

На правах рукописи



Воробьева Лада Владиславовна

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ
МАКРОЗООБЕНТОСА МАЛЫХ И СРЕДНИХ РЕК ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

1.5.16. Гидробиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Работа выполнена в Государственном научном центре Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Научный руководитель:

Чертопруд Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела аквакультуры беспозвоночных Государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

Официальные оппоненты:

Винарский Максим Викторович, доктор биологических наук, доцент, профессор, заведующий лабораторией макроэкологии и биогеографии беспозвоночных Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ), г. Санкт-Петербург

Лоскутова Ольга Александровна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела экологии животных Института биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), г. Сыктывкар

Ведущая организация:

Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБНУ ИВЭП СО РАН), г. Барнаул

Защита состоится «18» марта 2026 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 37.1.001.01 при Государственном научном центре Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО») по адресу: 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 19.

Телефон: +7 (499) 369-92-83, доб. 43-10, электронный адрес: buyanovskiy@vniro.ru

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО»: <https://vniro.ru/files/disser/2025/vorobyova-disser.pdf>

Автореферат разослан: «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



А.И. Буяновский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Водотоки являются важнейшим компонентом ландшафта. Большое количество российских и зарубежных публикаций, посвященных функционированию экосистем водотоков, указывает на их значимость как для ландшафта, так и для жизни человека. Донные макробеспозвоночные или макрозообентос (организмы крупнее 2 мм) являются ключевым компонентом водных экосистем и представлены разнообразными таксонами и жизненными формами. Многие исследования в разных регионах Евразии и других континентов касаются закономерностей формирования и распределения речных сообществ макробеспозвоночных, их связей с факторами окружающей среды в различных пространственных масштабах. Разработан целый ряд методов оценки состояния водоемов и водотоков на основании сообществ макробеспозвоночных. Эти организмы являются удобным объектом для биоиндикации, так как они широко распространены, имеют высокую численность, удобны для сбора и идентификации благодаря крупным размерам.

На территории Российской Федерации проводится много фаунистических исследований макрозообентоса, а также работ, посвященных оценке экологического состояния водотоков с использованием различных биоиндикационных методов. При изучении макробеспозвоночных преобладает биотопический подход, при котором проводят описание сообществ априори выделенных биотопов. Подход, разработанный М.В. Чертопрудом (2011; 2021), основан на использовании модифицированного геоботанического метода Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964), и анализируется в настоящей работе. Эта методика сочетает биотопический подход и выделение сообществ на основании комплексов характерных видов. Данный подход важен для понимания функционирования экосистем текучих вод, но не предусматривает статистического подтверждения выделенных типов сообществ.

«Белым пятном» для исследований пресноводного макрозообентоса на территории России является недоизученность закономерностей распределения сообществ макробеспозвоночных, особенно в областях математического подтверждения достоверности их выделения. Без внимания остается легко применимое на практике выделение сообществ на основании жизненных форм – совокупности признаков, позволяющих организму закрепляться при данных условиях среды. Разделение беспозвоночных на функциональные группы, например, по способу питания, менее трудозатратно, чем точное таксономическое определение до видового уровня. Для функционального анализа требуется только таксономическая идентификация, достаточная для отнесения организма к одной из основных функциональных групп, часто это всего лишь уровень подсемейства или трибы (Merritt et al., 2002; 2017). Соотношение относительных долей трофических жизненных форм в сообществе может отражать изменения

условий биотопов, выраженное в изменениях доступных пищевых ресурсов (Cummins et al., 2019).

Актуальность настоящей работы связана с разработкой нового методического подхода выделения сообществ макрозообентоса, в основе которого лежит проверка гипотезы о существовании типов сообществ на основании только статистически достоверно сходных групп проб. Применение данной методологии позволит снизить влияние субъективного взгляда исследователя и выявить закономерности, которые могли бы остаться незамеченными при выделении сообществ на основании априорного выделения контрастных биотопов. Кроме того, предпринята попытка выделения сообществ не только на основании таксономической идентификации, но и легко наблюдаемых морфологических и поведенческих особенностей организмов. Выявленные закономерности распределения макробеспозвоночных в водотоках минимальной антропогенной нарушенности будут использованы для характеристики фоновых биоценозов при экологическом мониторинге.

