макробеспозвоночных (табл. 6). Наибольшее значение индекса (1,26 бит./экз) отмечено в истоковой части ручья (табл. 6). Среднее значение зафиксировано в среднем течении – 0,82 бит./экз. В

истоке ручья при небольшом количестве видов (4), наибольшее значение индекса Шеннона-Уивера указывает на более равномерное распределение видов.

Индекс выравненности Пиелу (Е) меняется в пределах от 0,54 (среднее течение ручья) до 0,77 (в верхнем течении ручья). Среднее значение индекса зафиксировано в устьевой части (0,71). Наименее выравненным оказался состав макрозообентоса в среднем течении ручья, наиболее выравненным – в истоке ручья. Максимальная выравненность по обилию видов характеризует макрозообентос, отличающийся минимальным количеством видов (исток руч. Травянистый) (табл. 6).

Индекс разнообразия Симпсона D, показывающий разнообразие видов в сообществе. Чем выше значение индекса, тем меньше разнообразие видов в сообществе. В ручье Травянистый значение индекса меняется в пределах 0,30–0,66 (при среднем значении 0,44). Наибольшее значение индекса (0,66) отмечено в истоковой части ручья при наименьшем количестве видов (4), что говорит о небольшом разнообразии видов. В среднем и нижнем течении ручья значение индекса значительно ниже (0,44 и 0,30), что говорит о большом разнообразии видов в сообществах макрозообентоса. Видовое богатство макробеспозвоночных на трех участках в ручье Травянистый неодинаковое. Это подтверждается значениями индексов Шеннона и Симпсона.

Ручьи Безымянный-1 и Безымянный-2. Макрозообентос ручья Безымянный-1 представлен 12 семействами и 17 видами макробеспозвоночных животных (включая количественные и качественные сборы) (см. главу 4). В количественных сборах в ручье зарегистрировано 8 семейств и 11 видов макробеспозвоночных. Ручей исследован в нижнем течении на высоте 466–478 м н.у.м. Температура воды в ручье в момент отбора проб составляла 8 °С. Доминантами по численности в ручье Безымянный-1 являются личинки хирономид вида *Thienemanniella* gr. *clavicornis* (1078,3 экз./м²), тогда как доминантами по биомассе являются олигохеты вида *Fridericia maculata* (0,69 г/м²). Они же являлись субдоминантами по численности (921,7 экз./м²), также в

состав субдоминантов по численности вошли хирономиды вида *Microspectra* sp. 921,3 экз./м². Субдоминантами по биомассе выступали – личинки комаров-болотниц вида *Dicranota* (*D.*) sp. (0,67 г/м²). Таким образом, в нижнем течении ручья Безымянный-1 выявлен олигохетно-педициидный тип сообщества зообентоса (рис. 30, 31, табл. 6).

Макрозообентос ручья Безымянный-2 представлен 12 семействами и 22 видами (включая количественные и качественные сборы). В количественных сборах в ручье отмечено 11 семействами и 17 видами макробеспозвоночных. Ручей исследован в нижнем течении на высоте 475 м н.у.м. Температура воды в ручье составляла 10 °С. Доминантами по численности в ручье Безымянный-2 являлись олигохеты вида *Mesenchytraeus* sp. (1365,2 экз./м²), по биомассе – амфиподы вида *Gammarus dabanus* (4,84 г/м²). В некоторых точках процентная доля *G. dabanus* в биомассе может быть очень высокой – так, в руч. Безымянный-2 она составила 59,9% биомассы зообентоса. Субдоминантами по численности выступали амфиподы этого же вида (1079,3 экз./м²), по биомассе – личинки ручейников вида *Ecclisomyia digitata* (0,71 г/м²). Таким образом, в нижнем течении ручья Безымянный-2 выявлен амфиподно-трихoptероидный тип сообщества.

Таким образом, мы рассмотрели структуру сообществ трех горных ручьев северного макросклона хребта Хамар-Дабан: руч. Травянистый и двух безымянных. Наибольшая численность всего зообентоса отмечена в нижнем течении ручья Травянистый и составила – 229,7 экз./м², тогда как наибольшая биомасса (0,71 г/м²) зафиксирована в среднем течении этого же ручья. Наибольшее число видов зарегистрировано в нижнем течении ручья Безымянный-2 (17 видов), наименьшее – в истоковой части ручья Травянистый (4 вида) (см. табл. 6).

Сообщества макрозообентоса в горных реках северного макросклона хребта Хамар-Дабан

На северном макросклоне хребта Хамар-Дабан исследовано три реки: р. Семиречка, р. Ширингаиха и р. Шанхаиха.

Река Семиречка исследована на двух участках: в среднем и нижнем течении. Макрозообентос реки представлен 17 семействами и 22 видами макробеспозвоночных животных (включая количественные и качественные сборы) (см. главу 4). В количественных сборах в ручье зарегистрировано 14 семейств и 17 видов макробеспозвоночных. Высота в среднем течении реки составляет – 645–681 м, тогда как в нижнем течении – 476 м над уровнем моря. Температура воды в среднем течении реки составляла – 8,0 °С, в нижнем течении – 7,2 °С. В среднем течении реки выявлено наибольшее количество видов (15). Тогда как наименьшее количество видов обнаружено в нижнем ее течении (6). Наибольшая численность и биомасса всего зообентоса отмечена в среднем течении и составляла – 80,2 экз./м² и 0,14 г/м².

Напомним, что именно в среднем течении р. Семиречка выявлено наибольшее количество видов макробеспозвоночных животных (15). Доминирующей группой по численности выступали олигохеты вида *Mesenchytraeus* sp. (сем. *Enchytraeidae*) (849,2 экз./м²). По биомассе доминировали амфиподы вида *G. dabanus* (2,02 г/м²) (см. рис. 30, 31; табл. 6). Они же выступали субдоминантами по численности – 738,1 экз./м². Субдоминантами по биомассе являлись планарии 0,88 г/м². Таким образом, в среднем течении реки Семиречка выделен амфиподно-турбеллярный тип сообщества зообентоса.

В нижнем течении р. Семиречка доминантами по численности являлись личинки хирономид вида *Pagastia orientalis* (1098 экз./м²) и личинки мух-бабочниц (1058,7 экз./м²). Личинки мух-бабочниц вида *Szaboiella* sp. выступали доминантами по биомассе (1,16 г/м²). В числе субдоминантов по численности (333,3 экз./м²) отмечены планарии вида *Ph. sibirica*. Планарии были обнаружены в ручейке на правом берегу от основного потока р. Семиречка, при скорости 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 вида *Pagastia orientalis* также были отмечены в роли субдоминантов по биомассе. В устьевой части р. Семиречка выявлен психодидно-хирономидный тип сообщества.

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

Реки Ширингаиха и Шанхаиха исследованы на одном участке: в нижнем течении.

Макрозообентос реки Ширингаиха представлен 6 семействами и 6 видами макробеспозвоночных животных (см. главу 4). Река исследована на высоте 463–481 м н.у.м. Температура воды в реке в момент отбора проб составляла 11,0 °С. Доминантами по численности в реке выступали личинки комаров-болотниц вида *Dicranota (D.)* sp. (71,5 экз./м²), тогда как доминантами по биомассе являлись личинки ручейников вида *Ecclisomyia digitata* (сем. Limnephilidae) (0,24 г/м²). Субдоминантами по численности (47,6 экз./м²) являлись планарии вида *Ph. sibirica*. Субдоминантами по биомассе (0,12 г/м²) выступали брюхоногие моллюски сем. Lymnaeidae и вида *Radix gr. balthica*. Таким образом, в нижнем течении р. Ширингаиха выявлен трихoptероидно-гастроподный тип сообщества зообентоса.

Макрозообентос реки Шанхаиха представлен 6 семействами и 6 видами макробеспозвоночных животных (см. главу 4). Река исследована на высоте 467–517 м над уровнем моря. Температура воды в реке в момент отбора проб составляла 12,0 °С. Доминантами по численности и биомассе в реке являются амфиподы вида *Gammarus dabanus* (2523,9 экз./м² и 7,10 г/м²). В р. Шанхаиха процентная доля *G. dabanus* в биомассе находится на достаточно высоком уровне (78,2%) (табл. 6). Субдоминирующей группой по численности и биомассе (1269,8 экз./м² и 1,21 г/м²) являлись личинки хирономид вида *Prodiamesa olivacea*. Таким образом, в нижнем течении р. Шанхаиха выявлен амфиподно-хирономидный тип сообщества зообентоса.

В нижнем течении обеих рек выявлено одинаковое количество видов (см. табл. 6). Наибольшая численность и биомасса всего зообентоса отмечена в устьевой части р. Шанхаиха и составляла – 111,5 экз./м² и 0,24 г/м², тогда как наименьшая численность и биомасса всего зообентоса отмечена в устье р. Ширингаиха и составляла – 5,8 экз./м² и 0,01 г/м².

Мы рассмотрели структуру сообществ трех горных речек северного макросклона хребта Хамар-Дабан: р. Семиречка, р. Ширингаиха и р. Шанхаиха. Наибольшая численность всего зообентоса отмечена в среднем течении р. Семиречка и составила – 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 устье р. Семиречка, р. Ширингаиха и р. Шанхаиха (по 6 видов) (см. табл. 6).

Таким образом, в шести горных ручьях и реках северного макросклона хребта Хамар-Дабан выделены 8 типов сообществ: амфиподно-хинономидный, трихoptерoидно-гастроподный, психодидно-хинономидный, амфиподно-трихoptерoидный, 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. Причем сообществ зообентоса с доминированием амфипод и олигохет в малых водотоках хребта Хамар-Дабан выявлено больше всех. Так, в 15 холодных пресных источниках Байкальской рифтовой зоны и прилегающих территорий формируются схожие сообщества зообентоса с доминированием Chironomidae, Turbellaria и Oligochaeta (Тахтеев, 2018).

Индексы биоразнообразия малых водотоков северного макросклона хребта Хамар-Дабан. Значения показателей индексов биоразнообразия широко используются для оценки эффектов загрязнения и нарушения экосистем. Всегда очень важно ясно представлять, указывает ли увеличение биологического разнообразия на повышение экологического качества среды.

Значения индекса Шеннона-Уивера (H) во всех водотоках проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. По данным С. М. Чесноковой (2007), для макрозообентоса величины индекса разнообразия Шеннона обычно находятся в интервале от 1,5 до 3,5 бит./экз. и очень редко превышают 4,5 бит./экз. Наименьшее значение индекса Шеннона-Уивера (0,54 бит./экз) с наименьшим количеством видов макробеспозвоночных отмечено в нижнем течении ручья Травянистый (табл. 6). Наибольшее значение индекса (1,32 бит./экз) отмечено в нижнем течении ручья Безымянный-1 (табл. 6). В устьевой части ручья Безымянный-1 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 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) (табл. 6).

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.

Очевидно, картина распределения ручьевых сообществ по субстрату может различаться в разных регионах. Так, Н. С. Батурина (Батурина, 2015) отмечает, что по степени видового разнообразия (максимальные значения индекса Шеннона) в водотоках Северного Алтая и Западного Саяна выделяются сообщества метаритрали, связанные с твёрдыми субстратами; в то же время

наименьшим разнообразием характеризуются сообщества реокренов. Автор отмечает, что «таксономическая структура сообществ на участках, расположенных в зонах высокогорной и среднегорной кренали, а также участках метаритрали с антропогенной нагрузкой, малоразнообразна» (Батурина, 2015).

Более высокие значения индексов видового биоразнообразия отмечены в малых притоках Верхней Сухоны: Вологда, Лоста, Лухта, Комья, Чёрный Шингарь, Белый Шингарь. Значения индексов Шеннона изменялись в пределах от 1,52 бит./экз. (р. Комья) до 1,91 бит./экз. (р. Лухта) и 1,91 бит./экз. (р. Чёрный Шингарь) (Ивичева, 2019). Наибольшие значения индекса видового разнообразия Шеннона отмечены для предгорных водоемов Алтая (оз. Белого (2,03–2,56 бит./экз.)). В оз. Колыванском индекс Шеннона на илистых грунтах изменялся в пределах 1,73–1,84 бит./экз. (Яныгина, Крылова, 2006). Такие высокие значения индекса видового разнообразия характерны для водоемов, в которых количество видов наибольшее. Так, в оз. Белом отмечено 54 вида бентосных беспозвоночных (Яныгина, Крылова, 2006).

Малые водотоки хр. Хамар-Дабан относятся к чистым водотокам. Преобладание в исследованных водотоках хребта Хамар-Дабан личинок поденок, веснянок и ручейников – признак очень чистой воды. Личинки этих амфиботических насекомых обнаружены как в качественных, так и в количественных пробах. Качество воды в горных водотоках определяет в целом химический состав, минерализация, температура, содержание кислорода, а также состав горных пород, по которым протекают горные реки и ручьи и др. Видовое богатство во всех исследованных шести водотоках представлено неодинаковым числом видов, за исключением трех водотоков: устье руч. Травянистый, р. Ширингаиха и р. Шанхаиха (по 6 видов).

Сравнительно большую долю в структуре сообществ макрозообентоса составляют зарывающиеся организмы – олигохеты и хирономиды, единично присутствуют типично реофильные подёнки и веснянки. В ранее обследованной приустьевой части р. Похабиха (юго-западная оконечность

Байкала) планарии совершенно отсутствовали, а в р. Мангутай их численность была низкой – 45 экз./м² (Акиншина и др., 1988).

Из шести горных водотоков брюхоногие моллюски встречены лишь в двух: руч. Безымянный-2 и р. Ширингаиха, они нередко являются субдоминантами по биомассе при низкой численности из-за их больших размеров. Нами это отмечено в р. Ширингаиха, где встречена легочная гастропода *Radix gr. balthica* (22.9% биомассы). Это явление наблюдается не только в умеренной, но и в тропической и субтропической зонах. Так, в рипали горных водотоков о-ва Шри-Ланка, где большие значения биомассы обуславливают спорадически встречающиеся субэндемичные жаберные гастроподы рода *Paludomus*; в реках предгорьев Гималаев в случае доминирования гастропод сем. Thiaridae. Такие участки получили название «малакорипаль» (Chertoprud, 2019).

Численность и биомасса сообществ зообентоса значительно варьируют, однако в целом его обилие в водотоках Хамар-Дабана достаточно велико. Наиболее высокие значения численности и биомассы характерны для населения вышеупомянутого геокрена со мхом в среднем течении руч. Травянистый (23587 экз./м², 132,60 г/м²), с экстремальным обилием амфипод, составляющих 89,0% общей биомассы.

В то же время, по-видимому, повышенные показатели биомассы на северном макросклоне Хамар-Дабана являются и следствием его ландшафтной специфики, в том числе бóльшим количеством аллохтонной органики, поступающей в водотоки. Для сравнения упомянем, что в водотоках гор Западного Саяна (природный парк «Ергаки») выявлены меньшие значения биомасс по сравнению с Хамар-Дабаном, хотя пробы там отбирали также преимущественно в рипали (Andrianova, 2015). Так, в р. Ус средняя биомасса составила 4,80 г/м² (с колебаниями на 10 станциях вдоль по течению от 1,90 до 10,70 г/м²), в трех других реках – от 5,20 до 8,10 г/м² (Andrianova, 2015). В распределении сообществ вдоль по течению водотока имеет значение удаление от его истока (Varquín, 2011), а также высотный градиент – перепад высот между

истоком и устьем (Wigger, 2015; Пономарев, Лоскутова, 2020). В наиболее высокогорных источниках в основном распространены обычные альпийские виды, такие, как ручейники *Conсорophylax consors* (McLachlan 1880), *Drusus biguttatus* (Pictet, 1834) и *Rhyacophila intermedia* McLachlan 1868; при этом в них же обнаружено наибольшее обилие хирономид (Wigger, 2015).

Личинки Limoniidae найдены практически во всех исследованных водотоках: в верхнем и среднем течении руч. Травянистый; также в среднем и нижнем течении р. Семиречка, в двух безымянных ручьях и в устьевой части р. Шанхаиха. В нижнем течении ручья Травянистый и в устье р. Ширингаиха обнаружены не были. По нашим наблюдениям, эта группа встречается редко по сравнению с реками западного берега Южного Байкала (Приморский хребет). В порожистой р. Ангаре до создания на ней каскада водохранилищ личинки кровососущих мошек являлись одной из обычных групп бентоса, а вылетающий в летний период гнус представлял серьезную проблему для местного населения и гидростроителей. Представители двукрылых сем. Pediciidae в исследованных водотоках встречаются довольно часто, но с небольшой численностью и биомассой (см. рис. 30, 31; табл. 6).

Сообщества с доминированием олигохет складываются на участках с более быстрым течением, при этом значения биомасс, как правило, ниже, чем в рипали. Олигохеты в водотоках хребта Хамар-Дабан представлены тремя семействами: Tubificidae, Enchytraeidae и Lumbriculidae. Преобладающим по числу видов среди малощетинковых червей является сем. Enchytraeidae. Олигохеты, которые в грунте не испытывают влияния скорости потока, были обнаружены практически на всех участках исследованных горных водотоков. Именно это можно наблюдать в совершенно чистых водотоках Хамар-Дабана. С замедлением скорости течения и накоплением органического детрита олигохетные сообщества начинают сменяться амфиподными.

В период наших исследований выявлено наличие *G. dabanus* во всех шести водотоках, включая р. Шанхаиха, впадающую в протоку р. Хара-Мурин. Участки,

на которых *G. dabanus* выступает доминантом и субдоминантом, выявлены в четырех водотоках, он немногочислен в устьевых участках руч. Безымянный-1 и р. Ширингаиха, а в нижнем течении р. Семиречка и в истоковой части ручья Травянистый этот вид отсутствует. Известно, что для горных водотоков в целом свойственно преобладание амфибиотических насекомых: хирономид, поденок, веснянок и ручейников, причем оно наблюдается в географически удаленных регионах и в разных климатических зонах. В водотоках Хамар-Дабана преобладают сообщества с доминированием олигохет. Этот хребет является частью Центрально-Азиатского складчатого пояса, для горных и предгорных водотоков которого (Алтай, Памир, Тянь-Шань) также характерны сообщества с эндемичными реофильными видами амфипод рода *Gammarus*, при этом они нередко доминируют. Такие сообщества присутствуют не во всех горных системах; так, амфиподы не упоминаются в составе фауны горных рек Северного Прибайкалья в бассейне верхней Лены (Потемкина и др., 2013), Северного Урала (Пономарев, Лоскутова, 2020). Полное промерзание водотоков в зимний период препятствует обитанию амфипод (Биота ..., 2009).

Таксономическое разнообразие амфипод горных и предгорных водотоков увеличивается в направлении с востока на запад, одновременно со смягчением климата. Оно довольно велико в горных водотоках Европы, Понто-Каспийского региона, Ближнего Востока. Так, для Восточных Балкан (Болгария и европейская Турция) описано сообщество, названное гаммарокреналью и включающее 6 таксонов: 4 вида рода *Gammarus* и 2 стигобионтных рода *Niphargus* и *Synurella* (Чертопруд, Палатов, 2017). Для этого же региона характерен ряд эндемичных видов и даже родов первичноводных гастропод и спорадическая встречаемость пресноводных крабов из рода *Potamon* (Чертопруд, Палатов, 2017). Для сообществ рипали горных водотоков Южных Гималаев (север Индии и Непал) на грунтах, богатых органическими субстратами, доминируют креветки родов *Caridina* и *Macrobrachium* (*Caridea*); встречаются личинки стрекоз (*Libellulidae*, *Coenagrionidae*), которые в зарослях макрофитов могут становиться

доминирующей группой, наряду с легочными и жаберными гастроподами (Chertoprud et al., 2018). В горах о-ва Шри-Ланка, с климатическими условиями тропической и субтропической зон, сказывается эффект островной изоляции: пресноводная фауна почти вдвое обеднена по сравнению с Южными Гималаями, но в то же время значительно выражен ее эндемизм. В кренали, рипали и ритрали часто доминируют крабы рода *Parathelphusa*; также в водотоках обитает два рода пресноводных креветок (Chertoprud, 2019).

Наибольшие показатели биомассы амфипод в вышеперечисленных водотоках объясняются тем, что их течением может сноситься в прилегающие к устьям ручьев и рек участки Байкала. По данным Р. М. Камалтынова (Камалтынов, 2009) ареал вида охватывает северный склон хребта от левого берега р. Хара-Мурин до р. Солзан. Распространен ли он шире в восточном и западном направлениях, должны выяснить дальнейшие исследования. В пробах, взятых бентометром, преобладают только что отродившиеся рачки и неполовозрелые сеголетки длиной 3–7 мм; взрослые особи единичны, а на некоторых станциях вообще отсутствуют. В качественных пробах доля половозрелых экземпляров больше. Продолжительность жизни рачков, по-видимому, более года, что позволяет самым старшим экземплярам повторно участвовать в размножении. Сильно растянутое или круглогодичное размножение и удлинение жизненного цикла – явления, которые свойственны фауне амфипод оз. Байкал на средних и больших глубинах. Этот же феномен можно наблюдать в холодноводных горных речках и ручьях, с небольшими перепадами температур.

Как показывает практика гидробиологических исследований, в горных водотоках на участках с быстрым течением (в потамали) скоростью 0,5–1,0 м/с и более уловистость фауны при применении традиционных устройств пробоотбора весьма невелика. В таких участках беспозвоночные могут обитать, только зарывшись в грунт. Кроме того, часть животных быстрое течение смывает в процессе отбора пробы, что дополнительно снижает показатели. Так, при обследовании бентометром конструкции В. Я. Леванидова основного течения рек

и ручьёв Чукотки значения биомассы редко превышали 1 г/м^2 (Леванидов, 1976). В то же время для р. Кедровой в заповеднике «Кедровая падь» было получено значение биомассы $19,1 \pm 1,2 \text{ г/м}^2$, которое автор (Леванидов, 1977) считал значительной величиной для текучих водоемов. Г. А. Коротенко (2008) при исследовании нерестовых притоков Амура рек Кади и Сущевский ключ и ручья Кижуч также получила довольно высокие показатели биомассы. Эти водотоки холодноводные, не прогреваются выше $9\text{--}10 \text{ }^\circ\text{C}$. В р. Кади биомасса составила от $15,7$ до $21,2 \text{ г/м}^2$, в Сущевском ключе от $9,5$ до $39,7 \text{ г/м}^2$, в ручье Кижуч от $2,1$ до $7,8 \text{ г/м}^2$; при этом она возрастала от августа к октябрю.

Оригинальность горных водотоков северного макросклона хр. Хамар-Дабан проявляется не только на уровне фаунистического состава (краевая зона ареалов ряда видов ручейников, имеющих восточно-палеарктическое распространение; наличие эндемичного вида амфипод и пр.), но и на биоценотическом уровне, что проявляется в наличии нехарактерных для большинства горных водотоков Восточной Сибири бентосных сообществ. По-видимому, можно ожидать выявления других специфических особенностей, обусловленных рефугиальным характером местности. Наши результаты показали, что количественные показатели в рипали ручья при замедленном течении могут быть очень высокими и на одном микроучастке протяжённостью в несколько метров могут присутствовать совершенно различные по таксономической структуре и количественному обилию сообщества зообентоса. Сообщества, где обильны турбеллярии, могут соседствовать с сообществами, в которых преобладают амфиподы, а те, в свою очередь, с типичными биоценозами горных водотоков, в которых ведущую роль играют подёнки и веснянки.

Таким образом, можно утверждать, что гидрологические и гидрохимические условия в малых горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан являются единообразными, что отражается на составе биоты, в частности макрозообентоса. Макросклон характеризуется смягченным климатом, высоким уровнем увлажнения, оригинальным растительным покровом,

и вследствие этого является обширной рефугиальной зоной. Вода в водотоках очень слабо минерализована (34,7–83,4 мг/л), с почти нейтральной реакцией, хорошо насыщена кислородом. Уровни биомассы бентосных сообществ соответствуют таковым эвтрофных и мезотрофных водоемов. Вероятно, что это обусловлено большим количеством детрита, поступающего в горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан.

Сопоставляя разные участки ручья между собой, можно отметить, что высотный и температурный градиент оказывает существенное влияние на состав сообществ макрозообентоса только в самом верхнем течении ручья; на остальных участках состав основных групп постоянен, и наблюдаются лишь незначительные флуктуации в распределении их долей. Так, при исследовании сообществ макробеспозвоночных горных водотоков Алтая было установлено, что с увеличением высоты над уровнем моря изменяются как абиотические, так и биотические условия (Яныгина и др., 2023). Оригинальные по структуре сообщества с резко выраженным доминированием амфипод или планарий встречены нами в участках с затишным течением и богатыми органикой (водный мох, детрит). Такие места, формирующиеся по продольному профилю реки на участках, резко отличающихся скоростью течения, площадью, содержанием органических веществ и другими условиями, получили название рефугиумов (в нашем случае весь северный макросклон хребта, как было отмечено ранее (см. подглаву 1.1.), является рефугиальной зоной), или как ее называют другие исследователи зоной «биотических лакун» или «сгущений жизни» (Шитиков и др., 2011).

В ходе нашей работы установлено, что наибольшее обилие бентосных животных и мозаичное распределение разнообразных по структуре сообществ приходится на рипаль водотоков – мелководные прибрежные участки с замедленным течением. 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 довольно 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

Родниковый ручей Университетский исследован на трех станциях: станция № 1 находится в 1,5 м от выхода источника, станция № 2 находится в 5 м от точки № 1 и станция № 3 – в 5 м от точки № 2 ниже по течению. С июля 2018 по июль 2019 г. макрозообентос в родниковом ручье Университетский без учета литературных источников представлен 8 семействами и 16 видами (см. рис. 34, 35, табл. 7, 8 и подглаву 4.2). Подробно изучив состав фауны, рассмотрим структуру сообществ макрозообентоса. Гистограммы по численности и биомассе макрозообентоса представлены на уровне семейств. Тип сообщества в малых водотоках определяли по доминирующим и субдоминантным группам макробеспозвоночных. Доминирование групп оценивали по их биомассе.

Для оценки разнообразия сообществ макрозообентоса в родниковом ручье Университетский рассчитаны индексы биоразнообразия: Индекс Шэннона-Уивера (H' , бит./экз.) и индекс выравненности Пиелу (e) (Мэгарран, 1992). Для каждого водотока индексы биологического разнообразия оценивали по показателям численности макрозообентоса.

На рис. 36–38 представлена структура сообществ зообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 г. по июль 2019 г., в процентных долях таксономических групп по численности.

А

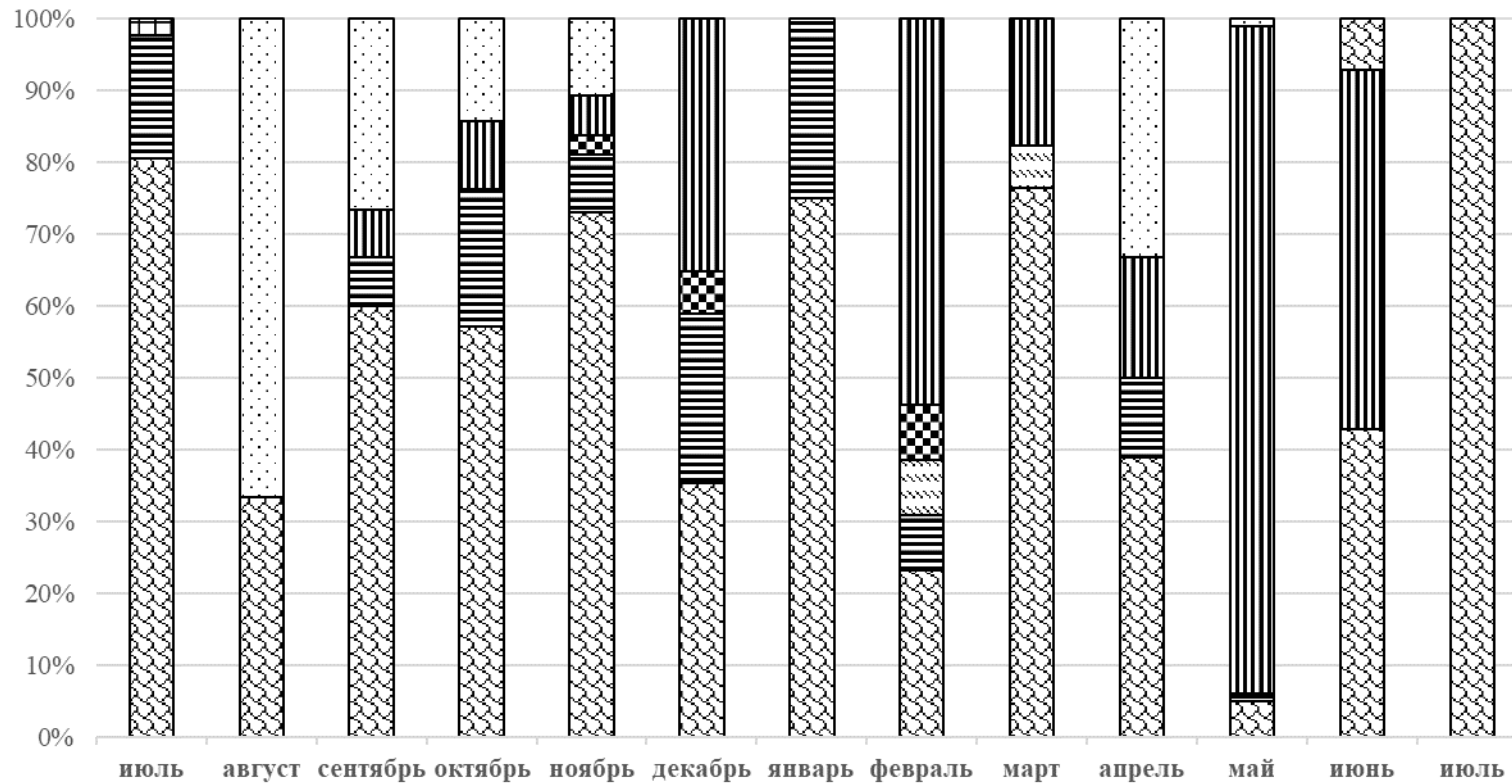


Рисунок 34. Структура сообществ макрозообентоса родникового ручья Университетский в 2018–2019 гг. А – по численности. По оси ординат – процентное соотношение групп (%). Условные обозначения: – Naididae; – Enchytraeidae; – Nemouridae; – Crangonyctidae, – Chironomidae; – Limoniidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Pediciidae, Propappidae.

В

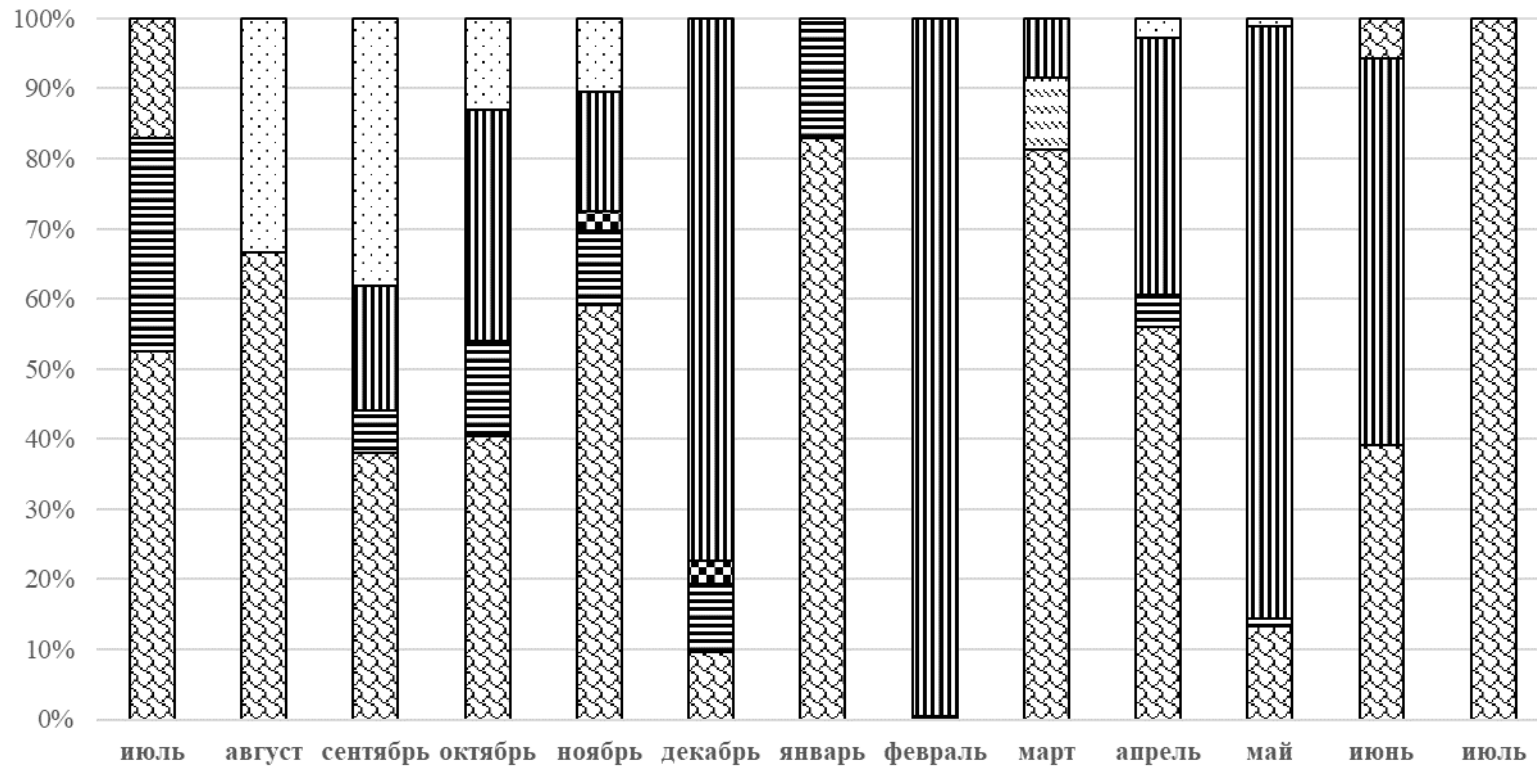


Рисунок 35. Структура сообществ макрозообентоса родникового ручья Университетский в 2018–2019 гг. В – по биомассе. По оси ординат – процентное соотношение групп (%). Условные обозначения: – Naididae; – Enchytraeidae; – Nemouridae; – Crangonyctidae, – Chironomidae; – Limoniidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Pediciidae, Propappidae.

На первой станции (рис. 36) доминирующей группой в течение большей части года являются олигохеты вида: *Rhyacodrilus* sp. (сем. Naididae), за исключением месяца – июль, где доминантами являлись личинки болотниц (вида *Dicranota (Dicranota)* sp. (58,8 экз./м², 0,47 г/м²) и месяца – июнь, где доминировали личинки хирономид *Pseudodiamesa stackelbergi* (47,6 экз./м², 0,09 г/м²). Субдоминантами являются личинки хирономид, также единично встречаются олигохеты сем. *Henlea perpusilla* (сем. Enchytraeidae) и комаров-болотниц (Limoniidae).

Личинки хирономид появлялись в составе бентоса в октябре, очевидно, после их выхода из отложенных яиц, и присутствовали в роднике в ноябре и затем в феврале–марте, и мае–июне. В феврале и марте 2019 г. на первой станции отмечено присутствие личинок веснянок сем. Nemouridae и вида *Nemoura* sp. с численностью на обоих участках – 58,8 экз./м². В остальные месяцы личинки веснянок обнаружены не были.

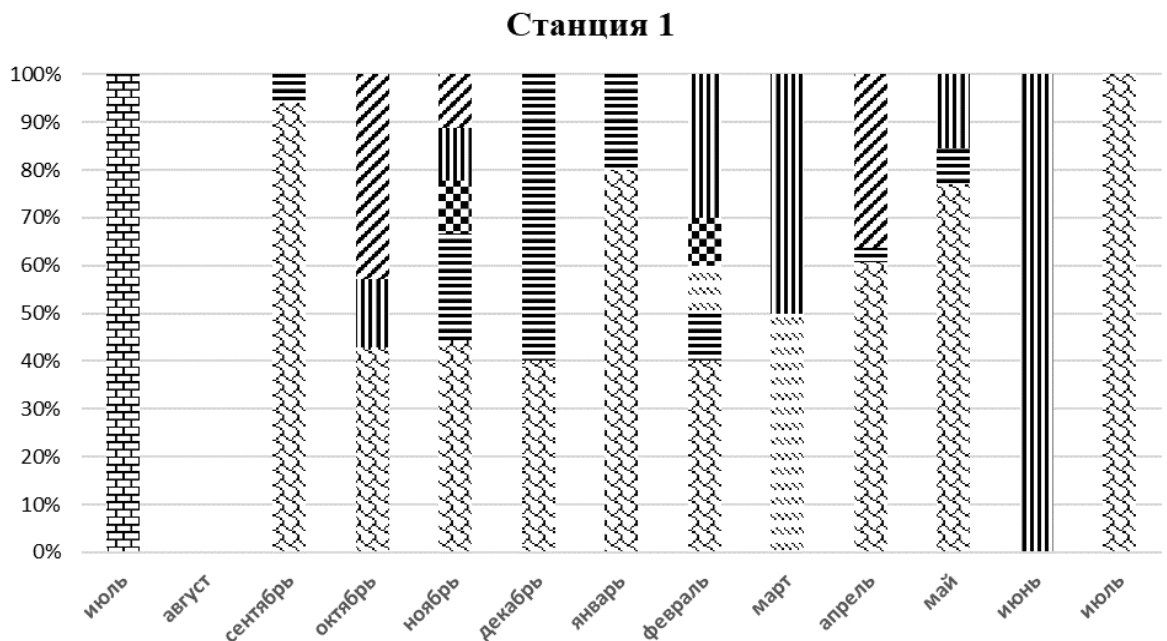


Рисунок 36. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по численности на станции 1. Условные обозначения: – Naididae, – Enchytraeidae, – Nemouridae, – Crangonyctidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Pediciidae, – Прочие. Прочие: Protoparidae.

Обращает на себя внимание факт достаточно обильного присутствия личинок-болотниц вида в июле и личинок комаров-лимониид или луговиков вида *Molophilus griseus* в октябре–ноябре и затем в апреле, что, вероятно, объясняется мозаичностью скоплений их личинок в донном сообществе (рис. 36).

На второй станции (рис. 37) в три летних месяца (июль и август 2018 г., июнь 2019 г.) присутствовали только олигохеты сем. Naididae (100%) и двух видов: *Rhyacodrilus* sp, *Psammoryctides barbatus*; при этом проба за июль 2019 г. оказалась пустой. Личинки хирономид появляются лишь в сентябре, в довольно значительном количестве (до 50% численности и более) присутствуют в зимние и весенние месяцы. Личинки комаров-лимониид отмечены в сентябре, ноябре и затем лишь в мае. Тем не менее по результатам за год в целом доминирующими группами можно считать олигохет видов: *Rhyacodrilus* sp. (сем. Naididae) и хирономид двух видов: *Pseudodiamesa stackelbergi* и *Diplocladius cultriger* (сем. Chironomidae).

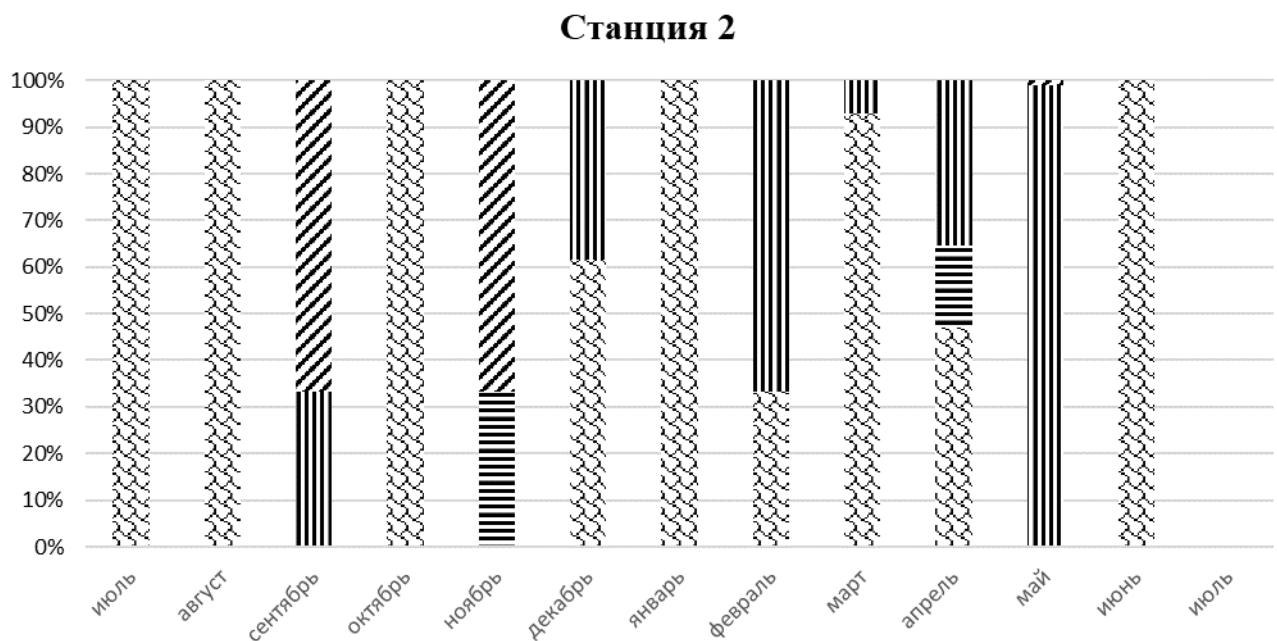


Рисунок 37. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по численности на станции 2. Условные обозначения: – Naididae, – Enchytraeidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Propappidae, Nemouridae, Crangonyctidae и Pediciidae.

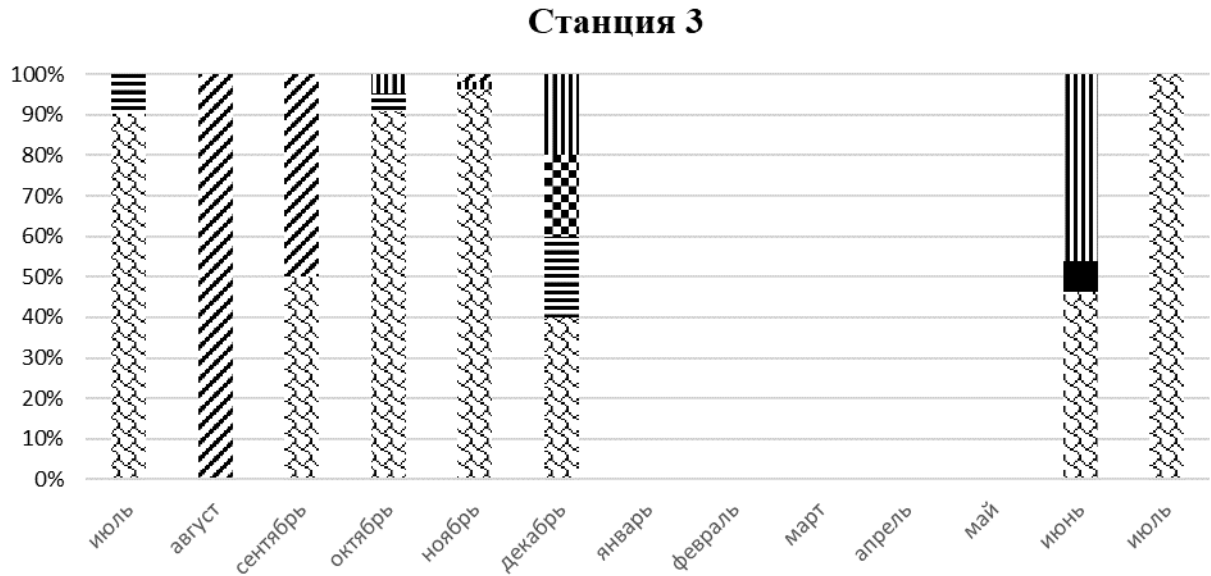


Рисунок 38. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по численности на станции 3. Условные обозначения: – Naididae, – Enchytraeidae, – Crangonyctidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Propappidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Nemouridae и Pediciidae.

На третьей станции (рис. 38) нормальная динамика сообщества наблюдалась с июля по декабрь 2018 г., после чего на протяжении пяти месяцев русло родникового ручья на данной станции было сухим (временно изменилось направление течения из-за наледи). В числе доминантов отмечены малощетинковые черви сем. Naididae и личинки комаров вида *Molophilus griseus* (117,6 экз./м², 0,18 г/м²), которые в августе 2018 г. являлись на данном участке единственной группой, представленной в макрозообентосе. В июле наблюдалась высокая численность олигохет (8941,2 экз./м²). Личинки комаров-звонцов занимали здесь подчиненное положение и единично присутствовали с октября по декабрь, а также в июне. Однако они, наряду с олигохетами, первые колонизовали в июне 2019 г. восстановившееся русло ручья. В декабре 2018 г. отмечено единичное присутствие стигобионтных амфипод *Stygobromus anastasiae* (определение В. В. Тахтеева).

На рис. 39–41 показана сезонная динамика таксономических групп зообентоса по их процентной доле в биомассе сообщества.

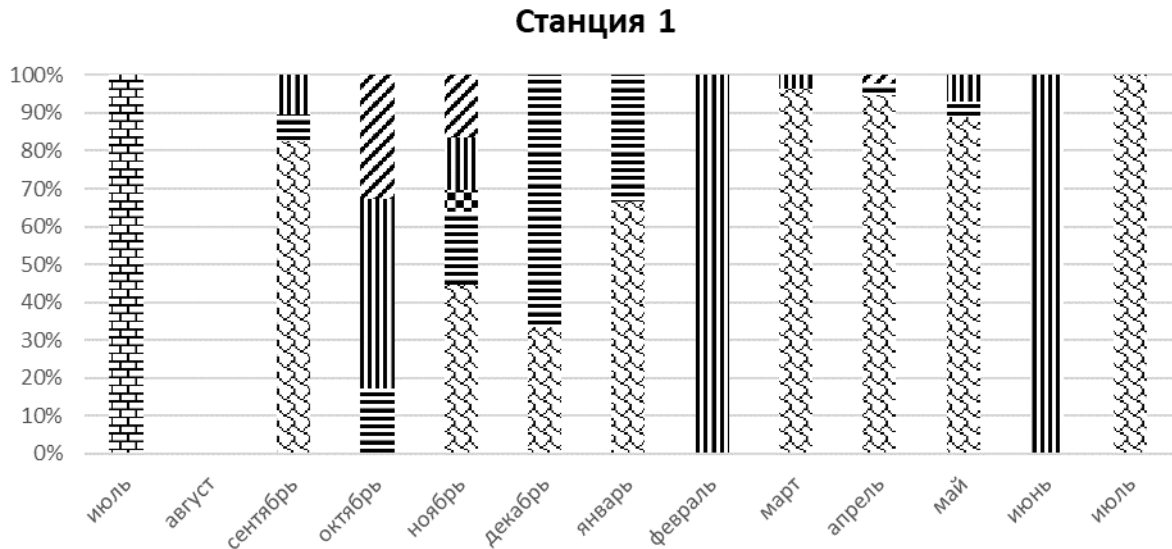


Рисунок 39. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по биомассе на станции 1. Условные обозначения: – Naididae, – Enchytraeidae, – Crangonyctidae, – Chironomidae, – Limoniidae, – Pediciidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Propappidae и Nemouridae.

На первой станции, как можно видеть из рис. 39, в первые месяцы наблюдений картина характеризуется достаточной пестротой, но это связано с резкими различиями уровней общей биомассы в разные месяцы. В июле 2018 г. заметный всплеск биомассы возникал за счет присутствия в пробе только личинок сем. Pediciidae, вес которых составлял $0,47 \text{ г/м}^2$. В августе 2018 г., как уже отмечено, зообентос в пробе отсутствовал; в сентябре, ноябре, январе, марте-апреле, мае и июле доминировали олигохеты (Naididae) с биомассой ($0,24 \text{ г/м}^2$), и в декабре доминантами являлись олигохеты сем. Enchytraeidae ($0,06 \text{ г/м}^2$). В октябре, феврале и июне доминантами являлись личинки хирономид *Pseudodiamesa stackelbergi*. В ноябре ($0,12 \text{ г/м}^2$) и феврале ($0,06 \text{ г/м}^2$) незначительную долю биомассы давали стигобионтные амфиподы.

На второй станции (рис. 40) можно наблюдать чередование доминирования по биомассе хирономид и олигохет, причем хирономиды преобладают в зимние и весенние месяцы. В сентябре (50,0%) и ноябре (66,7%) биомассы приходилось на личинок лимониид. Максимальные значения биомассы на станции 2 пришлись на

апрель (4,71 г/м²) и май (3,52 г/м²), за счет преобладания личинок хирономид *Pseudodiamesa stackelbergi*.