Цель настоящей работы – выявить закономерности распределения видового богатства и состава жизненных форм макробеспозвоночных в малых и средних реках Хабаровского края, а также определить факторы среды, в наибольшей степени влияющие на формирование сообществ.

Задачи работы:

1. Описать фаунистический и функциональный состав макрозообентоса водотоков бассейнов рек Анюй, Баджал, а также острова Большой Шантар и ближайшей к нему части побережья.

2. Определить основные абиотические факторы, влияющие на распределение таксонов и жизненных форм макробеспозвоночных.

3. Выявить достоверные типы сообществ на основании таксономического и функционального сходства группировок макрозообентоса, оценить степень их континуальности / дискретности.

4. Определить индикаторные таксоны и жизненные формы для каждого типа сообществ.

Научная новизна

В настоящей работе впервые детально изучена фауна водных макробеспозвоночных водотоков бассейна реки Баджал и Шантарских островов. Впервые для Хабаровского края статистически подтверждено существование типов сообществ макробеспозвоночных, на основании не только таксономического состава, но и состава жизненных форм. Проведен сравнительный анализ факторов среды, в наибольшей степени влияющих на таксономический и функциональный (жизненные формы) состав сообществ. Показано соотношение влияния факторов среды и географического фактора (принадлежности к водосборному бассейну) для

таксономического и функционального состава. Впервые для Хабаровского края оценено соотношение дискретности и континуальности распределения организмов макрозообентоса, слабо описанное для водных сообществ в целом. Показано, что возможно выделение статистически достоверных групп проб, приуроченных к определенным биотопам, на основании сходства как таксономического, так и функционального состава. Выявлены комплексы достоверных таксонов и жизненных форм для каждой такой группы.

Практическая значимость работы заключается в накоплении материала для разработки системы оценки степени нарушенности природных водных экосистем. Подход к биоиндикации, основанный на анализе функциональных признаков организмов, может быть универсальным в крупных пространственных масштабах, включающих экорегионы, различающиеся по таксономическому составу. Дальний Восток России хорошо подходит для исследований такой направленности. Это крупный и разнообразный в ландшафтном отношении регион со значительными территориями, практически не затронутыми хозяйственной деятельностью. Все перечисленное делает его удобным полигоном для исследования функционирования ненарушенных речных экосистем.

Теоретическая значимость работы. Полученные данные способствуют более глубокому пониманию закономерностей формирования сообществ макробеспозвоночных в водотоках, слабо подверженных антропогенному воздействию. Информация о том, формируют ли беспозвоночные хорошо различимые сообщества, или их распределение представлено непрерывным континуумом без четких границ, а также о том, какие факторы среды в наибольшей степени влияют на состав и численность водной фауны, необходима для полного представления о механизмах взаимодействия организмов друг с другом и со средой обитания. Сопоставление принципов формирования сообществ различных групп организмов, а также водных и наземных экосистем, может дать информацию о фундаментальных закономерностях их функционирования. Распределение состава жизненных форм напрямую отражает воздействие факторов среды, нивелируя влияние географических барьеров.

Положения, выносимые на защиту:

1. Изученные абиотические и географические факторы (принадлежность к водосборному бассейну, скорость течения, тип субстрата, ширина русла, глубина в точке отбора проб и температура воды) могут обладать высокой значимостью для формирования сообществ макробеспозвоночных в водотоках, и объяснять около половины распределения как таксономического разнообразия беспозвоночных, так и жизненных форм.

2. Как для таксономического, так и для функционального состава обследованных водотоков Хабаровского края могут быть выявлены статистически достоверные типы сообществ, связанные с определенными биотопами. Наиболее широко в обследованном регионе

распространены сообщества ритрали, населяющие жестких субстраты, и кренали, населяющие мозаичные субстраты ручьев, а сообщества пелали, формирующиеся на мягких грунтах, встречаются реже. Для сообществ, выделенных на основании таксономического состава, сильнее выражена географическая приуроченность, чем для сообществ, выделенных на основании функционального состава.

3. Для каждого выявленного типа сообществ существует набор достоверных индикаторных таксонов и жизненных форм, отражающих особенности характерного биотопа. Большинство индикаторных таксонов составляют насекомые, наиболее разнообразно представлены поденки (отряд Ephemeroptera) и двукрылые (отряд Diptera) семейства Chironomidae. Большинство индикаторных таксонов относятся к жизненным формам цепляющиеся соскребатели и ползающие собиратели, а плавающие, роющие и лазающие формы среди них представлены менее широко.

Личное участие автора. Автором осуществлен выбор и обоснование темы диссертационного исследования, произведен поиск и отбор литературы, выбор статистических методов обработки данных. Автор принимал участие во всех экспедиционных выездах по отбору проб. Лично автором произведена таксономическая идентификация всех беспозвоночных из бассейна Баджала, а также олигохет и личинок хирономид из бассейна Анюя и района Шантарских островов. Автором полностью выполнены статистическая обработка, анализ и интерпретация полученных и литературных данных, написан текст диссертации. Доля участия автора в подготовке публикаций по теме диссертации составляет от 30 до 90 %.

Степень достоверности и апробация работы

Достоверность работы обеспечена использованием современных методик сбора полевого материала. Для таксономической классификации применяли современные определительные ключи, а при обработке данных – надежные статистические методы, позволяющие получать результаты высокой степени достоверности. Результаты работы апробированы автором на всероссийских научных конференциях (IV Всероссийская конференция «Актуальные проблемы изучения ракообразных», Борок, 20-22 мая 2024 г. «Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции», Борок, 22-26 ноября 2021 г.; Всероссийской конференции молодых ученых «Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы», Улан-Удэ, 16–21 сентября 2013 г.; XV Школе-конференции молодых учёных «Биология внутренних вод», Борок, 19-24 октября 2013 г.; XIX Всероссийской молодежной научной конференции «Актуальные проблемы биологии и экологии», Сыктывкар, 2-6 апреля 2012 г.), а также на расширенном коллоквиуме департамента аквакультуры ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 5 в изданиях, индексируемых в базах данных SCOPUS и Web of Science, в том числе 3 – в журналах, входящих в перечень научных изданий, определенный ВАК при Минобрнауки России.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, выводов, списка литературы и одного приложения. Список литературы включает 242 источника, из которых 158 на иностранных языках. Диссертация включает 12 таблиц, без учета приложения, и 24 рисунка. Объем диссертации составляет 132 страницы без учета списка литературы и приложения.

Благодарности. Автор приносит глубокую благодарность своему научному руководителю Елене Сергеевне Чертопруд за терпеливое и дружелюбное руководство работой, организацию экспедиционных работ по сбору полевого материала и полезные замечания касательно текста диссертации. Автор благодарит Андрея Игоревича Азовского за советы в области статистической обработки данных, Дмитрия Михайловича Палатова за помощь в определении беспозвоночных, Михаила Витальевича Чертопруда за содействие в ознакомлении с методиками описания сообществ и научное руководство на первых этапах работы над диссертацией. Благодарю своего первого научного руководителя Виктора Петровича Семерного за пробуждение интереса к предмету пресноводной гидробиологии и поддержку первых шагов в науке. Выражаю благодарность А.А. Новичковой, Р.Р. Борисову, Н.А. Асееву, И.Н. Никоновой, И.С. Решетову за совместную работу в экспедициях по сбору проб и Б.Б. Мавланову ООО «Дальневосточные экспедиции»), без которого было бы невозможно попасть на Шантарские острова. От всей души благодарю заведующих отделом аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ ВНИРО Н.П. Ковачеву и Н.В. Кряхову и весь коллектив отдела за возможность комфортной работы над диссертацией. Сердечно благодарю руководство и сотрудников ФГБУ «Заповедное Приамурье», в особенности начальника научного отдела Римму Сабировну Андронову за помощь в организации всех полевых работ на территориях НП «Ануйский» и «Шантарские острова», а также ГПЗ «Баджальский».

Работа поддержана грантами РФФИ (№ 16-04-00111 и 20-04-00145).