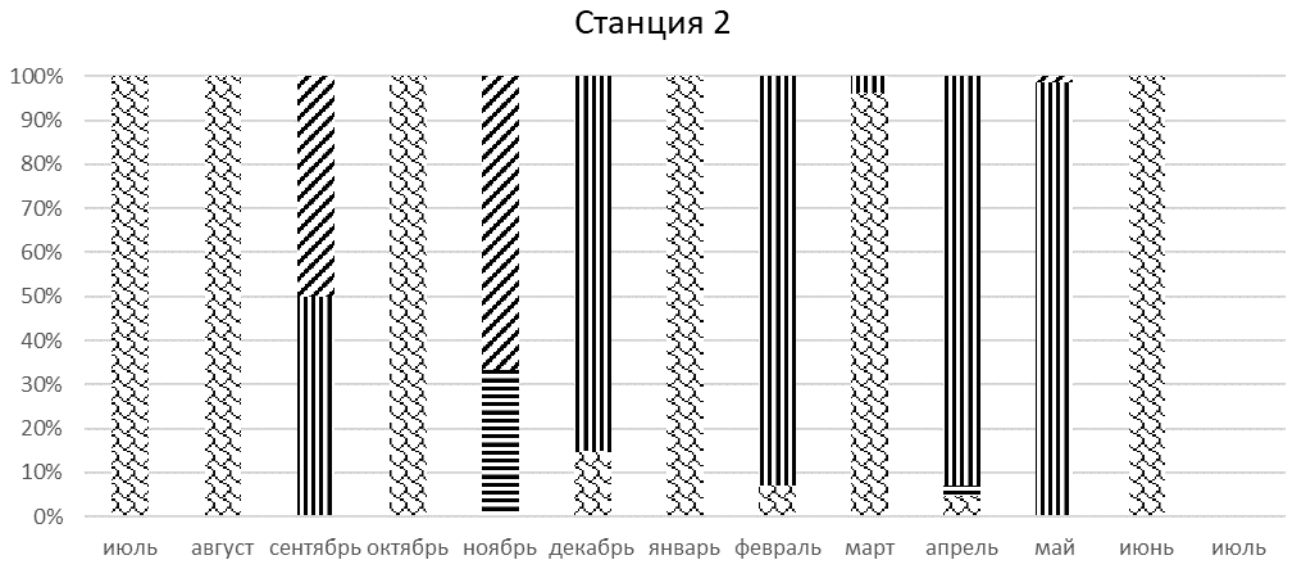


Рисунок 40. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по биомассе на станции 2. Условные обозначения: – Naididae; – Enchytraeidae; – Chironomidae; – Limoniidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Propappidae, Nemouridae, Crangonyctidae и Pediciidae.

На третьей станции (рис. 41) по биомассе в июле, октябре и ноябре 2018 г. преобладали олигохеты сем. Naididae и Enchytraeidae, а в июле 2019 г., после восстановления прежнего русла родника, они были единственной группой в составе макрозообентоса. В декабре 2018 г. и июне 2019 г. на первое место вышли личинки хирономид. В августе 2018 г. единственной представленной на станции группой были личинки лимониид. В целом уровни биомассы на станции были невысокими, не достигая уровня 1 г/м² или лишь незначительно его превышая; максимальное значение – 2,94 г/м² – отмечено в июле 2018 г.

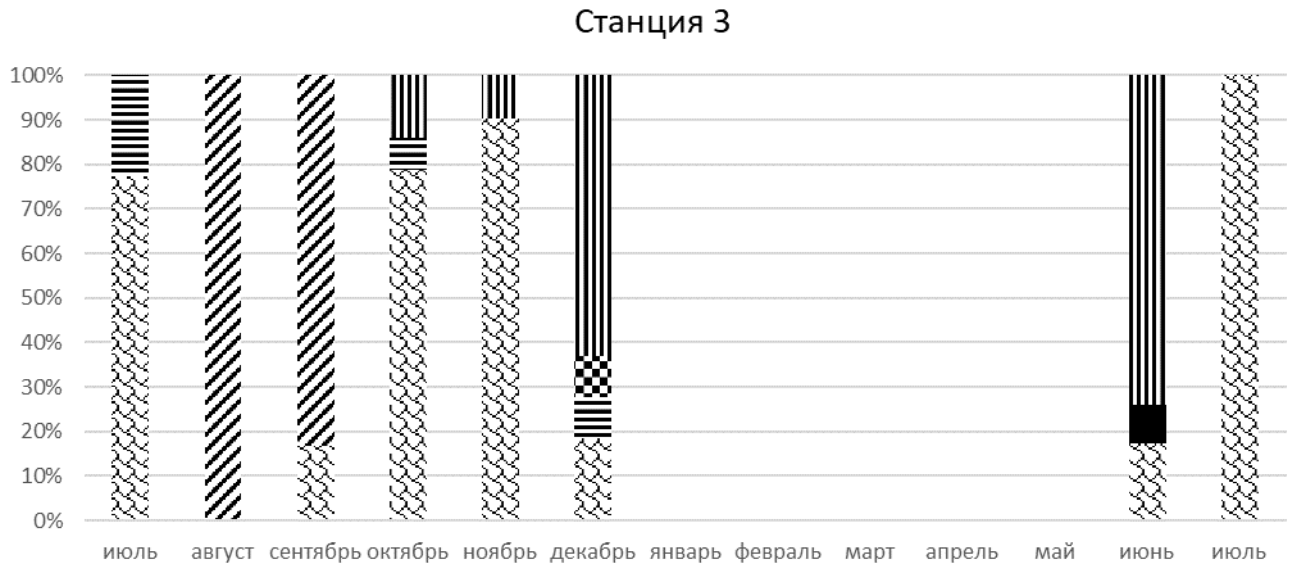


Рисунок 41. Процентное соотношение групп макрозообентоса родникового ручья Университетский с июля 2018 по июль 2019 гг. по биомассе на станции 3. Условные обозначения: – Naididae; – Enchytraeidae; – Crangonyctidae, – Chironomidae; – Limoniidae, – Proparidae, – Прочие. Прочие: Tubificidae, Nemouridae и Pediciidae.

Таким образом, несмотря на произведённую несколько лет назад отсыпку щебнем прилегающего к источнику участка дороги, экосистема родникового ручья Университетский 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).

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

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 были, хотя и немногочисленно, представлены 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.

Для сравнения, в 2003 г. доминантной группой в зообентосе по биомассе в разные сезоны года были личинки хирономид *P. branickii* (зимний период), весной – *D. cultriger*, летом – *D. baicalensis*. Осенью (в ноябре) найдены личинки только одного вида – *D. cultriger*, жизненный цикл которого растягивается до весны из-за низкой температуры воды. В разные месяцы года на них приходилось от 24,7 до 96,0% биомассы всего сообщества (Тахтеев и др., 2010). В свою очередь, в наших сборах доля хирономид по сравнению с 2003 годом в целом несколько снизилась. Из обнаруженных в 2003 г. видов личинок хирономид, в наших сборах зообентоса в роднике в зимний период (февраль 2019 г.), весной (март) и в летний период (июнь) присутствовали только личинки вида *D. cultriger*. По сравнению с 2003 г., в наших сборах отсутствовали следующие таксономические группы макрозообентоса: Trichoptera Culicidae, Ephydriidae и немногочисленно, но были обнаружены личинки отряда Plecoptera вида *Nemoura* sp. (Тахтеев и др., 2010). В 2003 г. в роднике видовой состав личинок хирономид был представлен 13 таксонами видового ранга (Тахтеев и др., 2010), тогда как в наших сборах обнаружено всего 2 вида хирономид.

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 (Crangonyctidae) которые разнообразны и нередко обильны в родниках Швеции (Hoffsten, Malmqvist, 2000) (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.

Средние значения численности и биомассы зообентоса родникового ручья Университетский в 2018–2019 гг. представлены в таблицах 8 и 9. Структура сообществ макрозообентоса в родниковом ручье Университетский изменяется в течение всего года. Среднегодовая наибольшая численность – 346,2 экз./м² и биомасса – 7,29 г/м² отмечена у личинок хирономид вида *Pseudodiamesa stackelbergi* (табл. 7, 8).

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. (см. рис. 34–35). В июле 2018 года наибольшая его численность в среднем составила – 1176,60 экз./м². Субдоминантами по численности и биомассе являются представители семейства Enchytraeidae (294 экз./м² и 0,35 г/м²).

Подобную картину мы наблюдаем и в июле 2019 года, где отмечены самые наименьшие показатели биомассы. Средние показатели которой составляли – 0,11 г/м². Наибольший вклад в количественные показатели численности и биомассы всего зообентоса внесли представители семейства Chironomidae (*Pseudodiamesa stackelbergi*). Личинки хирономид в составе бентоса появляются лишь в сентябре, очевидно, после их выхода из отложенных яиц, и присутствовали в пробах до декабря; с февраля по июль также отмечается их присутствие. Так, в декабре 2018 г., феврале, мае и июне 2019 г. доминантами по численности и биомассе выступают личинки хирономид (*Pseudodiamesa stackelbergi*). В ноябре, декабре и феврале в пробах отмечено единичное присутствие стигобионтных амфипод из семейства Crangonyctidae – *Stygobromus anastasiae* Sidorov, Holsinger et Takhteev. Из отряда двукрылых представитель семейства Limoniidae – *Molophilus griseus* в

августе является доминантом по численности и биомассе; субдоминантом по численности – в ноябре; в сентябре наряду с *Rhyacodrilus* sp. он доминирует по биомассе (0,26 г/м²).

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

Индексы биоразнообразия родникового ручья Университетского. Для описания индексов использованы усредненные значения численности с трех станций родника.

Индекс Шеннона-Уивера (H). Значения индекса Шеннона-Уивера проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. Наименьшее значение индекса Шеннона (0,93 бит./экз) отмечено для периодов года (август, июль) с минимальным количеством видов макробеспозвоночных (табл. 7, 8). Значение индекса Шеннона (2,04 и 2,20 бит./экз) закономерно возрастает в зимние месяцы (декабрь, февраль) с увеличением количества видов до 7 (табл. 7, 8).

Индекс выравненности Пиелу (E), характеризующий равномерность распределения видов в сообществах 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.) (табл. 7, 8).

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. Вероятно, это связано с высоким уровнем равномерности распределения видов по обилию.

Таблица 7. Средняя численность (экз./м²), биомасса (г/м²) и индексы биоразнообразия сообществ макрозообентоса источника Университетский в июле–декабре 2018 г.

№	Виды	27.07.	31.08.	30.09.	28.10.	25.11.	29.12.
1	2	3	4	5	6	7	8
Tubificidae							
1.	<i>Tubifex tubifex</i>	$\frac{196,1}{0,18}$	–	–	–	–	$\frac{58,8}{0,08}$
Naididae							
2.	<i>Rhyacodrilus</i> sp.	$\frac{1176,6}{0,43}$	–	$\frac{176,47}{0,26}$	$\frac{235,3}{0,24}$	$\frac{470,57}{0,80}$	$\frac{58,8}{0,04}$
3.	<i>Psammoryctides barbatus</i>	–	$\frac{19,6}{0,04}$	–	–	$\frac{58,83}{0,08}$	–
4.	<i>Nais simplex</i>	$\frac{19,6}{0,04}$	–	–	–	–	–
Enchytraeidae							
5.	<i>Fridericia maculata</i>	–	–	–	–	–	–
6.	<i>Henlea perpusilla</i>	$\frac{294,0}{0,35}$	–	$\frac{19,6}{0,04}$	$\frac{78,4}{0,08}$	$\frac{58,8}{0,16}$	$\frac{19,6}{0,04}$
7.	<i>Marionina vesiculata</i>	–	–	–	–	–	$\frac{19,6}{0,02}$
8.	<i>Mesenchytraeus</i> sp.	–	–	–	–	–	$\frac{39,2}{0,06}$
Crangonyctidae							
9.	<i>Stygobromus anastasiae</i>	–	–	–	–	$\frac{19,6}{0,04}$	$\frac{19,6}{0,04}$
Chironomidae							
10.	<i>Pseudodiamesa stackelbergi</i>	–	–	$\frac{19,6}{0,12}$	$\frac{39,2}{0,19}$	$\frac{39,2}{0,25}$	$\frac{117,6}{0,96}$
Pediciidae							
11.	<i>Dicranota (D.)</i> sp.	$\frac{19,6}{0,16}$	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8
Limoniidae							
12.	<i>Molophilus griseus</i>	–	$\frac{39,2}{0,06}$	–	$\frac{58,8}{0,26}$	$\frac{78,4}{0,08}$	–
Весь зообентос		$\frac{1705,9}{1,16}$	$\frac{58,8}{0,10}$	$\frac{294,1}{0,67}$	$\frac{411,7}{0,59}$	$\frac{725,4}{1,49}$	$\frac{333,2}{1,24}$
Число видов		5	2	3	4	6	7
Индексы биоразнообразия							
Индекс Шэннона-Уивера (H, бит./экз.)		1,50	0,93	1,71	1,73	1,98	2,04
Индекс выравнимости Пиелу (e)		0,88	0,47	0,88	0,83	0,75	0,87

Примечание: числитель – численность (экз./м²), знаменатель – биомасса (г/м²). В 2018 г. в пробах не было обнаружено следующих видов макрозообентоса: *Limnodrilus* sp., *Propappus volki*, *Nemoura* sp. и *Diplocladius cultriger*.

Таблица 8. Средняя численность (экз./м²), биомасса (г/м²) и индексы биоразнообразия сообществ макрозообентоса источника Университетский в январе–июле 2019 г.

№	Виды	31.01.	28.02.	31.03.	29.04.	31.05.	30.06.	31.07.	В среднем за 2018–2019 гг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Naididae									
1.	<i>Tubifex tubifex</i>	–	<u>29,4</u> 0,03	<u>88,3</u> 0,18	–	–	–	–	<u>93,1</u> 0,03
Tubificidae									
2.	<i>Rhyacodrilus</i> sp.	<u>58,8</u> 0,10	<u>58,8</u> 0,09	<u>264,7</u> 0,88	<u>411,8</u> 3,59	<u>119,1</u> 0,29	<u>95,3</u> 0,11	<u>63,5</u> 0,10	<u>265,8</u> 0,53
3.	<i>Psammoryctides barbatus</i>	–	–	–	–	–	–	<u>15,9</u> 0,02	<u>31,4</u> 0,010
4.	<i>Nais simplex</i>	–	–	–	–	–	–	–	<u>19,6</u> 0,003
5.	<i>Lymnodrilus</i> sp.	–	–	<u>29,4</u> 0,09	–	–	–	–	<u>29,4</u> 0,007
Enchytraeidae									
6.	<i>Fridericia maculata</i>	–	<u>29,4</u> 0,03	–	–	–	–	–	<u>29,4</u> 0,002
7.	<i>Henlea perpusilla</i>	<u>19,6</u> 0,02	–	–	<u>88,3</u> 0,06	<u>23,8</u> 0,03	–	–	<u>75,3</u> 0,06
8.	<i>Marionina vesiculata</i>	–	–	–	<u>29,4</u> 0,24	–	–	–	<u>24,5</u> 0,02
9.	<i>Mesenchytraeus</i> sp.	–	–	–	–	–	–	–	<u>39,2</u> 0,005
Propappidae									
10.	<i>Propappus volki</i>	–	–	–	–	–	<u>15,9</u> 0,02	–	<u>15,9</u> 0,001
Crangonyctidae									
11.	<i>Stygebromus anastasiae</i>	–	<u>29,4</u> 0,03	–	–	–	–	–	<u>22,9</u> 0,008
Nemouridae									
12.	<i>Nemoura</i> sp.	–	<u>29,4</u> 0,21	<u>29,4</u> 0,15	–	–	–	–	<u>29,4</u> 0,027

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chironomidae									
13.	<i>Pseudodiamesa stackelbergi</i>	–	$\frac{147,1}{89,05}$	–	$\frac{176,5}{2,36}$	$\frac{2214,3}{1,81}$	$\frac{15,9}{0,03}$	–	$\frac{346,2}{7,29}$
14.	<i>Diplocladius cultriger</i>	–	$\frac{58,8}{0,80}$	$\frac{88,2}{0,12}$	–	–	$\frac{95,23}{0,14}$	–	$\frac{80,7}{0,08}$
Pediciidae									
15.	<i>Dicranota (D.) sp.</i>	–	–	–	–	–	–	–	$\frac{19,6}{0,012}$
Limoniidae									
16.	<i>Molophilus griseus</i>	–	–	–	$\frac{353}{0,18}$	$\frac{23,8}{0,03}$	–	–	$\frac{105,3}{0,06}$
Весь зообентос		$\frac{78,4}{0,12}$	$\frac{383,3}{90,23}$	$\frac{500}{1,42}$	$\frac{1058,8}{6,41}$	$\frac{2380,9}{2,14}$	$\frac{222,2}{0,30}$	$\frac{79,4}{0,11}$	$\frac{631,7}{8,05}$
Число таксонов		2	7	5	5	4	4	2	16
Индексы биоразнообразия									
1.	Индекс Шэннона-Уивера (H, бит./экз.)	1,55	2,20	1,88	2,03	1,70	1,59	0,93	1,75
2.	Индекс выравнимости Пиелу (e)	0,96	0,80	0,83	0,85	0,74	0,94	0,47	0,87

Примечание: числитель – численность (экз./м²), знаменатель – биомасса (г/м²).

Сезонная динамика макрозообентоса родника Университетский

Теперь оценим общую динамику численности и биомассы сообщества макрозообентоса источника Университетский за охваченный исследованиями период (рис. 42–45).

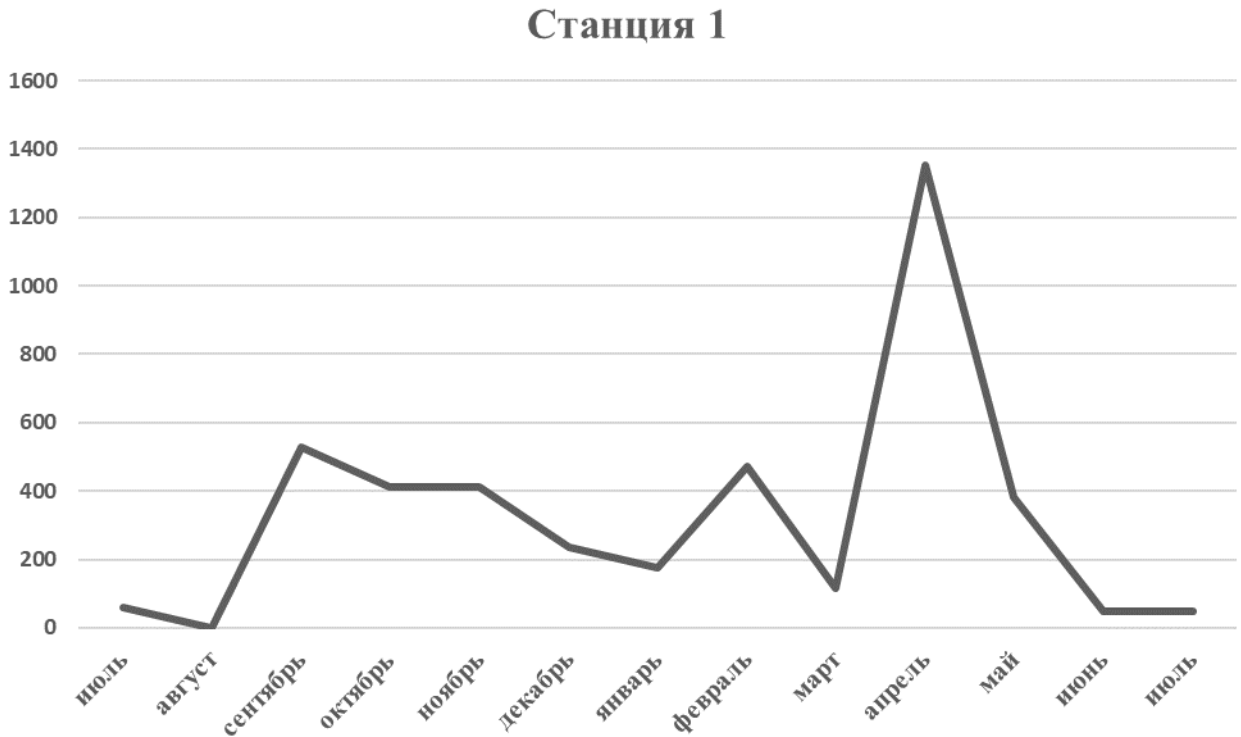


Рисунок 42. Динамика общей численности (экз./м²) макрозообентоса на станции 1 родникового ручья Университетский с июля 2018 г. по июль 2019 г.

На рисунке 42 показан годовой ход численности зообентоса на станции № 1, расположенной почти у самого истока и характеризующейся наличием в основном твёрдых и чистых грунтов (дресва, щебень, примесь песка). На графике заметно, что с июля по август численность является минимальной (в августе зообентос в пробе отсутствовал), а с сентября по март незначительно повышается и держится примерно в пределах 118,0–529,0 экз./м². В апреле она достигает пика (1353,0 экз./м²) и последовательно снижается в следующие три месяца, так как это время, когда начинают вылетать амфиботические насекомые.

Станция 1

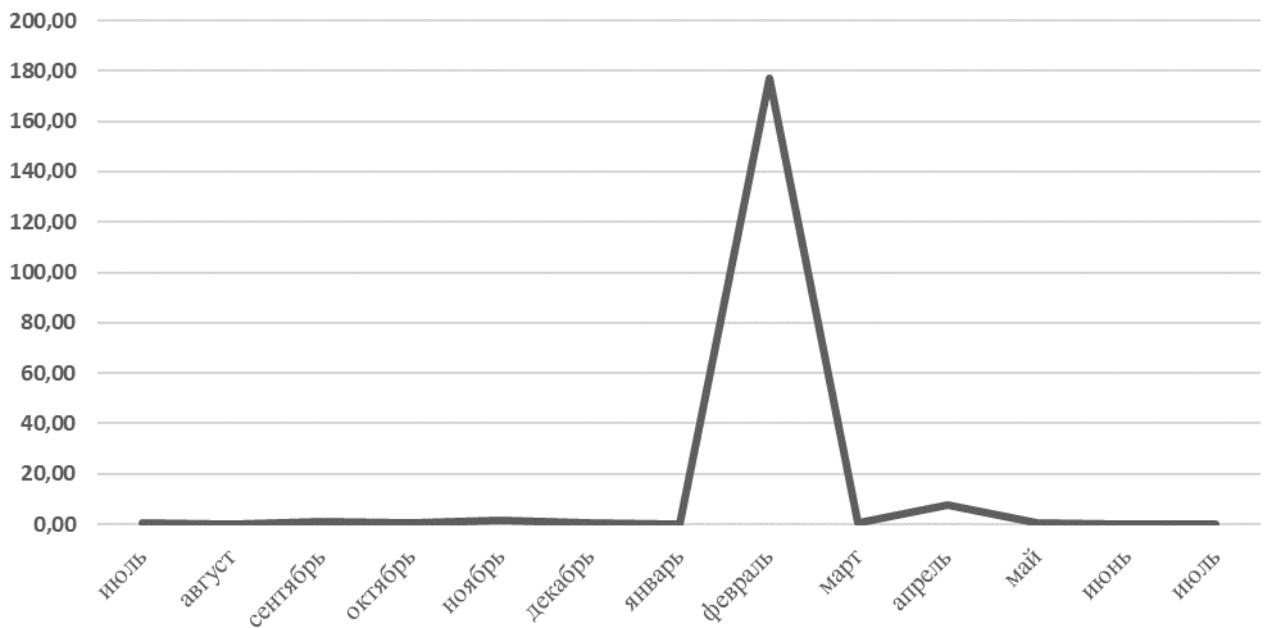


Рисунок 43. Динамика общей биомассы (г/м²) макрозообентоса на станции 1 родникового ручья Университетский с июля 2018 г. по июль 2019 г.

Годовой ход биомассы на станции 1 демонстрирует два максимума – в феврале и апреле (рис. 43). При этом февральский пик обусловлен присутствием в сборе олигохет и хирономид (что в значительной мере определяется случайностью), а апрельский пик обуславливают Naididae и Limoniidae, двукрылые к этому времени завершают свой рост в стадии личинки и начинают окукливаться перед вылетом. Снижение количественного обилия бентоса в декабре–январе, с небольшим уровнем биомассы хирономид (декабрь) или олигохет (январь) объяснить сложно. Вероятно, другие амфибиотические насекомые в это время присутствуют лишь в стадии яйца и ещё не начали развитие несмотря на то, что температура источника круглый год постоянна. Возможно, сигналом к началу их развития служит фотопериод (заметное удлинение светового дня).

Станция 2, 3

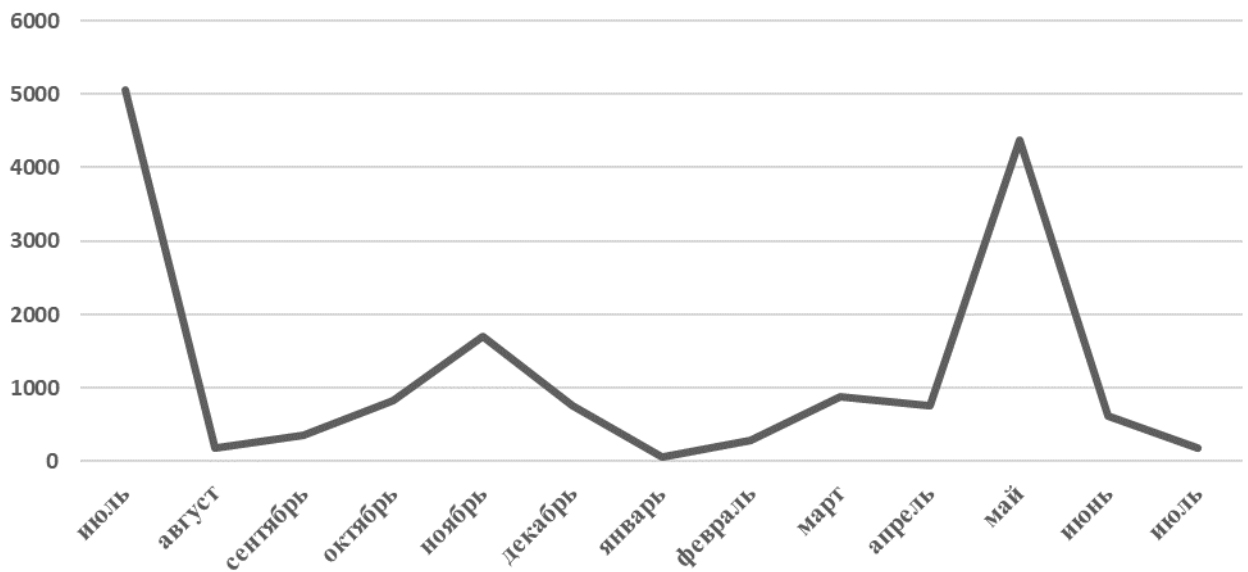


Рисунок 44. Динамика общей численности (экз./м²) макрозообентоса на станциях 2 и 3 родникового ручья Университетский с июля 2018 г. по июль 2019 г.

Станции 2 и 3 по характеру преобладающего на них грунта отличались от станции 1 (см. выше) и были объединены. Состав грунта характеризуется наличием в основном твёрдых и песчанисто-илистых грунтов (щебень, дресва, галька, заиленный песок). Однако сезонный ход кривой численности организмов макрозообентоса (рис. 44) оказывается во многом схожим с таковой на первой станции (см. рис. 42). В июле 2018 г. наблюдается максимальная численность организмов макрозообентоса (5059,0 экз./м²). С августа по декабрь численность незначительная, лишь в ноябре наблюдается незначительный скачок численности (1706,0 экз./м²) за счет присутствия в пробе олигохет (Naididae, Enchytraeidae). Затем – вновь спад в январе и последующее увеличение, плавное в феврале–апреле и резкое – в мае. В июне–июле 2019 г. следует резкий спад, который можно связать с вылетом имаго амфибиотических насекомых. Майский пик достигается в основном за счёт личинок хирономид (93,0 %); тогда как численность олигохет снижается в этом же месяце. Возможно, начало массового развития этих червей также определяется фотопериодом и начинается в весеннее время.

Станция 2, 3

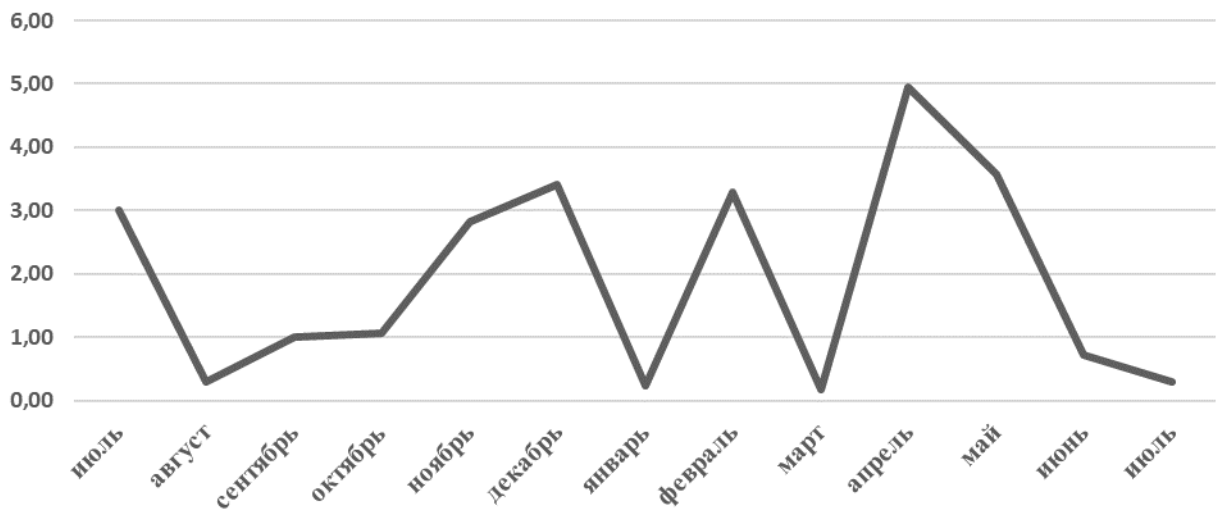


Рисунок 45. Динамика общей биомассы (г/м²) макрозообентоса на станциях 2 и 3 родникового ручья Университетский с июля 2018 г. по июль 2019 г.

Кривая годового хода биомассы макрозообентоса (рис. 45) 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.

В наших сборах веснянки из семейства Nemouridae отсутствовали с июля по декабрь 2018 г. и встречены лишь в феврале и марте 2019 г. По сравнению с ранее проведёнными (в 2003 г.) исследованиями в составе доминантов несколько увеличилась доля олигохет и снизилась доля хирономид. Амфиподы и веснянки в наших сборах встречены намного реже. Незначительную численность и биомассу составляли в пробах личинки Pediciidae (*Dicranota (D.)* sp.) и олигохеты из семейства Propappidae (*Propappus volki*). Комары-болотницы (*Molophilus griseus*) обнаружены на всех станциях в августе-ноябре 2018 г. и затем в апреле–мае 2019 г. что, вероятно, объясняется мозаичностью скоплений их личинок в донном сообществе. Остальные группы макрозообентоса родникового ручья

Университетский имеют незначительные средние показатели численности и биомассы и не вошли в число доминантов и субдоминантов.

Таким образом, 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. говорит о хорошей способности бентосных сообществ к самовосстановлению в столь быстрые сроки.

Несмотря на проведенную несколько лет назад отсыпку щебнем прилегающего к роднику участка дороги, экосистема родника сохранилась, о чем свидетельствует довольно большое количественное обилие макрозообентоса, сезонная динамика сообщества которого в 2018–2019 гг. в основном повторяла таковую в 2003 году. 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 исследованном источнике Университетский, находящемся в предгорных районах юга Иркутской области, соответствует озерам – β -мезотрофного класса (Китаев, 1984). При этом учтены среднегодовые значения биомассы; если бы исследования носили эпизодический характер и были проведены в месяцы с наибольшей биомассой, то источник можно было бы сопоставить с озерами еще более высокого класса – β -эвтрофного.

В целом состав фауны родника Университетский – обычный для пресноводных водотоков Восточной Сибири. Наличие отдельных интересных в биогеографическом отношении элементов (таких, как подземные амфиподы сем. Crangonyctidae) говорят о перспективности исследований гидрофауны родников Байкальского региона. Таким образом, для более полного выявления состава донной фауны и структуры сообществ, а также проведения мониторингового

исследования необходимо дополнительное изучение холодного источника Университетский. Это позволит полнее выявить факторы, которые определяют состав и структуру сообществ гидробионтов.

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

В процессе нашей достаточно продолжительной работы детально изучен состав фауны 11 термоминеральных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины (см. главу 4). Поскольку в Киронском источнике были отобраны только качественные пробы, структуру сообществ зообентоса мы рассмотрим на примере только 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. 46).

В таких случаях предпочтительнее использовать метод Варда, с применением Евклидова расстояния, поскольку он часто позволяет получать довольно компактные и хорошо разделенные кластеры. (Ward, 1963). На основе данного анализа с использованием численности макрозообентоса выделяется два крупных и существенно различающихся кластера (см. рис. 46).

Кластер I. В одну компактную группу (правый кластер) вошли источники Северного Прибайкалья (Верхняя Заимка и Хакусы) и Баргузинской долины (Алгинский и Золотой ключ) (рис. 46). Эти водные источники, находятся на достаточно 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 (см. табл. 3, главу 3). В тоже время, каждый из источников имеет свои особенности в качественном и количественном составе макрозообентоса, тем не менее, они объединяются в один кластер с достаточно высоким уровнем сходства.

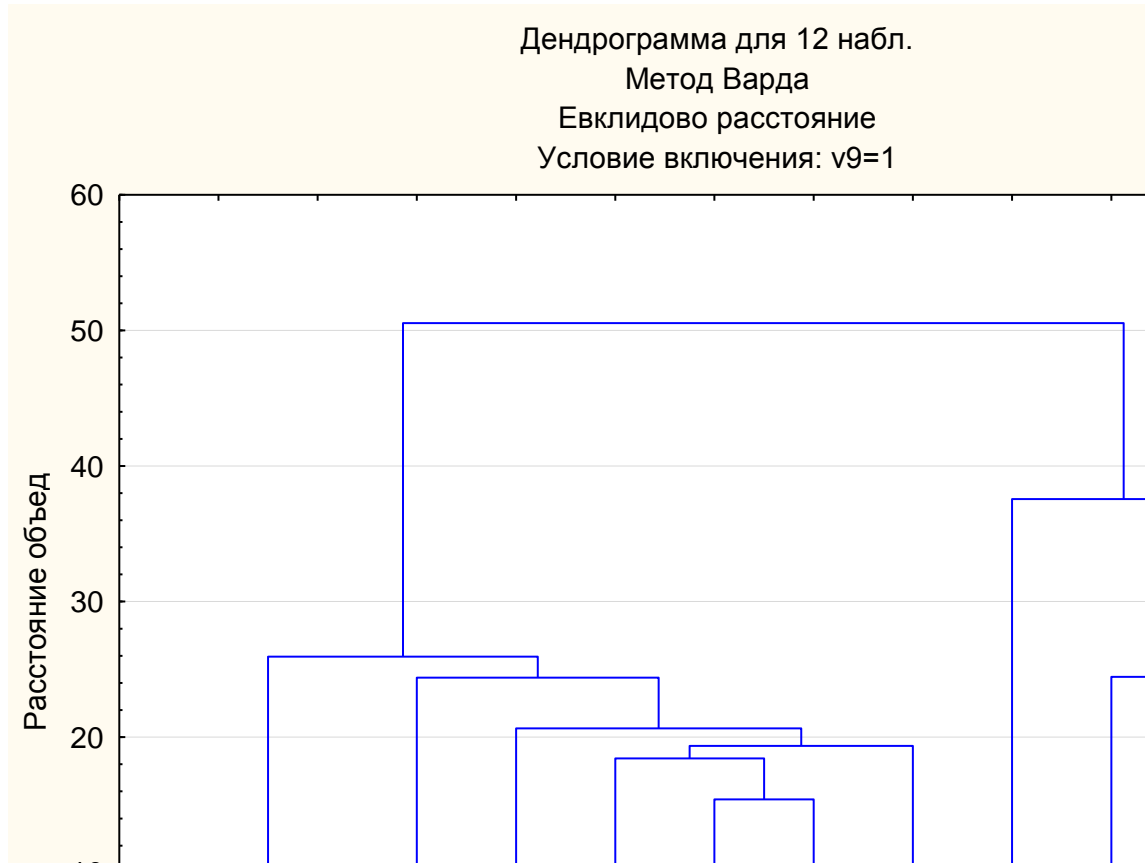


Рисунок 46. Дендрограмма сходства состава фауны в исследованных термоминеральных источниках (N=12). По оси ординат – расстояние объединения (сходство), по оси абсцисс – местоположения термальных источников. Цифрами обозначены источники, разделенные на два кластера (I и II): I: 12 – Золотой ключ, 9 – 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.

Проведем анализ схожести видового состава макрозообентоса в исследованных четырех термальных источниках. В скобках обозначен порядковый номер термального источника, представленного на дендрограмме (см. рис. 46).

Источник *Золотой ключ* (9). Макрозообентос источника Золотой ключ представлен 10 семействами и 12 видами (см. главу 4). Олигохеты в источнике обнаружены на обеих станциях. Наибольшая численность (9285,7 экз./м²) и

биомасса (4,76 г/м²) отмечена для *Rhyacodrilus* sp. и зарегистрирована на первой станции. На втором месте по численности (4761,9 экз./м²) и биомассе (2,14 г/м²) был *Tubifex tubifex*, обнаруженный также на первой станции. Кольчатые черви вида *Eirpobdella octoculata* обнаружены только на третьей станции (табл. 9).

Личинки поденок вида *Siphonurus grisea* в источнике были встречены единично, только на первой станции. Личинки комаров-звонцов обнаружены на третьей станции (табл. 9). Моллюски вида *Radix gr. balthica* встречены на второй и третьей станции. Наибольшая его численность (705,9 экз./м²) и биомасса (32,20 г/м²) отмечена на третьей станции. Двустворчатые моллюски вида *Euglesa* sp. в источнике представлены единично и обнаружены на третьей станции.

В целом, на всех трех станциях в источнике Золотой ключ наибольшая численность (14048,0 экз./м²) зарегистрирована на первой станции, тогда как наибольшая биомасса (8,33 г/м²) отмечена на третьей станции. На всех трех станциях доминирующей группой по численности выступали олигохеты (15238,0 экз./м²), по биомассе доминировали брюхоногие моллюски (37,41 г/м²). Субдоминантами по численности (1429,0 экз./м²) выступали хирономиды, по биомассе (11,09 г/м²) субдоминировали пиявки. Также в источнике единично встречены следующие таксономические группы: Ephemeroptera, Amphipoda, Bivalvia (табл. 9; рис. 47, 48).

Таблица 9. Макрозообентос термального источника Золотой ключ.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=21,0 °C		Станция № 2, t=22,0 °C		Станция № 3, t=11,0 °C	
	N	B	N	B	N	B
Oligochaeta	<u>14048</u> 98,0	<u>6,90</u> 95,4			<u>1190</u> 33,3	<u>1,43</u> 3,0
Hirudinea	–	–	–	–	<u>48</u> 1,3	<u>11,09</u> 23,4
Amphipoda	–	–	–	–	<u>48</u> 1,3	<u>0,43</u> 0,9
Ephemeroptera	<u>286</u> 2,0	<u>0,33</u> 4,6	–	–	–	–
Chironomidae	–	–	–	–	<u>1429</u> 40,0	<u>1,90</u> 4,1
Gastropoda	–	–	<u>809</u> 100	<u>5,09</u> 100	<u>765</u> 21,4	<u>32,32</u> 68,3

Bivalvia	–	–	–	–	$\frac{95}{2,7}$	$\frac{0,14}{0,3}$
Всего	$\frac{14334}{100}$	$\frac{7,23}{100}$	$\frac{809}{100}$	$\frac{5,09}{100}$	$\frac{3575}{100}$	$\frac{47,31}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м², под чертой – в % от общей; В – биомасса, над чертой – г/м², под чертой – в % от общей. Описание станций: 1 – в небольшой заводи р. Турка (шириной 1×3 м) (в верхней оконечности); 2 – в этой же заводи, в 3 метрах от предыдущей станции; 3 – в большой заводи р. Турка (шириной 12×2 м).
– виды данной таксономической группы обнаружены не были.

Таким образом, в источнике Золотой ключ выявлен гастроподно-гирудинный тип сообщества зообентоса (рис. 47, 48).

Источники *Хакусы* (2) и *Алгинский* (9). Эти водотоки на дендрограмме находятся в одной кладе (см. рис. 46). У этих двух источников отмечено небольшое расстояние (уровень сходства 24 у.е.). Рассмотрим структуру бентосных сообществ этих источников.

Фауна источника *Хакусы* представлена 7 семействами и 10 видами животных (см. главу 4). Брюхоногие моллюски в источнике представлены двумя сем. Planorbidae и Lymnaeidae. В основном потоке воды зообентос совершенно отсутствует из-за высокой температуры. Однако он имеется в более прохладных высачиваниях (29,3 °С) рядом с главным изливанием (табл. 10). Здесь представлены большей частью гастроподы из родов *Radix* (48,1%) и *Gyraulus* (51,9%). Представители рода *Radix* в источнике представлены двумя видами: *Radix thermobaicalica* и *R. hakusyensis*. В месте слияния термальных вод с холодным ручьем Хакусы резко преобладают гастроподы (особи *Radix* разного возраста). Моллюски из рода *Gyraulus* за все время своего существования смогли приспособиться к существованию в разнообразных условиях. Примером этого может служить обнаруженный нами вид – *G. borealis*. Отмечено его разделение также на две формы – с узким и широким пупком. Моллюски обнаружены на галечно-песчаных грунтах.

А

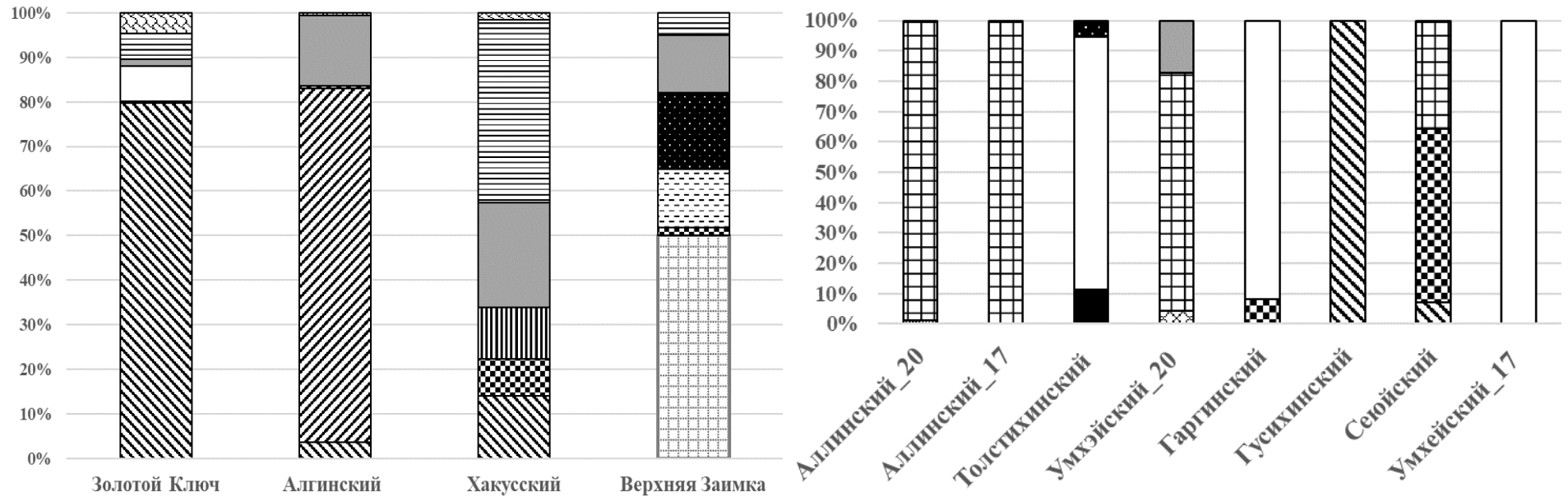


Рисунок 47. Процентное соотношение групп (семейств) макрозообентоса термальных источников для двух кластеров. А – по численности. Условные обозначения: – Carinogammaridae, – Naididae, – Chironomidae, – Ceratopogonidae, – Gammaridae, – Libellulidae, – Lymnaeidae, – Planorbidae, – Glossiphoniidae, – Hydrophilidae, – Bithyniidae, – Valvatidae, – Eupobdellidae, – Stratiomyidae, – Прочие. Прочие: Lumbriculidae, Micruropodidae, Siphonuridae, Nepidae, Euglesidae.

В

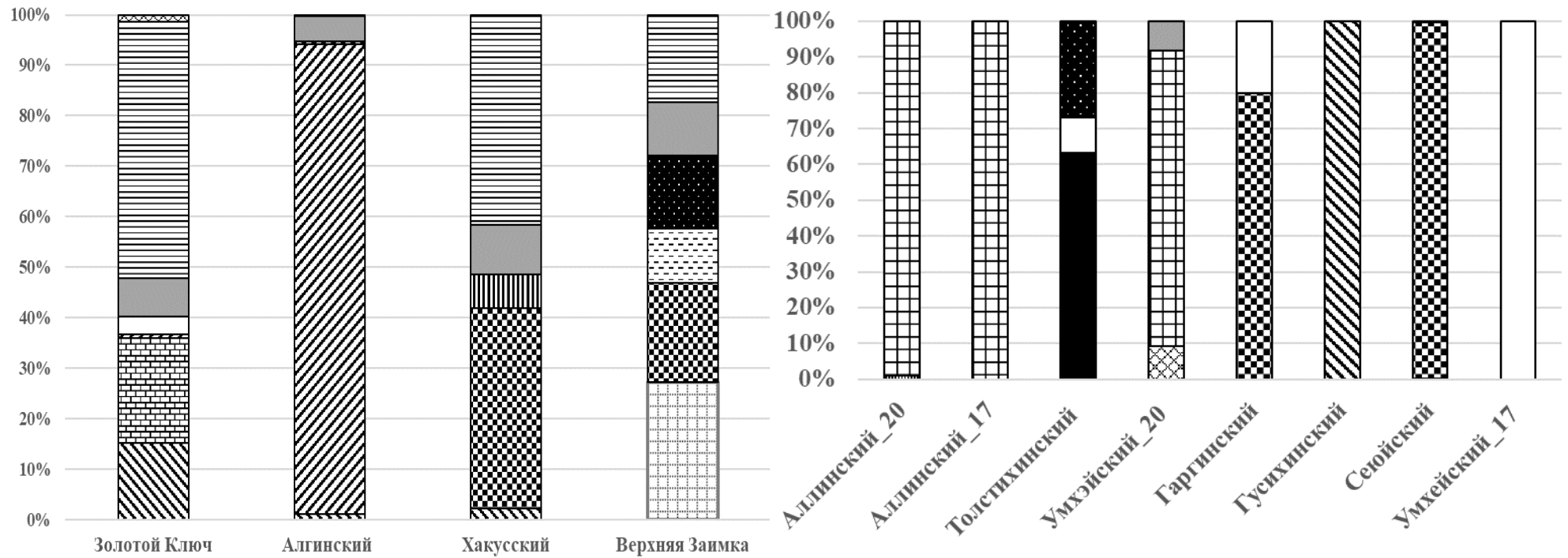

















Рисунок 48. Процентное соотношение групп (семейств) макрозообентоса термальных источников для двух кластеров. В – по биомассе. Условные обозначения:  – Carinogammaridae,  – Naididae,  – Chironomidae,  – Ceratopogonidae,  – Gammaridae,  – Libellulidae,  – Lymnaeidae,  – Planorbidae,  – Glossiphoniidae,  – Hydrophilidae,  – Bithyniidae,  – Valvatidae,  – Erpobdellidae,  – Stratiomyidae,  – Прочие. Прочие: Lumbriculidae, Micruropodidae, Siphonuridae, Nepidae, Euglesidae.

Таблица 10. Макрозообентос термального источника Хакусы

Таксономическая группа	Станция № 1, t=29,3 °С		Станция № 2, t=18,0 °С		Станция № 3, t=10,0 °С		Станция № 4, t=16,0 °С	
	N	B	N	B	N	B	N	B
Gastropoda	<u>1706</u> 93,5	<u>13,18</u> 98,2	<u>824</u> 28,6	<u>1,00</u> 7,0	<u>59</u> 10,0	<u>0,06</u> 0,25	<u>2000</u> 94,4	<u>25,41</u> 99,8
Odonata	–	–	<u>118</u> 4,1	<u>6,71</u> 46,9	<u>471</u> 80,0	<u>23,94</u> 99,5	–	–
Stratiomyidae	–	–	<u>765</u> 26,5	<u>5,12</u> 35,8	<u>59</u> 10,0	<u>0,06</u> 0,25	–	–
Oligochaeta	–	–	<u>1176</u> 40,8	<u>1,47</u> 10,3	–	–	<u>118</u> 5,6	<u>0,06</u> 0,2
Amphipoda	<u>118</u> 6,5	<u>0,24</u> 1,8	–	–	–	–	–	–
Всего	<u>1824</u> 100	<u>13,42</u> 100	<u>2883</u> 100	<u>14,30</u> 100	<u>589</u> 100	<u>24,06</u> 100	<u>2118</u> 100	<u>25,47</u> 100

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м², под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м², под чертой – в % от общей. Описание станций: 1 – высачивание термальных вод в 2 м от основного излияния, глубина 1,5 см, БВМ, грунт – галька по песку; 2 – разливы термальных вод ниже основного выхода на 40 м, БВМ рыжего и зеленого цвета от дна до поверхности воды, грунт – галька, мелкий песок; 3 – стоячий остывающий разлив глубиной около 1 см в нижней части термального поля, грунт – детрит, отмершие БВМ; 4 – общий поток ручья Хакусы на выходе из термального поля, в 64 м от основного излияния, у берега, глубина 5 см, грунт – детрит, отмерший БВМ, глубже песок и гравий.
– виды данной таксономической группы обнаружены не были.

Немногочисленно в источнике представлены амфиподы вида *Micruropus wohlii platycercus* (табл. 10), впервые обнаруженные в данном источнике (Рылов, 1963).