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ТЕКУЧИХ ВОД

1.1. Абиотические факторы, определяющие распределение макробеспозвоночных в водотоках. В главе приведен обзор основных факторов среды, определяющих формирование сообществ макрозообентоса. Дано представление об иерархической организации речных

экосистем и влиянии на сообщества факторов разных пространственных масштабов. Особое внимание уделено связи с распределением сообществ макробеспозвоночных таких факторов как тип субстрата и локальная скорость и характер течения. Также глава включает обзор влияния на распределение макробеспозвоночных пространственных факторов – связанных с географической удаленностью сообществ друг от друга и расселительными способностями организмов.

1.2. Таксономическая и функциональная структура речных сообществ макрозообентоса. В главе сравниваются закономерности формирования таксономического и функционального состава (жизненные формы) сообществ. Жизненные формы представляют собой совокупность морфологических, физиологических и поведенческих черт организмов, позволяющих закрепляться и выживать в условиях локального биотопа. Предполагается, что функциональный состав сообществ в первую очередь зависит от локальных условий среды, тогда как на таксономический состав, помимо локальных условий, значительное влияние оказывают факторы, связанные с географической дистанцией и расселительными способностями организмов. Приведено описание жизненных форм беспозвоночных, используемых при анализе сообществ.

1.3. Теории функционирования речных экосистем. Глава включает обзор основных теоретических концепций, объясняющих закономерности функционирования экосистем текущих вод. Приведено описание концепций: речного континуума (Vannote et al., 1980), динамики пятен (Townsend, 1989), иерархической динамики пятен (Wu, Loucks, 1995; Poole, 2002), разрыва связности (Rice et al., 2001), синтеза речных экосистем (Thorp et al., 2006). Также глава содержит краткий разбор общеэкологических концепций, не относящихся строго к области экологии пресных вод, но используемых при анализе экосистем малых рек: концепции метасообществ (Leibold et al., 2004) и концепции дискретности и континуальности сообществ.

ГЛАВА 2. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МАКРОБЕСПОЗВОНОЧНЫХ ПРЕСНЫХ ВОД ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Глава посвящена обзору исследований макробеспозвоночных рек Дальнего Востока России. Рассмотрены работы, посвященные фаунистике и биографической характеристике отдельных групп макробеспозвоночных, таких как стрекозы, веснянки, поденки, комары семейства Chironomidae, ручейники, жесткокрылые, полужесткокрылые, моллюски и высшие ракообразные. Рассмотрены исследования, касающиеся особенностей структуры речных сообществ макрозообентоса из разных регионов Дальнего Востока.

ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Регион исследований. Отбор проб проводили в августе 2016, 2018 и 2022 гг., на территории трех районов Хабаровского края. В Нанайском районе исследования выполнены на реке Анюй и ее притоках, в районе Солнечный – на реке Баджал и ее притоках, в Тугуро-Чумиканском районе – на водотоках острова Большой Шантар и ближайшего материкового побережья.

3.2. Методы отбора проб и обработки материала. Станции отбора проб были расположены как на основном русле крупных рек (Анюй и Баджал), так и в устьевых зонах их притоков. На каждой станции отбора проб оценивали следующие факторы: тип субстрата, температуру воды, ширину русла, глубину в точке отбора проб и скорость течения. Площадь одной пробы составляла около 1500 см². В каждом доступном биотопе на каждой станции отбирали три пробы, которые объединяли при последующей обработке. При отборе проб камни (средний размер 15-20 см) поднимали со дна с одновременным подведением под них гидробиологического сачка, чтобы избежать потери организмов. Пробы с гальки (камни размером 3-6 см) и рыхлых грунтов (детрит, заиленный песок) отбирали гидробиологическим скребком шириной 20 см. Все организмы с субстрата собирали пинцетом и фиксировали в 90 % этаноле. Всего в бассейне реки Баджал отобрано 35, в бассейне реки Анюй – 85 и в районе Шантарских островов – 28 количественных проб.

Обработку проб проводили в лабораторных условиях, организмы определяли до низшего возможного таксона.