В источнике также встречены олигохеты, представленные сем. Tubificidae и Naididae и 3 видами: *Tubifex tubifex*, *Rhyacodrilus* sp. и *Nais simplex*. Максимальная численность олигохет – 824,0 экз./м² и максимальная биомасса – 1,23 г/м² отмечены на 2-ой станции и принадлежат виду *Tubifex tubifex*. Этот вид также встречен на 4-ой станции в общем потоке ручья Хакусы при температуре – 16 °С (табл. 10). Численность и биомасса *Nais simplex* на второй станции составила – 294,1 экз./м² и 0,18 г/м², тогда как *Rhyacodrilus* sp. – 58,8 экз./м² и 0,06 г/м².

Ниже по течению, в мелких (около 1–2 см) остывающих разливах в субдоминанты и участками в доминанты по биомассе выходят личинки стрекоз *Orthetrum albistylum* (сем. Libellulidae) (см. табл. 10). Личинки стрекоз в источнике были обнаружены на второй и третьей станциях. В стоячем

остывающем разливе глубиной около 1 см в нижней части термального поля они являлись субдоминантами по численности (471,0 экз./м²; 80,0 %) и доминантами по биомассе (23,94 г/м²; 99,5 %). Значительную роль играют личинки мух-львинок (сем. Stratiomyidae), относящиеся к видам *Odontomyia argentata* (F.) и *O. angulata* (Panzer). В разливе термальных вод (t= 18 °С) в 40 м ниже основного выхода они являлись субдоминантами по численности (765,0 экз./м²; 26,5 %) и по биомассе (5,12 г/м²; 35,8 %). Тогда как в стоячем остывающем разливе (t= 10 °С) в нижней части термального поля личинки мух-львинок вида *Odontomyia angulata* (58,8 экз./м², 0,06 г/м²) не входили в число доминантов и субдоминантов.

Все гастроподы в количественных пробах оказались представителями рода *Gyraulus*, хотя в качественных сборах имеются и *Radix*. В месте слияния термальных вод с холодным ручьем Хакусы сообщество опять обедняется, снова резко преобладают гастроподы (особи *Radix* разного возраста) при единичном присутствии олигохет (см. табл. 10).

В целом, в термальном поле источника Хакусы преимущественно доминируют брюхоногие моллюски, как по численности (4589,0 экз./м²), так и по биомассе (39,65 г/м²). Субдоминантами по численности отмечены олигохеты (1294,4 экз./м²), по биомассе – стрекозы (30,65 г/м²). В качественных сборах примерно в равном количестве присутствовали морфотипы, соответствующие двум описанным отсюда региональным эндемикам – *Radix thermobaicalica* и *L. hakusyensis*. Таким образом, в источнике Хакусы выделен гастроподно-одонатоидный тип сообщества зообентоса (рис. 47, 48).

Макрозообентос источника *Алгинский* представлен 5 семействами и 7 видами (см. главу 4).

Наибольшая численность (190,5 экз./м²) и биомасса (0,19 г/м²) олигохет отмечена для *Spirosperma (Emboloccephalus) nikolskyi*. На втором месте по численности (95,2 экз./м²) и биомассе (0,14 г/м²) – *Rhyacodrilus* sp., на третьем месте – *Nais pardalis* (47,6 экз./м² и 0,05 г/м²). Водяные скорпионы вида *Nerpa cinerea* обнаружены в источнике единично, на первой станции (табл. 11). Брюхоногие моллюски *Gyraulus* gr. *acronicus* встречены на второй станции при

температуре 17 °С с наибольшей численностью (857,1 экз./м²) и биомассой (1,33 г/м²). Грунт на этом участке – песчано-галечный с примесью детрита.

Амфиподы вида *Gammarus lacustris* в источнике обнаружены на второй станции, где они доминировали по численности – 5523,8 экз./м² и биомассе – 30,90 г/м². Субдоминантами по численности (1190,0 экз./м²) и биомассе (1,81 г/м²) выступали брюхоногие моллюски. Таким образом, в источнике Алгинский выявлен амфиподно-гастроподный тип сообщества зообентоса (табл. 11).

Сравнивая эти два источника (Алгинский и Хакусский), можно отметить сходство не только в гидрохимическом составе, но и наличии в них двух видов беспозвоночных, таких как: *Rhyacodrilus* sp. (Oligochaeta) и *Orthetrum albistylum* (Odonata). Стоит напомнить, что значение общности между этими двумя источниками составил 24 у.е., что говорит о небольшом уровне сходства.

Таблица 11. Макрозообентос термального источника Алгинский.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=18,0 °С		Станция № 2, t=17,0 °С	
	N	B	N	B
Oligochaeta	<u>95</u> 9,5	<u>0,14</u> 4,3	<u>238</u> 3,6	<u>0,24</u> 0,7
Amphipoda	<u>476</u> 47,6	<u>2,38</u> 73,7	<u>5524</u> 83,5	<u>30,90</u> 95,2
Odonata	<u>48</u> 4,8	<u>0,14</u> 4,3	–	–
Hemiptera	<u>48</u> 4,8	<u>0,09</u> 2,8	–	–
Gastropoda	<u>333</u> 33,3	<u>0,48</u> 14,9	<u>857</u> 12,9	<u>1,33</u> 4,1
Всего	<u>1000</u> 100	<u>3,23</u> 100	<u>6619</u> 100	<u>32,47</u> 100

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м², под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м², под чертой – в % от общей.
– виды данной таксономической группы обнаружены не были.

Источник *Верхняя Заимка* (1). Макрозообентос источника представлен 6 семействами и 8 видами макробеспозвоночных животных (см. главу 4).

В источнике на второй станции амфиподы вида *Gmelinoides fasciatus* встречены единично (табл. 12). Следует отметить единичное присутствие на

второй станции личинок реликтового вида стрекоз *Orithetrum albistylum* (табл. 12). Численность стрекоз на второй станции составила – 59,0 экз./м², биомасса – 8,41 г/м². В качественном сборе представлены также водяные клопы *Nepa cinerea* L.

Вблизи места основного излияния, при наиболее высоких температурах воды макрозообентос представлен только брюхоногими моллюсками из семейств Bithyniidae, Valvatidae и Planorbidae. В зоне охлаждения вод гастроподы лишь немного уступают амфиподам по биомассе (табл. 12). Здесь присутствуют моллюски из группы видов *Cincinna aliena* (Westerlund) (сем. Valvatidae), появляются представители сем. Lymnaeidae – молодые особи прудовиков *Radix* sp. На первой станции наибольшая численность и биомасса принадлежит моллюскам двух видов: *Cincinna aliena* (411,7 экз./м², 4,53 г/м²) и *Gyraulus* sp. (411,7 экз./м², 4,53 г/м²).

Таблица 12. Макрозообентос источника Верхняя Заимка.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=25,0 °C		Станция № 2, t=12,0 °C	
	N	B	N	B
Gastropoda	<u>1235</u> 100	<u>13,59</u> 100	<u>294</u> 15,2	<u>8,94</u> 31,0
Amphipoda	–	–	<u>1588</u> 81,8	<u>11,53</u> 39,9
Odonata	–	–	<u>59</u> 3,0	<u>8,41</u> 29,1
Всего	<u>1235</u> 100	<u>13,59</u> 100	<u>1941</u> 100	<u>28,88</u> 100

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей. Описание станций: 1 – лужа возле основного излияния, глубина 7–8 см, БВМ, грунт – мелкая галька, песок; 2 – начало заводи р. Верхняя Ангара, разлив остывающей термальной воды, в 13 м от берега, глубина 14 см, грунт – песчаный ил.

– виды данной таксономической группы обнаружены не были.

В источнике Верхняя Заимка доминантами по численности (1588,0 экз./м²) и биомассе (22,53 г/м²) являются гастроподы; субдоминантами по численности (1529,0 экз./м²) – гастроподы, по биомассе – амфиподы (11,53 г/м²). Таким образом, в источнике Верхняя Заимка выявлен гастроподно-амфиподный тип сообщества зообентоса (табл. 13).

Таблица 13. Численность (экз./м²), биомасса (г/м²), число видов, доминирующих видов, а также индексы биоразнообразия сообществ зообентоса (кластера I) термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины в марте 2016 и 2020 г.

Характеристики	Кластер I(N)			
	Верхняя Заимка	Хакусский	Алгинский	Золотой Ключ
Доминирующие виды	<i>Gmelinoides fasciatus</i> , <i>Boreoelona contortrix</i> , <i>Cincinna sibirica</i> , <i>Gyraulus</i> sp.	<i>Tubifex tubifex</i> , <i>Odontomyia argentata</i> , <i>Orthetrum albistylum</i> , <i>Gyraulus</i> sp.	<i>Gammarus lacustris</i> , <i>Gyraulus</i> gr. <i>acronicus</i>	<i>Tubifex tubifex</i> , <i>Rhyacodrilus</i> sp., <i>Ablabesmyia</i> gr. <i>lentiginosa</i> , <i>Radix</i> gr. <i>balthica</i>
<u>Средняя N, тыс. экз./м²</u> min-max-mediana	<u>158,8</u> 29,4–794–102,93	<u>185,3</u> 14,7–606,63–134,29	<u>561,8</u> 23,8–3000–95,25	<u>519,9</u> 15,86–3095,23–103,17
Количество видов	8	10	7	12
Характеристики	Кластер I(B)			
	Верхняя Заимка	Хакусский	Алгинский	Золотой Ключ
Доминирующие виды	<i>Boreoelona contortrix</i> , <i>Cincinna sibirica</i> , <i>Gyraulus</i> sp., <i>Gmelinoides fasciatus</i>	<i>Lymnaea thermobaicalica</i> , <i>L. hakusyensis</i> , <i>Gyraulus</i> sp., <i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Gammarus lacustris</i> , <i>Gyraulus</i> gr. <i>acronicus</i>	<i>Radix</i> gr. <i>balthica</i> , <i>Erpobdella octoculata</i>
<u>Средняя B, тыс. экз./м²</u> min-max-mediana	<u>5,31</u> 1,59–11,53–4,53	<u>7,73</u> 0,06–30,65–2,33	<u>5,28</u> 0,05–3,28–0,19	<u>4,97</u> 0,12–33,29–1,19
<u>Индекс Shannon</u> min-max-mediana	<u>1,28</u> 1,23–1,33–1,28	<u>0,56</u> 0,02–1,48–0,38	<u>0,72</u> 0,38–1,06–0,72	<u>0,75</u> 0,52–0,94–0,78
<u>Индекс Pielou</u> min-max-mediana	<u>0,90</u> 0,86–0,94–0,90	<u>0,54</u> 0,35–0,69–0,56	<u>0,44</u> 0,29–0,58–0,44	<u>0,62</u> 0,29–0,84–0,72
<u>Simpson 1-D</u> min-max-mediana	<u>0,71</u> 0,69–0,72–0,71	<u>0,30</u> 0–0,70–0,24	<u>0,35</u> 0,16–0,53–0,35	<u>0,43</u> 0,34–0,48–0,48
Количество видов	8	10	7	12

Кластер II. В эту группу вошли термальные источники Баргузинской долины (Умхейский-1, Аллинский-1, Сеюйский, Умхейский-2, Аллинский_2, Гаргинский, Толстихинский и Гусихинский) (рис. 46). Выделенные кластерным анализом источники, находятся на достаточно удаленном расстоянии друг от друга (см. рис. 46). Важно отметить то, что их однородность выше, по сравнению с первым кластером. Химический состав воды в источниках очень схожий. Состав воды источников Баргузинской долины – сульфатно-натриевый тип, с присутствием в некоторых источниках гидрокарбонатов и кальция. Также в этих источниках одинаковая реакция среды – щелочная и обнаружены бактериально-водорослевые маты (см. табл. 3, главу 3).

Источник *Аллинский-17* (4) и *Аллинский-20* (7). Фауна источника за два года исследований представлена 2 семействами и двумя видами: *Bezzia* sp. и *Odontomyia tigrina*. Этот источник находится в одной группе (рис. 46), поскольку он был обследован в два разных периода (март 2017 и март 2020 г.) (см. главу 3, табл. 3). Для проб из этих источников зарегистрировано самое близкое расстояние (уровень сходства 8 у.е.) (рис. 46).

При нашем посещении Аллинских источников 21 марта 2017 г. мы отметили, что первоначальный облик «горячей протоки» практически восстановился. Серия излияний с максимальной температурой до 75 °С формирует протоку остывающей воды, обильно покрытую толстыми многослойными бактериально-водорослевыми матами, протонемой мхов.

Глубина до мягкого грунта (мелкий песок, песчанистый ил) в месте отбора проб составляла 5 см, до нижележащих валунов – 14 см; температура – 23°C. Однако в составе фауны были встречены только личинки *Bezzia* sp. (сем. Seratorogonidae) (табл. 14). Численность и биомасса этого вида на первой станции достигали 1882,0 экз./м² и 1,41 г/м², на второй станции зарегистрированы наибольшая численность и биомасса – 3823,0 экз./м² и 2,06 г/м². Вероятно, их фаунистическое разнообразие до конца не выявлено из-за очень короткого периода отбора проб, не позволившего провести их более детальное

обследование. По имеющимся материалам, фауна источника Аллинский-17 представлена только личинками мокрецов (табл. 14).

Таблица 14. Макрозообентос источника Аллинский-17.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=20,0 °C		Станция № 2, t=23,0 °C	
	N	B	N	B
Ceratopogonidae	<u>1882</u> 100	<u>1,41</u> 100	<u>3823</u> 100	<u>2,06</u> 100
Всего	<u>1882</u> 100	<u>1,41</u> 100	<u>3823</u> 100	<u>2,06</u> 100

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

Макрозообентос источника Аллинский-20 (табл. 15), по исследованиям в марте 2020 г. представлен личинками мокрецов – *Bezzia* sp. (сем. Ceratopogonidae) и личинками мух-львинок – *Odontomyia tigrina* (сем. Stratiomyidae). Наибольшая численность *Bezzia* sp. отмечена на второй станции и составила – 2905,0 экз./м². Наибольшая биомасса – 33,30 г/м² зарегистрирована на первой станции.

Личинки мух-львинок в источнике на второй станции представлены единично (табл. 15). Таким образом, источник Аллинский, в 2017 и 2020 г. представлен цератопогонидно-стратиомиидным типом сообщества зообентоса. Однако в оба периода исследований в качестве доминантов в источнике отмечены личинки мокрецов.

Таблица 15. Макрозообентос источника Аллинский-20.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=12,0 °C		Станция № 2, t=15,0 °C	
	N	B	N	B
Ceratopogonidae	<u>714</u> 100	<u>33,30</u> 100	<u>2905</u> 98,4	<u>1,43</u> 81,2
Stratiomyidae	–	–	<u>48</u> 1,6	<u>0,33</u> 18,8
Всего	<u>714</u> 100	<u>33,3</u> 100	<u>2953</u> 100	<u>1,76</u> 100

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

– виды данной таксономической группы обнаружены не были.

Источник Толстихинский (10). Макрозообентос источника представлен 3 семействами и 4 видами. Наибольшая численность личинок хирономид *Tanytarsus* sp. зарегистрирована на первой станции при температуре воды 17 °С (табл. 16). Наибольшая биомасса отмечена на той же станции – 0,48 г/м². Хирономиды на обеих исследованных станциях являлись доминантами, составляя общую численность (714,0 экз./м²) и биомассу (0,62 г/м²). Моллюски и пиявки в источнике встречены единично (табл. 16). Численность пиявок двух видов (*Protoclepsis maculosa* и *Hemiclepsis marginata*) на второй станции составляла – 48,0 экз./м². Биомасса вида *P. maculosa* составляла – 1,95 г/м², вида *H. marginata* – 2,00 г/м². Брюхоногие моллюски вида *Cincinna aliena* в источнике встречены единично, на первой станции (табл. 16). Моллюски выступают субдоминантами по биомассе (табл. 16). Таким образом, в источнике Толстихинский представлен гирудинно-гастроподный тип сообщества.

Таблица 16. Макрозообентос источника Толстихинский.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=17,0 °С		Станция № 2, t=21,0 °С	
	N	B	N	B
Hirudinea	–	–	$\frac{95}{28,5}$	$\frac{3,95}{96,6}$
Chironomidae	$\frac{476}{90,8}$	$\frac{0,48}{22,3}$	$\frac{238}{71,5}$	$\frac{0,14}{3,4}$
Gastropoda	$\frac{48}{9,2}$	$\frac{1,67}{77,7}$	–	–
Всего	$\frac{524}{100}$	$\frac{2,15}{100}$	$\frac{333}{100}$	$\frac{4,09}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

Источник Умхейский-17 (3) и Умхейский-20 (6). Макрозообентос в источнике представлен 4 семействами и 4 видами. Этот источник также находится в одной группе кластера, так как был исследован в два разных периода (в марте 2017 г. и марте 2020 г.) (см. главу 3, табл. 3).

Основная часть термальных вод поступает в горячее озеро с температурой у кромки берега 29–30 °С. Здесь в качественных сборах в марте 2017 г. обнаружены личинки стрекоз *Orthetrum albistylum*.

Несколько тёплых ключей изливаются на левом берегу р. Баргузин, напротив острова, где находятся основные их выходы. Температура одного из них в истоке составляла 37 °С, а в месте отбора пробы (23.03.2017) – 20 °С. В составе сообщества ярко выраженным доминантом и по биомассе, и по численности оказались личинки хирономид. Численность двух видов хирономид (*Procladius* sp. и *Ablabesmyia* gr. *lentiginosa*) составляла – по 59,0 экз./м², биомасса – по 0,06 г/м² (табл. 17).

Таблица 17. Макрозообентос источника Умхейский-17.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=8,8 °С	
	N	B
Chironomidae	$\frac{118}{100}$	$\frac{0,12}{100}$
Всего	$\frac{118}{100}$	$\frac{0,12}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

В 2020 г. в этом же источнике личинки водолюбов встречены единично, на второй станции (табл. 18). Брюхоногие моллюски вида *Gyraulus* sp., обнаружены на первой станции (вблизи горячего Умхейского озера) (табл. 18). По численности и биомассе доминировали личинки мокрецов, а субдоминантами являлись жуки-водолюбы.

Следовательно, фауна Умхейского источника за два года исследований представлена двумя резко отличающимися типами сообществ: хирономидным и цератопогонидно-колеоптероидным. Это может быть связано с многолетними циклами в численности и биомассе макробеспозвоночных, с химическим составом воды в источниках, а также с биологией видов и внешними факторами среды.

Таблица 18. Макрозообентос источника Умхейский-20.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=31,0 °С		Станция № 2, t=31,0 °С	
	N	B	N	B
Ceratopogonidae	$\frac{476}{71,5}$	$\frac{2,38}{86,2}$	$\frac{381}{88,8}$	$\frac{1,43}{76,9}$
Coleoptera	–	–	$\frac{48}{11,2}$	$\frac{0,43}{23,1}$
Gastropoda	$\frac{190}{28,5}$	$\frac{0,38}{13,8}$	–	–
Всего	$\frac{666}{100}$	$\frac{2,76}{100}$	$\frac{429}{100}$	$\frac{1,86}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

Источники Гусихинский (11) и Сеюйский (5).

Фауна источника *Гусихинский* представлена одним семейством и одним видом. В Гусихинском источнике, явно из-за небольшого количества взятых проб (одна количественная проба), обнаружены только олигохеты. Численность и биомасса вида *Tubifex tubifex* составляла 238,1 экз./м² и 0,19 г/м². Таким образом, в источнике выявлен олигохетный тип сообщества.

Макробеспозвоночные в горячем *Сеюйском* озере отсутствуют. В ручье при температуре 22 °С макрозообентос представлен 3 семействами и 3 видами. Олигохеты в источнике обнаружены единично, на второй станции (табл. 19). Личинки стрекоз *Orthetrum albistylum* найдены на всех обследованных станциях. Максимальная численность *O. albistylum* отмечена на второй станции, где грунты представлены детритом, и составляла – 235,0 экз./м²; наибольшая биомасса зарегистрирована на третьей станции, где грунты представлены черным детритом, и составляла – 30,30 г/м². Личинки мокрецов двух видов: *Bezzia* sp., *Culicoides* sp. в источнике обнаружены на двух станциях. Наибольшая численность (235,0 экз./м²) мокрецов на третьей станции принадлежала виду *Bezzia* sp. Численность личинок вида *Culicoides* sp. на первой станции составляла – 59,0 экз./м². Биомасса личинок мокрецов двух видов составляла – 0,12 г/м². В ручье сформировано одонатоидное сообщество: личинки стрекоз абсолютно доминируют по

численности и биомассе; личинки мокрецов субдоминируют по численности и биомассе (табл. 19).

Таблица 19. Макрозообентос источника Сеюйский.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=22,0 °C		Станция № 2, t=22,0 °C		Станция № 3, t=25,0 °C	
	N	B	N	B	N	B
Oligochaeta	–	–	$\frac{59}{20,1}$	$\frac{0,06}{0,3}$	–	–
Odonata	$\frac{59}{50,0}$	$\frac{1,00}{94,3}$	$\frac{235}{79,9}$	$\frac{21,50}{99,7}$	$\frac{176}{42,8}$	$\frac{30,30}{99,8}$
Ceratopogonidae	$\frac{59}{50,0}$	$\frac{0,06}{5,7}$	–	–	$\frac{235}{57,2}$	$\frac{0,06}{0,2}$
Всего	$\frac{118}{100}$	$\frac{1,06}{100}$	$\frac{294}{100}$	$\frac{21,56}{100}$	$\frac{411}{100}$	$\frac{30,36}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

В целом, во всем термальном поле Сеюйского источника доминантами по численности и биомассе являлись личинки стрекоз, субдоминантами личинки мокрецов. В источнике выявлен – одонатоидно-цератопогонидный тип сообщества.

Источник *Гаргинский* (8). На всех исследованных станциях макрозообентос источника представлен 2 семействами и двумя видами. Численность личинок стрекоз на обеих станциях была одинаковой и составляла 95,0 экз./м². На первой станции в этом источнике отмечена наибольшая биомасса – 1,76 г/м². Доминирующей группой по численности (2190,5 экз./м²) являются личинки хирономид – *Paratendipes* sp., по биомассе (2,05 г/м²) – личинки стрекоз *Orthetrum albistylum*, обнаруженными на двух станциях в источнике (табл. 20). Субдоминируют по численности (190,4 экз./м²) личинки стрекоз, по биомассе (0,52 г/м²) – личинки хирономид. Таким образом, в источнике Гаргинский выявлен одонатоидно-хирономидный тип сообщества зообентоса (табл. 20).

Таблица 20. Макрозообентос источника Гаргинский.

Таксономическая группа	Станция № 1, t=28,0 °С		Станция № 3, t=21,0 °С	
	N	B	N	B
Odonata	$\frac{95}{4,2}$	$\frac{1,76}{77,2}$	$\frac{95}{100}$	$\frac{0,29}{100}$
Chironomidae	$\frac{2190}{95,8}$	$\frac{0,52}{22,8}$	–	–
Всего	$\frac{2285}{100}$	$\frac{2,28}{100}$	$\frac{95}{100}$	$\frac{0,29}{100}$

Примечание: N – численность, над чертой – экз./м²; под чертой – в % от общей; B – биомасса, над чертой – г/м²; под чертой – в % от общей.

Таким образом, термальные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины вошедших в первый и второй кластер, характеризуются схожими гидрохимическими параметрами, а также таксономическим составом фауны. Грунты на всех четырех термальных источниках в большинстве – галечно-песчанистые, практически на всех станциях обнаружены бактериально-водорослевые маты. 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). Во всех термоминеральных источниках отмечено 10 типов сообществ макрозообентоса: гастроподно-амфиподный, амфиподно-гастроподный, гастроподно-гирудинный, гастроподно-одонатоидный, хирономидный, олигохетный, одонатоидно-хирономидный, одонатоидно-цератопогонидный, цератопогонидно-колеоптероидный и цератопогонидно-стратиомиидный.

Индексы биологического разнообразия термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины. Индексы оценивали по показателям биомассы.

Индекс Шеннона-Уивера (H). Значения индекса Шеннона-Уивера (H) во всех водотоках проявляют положительную корреляцию с видовым богатством. Наименьшее значение индекса Шеннона-Уивера (0,12 бит./экз) с наименьшим количеством видов макробеспозвоночных отмечено в Аллинском источнике

(табл. 16). Наибольшее значение индекса (1,28 бит./экз) отмечено в источнике Верхняя Заимка (табл. 13). В источнике Верхняя Заимка 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) (табл. 21).

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 (табл. 13).

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

Таблица 21. Численность (экз./м²), биомасса (г/м²), число видов, доминирующих видов, а также индексы биоразнообразия сообществ зообентоса (кластера II) термальных источников Северного Прибайкалья и Баргузинской долины в марте 2017 и 2020 г.

Характеристики	Кластер II (N)					
	Умхейский	Аллинский	Сеюйский	Гаргинский	Толстихинский	Гусихинский
Доминирующие виды	<i>Culicoides</i> sp., <i>Gyraulus</i> sp.	<i>Bezzia</i> sp., <i>Odontomyia tigrina</i>	<i>Orthetrum albistylum</i> , <i>Bezzia</i> sp.	<i>Paratendipes</i> sp.	<i>Tanytarsus</i> sp.	<i>Tubifex tubifex</i>
<u>Средняя N, тыс. экз./м²</u> min-max-mediana	<u>137,86</u> 15,87–344,50–61,15	<u>2349,08</u> 23,80–4686,25–2343,13	<u>74,51</u> 19,60–156,87–78,43	<u>507,93</u> 63,47–730,17–730,17	<u>157,14</u> 23,80–357,15–23,80	238,1
Количество видов	4	2	3	2	4	1
Характеристики	Кластер II (B)					
	Умхейский	Аллинский	Сеюйский	Гаргинский	Толстихинский	Гусихинский
Доминирующие виды	<i>Ablabesmyia gr.</i> <i>lentiginosa</i> , <i>Procladius</i> sp., <i>Culicoides</i> sp., <i>Gyraulus</i> sp., <i>Orthetrum albistylum</i>	<i>Bezzia</i> sp., <i>Odontomyia tigrina</i>	<i>Orthetrum albistylum</i> , <i>Bezzia</i> sp.	<i>Orthetrum albistylum</i> , <i>Paratendipes</i> sp.	<i>Protoclepsis maculosa</i> , <i>Hemiclepsis marginata</i> , <i>Cincinna aliena</i>	<i>Tubifex tubifex</i>
<u>Средняя B, тыс. экз./м²</u> min-max-mediana	<u>0,49</u> 0,06–1,33–0,13=4	<u>9,67</u> 0,17–19,27–0,06	<u>3,54</u> 0,02–17,6–0,02	<u>0,34</u> 0,17–0,68–0,17	<u>0,69</u> 0,31–1–0,84	0,19
<u>Индекс Shannon</u> min-max-mediana	<u>0,54</u> 0,40–0,69–0,54	<u>0,12</u> 0–0,48–0	<u>0,08</u> 0,01–0,22–0,02	<u>0,27</u> 0–0,54–0,27	<u>0,67</u> 0,53–0,82–0,67	–
<u>Индекс Pielou</u> min-max-mediana	<u>0,87</u> 0,75–1,00–0,86	<u>0,95</u> 0,81–1,00–1,00	<u>0,55</u> 0,51–0,62–0,51	<u>0,93</u> 0,86–1,00–0,93	<u>0,80</u> 0,76–0,85–0,80	1
<u>Simpson 1-D</u> min-max-mediana	<u>0,36</u> 0,24–0,50–0,36	<u>0,08</u> 0–0,30–0	<u>0,04</u> 0,1–0,22–0,1	<u>0,18</u> 0–0,35–0,18	<u>0,44</u> 0,35–0,53–0,44	–
Количество видов	4	2	3	2	4	1

постоянную в течение года температуру 4–5 °С. При сравнении с холодным источником Университетский биомасса горячих источников выше на порядок.

Таким образом, 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 (см. табл. 22).

Таблица 22. Типы выявленных бентосных сообществ малых водотоков Байкальского региона.

№	Название водотока		Тип бентосного сообщества
	<i>Горные водотоки хребта Хамар-Дабан</i>		
1.	Ручей Травянистый	верхнее течение	Олигохетно-турбеллярный
		среднее течение	Амфиподно-турбеллярный
		нижнее течение	Турбеллярно-олигохетный
2.	Река Семиречка	ср. течение	Амфиподно-турбеллярный
		нижнее течение	Психодидно-хириноmidный
3.	руч. Безымянный-1 (нижнее течение)		Олигохетно-педициидный
4.	руч. Безымянный-2 (нижнее течение)		Амфиподно-трихоптероидный
5.	р. Ширингаиха (нижнее течение)		Амфиподно-гастроподный
6.	р. Шанхаиха (нижнее течение)		Амфиподно-хириноmidный
7.	<i>Родник Университетский</i>		Олигохетно-хириноmidный
<i>Термоминеральные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины</i>			
8.	Золотой ключ		Гастроподно-гирудинный
9.	Хакусы		Гастроподно-одонатоидный
10.	Алгинский		Амфиподно-гастроподный
11.	Гусихинский		Олигохетный
12.	Сеюйский		Одонатоидно-цератопогонидный
13.	Аллинский		Цератопогонидно-стратиомидный
14.	Верхняя Заимка		Гастроподно-амфиподный
15.	Гаргинский		Одонатоидно-хириноmidный
16.	Толстихинский		Гирудинно-гастроподный
17.	Умхейский		Хириноmidный, Цератопогонидно-колеоптероидный

В малых водотоках Байкальского региона представлены различные типы сообществ зообентоса. В термальных источниках и горных водотоках северного макросклона хребта Хамар-Дабан нами обнаружены уникальные 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* Sabussov 1903 (класс: Turbellaria); *Mesenchytraeus* sp. (класс: Oligochaeta); *Gammarus dabanus* Tachteew & Mekhanikova, 2000 (класс: Malacostraca); *Ephemerella aurivillii* Bengtsson, 1908, *Rhyacophila sibirica* McLachlan, 1879, *Ecclisomyia digitata* Martynov, 1929, *Bezzia* sp., *Eloeophila* sp., *Chelifera* sp., *Szaboiella* sp., *Dicranota (D.)* sp., *Beris* sp. (класс: Insecta). 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. Несмотря на разнотипность этих термоминеральных источников, мы отметили 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).

В перспективе необходимо дальнейшее изучение макрозообентоса малых рек и ручьев, холодных, термальных и минеральных источников Байкальского региона. В частности, зообентоса горных водотоков Хамар-Дабана на всем протяжении хребта, от границы его с Восточным Саяном до окончания у долины р. Селенги. Исследованные нами малые водные экосистемы отличаются своеобразием природно-климатических условий, поэтому не исключено, что это

исследование позволит выявить другие эндемичные и реликтовые виды гидробионтов, а также оригинальные по структуре типы донных сообществ.

Фауна макрзообентоса 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. Шанхаиха) 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 (горные водотоки, родники и

термоминеральные источники) преобладают голарктические и палеарктические виды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 239 с.
2. Абашеев, Р. Ю. Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов / Р. Ю. Абашеев, М. Г. Азовский, С. С. Алексеев [и др.] – 3-е изд., перераб. и доп. (отв. ред. Н. М. Пронин). – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – 688 с.
3. Акиншина, Т. В. Зообентос притоков Южного Байкала / Т. В. Акиншина, Л. С. Кравцова, К. В. Варыханова, Н. А. Рожкова // – Иркутск, 1988. – 18 с.
4. Алимов, А. Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А. Ф. Алимов. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
5. Алексеева, Е. Е. Виды, нуждающиеся в особой охране. Насекомые / Е. Е. Алексеева // Уникальные объекты живой природы бассейна Байкала. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 68–76.
6. Амбросова, Е. В. Таксономическая структура и сезонная динамика макрозообентоса в незамерзающем источнике на окраине г. Иркутска / Е. В. Амбросова // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Сб. тез. докл. Междунар. конф. – 2006. – 5 с.
7. Аникина М. А. Степень изученности хирономид рода *Procladius* Skuse, 1889 (Diptera, Chironomidae) / М. А. Аникина // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2007. – № 6. – С. 46–53.
8. Андрианова, А. Н. Оценка экологического состояния малой горной реки по структуре сообществ донных беспозвоночных // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Реки Сибири и Дальнего Востока». – Иркутск: ИРОО «Байкальская экологическая волна», 2013. – С. 81–85.
9. Андрианова, А. Н. Биотические индексы и метрики в оценке качества воды малых рек на территории природного парка «Ергаки» (юг Красноярского

края) / А. Н. Андрианова // Сибирский экологический журнал. – 2015. – № 3. – С. 439–451.

10. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. О. А. Тимошкин, Т. Я. Ситникова, О. Т. Русинек и др. – Новосибирск: Наука, 2001. – Т. 1: Озеро Байкал, кн. 1. – 832 с.

11. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. Тимошкин О. А., Ситникова Т. Я., Русинек О. Т. [и др.] – Новосибирск: Наука, 2004. – Т. 1: Озеро Байкал, кн. 2. – 1679 с.

12. Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна / ред. Тимошкин О. А., Провиз В. И., Ситникова Т. Я. [и др.] – Новосибирск: Наука, 2009. – Т. 2: Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии, кн. 1. – 980 с.

13. Аубакиров, М. Ж. Насекомые – переносчики трансмиссивных болезней и меры борьбы с ними: учебно–методическое пособие / М. Ж. Аубакиров, Е. Н. Еренко. – Костанай. : КРУ им. Байтурсынова, 2022. – 65 с.

14. Ахроров, Ф. Донная фауна водоемов Памира: Биология, экология, продукция и генезис : дис. ... докт. биол. наук: 03.00.08 / Фируз Ахроров – Душанбе, 2001. – 298 с.

15. Базова, Н. В. Многолетние исследования зообентоса реки Селенги в подледный период на российской территории (Республика Бурятия) / Н. В. Базова, А. В. Базов // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. – Владивосток, 2011. – Вып. 5. – С. 25–34.

16. Базов, А. В. Селенгинская популяция байкальского омуля: прошлое, настоящее, будущее / А. В. Базов, Н. В. Базова. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2016. – 352 с.

17. Базикалова, А. Я. Систематика, экология и распространение родов *Micruropus* Stebbing и *Pseudomicruropus* nov. gen. (Amphipoda, Gammaridae) / А. Я. Базикалова // Систематика и экология ракообразных Байкала // Тр. Лимнолог. ин-та. – 1962. – Т. 2 (22), Ч. 1. – С. 3–140.

18. Баранов, В. В. Материалы по фауне мух-львинок Ульяновской области (Diptera, Stratiomyidae) / В. В. Баранов // Природа Сибирского Поволжья. – 2002. – Вып. 2. – С. 128–135.
19. Батурина Н. С. Сообщества донных беспозвоночных водотоков Северного Алтая и Западного Саяна : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск : Новосиб. нац. иссл. ун-т, 2015. – 20 с.
20. Безматерных, Д. М. Зообентос равнинных притоков Верхней Оби : монография / Д. М. Безматерных ; отв. ред. В.В. Кириллов. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2008. – 186 с
21. Бекман, М. Ю. Количественная характеристика бентоса / М. Ю. Бекман // Тр. Лимнол. ин-та. Амфиподы. Экология Южного Байкала. 1983. – Т. 12 (32). – С. 128–143.
22. Бекман, М. Ю. Биология *Gammarus lacustris* Sars в Прибайкальских озерах / М. Ю. Бекман // Тр. Байкал. Лимнолог. ст. – 1954. – Т. 14. – С. 263–311.
23. Бекман, М. Ю. Экология и продукция *Micruropus possolskii* Sow. и *Gmelinoides fasciatus* Stebb. / М. Ю. Бекман // Систематика и экология ракообразных Байкала. Тр. Лимнолог. ин-та СО АН СССР. – 1962. – Т. 2 (22), Ч. 1. – С. 141–155.
24. Белов, А. В. Картографическое изучение биоты / А. В. Белов, В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск : Изд-во Облмашинформ, 2002. – 160 с.
25. Биота Витимского заповедника: структура биоты водных экосистем / А. Н. Матвеев, В. П. Самусенок, Н. А. Рожкова [и др.] – Новосибирск : Гео, 2006. – 256 с.
26. Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны / В. В. Тахтеев, Е. А. Судакова, А. Н. Матвеев [и др.] // Отв. ред. А. С. Плешанов. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 231 с.
27. Бирштейн, Я. А. Пещерные бокоплавы Абхазии с замечаниями о закавказских представителях рода *Niphargus* // Сборник трудов государственного зоологического музея МГУ. – 1941. – Т. 6. – С. 259–272.

28. Бирштейн, Я. А. Генезис пресноводной, пещерной и глубоководной фаун / Я. А. Бирштейн // – М. : Наука, 1985. – 247 с.
29. Боголюбов, А. С. Компьютерный определитель пресноводных беспозвоночных России / А. С. Боголюбов, М. В. Кравченко //– М. : "Экосистема", 2018.
30. Болотов, И. Н. Зообентос и поселения водных моллюсков в зимний период / И. Н. Болотов, Ю. В. Беспалая, О. В. Усачева // Функционирование субарктической гидротермальной экосистемы в зимний период: монография. – Екатеринбург : УрО РАН, 2011. – С. 193– 217.
31. Болотов, И. Н. Экология и эволюция гидробионтов в горячих источниках Субарктики и Арктики: формирование аналогичных сообществ, адаптации видов и микроэволюционные процессы / И. Н. Болотов, Ю. В. Беспалая, О. В. Усачёва // Успехи современной биологии. – 2012. – Т. 132, № 1. – С. 77–86.
32. Борисов, С. Н. Стрекозы (Odonata) термальных источников Баргузинской впадины Байкальской рифтовой зоны / С. Н. Борисов // Зоологический журнал. – 2015. – Т. 94, № 12. – С. 1400–1407.
33. Бочка, А. Б. Водоросли водоемов Баргузинского биосферного государственного природного заповедника (Россия) : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.01 / Алла Борисовна Бочка. – Киев, 1995. – 18 с.
34. Брянская, А. В. Биохимические процессы в альгобактериальных матах щелочного термального Уринского источника / А. В. Брянская, З. Б. Намсараев, О. М. Калашникова // Микробиология. – 2006. – № 75. – С. 1–10.
35. Верещагин, Г. Ю. К познанию водоёмов расположенных у берегов Байкала / Г. Ю. Верещагин // Труды Комиссии по изучению озера Байкала. – 1918. – Т. 1, Вып. 1. – С. 55–104.
36. Рылов, В. М. Деятели советской гидробиологии / В. М. Рылов, Г. Ю. Верещагин, А. Л. Бенинг // Из истории гидробиологии в XX веке. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1963. – 87 с.

37. Винберг, Г. Г. Первичная продукция водоемов / Г. Г. Винберг // Минск : Изд-во АН БССР, 1960. – 329 с.
38. Галимзянова А. В. Таксономическая структура и сезонная динамика сообщества зообентоса Олхинского незамерзающего источника (Южное Прибайкалье) / А. В. Галимзянова, В. В. Тахтеев, Г. Л. Окунева // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Матер. III Всерос. науч. конф. / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола; Пушкино, 2008. – С. 127–129.
39. Голышкина, Р. А. Поденки (Ephemeroptera) реки Ангары и Иркутского водохранилища / Р. А. Голышкина // Известия Биол-Геогр. НИИ при ИГУ. – 1967. – Т. 20. – С. 34–64.
40. Голышкина, Р. А. Моллюски (Mollusca) реки Ангары // Изв. Биол.-геогр. науч.-исследовать. ин-та при ИГУ. – 1967. – Т. 20. – С. 65–94.
41. Голышкина, Р. А. Зообентос реки Ангары : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.00 / Раиса Алексеева Голышкина – Иркутск : Изд-во ИГУ, 1969. – 310 с.
42. Городков, К. Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон Европейской части СССР. Ареалы насекомых Европейской части СССР, карты 179–221 / К. Б. Городков // Ленинград, "Наука", 1984. – С. 3–20.
43. Городков К. Б. Типы ареалов двукрылых (Diptera) Сибири. Систематика, зоогеография и кариология двукрылых насекомых (Insecta, Diptera) / К. Б. Городков // СПб. : Зоологический институт РАН, 1992. – 45–56.
44. Державин, А. Н. Подземные бокоплавы Закавказья / А. Н. Державин // Известия Академии наук Азербайджанской ССР. – 1945. – № 8. – С. 27–43.
45. Дублянский, В. Н. Пещеры: межвузовский сборник научных трудов / В. Н. Дублянский. – Пермь: Изд-во Пермского университета, 2004. – Вып. 29–30. – 268 с.
46. Ербаева, Э. А. Материалы к познанию фауны Селенги в пределах Монгольской Народной Республики / Э. А. Ербаева, А. Дашдорж, А. А. Томилов [и др.] // Природные условия и ресурсы Прихубсугулья. Иркутск – Улан-Батор : Изд-во ИГУ, 1977. – С. 125–133.

47. Емельянов А. Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов / А. Ф. Емельянов // Энтомологическое обозрение. – Т. 53, вып. 3. – 1974. – С. 497–522.
48. Еропова, И. О. Роль хирономид в донных биоценозах реки Олха Иркутской области / И. О. Еропова, П. А. Хромова, Н. В. Шибанова [и др.] // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана : сборник статей. – Борок : Ин-т биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, 2014. – Т. 2. – С. 136–138.
49. Еропова, И. О. О неравномерности структуры макрозообентоса малых горных водотоков (на примере родникового ручья Травянистый, хребет Хамар-Дабан) / И. О. Еропова, В. В. Тахтеев, Н. А. Рожкова [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия “Биология. Экология”. – 2019. – Т. 29. – С. 15–23. doi: 10.26516/2073-3372.2019.29.15.
50. Жадин, В. И. Моллюски горных водоемов Байкальского хребта / В. И. Жадин // Труды Байкальской Лимнологической станции АН СССР, 1937. – Т. 7. – С. 97–100.
51. Жадин, В. И. Жизнь в реках // Жизнь пресных вод СССР. Т. 3. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1950. – С. 113–256.
52. Жадин, В. И. Методы гидробиологического исследования / В. И. Жадин // М. : Высшая школа, 1960. – 190 с.
53. Живая природа Байкала: учебное пособие / Под ред. В.Г. Шиленкова. Иркутск: Изд-во ИГУ, 2002. – 204 с.
54. Заика, В. В. Реофильный бентос малых рек хребта Восточный Танну-Ола – Южная Тува / Биологические аспекты рационального использования и охраны водоемов Сибири // В. В. Заика / Под ред. В.И. Романова. – Томск: «Лито-Принт», 2007. – С. 119–126.
55. Зайцева, С. В. Структурно-функциональная характеристика микробного сообщества термального щелочного источника Сеюя (Северное Прибайкалье) / С. В. Зайцева, Л. П. Козырева, А. В. Брянская // Сиб. экол. журнал. – 2007. – № 1. – С. 83–93.

56. Зуева, Н. В. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах: учебное пособие / Н. В. Зуева, Д. К. Алексеев, А. Ю. Куличенко [и др.]. – СПб. : РГГМУ, 2019. – 140 с.

57. Ивановский, А. А. Типы сообществ макрозообентоса в родниках Пензенской области / А. А. Ивановский // Вестн. Моск. госуд. обл. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2010. – № 3. – С. 72–79.

58. Ивановский А. А. Жизненные формы родникового макрозообентоса в пределах лимнокрена и микрореокрена (на примере родников Пензенской области) / А. А. Ивановский // Экология: от Арктики до Антарктики. Матер. конф. мол. ученых, 16–20 апреля 2007 г. Екатеринбург: Академкнига, – 2007. – С. 124–126.

59. Ивановский, А. А. Ассамблеи макрозообентоса в родниках Пензенской области / А. А. Ивановский // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. – 2011. – № 4. – С. 26–30.

60. Ивичева, К. С. Зообентос притоков Верхней Сухоны в условиях антропогенного влияния на их водосборы: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.10 / К. С. Ивичева. – СПб, 2019. – 142 с.

61. Исаев, В. А. Экологический и хромосомный анализ мокрецов (Diptera, Seratorogonidae) / В. А. Исаев // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. – 2014. – № 4. – С. 15–22.

62. Калихман, Т. П. Территориальная охрана природы в Байкальском регионе / Т. П. Калихман // Иркутск: Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. – 238 с.

63. Камалтынов, Р. М. Высшие ракообразные (Amphipoda: Gammaroidea) Ангары и Енисея // Аннотированный список фауны озера Байкал и его водосборного бассейна. Т. II: Водоемы и водотоки юга Восточной Сибири и Северной Монголии. – Новосибирск : Наука, 2009. Кн. 1. – С. 297–329.

64. Каплина, Г. С. Зообентос Южного Байкала в районе Утулик-Мурино / Г. С. Каплина // Изв. БГНИИ при ИГУ, 1970. – Т. 23. – Вып. 1. – С. 42–65.

65. Карпунин, А. М. Геологические памятники природы России / А. М. Карпунин, С. В. Мамонов, О. А. Мироненко, А. Р. Соколов. – Санкт-Петербург, 1998. – 200 с.
66. Киселев, И. А. Фитопланктон некоторых горных водоемов Байкальского хребта / И. А. Киселев // Труды Байкальской лимнологической станции АН СССР, 1937. – Т. 7. – С. 53–69.
67. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / С. П. Китаев. – Москва: Наука, 1984. – 207 с.
68. Китаев, С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов / С. П. Китаев. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
69. Кожов, М. М. Пресные воды Восточной Сибири : (бассейн Байкала, Ангары, Витима, верхнего течения Лены и Нижней Тунгуски) / М. М. Кожов // Иркутск : Иркут. обл. гос. изд-во, 1950. – 368 с.
70. Ковешников, М. И. Пространственное распределение зообентоса в водотоках бассейна реки Бия (Алтай) // Биология внутренних вод. – 2010. – № 3. – С. 66–74.
71. Комлев, А. М. Реки Пермской области / А. М. Комлев, Е. А. Черных // Пермь: Перм. кн. изд-во, 1984. – 214 с.
72. Константинов, А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов // – М.: Высш. шк., 1979. – 480 с.
73. Константинов, А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов // М. : Высш. шк., 1986. – 472 с.
74. Коротенко, Г. А. Структура бентосных сообществ предгорных притоков нижнего Амура // Пресноводные экосистемы бассейна реки Амур. – Владивосток : Дальнаука, 2008. – С. 225–239.
75. Кравцова, Л. С. Пространственное распределение хирономид (Diptera, Chironomidae) в условиях оз. Байкал и его притоков / Л. С. Кравцова // Евразийский энтомологический журнал. – 2005. – Т. 4, вып. 1. – С. 81–85.
76. Кравцова Л. С. Макрозообентос субаквальных ландшафтов мелководной зоны Южного Байкала. 2. Структура сообществ

макробеспозвоночных животных / Л. С. Кравцова, Е. Б. Карабанов, Р. М. Камалтынов [и др.] // Зоологический журнал. – 2003. – Т. 82, № 5. – С. 547–557.

77. Крашенинников, А. Б. Предварительные данные по фауне и распространению комаров-звонцов (Diptera, Chironomidae) островов российского сектора Арктики / А. Б. Крашенинников // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2013. – Вып. 1. – С. 32-36.

78. Круглов, Н. Д. Морфология и систематика моллюсков подрода *Radix* рода *Radix* (Gastropoda, Pulmonata, Lymnaeidae) Сибири и Дальнего Востока СССР / Н. Д. Круглов, Я. И. Старобогатов // Зоологический журнал. – 1989. – Т. 68, вып. 5. – С. 17–30.

79. Круглов Н. Д. Аннотированный и иллюстрированный каталог видов семейства Lymnaeidae (Gastropoda Pulmonata Lymnaeiformes) из Палеарктики и прилегающих районов речного стока. Часть 1. Ruthenica / Н. Д. Круглов, Я. И. Старобогатов. – 1993. – Т. 3 – С. 65–92.

80. Круглов Н. Д. Моллюски семейства прудовиков Европы и Северной Азии / Н. Д. Круглов. – Смоленск: Изд-во СГПУ, 2005. – 507 с.

81. Кутикова, Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос). / ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 512 с.

82. Леванидов, В. Я. Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1976. – С. 104–122.

83. Леванидов, В. Я. Биомасса и структура донных биоценозов реки Кедровой / В. Я. Леванидов // Пресноводная фауна заповедника «Кедровая падь». – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. – С. 126–158.

84. Леванидов, В. Я. Экосистемы лососевых рек Дальнего Востока / В. Я. Леванидов // Беспозвоночные животные в экосистемах лососевых рек Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 3–21.

85. Лепнева, С. Г. Личинки и куколки подотряда кольчатощупиковых (*Annulipalpia*) (Фауна СССР. Ручейники) / С. Г. Лепнева // М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1964. Т. 2, вып. 1. – 565 с.
86. Лепнева, С. Г. Личинки и куколки подотряда цельнощупиковых (*Integrupalpia*) (Фауна СССР. Ручейники) / С. Г. Лепнева // М.; Л. : Изд-во АН СССР, 1966. Т. 2, вып. 2. – 564 с.
87. Ливанов, Н. А. Планарии бассейна Телецкого озера и новые данные о некоторых других сибирских видах / Н. А. Ливанов, З. И. Забусова // Труды Казанского об-ва естествоиспытателей. Казань, 1940. – Т. 56, Вып. 3–4. – С. 83–159.
88. Линевич, А. А. Хирономиды Байкала и Прибайкалья / А. А. Линевич. – Новосибирск : Наука, 1981. – 152 с.
89. Линевич, А. А. Хирономиды Байкала и Прибайкалья: *Podonominae*, *Tanyrodinae*, *Diamesinae*, *Prodiamesinae*, *Orthocladinae*: Аннотированный список видов и форм / А. А. Линевич, Е. А. Макаrenchенко, В. Н. Александров // Новосибирск: Наука, 2002. – 136 с.
90. Ломоносов, И. С. Минеральные воды Прибайкалья / И. С. Ломоносов, Ю. И. Кустов, Е. В. Пиннекер. – Иркутск : Вост.- Сиб. кн. изд-во, 1977. – 223 с.
91. Ломоносов, И. С. Термальные воды Прибайкалья / И. С. Ломоносов, Е. В. Пиннекер // Природа. – 1980. – № 3. – С. 78–85.
92. Лоскутова, О. А. Сообщества зообентоса термальных и холодных карстовых водных экосистем урочища Пымвашор Большеземельской тундры / О. А. Лоскутова, Е. Б. Фефилова, Т. А. Кондратьева, М. А. Батурина // Известия РАН. Серия биологическая. – 2022. – № 4. – С. 427–437.
93. Лукин, Е. И. Пиявки пресных и солоноватых водоемов: фауна СССР. Пиявки. Т. 1. / Е. И. Лукин. – Л. : Изд-во «Наука», Ленингр. отд-ние, 1976. – 484 с.
94. Макаrenchенко Е. А. Предварительные данные по фауне хирономид (*Diptera*, *Chironomidae*) бассейна р. Селенга (Республика Бурятия) и сопредельной территории / Е. А. Макаrenchенко, М. А. Макаrenchенко, Н. В. Базова // Евразийский энтомологический журнал. – 2010. – Т. 9, Вып. 3. – С. 310–318.

95. Марьясов, Е. А. Организация сети охраняемых территорий в окрестностях геотермальных источников северного Прибайкалья / Е. А. Марьясов, М. П. Мошкин, М. П. Мошкина [и др.] // Сохранение биологического разнообразия геотермальных рефугиев Байкальской Сибири: сборник статей. – Иркутск, 2000. – С. 64–66.

96. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология» / О. Ю. Деревенская. – Казань : КФУ, 2015. – 44 с.

97. Методические рекомендации по обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукция. / Под ред. Г. Г. Винберга и Г. М. Лаврентьевой. – Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1984. – 52 с.

98. Механикова, И. В. Морфо-экологические адаптации байкальского бокоплава *Gmelinoides fasciatus* к условиям существования в водоемах различного типа / И. В. Механикова // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. – С. 104–114.

99. Механикова И. В. Морфология *Gammarus dabanus* Tachteew et Mekhanikova, 2000 (Crustacea, Amphipoda, Gammaridea) из горных ручьев хребта Хамар-Дабан (Забайкалье) / И. В. Механикова // Зоология беспозвоночных. – 2009. – 6(1). – С. 21–31.

100. Мисейко, Г. Н. Зооценозы разнотипных водных объектов юга Западной Сибири: Биоразнообразие, биопродуктивность, роль в системе экологического мониторинга. – Барнаул: АзБука, 2003 – 204 с.

101. Монаков, А. В. Питание пресноводных беспозвоночных / А. В. Монаков. – М.: ИПЭЭ РАН, 1998. – 320 с.

102. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение / Э. Мэгарран – М. : Мир, 1992. – 184 с.

103. Намсараев, Б. Б. Геохимическая деятельность микроорганизмов гидротерм Байкальской рифтовой зоны / Б. Б. Намсараев, Д. Д. Бархутова, Э. В. Данилова [и др.] // Новосибирск : Академическое изд-во «Гео», 2011. – 302 с.

104. Нарчук, Э. П. Stratiomyidae. Львинки / Э. П. Нарчук // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 4. Двукрылые насекомые. – СПб: Наука, 2000. – С. 298–306.
105. Нарчук, Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны) / Э. П. Нарчук // Труды Зоологического института РАН. – 2003. – Т. 294. – С. 1–250.
106. Нарчук, Э. П. Особенности распространения мух-львинок (Diptera, Stratiomyidae) в Восточной Европе / Э.П. Нарчук // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88, № 2. – С. 200–208.
107. Окунева, Г. Л. О находке морских раковинных корненожек (Foraminifera) в минеральном источнике в северном Прибайкалье / Г. Л. Окунева, В. В. Тахтеев // Докл. АН. – 2007. – Т. 416, № 6. – С. 839–840.
108. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР. Планктон и бентос / ред. д-ра биол. наук Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Зоол. ин-т АН СССР. Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 511 с.
109. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Ракообразные / ред. С. Я. Цалолихин. СПб. : Зоол. ин-т РАН, 1995. – Т. 2. – 627 с.
110. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Паукообразные. Низшие насекомые / ред. С. Я. Цалолихин, Э. П. Нарчук, Д. В. Туман. СПб. : Зоол. ин-т РАН, 1997. – Т. 3. – 440 с.
111. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые. Двукрылые / ред. С. Я. Цалолихин, Э. П. Нарчук, Д. В. Туман. СПб. : Зоол. ин-т РАН, 1999. – Т. 4. – 998 с.
112. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Высшие насекомые (ручейники, чешуекрылые, жесткокрылые, сетчатокрылые, большекрылые, перепончатокрылые) / ред. С. Я. Цалолихин, Э. П. Нарчук, Д. В. Туман. СПб.: Наука, 2001. – Т. 5. – 836 с.

113. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зообентос / ред. В.Р. Алексеев, С.Я. Цалолихин. М. СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2016. – Т. 2. – 457 с.
114. Палатов Д. М. Реофильная фауна и сообщества беспозвоночных тундровой зоны на примере южного Ямала / Д. М. Палатов, М. В. Чертопруд // Биология внутренних вод. – 2012. – № 1. – С. 23–32.
115. Паньков, Н. Н. Зообентос родников Урала и Предуралья (Пермское Прикамье) / Н. Н. Паньков, А. Б. Крашенинников // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2012. – № 1. – С. 18–24.
116. Паньков, Н. Н. Фауна прудовиков (Gastropoda: Lymnaeidae) востока Европейской России и Урала / Н. Н. Паньков, Н. Б. Овчанкова, Н. Ю. Шадрин // Вестник Пермского Университета. Серия Биология. – 2015. – Вып. 4. – С. 317–326.
117. Паньков, Н. Н. Фауна и сообщества донных беспозвоночных водотоков бассейна Верхней Вишеры / Н. Н. Паньков, Н. Б. Овчанкова // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2018. – Вып. 2. – С. 168–184.
118. Панкратова, В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Rodonominae и Tanypodinae фауны СССР (Diptera, Chironomidae=Tendipedidae) / В. Я. Панкратова. – Л. : Наука, 1977. – 154 с.
119. Панкратова, В. Я. Личинки и куколки комаров подсемейства Chironominae фауны СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) / В. Я. Панкратова. – Л. : Наука, 1983. – 296 с.
120. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 288 с.
121. Петунина Ж. В. Сравнительный эколого-генетический анализ микроспоридий и их хозяина – байкальской амфиподы *Gmelinoides fasciatus*: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Ж. В. Петунина. – Иркутск, 2015. – 156 с.
122. Плешанов, А. С. Хорологические особенности геотермальных рефугиев / А. С. Плешанов // Проблемы сохранения биологического разнообразия

Южной Сибири. 1 межрегиональная научно-практическая конференция. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 1997. – С. 176–177.

123. Плешанов, А. С. Рефугиумы в Байкальской Сибири как резерваты уникального биоразнообразия / А. С. Плешанов, В. В. Тахтеев // Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле: матер. науч.-практ. конф. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. – С. 358–370.

124. Помазкова, Г. И. Гидрофауна горных водоемов хребта Хамар-Дабан в пределах Байкальского биосферного заповедника / Г. И. Помазкова, Г. Л. Окунева, В. В. Тахтеев [и др.] // Биоразнообразие экосистем Внутренней Азии : тез. Всерос. конф. с междунар. участием. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2006. – Т. 2. – С. 71–72.

125. Поддубная, Т. Л. Размножение и плодовитость *Tubifex tubifex* (*Ohgochaeta*) в разных экологических условиях / Т. Л. Поддубная // Биология, морфология и систематика водных беспозвоночных / Труды ин-та биол. внутр. вод. – Л., 1980. – Т. 41 (44). – С. 17–30.

126. Померанцева, Д. П. К изучению планктона и бентоса малых рек Горного Алтая / Д. П. Померанцева, М. В. Селезнева // Труды заповедника «Тигирекский» / Актуальные вопросы изучения и охраны животного мира. – Вып. 1. – 2005. – С. 335–338.

127. Пономарев, В. И. Влияние высотного градиента на структуру водных сообществ бассейна реки Вангыр (Приполярный Урал) / В. И. Пономарев, О. А. Лоскутова // Экология. – 2020. – № 1. – С. 62–71. doi: 10.31857/S0367059720010096.

128. Потапова, З. М. Влияние температуры на распределение цианобактерий в гидротермах Северного Прибайкалья / З. М. Потапова, А. В. Брянская // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2008 – Т. 1 – С. 123–128.

129. Потемкина, Т. В. Структура, количественные показатели зоопланктона и зообентоса верхнего течения р. Лена и ее водоемов / Т. В.

Потемкина, Н. Г. Шевелева, Н. И. Шабурова [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2013. – Т. 6, Вып. 3. – С. 313–329.

130. Раднагуруева, А. А. Гидрохимические и физико-химические условия среды обитания микроорганизмов в гидротермах Забайкалья / А. А. Раднагуруева, Е. В. Лаврентьева, Б. Б. Намсараев // Вестник Бурятского государственного университета. – 2012. – № 3. – 302 с.

131. Резвой, П. Д. Очерк водоемов Байкальского хребта по работам 1930 г. / П. Д. Резвой // Труды Байкальской лимнологической станции АН СССР. – 1937. – Т. 7. – С. 23–51.

132. Резников, А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов – 3-е изд., переработ. и доп. – М. : Недра, 1970. – 488 с.

133. Рожкова, Н. А. Современное состояние биоты дельты р. Селенги (бассейн озера Байкал) в условиях нестабильности гидрологического режима. Сообщение II. Макрозообентос / Н. А. Рожкова, В. Н. Синюкович, О. А. Тимошкин [и др.] // Гидробиологический журнал. – 2016. – Т. 52, № 1. – С. 56–68.

134. 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. – Т. 19, № 6. – С. 347–355.

135. Русинек, О. Т. Байкаловедение: / О. Т. Русинек. В. В. Тахтеев, Д. П. Гладкочуб [и др.] // Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр РАН Издательство «Наука». – Новосибирск: Наука, 2012. – Кн. 1. – 468 с.

136. Руднева, Л. В. Зообентос горных водотоков бассейна Верхней Оби: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.18 / Любовь Васильевна Руднева. –Ин-т водных и экологических проблем СО РАН – Красноярск, 1995. – 24 с.

137. Рылов, В. М. Деятели советской гидробиологии / В. М. Рылов, Г. Ю. Верещагин, А. Л. Бенинг // Из истории гидробиологии в XX веке. – М., Л. : Изд-во АН СССР, 1963. – 87 с.

138. Сергеева, И. В. Экология и фауна хирономид подсемейства Tanypodinae (Diptera, Chironomidae) разных зоогеографических зон России : дис. ... докт. биол. наук: 03.00.16 / И. В. Сергеева. – Саратов, 2006. – 350 с.
139. Сергеев М. Г. Районирование фауны прямокрылых и булавоусых чешуекрылых насекомых южных частей Западной и Средней Сибири, а также сопредельного Казахстана / М. Г. Сергеев // Вопросы экологии. – Новосибирск, 1980. – С. 18–30.
140. Сергеев М. Г. Закономерности распространения прямокрылых насекомых Северной Азии / М. Г. Сергеев. – Новосибирск: Наука, 1986. – 237 с.
141. Семерной, В. П. Олигохеты озера Байкал / В. П. Семерной – Новосибирск: Наука, 2004. – 528 с.
142. Ситникова, Т. Я. Брюхоногие моллюски (Gastropoda) из горячих источников Прибайкалья / Т. Я. Ситникова, В. В. Тахтеев // Гидробиология водоемов юга Восточной Сибири. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – С. 137–150.
143. Ситникова, Т. Я. Определитель брюхоногих моллюсков бухты Большие Коты (юго-западное побережье озера Байкал): Метод. указания. – Иркутск: Иркут. ун-т, 2012. – 48 с.
144. Сороковикова, Л. М. Состояние водной экосистемы дельты реки Селенги в условиях длительного маловодья / Л. М. Сороковикова, В. Н. Синюкович, И. В. Томберг [и др.] // География и природные ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 81–89.
145. Тахтеев, В. В. Биота некоторых термальных источников Прибайкалья и связанных с ними водоемов / В. В. Тахтеев, Л. А. Ижболдина, Г. И. Помазкова [и др.] // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркут. университета, 2000а. – С. 55–100.
146. Тахтеев, В. В. К характеристике донной фауны и сообществ зообентоса Северного Байкала в районе Байкало-Ленского заповедника / В. В. Тахтеев, Г. Л. Окунева, В. И. Провиз [и др.] // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. – Иркутск : Изд-во Иркут. университета, 2000б. – С. 21–41.

147. Тахтеев, В. В. Очерки о бокоплавах озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция) / В. В. Тахтеев – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000в. – 355 с.

148. Тахтеев В. В. Новый вид бокоплавов (Crustacea Amphipoda) из горных водотоков хребта Хамар-Дабан / В. В. Тахтеев, И. В. Механикова // Исследования водных экосистем Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркут. университета, 2000г. – С. 115–123.

149. Тахтеев, В. В. Находка в Прибайкалье подземных амфипод (Crustacea Amphipoda Crangonyctidae): предварительное сообщение / В. В. Тахтеев, Е. В. Амбросова // Исследования фауны водоемов Восточной Сибири: сб. науч. тр. – Иркутск: Изд-во Иркут. университета, 2001. – С. 125–127.

150. Тахтеев, В. В. К характеристике водных и наземных биоценозов в местах выходов термальных источников в восточном Прибайкалье / В. В. Тахтеев, Е. А. Судакова, И. Н. Егорова [и др.] // Гидробиология водоемов юга Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркут. университета, 2006а. – С. 111–136.

151. Тахтеев, В. В. К методике анализа сходства биоценозов на основе их количественных характеристик / В. В. Тахтеев, И. В. Механикова, Л. Ю. Дамешек // Гидробиология водоемов юга Восточной Сибири. – Иркутск: Изд-во Иркут. университета, 2006б. – С. 3–9.

152. Тахтеев В. В. Брюхоногие моллюски (Gastropoda) термоминеральных источников и сопутствующих водоемов / В. В. Тахтеев, Т. Я. Ситникова // Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – С. 131–140.

153. Тахтеев, В. В. Байкальские родники / В. В. Тахтеев, А. В. Галимзянова // Экология и жизнь, 2009а. – № 2 (87). – С. 37–42.

154. Тахтеев, В. В. Байкальские родники / В. В. Тахтеев, А. В. Галимзянова // Экология и жизнь, 2009б. – № 3 (88). – С. 40–45.

155. Тахтеев, В. В. Сообщества зообентоса и их сезонная динамика в незамерзающих источниках Прибайкалья / В. В. Тахтеев, А. В. Галимзянова, Е. В.

Амбросова [и др.] // Известия РАН. Серия биологическая. – 2010. – № 6. – С. 740–749.

156. Тахтеев, В. В. Рефугиальные экосистемы Байкальского региона / В. В. Тахтеев, А. С. Плешанов // Байкаловедение: в 2 кн. – Новосибирск: Наука, 2012. – Кн. 2. – С. 807–824.

157. Тахтеев, В. В. Фауна и экология бокоплавов озера Байкал: Учебное пособие / В. В. Тахтеев, С. И. Дидоренко. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 115 с.

158. Тахтеев, В. В. Экологическая характеристика хлоридно-натриевых минеральных источников бассейна реки Киренга и верхнего течения реки Лены. Сообщение 1. Общая характеристика источников и их гидрофауна / В. В. Тахтеев, О. Г. Лопатовская, Г. Л. Окунева [и др.] // Биология внутренних вод. – 2017. – № 4. – С. 3–14.

159. Тахтеев, В. В. Структура зоопланктона и ночного миграционного комплекса бентосных амфипод в районе Большого Ушканьего острова (оз. Байкал) в тёмное время суток (июнь–июль) / В. В. Тахтеев, И. В. Аров, Е. А. Мишарина [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия Биология. Экология. – 2018. – Т. 23. – С. 54–67.

160. Тахтеев В. В. Классификация источников Байкальского региона по сообществам макробеспозвоночных / В. В. Тахтеев // Известия РАН. Серия биологическая. – 2018. – № 2. – С. 225–236. doi: 10.7868/S0002332918020121

161. Тахтеев В. В. Структура гидробиоценозов минеральных и термальных источников Байкальского региона: обзор / В. В. Тахтеев, И. О. Еропова, И. Н. Егорова [и др.] // Сибирский экологический журнал. – 2019. – № 2. – С. 157–176. doi: 10.15372/SEJ20190202

162. Тахтеев, В. В. Экологический мониторинг озера Байкал : учебное пособие / отв. ред.: В. В. Тахтеев, Е. Б. Говорухина, В. П. Самусенок. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2022. – 239 с.

163. Тесленко, В. А. Оценка гидробиологического режима реки Рудная по составу донных беспозвоночных // Донные организмы пресных вод Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. – С. 116–127.

164. Тесленко, В. А. Веснянки (Insecta, Plecoptera) восточных притоков озера Байкал / В. А. Тесленко, Н. В. Базова, Д. В. Матафонов // Евразийский энтомологический журнал. – 2010. – Т. 9, № 3. – С. 331–340.

165. Тесленко, В. А. Определитель веснянок (Insecta, Plecoptera) России и сопредельных стран. Имаго и личинки / В. А. Тесленко, Л. А. Жильцова. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 382 с.

166. Тиунова, Т. М. К фауне поденок (Insecta, Ephemeroptera) бассейна озера Байкал / Т. М. Тиунова, Н. В. Базова // Евразийский энтомологический журнал. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 79–92.

167. Тимошкин, О. А. Плоские черви / О. А. Тимошкин, Т. В. Наумова // Флора и фауна заповедников. Вып. 91. Флора и фауна водоемов и водотоков Баргузинского заповедника. М. : 2000. С. 128–129.

168. Тимошкин, О. А. Тип плоские черви – Plathelminthes. Класс Свободноживущие ресничные черви Турбеллярии – Turbellaria / О. А. Тимошкин, Т. В. Наумова // Флора и фауна заповедников. Вып. 92. Флора и фауна водоемов и водотоков Байкальского заповедника. М. : 2001. С. 29–30.

169. Томберг, И. В. Динамика концентраций биогенных элементов и фитопланктона в устье р. Селенги и на Селенгинском мелководье (оз. Байкал) / И. В. Томберг, Л. М. Сорокикова, Г. И. Поповская [и др.] // Водные ресурсы. – 2014. – Т. 41, № 6. – С. 596–605.

170. Флора и фауна водоемов и водотоков Баргузинского заповедника. (Аннотированные списки видов). (Серия: Флора и фауна заповедников). – М. : Изд-во Комиссии РАН по заповедному делу, 2000. – Вып. 91. – 177 с. (совместно с А. Б. Бочко, Т. Я. Ситниковой и др.)

171. Флора и фауна водоемов и водотоков Байкальского заповедника. (Аннотированные списки видов). (Серия: Флора и фауна заповедников). – М. :

Изд-во Комиссии РАН по заповедному делу, 2001. – Вып. 92. – 82 с. (совместно с Н. А. Бондаренко, И. В. Механиковой и др.)

172. Хотинский, А. М. Факторный дискриминантный и кластерный анализ : [Сборник] / Пер. с англ. А. М. Хотинского, С. Б. Королева; Под ред. И. С. Енюкова. – Москва : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

173. Хмелёва, Н. Н. Экология брюхоногих моллюсков из горячих источников Камчатки / Н. Н. Хмелева, А. П. Голубев, Т. М. Лаенко // Журнал общей биологии. – 1985. – Т. 46, № 2. – С. 230–240.

174. Хромова, П. А. Структура зообентоса правых притоков Иркутского водохранилища / П. А. Хромова, Н. В. Шибанова, И. О. Еропова [и др.] // Экосистемы малых рек: биоразнообразие, экология, охрана : сб. статей. – Борок : Изд-во ин-та биологии внутр. вод им. И. Д. Папанина РАН, 2014. – Т. 2. – С. 385–387.

175. Харин, А. В. Процессы бесполого размножения у представителей семейства Naididae / А. В. Харин, И. В. Загайнова, Р. П. Костюченко // Тезисы докладов IV научной сессии МБС СПбГУ. – СПб. : Учебно – научный центр биологии и почвоведения СПбГУ, 2003. – С. 75–77.

176. Чекановская, О. В. Водные малощетинковые черви фауны СССР / О. В. Чекановская. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1962. – 405 с.

177. Чеботарев, А. И. Гидрологический словарь / А. И. Чеботарев. – Л. : Гидрометеиздат, 1978. – 308 с.

178. Чертопруд, М. В. Родниковые сообщества макробентоса Московской области / М. В. Чертопруд // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67, № 5. – С. 376–384.

179. Чертопруд, М. В. Родниковые сообщества макробентоса Московской области / М. В. Чертопруд // Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67, № 5. – С. 376–384.

180. Чертопруд, М. В. Сообщества макрозообентоса малых водотоков Восточных Балкан / М. В. Чертопруд, Д. М. Палатов // Биология внутренних вод. – 2017. – № 3. – С. 46–56. doi: 10.7868/S0320965217030068

181. Чертопруд, М. В. Разнообразие и классификация реофильных сообществ макробентоса средней полосы Европейской России / М. В. Чертопруд // Журнал общей биологии. – 2011. – Т. 72, № 1. – С. 51–73.

182. Черешнев, И. А. Биологическое разнообразие Тауйской губы Охотского моря / И. А. Черешнев. – Владивосток: Дальнаука, 2005. – 698 с.

183. Чеснокова, С. М. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Методы биоиндикации / С. М. Чеснокова ; Владим. гос. ун-т. – Владимир : Издво Владим. гос. ун-та, 2007. – 84 с.

184. Чужекова, Т. А. Структурно-функциональные свойства сообществ макрозообентоса родниковых ручьев бассейна Средней Волги : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10 / Чужекова Татьяна Александровна. – СПб., 2015. – 242 с.

185. Шабурова, Н. И. К познанию гидрофауны горных источников Байкало-Ленского заповедника / Н.И. Шабурова, Г.И. Помазкова, Г.Л. Окунева [и др.] // Труды Гос. природ. заповедника “Байкало-Ленский”. РИО НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН. – Иркутск, 2006. – Вып. 4. – С. 89–91.

186. Шиленков, В. Г. О жесткокрылых, связанных с термальными источниками в Прибайкалье / В. Г. Шиленков // Сохранение биологического разнообразия геотермальных рефугиев Байкальской Сибири: Матер. научн. конф. (Иркутск, 21-22 декабря 1994 г.). – Иркутск, 2000 – С. 21–22.

187. Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2-х кн. / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко – М. : Наука, – 2005. Кн. 1. – 281 с. Кн. 2. – 337 с.

188. Шитиков, В. К., Макроэкология речных сообществ: концепции, методы, модели / В. К. Шитиков, Т. Д. Зинченко, Г. С. Розенберг. – Тольятти: Кассандра, 2011. – 255 с.

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

190. Яныгина, Л. В. Сообщества макробеспозвоночных горных водотоков Алтая: факторы формирования и особенности распределения в градиенте высоты над уровнем моря / Л. В. Яныгина, О. С. Бурмистрова, Д. Д. Волгина [и др.] // Труды Зоологического института РАН. – 2023. – Т. 327, № 3. – С. 419–429.

191. Andrianova, A. V. The Use of Biotic Indices and Metrics in the Evaluation of Water Quality on the Territory of the Ergaki Nature Park (the South of Krasnoyarsk Krai) / A. V. Andrianova // Contemporary problems of ecology. – 2015. – Vol. 8, N. 3. – P. 358–367. doi: 10.1134/S1995425515030038.

192. Barbour, M. T. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates, and fish. / M. T. Barbour, J. Gerritsen, B. D. Snyder [et al.] // Second edition. – Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999. – 339 p.

193. Barquín, J. Downstream changes in spring-fed stream invertebrate communities: the effect of increased temperature range? / J. Barquín, R. G. Death // Journal of Limnology. – 2011. – Vol. 70. – Suppl. 1. – P. 134–146. doi: 10.4081/jlimnol.2011.s1.134.

194. Belyshev B. F. A southern species of dragonflies (Odonata, Insecta) in the hot springs of Northern Transbaikalia / B. F. Belyshev // Zoologicheskyy zhurnal. – 1956. – Vol. 35. – N. 11. – P.1735–1736.

195. Chertoprud, M. V. Macrofauna Communities in the Mountain Streams of Sri Lanka (Ceylon) / M. V. Chertoprud // Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 12, N. 2. – P. 199–209. doi: 10.1134/S1995082919020044.

196. Chertoprud M. V. Rheophilic Macrozoobenthos Communities of the Southern Himalayas / M. V. Chertoprud, D. M. Palatov, E. S. Chertoprud / Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 11, N. 4. – P. 435–447. doi: 10.1134/S1995082918040041

197. De Jong, G. Macroinvertebrates occurring in sunbeam hot spring in Idaho, USA / G. De Jong, S. P. Canton, J. W. Chadwick // J. Freshwater Ecology. – 2005. – Vol. 20, N. 3. – P. 611–613.

198. De Mattia, W. A new subterranean hydrobiid from thermal spring in eastern Slovenia: "Iglica" velkovrhi n.sp. (Gastropoda: Prosobranchia: Hydrobiidae) / W. De Mattia // *Mollusca*. – 2007. – Vol. 25, N. 1. – P. 27–31.
199. Duggan, I. C. Factors affecting the distribution of stream macroinvertebrates in geothermal areas: Taupo Volcanic zone, New Zealand / I. C. Duggan, I.K.G. Boothroyd, D. A. Speirs // *Hydrobiologia*. – 2007. – Vol. 592, N. 1. – P. 235–247.
200. Friberg, N. Relationships between structure and function in streams contrasting in temperature / N. Friberg, J. B. Dubkjaer, J. S. Olafsson, G. M. Gislason, S. E. Larsen, T. L. Lauridsen // *Freshwater Biol.* – 2009. – Vol. 54. – P. 2051–2068.
201. Goodnight, C. J. Oligochaetes as indicators of pollution / C. J. Goodnight, L. S. Whitley // *Proc. 15-th Int. Waste Conf. Purdue Univ. Eng. Ext.* – 1961. – Ser. 106, N. 45. – P. 139–142.
202. Gray, D. P. Braided river springs: distribution, benthic ecology and role in the landscape: A Thesis submitted for the degree of Master of Science in Ecology / D. P. Gray // *Nanterbury: Canterbury University Press*. – 2005. – 221 p.
203. Hoffsten, P.O. The macroinvertebrate fauna and hydrogeology of springs in central Sweden / P. O. Hoffsten, B. Malmqvist // *Hydrobiologia*. – 2000. – Vol. 436. – P. 91–104.
204. Ilyashuk B. P. Midges of the genus *Pseudodiamesa* Goetghebuer (Diptera, Chironomidae): current knowledge and palaeoecological perspective (англ.) / B. P. Ilyashuk, El. A. Ilyashuk, E. A. Makarchenko, O. Heiri // *Journal of Paleolimnology*. – 2010. – Vol. 44. – P. 667–676.
205. Ilmonen, J. Benthic macrocrustacean and insect assemblages in relation to spring habitat characteristic: patterns in abundance and diversity / J. Ilmonen, L. Paasivirta // *Hydrobiologia*. – 2005. – Vol. 533. – P. 99–113.
206. Katano, T. Abundance and composition of the summer phytoplankton community along a transect from the Barguzin River to the central basin of Lake Baikal / T. Katano, Sh. Nakano, H. Ueno [et al.] // *Limnology*. – 2008. – Vol. 9. – P. 243–250.

207. Kahan, D. The fauna of hot springs / D. Kahan // Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen. – 1969. – Vol. 17, N. 2. – P. 811–816.
208. Karnaukhov, D. Yu. Behaviour of Lake Baikal amphipods as a part of the night migratory complex in the Kluevka settlement region (South-Eastern Baikal) / D. Yu. Karnaukhov, D. S. Bedulina, A. Kaus [et al.] // Crustaceana. – 2016. – Vol. 89, N. 4. – P. 419–430.
209. Margalef, R. Information theory in ecology / R. Margalef // International Journal of General Systems. – 1958. – Vol. 3. – P. 36–71.
210. Oliver D. R. The adult males of Diamesinae (Diptera, Chironomidae) of Holarctic region – Keys and diagnoses (АНГЛ.) / D. R. Oliver // Entomologica Scandinavica : journal. – 1989. – No. Supplement 34. – P. 133–134.
211. Pielou, E. C. The measurement of diversity in different types of biological collections / E. C. Pielou // J. Theoret. Biol. – 1966. – Vol. 13. – P. 131–144.
212. Pritchard, G. Insects in thermal springs / G. Pritchard // The Memoirs of the Entomological Society of Canada. – 1991. – Vol. 123, Sup. 155. – P. 89–106.
213. Schwoerbel, J. Reophile Wassermilben (Acari: Hydrachnellidae) aus Chile. 3. Arten aus Thermalgewässern / J. Schwoerbel // Arch. Hydrobiol. – 1987. – Bd. 120. – Hf. 3. – P. 399–407.
214. Schmelz, R. M. A guide to European terrestrial and freshwater species of Enchytraeidae (Oligochaeta) / R. M. Schmelz, R. Collado // Soil organisms. – 2010, N. 82 (1). – P. 1–176.
215. Sidorov, D. A. Two new species of the subterranean amphipod genus *Stygobromus* (Amphipoda: Crangonyctidae) from Siberia, with new data on *Stygobromus pusillus* (Martynov) and remark on morphology and biogeographic relationships / D. A. Sidorov [et al.] // Zootaxa. – 2010. – Vol. 2478. – P. 41–58.
216. Sidorov, D. A. Shedding light on a cryptic cavernicole: A second species of *Zenkevitchia* Birstein (Crustacea, Amphipoda, Typhlogammaridae) discovered via molecular techniques / D. A. Sidorov, A. A. Gontcharov, D. M. Palatov [et al.] // Subterranean Biology. – 2015. – Vol. 15. – P. 37–55.

217. Sitnikova, T. Y. Types of freshwater gastropods described by Ya. I. Starobogatov, with additional data on the species: Family Lymnaeidae / T. Y. Sitnikova, A. V. Sysoev, L. A. Prozorova // *Zoologicheskie Issledovania*. – 2014. – Vol. 16. – P. 26–27.
218. Smith H. The influence of habitat structure and flow permanence on invertebrate communities in karst spring systems / H. Smith, P. J. Wood, J. Gunn // *Hydrobiologia*. – 2003. – Vol. 510. – P. 53–66.
219. Shannon, C. E. *The Mathematical Theory of Communication*. / C. E. Shannon, W. Weaver // Urbana: Univ. Illinois Press. – 1949. – 117 p.
220. Shannon, C. E. *The Mathematical Theory of Communication*. In C. E. Shannon, W. Weaver // *Mathematical Theory of Communication*. Urbana, The University of Illinois Press. – 1963. – P. 29–125.
221. Starobogatov, Y. I. Key to freshwater invertebrates of Russia and adjacent lands (Molluscs, Polychaetes, Nemertean) / Y. I. Starobogatov, L. A. Prozorova, V. V. Bogatov [et al.] // Saint-Petersburg: Nauka. 2004. – Vol. 6. – P. 253–493.
222. Sluys, R. Taxonomic redescription of *Phagocata sibirica* based on Livanov's *Penecurva* specimens, and comparison with *Phagocata vivida* (Platyhelminthes, Tricladida, Paludicola) / R. Sluys, M. Kawakatsu, O. A. Timoshkin // *Belgian Journal of Zoology*. – 2001. – Vol. 131. – P. 193–199.
223. Suzuki, A. C. Meiofaunal Richness in Highly Acidic Hot Springs in Unzen-Amakusa National Park, Japan, Including the First Rediscovery Attempt for Mesotardigrada / A. C. Suzuki, H. Kagoshima, G. Chilton, G. T. Grothman, C. Johansson, M. Tsujimoto // *Zool. Sci.* – 2017. Vol. 34, N. 1. – P. 11–17.
224. Takhteev, V. V. Classification of springs in the Lake Baikal region by macroinvertebrate communities / V. V. Takhteev // *Biology Bulletin*. – 2018. – Vol. 45, N. 2. – P. 201–211. doi: 10.1134/S1062359018020139.
225. Thienemann, A. *Hydrobiologische Untersuchungen an Quellen (I–IV)* / A. Thienemann // *Archiv für Hydrobiologie*. – 1922. – Vol. 14. – P. 15–29.
226. Ward Joe H. Hierarchical Grouping to optimize an objective function / Joe H. Ward // *Journal of American Statistical Association*. – 1963 – 58(301), – P. 236–244.

227. Wigger, F. W. Macroinvertebrate assemblages of natural springs along an altitudinal gradient in the Bernese Alps, Switzerland / F. W. Wigger, L. Schmidlin, P. Nagel, S. von Fumetti // *Annales de Limnologie. International Journal of Limnology*. – 2015. – Vol. 51, N. 3. – P. 237–247. doi: 10.1051/limn/201501

Карта-схема минеральных вод Прибайкалья (Ломоносов, 1980)



Видовой состав донных беспозвоночных малых водных экосистем Байкальского региона

Тип	Класс	Отряд	Семейство	Род	Вид, автор и год описания	Номер водотока, в котором обнаружен вид	№
<i>Термоминеральные источники Северного Прибайкалья и Баргузинской долины</i>							
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	3, 6, 9, 10, 11	1.
				<i>Tubifex</i>	sp.	11	2.
			Naididae	<i>Rhyacodrilus</i>	sp.	3, 8, 11	3.
				gen. sp.*		11	4.
				gen. sp. juv.*		11	5.
				<i>Limnodrilus</i>	sp.	11	6.
				<i>Limnodrilus</i>	<i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill, 1871)	11	7.
				<i>Nais</i>	<i>Nais simplex</i> Piguët, 1906	3	8.
					<i>Nais pardalis</i> Piguët, 1906	8	9.
			<i>Spirosperma (Embolocephalus)</i>	<i>Spirosperma nikolskyi</i> (Lastočkin, 1953)	8	10.	
			Lumbriculida	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus</i>	<i>Stylodrilus heringianus</i> Claparède, 1862	11
	Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	<i>Protoclepsis</i>	<i>Protoclepsis maculosa</i> (Rathke, 1862)	9	12.
				<i>Hemiclepsis</i>	<i>Hemiclepsis marginata</i> (O.F. Müller, 1773)	9	13.
		Arhynchobdellida	Erpobdellidae	<i>Erpobdella</i>	<i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	11	14.
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	<i>Gammarus lacustris</i> G.O. Sars, 1863	8, 11	15.
			Micruropodidae	<i>Micruropus</i>	<i>Micruropus wohlii platycercus</i> Dybowski 1874	3	16.

			Carinogammaridae	<i>Gmelinoides</i>	<i>Gmelinoides fasciatus</i> (Stebbing, 1899)	1, 2, 10, 11	17.
	Arachnida	Acarina	Hydrachnellidae	<i>Thermacarus</i>	<i>Thermacarus thermobius</i> (Sokolov, 1927) (по данным В. В. Тахтеева) (Биота ..., 2009)	3	18.
	Insecta	Ephemeroptera	Siphonuridae	<i>Siphonurus</i>	<i>Siphonurus grisea</i> Navás, 1912	11	19.
		Odonata	Libellulidae	<i>Orthetrum</i>	<i>Orthetrum albistylum</i> Selys, 1848	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	20.
			Aeshnidae	<i>Aeschna</i>	<i>Aeschna juncea</i> (Linnaeus, 1758)	2	21.
		Hemiptera	Nepidae	<i>Nepa</i>	<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus, 1758	1, 8	22.
				<i>Nepa</i>	sp.	4	23.
		Coleoptera	Hydrophilidae	<i>Laccobius</i>	<i>Laccobius minutus</i> (Linnaeus, 1758)	4, 5	24.
			Dytiscidae	<i>Dityscus</i>	sp.	4	25.
		Trichoptera	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>	sp.	4	26.
		Diptera	Chironomidae	<i>Tanytarsus</i>	sp.	9	27.
				<i>Paratendipes</i>	sp.	7	28.
				<i>Ablabesmyia</i>	<i>Ablabesmyia gr. lentiginosa</i>	4, 11	29.
				<i>Procladius</i>	sp.	4	30.
				<i>Cricotopus</i>	<i>Cricotopus gr. silvestris</i> Fabricius, 1794 (по данным В. В. Тахтеева и Л. С. Кравцовой) (Биота ..., 2009)	10	31.
				<i>Psectrocladius</i>	<i>Psectrocladius gr. psilopterus</i> (Kieffer, 1906) (по данным В. В. Тахтеева и Л. С. Кравцовой) (Биота ..., 2009)	10	32.

					<i>Psectrocladius</i> gr. <i>obvius</i> Walker, 1856 (по данным В. В. Тахтеева и Л. С. Кравцовой) (Биота ..., 2009)	10	33.					
					Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	sp.	4, 5, 6	34.			
						<i>Culicoides</i>	sp.	4, 6	35.			
						<i>Dasyhelea</i>	sp.	4	36.			
					Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>	<i>Odontomyia argentata</i> (Fabricius, 1794)	3	37.			
							<i>Odontomyia angulata</i> (Panzer, 1798)	3	38.			
							<i>Odontomyia tigrina</i> (Fabricius, 1775)	5	39.			
					Ephydriidae	gen.	sp.	4	40.			
					Mollusca	Gastropoda	Lymnaeiformes	Lymnaeidae	<i>Radix</i>	<i>Radix</i> gr. <i>balthica</i> (Linnaeus, 1758)	11	41.
							Basommatophora			<i>Radix thermobaicalica</i> Kruglov et Starobogatov, 1989	3, 7, 8	42.
Lymnaeiformes	<i>Radix hakusyensis</i> Kruglov & Starobogatov, 1989	3	43.									
	<i>Radix lagotis</i> (Schranck, 1803) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	2	44.									
	<i>Radix peregra geusericola</i> (O. F. Muller, 1774) (по материалам экспедиции П. Д. Резвого) (Резвой, 1937; Жадин, 1937; Жадин, 1960)	3	45.									
	<i>Radix zazurnensis</i> Mozley, 1934	11	46.									

					(по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)		
					<i>Radix (Radix) auricularia intercisa</i> Lindholm, 1909 (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	8	47.
					<i>Radix (Galba) bowelli</i> (Preston, 1909) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	5	48.
					<i>Radix (Sibirigalba) sibirica</i> (Westerlund, 1885) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	5	49.
					sp.	1, 2, 11	50.
			Planorbidae	<i>Anisus (Gyraulus)</i>	<i>Gyraulus acronicus</i> (J.V. Férussac, 1807)	3	51.
					<i>Gyraulus gr. acronicus</i>	8, 11	52.
					<i>Anisus (Gyraulus) baicalicus</i> (В. Дубовский, 1913) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	10	53.
		Basommatophora			<i>Gyraulus takhteevi</i> Sitnikova & Peretolchina, 2018	3	54.
					<i>Gyraulus cf. ignotellus</i> (Дубовский, 1913) (по данным В. В. Тахтеева и	11	55.

					Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)		
					sp.	1, 4	56.
				<i>Bathyomphalus</i>	<i>Bathyomphalus</i> (=Anisus) <i>contortus</i> (Linnaeus, 1758) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	10	57.
		Heterostropha	Valvatidae	<i>Cincinna</i> (<i>Sibirovalvata</i>)	<i>Cincinna</i> (<i>Sibirovalvata</i>) <i>aliena</i> (Westerlund 1877)	1, 9	58.
					<i>Cincinna</i> (<i>S.</i>) <i>sibirica</i> Starobogatov & Zatravkin, 1985	1	59.
					<i>Cincinna</i> (<i>S.</i>) <i>brevicula</i> (Kozhov, 1936) (по данным В. В. Тахтеева и Т. Я. Ситниковой) (Биота ..., 2009)	2	60.
		Littorinimorpha	Bithyniidae	<i>Boreoelona</i>	<i>Boreoelona contortrix</i> (Lindholm, 1909)	1	61.
	Bivalvia	Luciniformes	Euglesidae	<i>Euglesa</i>	sp.	11	62.

Горные водотоки северного макросклона хребта Хамар-Дабан

Тип	Класс	Отряд	Семейство	Род	Вид, автор и год описания	Номер водотока, в котором обнаружен вид	№
Plathelminthes	Turbellaria	Tricladida	Planariidae	<i>Phagocata</i>	<i>Phagocata sibirica</i> Sabussov 1903	12–17	1.
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	15	2.
				<i>Tubifex</i>	sp.	15	3.
		Enchytraeida	Enchytraeidae	<i>Mesenchytraeus</i>	sp.	12, 13, 15	4.
				<i>Cernosvitoviella</i>	sp.	13, 15	5.
				<i>Fridericia</i>	<i>Fridericia maculata</i> Issel, 1904	14, 15	6.
					<i>Fridericia connata</i> Bretscher, 1902	12, 15	7.
				<i>Fridericia</i>	sp.	15	8.
				<i>Marionina</i>	<i>Marionina riparia</i> Bretscher, 1899	15	9.
					<i>Marionina argentea</i> (Michaelsen, 1889)	15	10.
					<i>Marionina atrata</i> Bretscher, 1903	15	11.
				<i>Henlea</i>	<i>Henlea perpusilla</i> Friend, 1911	12, 15	12.
				<i>Enchytraeus</i>	sp.	12	13.
		Lumbriculida	Lumbriculidae	<i>Trichodrilus</i>	sp.	15	14.
				gen. sp. juv.*		15	15.
		Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	<i>Gammarus</i>	<i>Gammarus dabanus</i> Tachteew & Mekhanikova, 2000
Insecta	Ephemeroptera		Siphonuridae	<i>Siphonurus</i>	<i>Siphonurus alternatus</i> (Say, 1824)	13	17.
				<i>Siphonurus</i>	sp.	12	18.
			Baetidae	<i>Baetis</i>	<i>Baetis feles</i> Kluge, 1980	12	19.
					<i>Baetis bicaudatus</i> Dodds, 1923	12	20.
					<i>Baetis pseudothermicus</i> Kluge, 1983	12	21.

			Heptageniidae	<i>Epeorus</i>	<i>Epeorus pellucidus</i> Brodskij, 1930	14	22.	
				<i>Epeorus</i>	sp.	12	23.	
				<i>Cinygmula</i>	<i>Cinygmula kurenzovi</i> Bajkova, 1965	12, 13	24.	
			Ephemerellidae	<i>Ephemerella</i>	<i>Ephemerella aurivillii</i> Bengtsson, 1908	13, 15, 17	25.	
					<i>Ephemerella nuda</i> Tshernova, 1949	12	26.	
				<i>Drunella</i>	<i>Drunella lepnevae</i> Tshernova, 1952	13	27.	
			Ameletidae	<i>Ameletus</i>	sp.	12, 13	28.	
			Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i>	sp.	12	29.
				Capniidae	<i>Baikaloperla</i>	sp.	12	30.
		Perlodidae		<i>Arcynopteryx</i>	sp.	14	31.	
					<i>Skwala</i>	<i>Skwala pusilla</i> Klapálek, 1912	13	32.
				<i>Isoperla</i>	<i>Isoperla altaica</i> Šámal, 1939	12	33.	
					<i>Isoperla eximia</i> Zapekina-Dulkeit, 1975	12	34.	
		Perlidae		<i>Claassenia</i>	sp.	14	35.	
		Trichoptera		Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>	<i>Rhyacophila sibirica</i> McLachlan, 1879	12, 13, 14, 15	36.
			<i>Rhyacophila cedrensis</i> Schmid, 1993			12	37.	
			sp.			13	38.	
			Limnephilidae	<i>Ecclisomyia</i>	<i>Ecclisomyia digitata</i> Martynov, 1929	12, 13, 15, 16, 17	39.	
					<i>Asynarchus</i>	<i>Asynarchus amurensis</i> Ulmer, 1905	12	40.
					<i>Limnophilus</i>	sp.	12	41.
		Diptera	Limoniidae	<i>Eloeophila</i>	sp.	12, 13, 14, 15, 17	42.	
					<i>Molophilus</i>	<i>Molophilus griseus</i> (Meigen, 1804)	12	43.
			Pediciidae	<i>Dicranota</i> (D)	sp.	12, 13, 14, 15, 16	44.	
			Psychodidae	<i>Szaboiella</i>	sp.	12, 13, 14, 16	45.	

			Chironomidae	<i>Lymnophyes</i>	sp.	12	46.	
					<i>Pagastia</i>	<i>Pagastia orientalis</i> (Chernovskij, 1949)	12, 13	47.
					<i>Diamesa</i>	sp.	12	48.
						<i>Diamesa</i> gr. <i>insignipes</i>	12	49.
						<i>Diamesa tsutsuii</i> Tokunaga, 1936	14	50.
					<i>Sympotthastia</i>	<i>Sympotthastia fulva</i> (Johannsen, 1921)	12	51.
					<i>Orthocladius</i>	<i>Orthocladius (Euorthocladius)</i> <i>saxosus</i> (Tokunaga, 1939)	12	52.
						<i>Orthocladius</i> gr. <i>rivulorum</i>	12	53.
					<i>Orthocladius</i>	sp.	12	54.
					<i>Prodiamesa</i>	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)	13, 14, 17	55.
					<i>Thienemanniella</i>	<i>Thienemanniella</i> gr. <i>clavicornis</i>	14	56.
					<i>Thienemanniella</i>	sp.	14	57.
					<i>Microspectra</i>	sp.	14	58.
					<i>Corynoneura</i>	sp.	14	59.
					<i>Protanypus</i>	<i>Protanypus caudatus</i> Edwards, 1924	13	60.
				<i>Tanytarsus</i>	sp.	12	61.	
			Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	sp.	12, 13, 14	62.	
			Simuliidae	<i>Simulium</i>	<i>Simulium truncatum</i> (Lundström, 1911)	12	63.	
			Stratiomyidae	<i>Beris</i>	sp.	12, 13	64.	
			Empididae	<i>Chelifera</i>	sp.	12, 13, 15	65.	
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae	<i>Radix</i>	<i>Radix</i> gr. <i>balthica</i>	15, 16	66.	

Родниковый ручей Университетский

Тип	Класс	Отряд	Семейство	Род	Вид, автор и год описания	№
Annelida	Oligochaeta	Tubificida	Tubificidae	<i>Tubifex</i>	<i>Tubifex tubifex</i> (Müller, 1774)	1.
			Naididae	<i>Psammoryctides</i>	<i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1860)	2.
				<i>Rhyacodrilus</i>	<i>Rhyacodrilus coccineus</i> (Vejdovský, 1876)	3.
				<i>Nais</i>	<i>Nais simplex</i> Piguet, 1906	4.
				<i>Limnodrilus</i>	sp.	5.
		Enchytraeida	Propappidae	<i>Propappus</i>	<i>Propappus volki</i> (Michaelsen, 1916)	6.
			Enchytraeidae	<i>Mesenchytraeus</i>	sp.	7.
				<i>Henlea</i>	<i>Henlea perpusilla</i> Friend, 1911	8.
				<i>Fridericia</i>	<i>Fridericia maculata</i> Issel, 1904	9.
					<i>Fridericia callosa</i> (Eisen, 1878) (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	10.
				<i>Marionina</i>	<i>Marionina vesiculata</i> Nielsen & Christensen, 1959	11.
		Crassicitellata	Lumbricidae	gen.	sp.	12.
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Crangonyctidae	<i>Stygobromus</i>	<i>Stygobromus anastasiae</i> Sidorov, Holsinger & Takhteev, 2010	13.
	Insecta	Plecoptera	Nemouridae	<i>Nemoura</i>	sp.	14.
		Trichoptera	Limnephilidae	<i>Limnephilus</i>	<i>Limnephilus rhombicus</i> Linnaeus, 1758 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	15.
					<i>Limnephilus fuscicornis</i> Rambur, 1842 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	16.
			<i>Halesus</i>	<i>Halesus tessellatus</i> (Rambur, 1842) (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	17.	
		Apataniidae	<i>Apatania</i>	<i>Apatania majuscula</i> McLachlan, 1872 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	18.	
	<i>Apatania stigmatella</i> Zetterstedt, 1840 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)			19.		

			Limoniidae	<i>Molophilus</i>	<i>Molophilus griseus</i> (Meigen, 1804)	20.
			Pediciidae	<i>Dicranota</i> (<i>Dicranota</i>)	sp.	21.
		Diptera	Chironomidae	<i>Pseudodiamesa</i>	<i>Pseudodiamesa stackelbergi</i> (Goetghebuer, 1933)	22.
					<i>Pseudodiamesa gr. branickii</i> (Nowicki, 1873) (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	23.
				<i>Diplocladius</i>	<i>Diplocladius cultriger</i> Kieffer, 1908	24.
				<i>Prodiamesa</i>	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818) (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	25.
				<i>Diamesa</i>	<i>Diamesa arctica</i> Boheman, 1865 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	26.
					<i>Diamesa baicalensis</i> Chernovskij, 1949 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	27.
				<i>Heterotrissocladius</i>	<i>Heterotrissocladius marcidus</i> Walker, 1856 (по данным В. В. Тахтеева) (Тахтеев и др., 2010)	28.

Примечание: * – систематические категории не определены. Номера водотоков, в которых обнаружены данные виды, обозначены в таблице цифрами: термальные источники: 1 – Верхняя Заимка, 2 – Киронский, 3 – Хакусский, 4 – Умхейский, 5 – Аллинский, 6 – Сеюйский, 7 – Гаргинский, 8 – Алгинский, 9 – Толстихинский, 10 – Гусихинский, 11 – Золотой ключ. Горные водотоки хребта Хамар-Дабан: 12 – руч. Травянистый, 13 – р. Семиречка, 14 – руч. Безымянный-1, 15 – руч. Безымянный-2, 16 – р. Ширингаиха, 17 – р. Шанхаиха.