3.3. Статистические методы анализа данных. Определение факторов, в наибольшей степени влияющих на распределение макрозообентоса. Для определения того, какая доля распределения таксонов в руслах водотоков может быть объяснена факторами, учтенными в анализе, использовали процедуру DISTLM (distance-based linear models, «моделей, основанных на дистанции»). В основе процедуры лежит метод многопараметрической множественной регрессии. DISTLM предназначен для анализа и моделирования взаимодействия между многофакторным облаком данных, представленным матрицей сходства (в нашем случае – матрица сходства проб на основе таксономического и функционального состава и относительной численности организмов), и одной или более объясняющими переменными (факторами среды). Для построения матрицы сходства проб использовали индекс Брея-Кертиса, в основе матрицы лежали значения обилия таксонов или жизненных форм в каждой пробе, подвергнутые трансформации Хеллингера (квадратный корень из значения обилия таксона в пробе, предварительно поделенного на суммарное обилие всех организмов в пробе).

Классификация проб на основании сходства таксономического состава и состава жизненных форм. Для выявления групп проб с наибольшей степенью таксономического или

функционального сходства использовали кластерный анализ на основе группового среднего. Эта процедура группирует пробы по среднему значению сходства между всеми парами в группе. Для оценки достоверности выделения групп использовался метод «профиля сходства» (SIMPROF).

Выявление индикаторных таксонов и жизненных форм для полученных групп проб. Для выявления индикаторных таксонов и жизненных форм использовали расчет индекса индикаторной ценности таксонов IndVal. Это позволило отделить организмы, постоянно обитающие при данных условиях среды, от случайных или генералистов.

Проверка устойчивости выделенных групп методом кросс-валидации. Для оценки устойчивости выделенных в ходе кластерного анализа групп проб был использован канонический анализ принципиальных координат (САР). Анализ использован для оценки, насколько отчетливы полученные в ходе кластерного анализа группы. Для этого проводится процедура кросс-валидации, которая заключается в извлечении проб по одной из выборки и проверке способности модели корректно определять их принадлежность к исследуемым группам. Чем выше процент корректности кросс-валидации, тем выше отчетливость выделенных групп проб.

Выявление факторов среды, достоверно отличающихся для разных кластеров проб. После выявления статистически достоверных групп проб на основании их таксономического сходства мы оценивали, различаются ли факторы среды (такие как температура и скорость течения, ширина и глубина русла) для этих групп. При проверке достоверности различий использовали непараметрический критерий Крускала-Уоллиса, служащий для сравнения нескольких выборок.

Проверка степени своеобразия водосборных бассейнов по таксономическому и функциональному составу макрозообентоса. Для проверки достоверности разделения на группы по речным бассейнам для таксономического и функционального состава использован метод ANOSIM. Это непараметрический метод, позволяющий с помощью перестановочного теста оценить степень статистической достоверности разделения проб на группы на основании таксономического сходства. Важно заметить, что этот метод применим только в случае априорного (до каких-либо аналитических процедур) выделения групп и не подходит для оценки достоверности групп, полученных, например, в ходе кластерного анализа.

Визуализация распределения проб по таксономическому и функциональному сходству. При визуализации результатов анализа использовали неметрическое многомерное шкалирование – метод ординации, применяемый для наглядного представления распределения проб по степени сходства. Пробы располагаются в пространстве ординации таким образом,

чтобы пробы, более сходные между собой, находились на меньшем расстоянии друг от друга, по сравнению с менее сходным.

ГЛАВА 4. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СОСТАВ СООБЩЕСТВ

Анализ проводили для всей выборки и отдельно по каждому бассейну, для Шантарских островов – дополнительно для всей выборки и отдельно для мыса Врангеля и острова Большой Шантар с побережьем бухты Онгачан.

Для таксономического состава во всей выборке включенными в анализ факторами среды объяснялось 32 % распределения макрозообентоса, при этом основным объясняющим фактором являлась принадлежность к бассейну (объясняла 16 % распределения). Второй по значимости фактор – субстрат (10 %), на третьем месте – ширина русла и скорость течения (по 2 %). Внутри каждого географического региона процент объясненного распределения и уровень значимости основных объясняющих факторов различался. Так, в бассейне реки Анюй известными факторами среды объяснялось 24 % распределения, основной объясняющий фактор – субстрат (15 %), на втором месте – ширина русла (4 %), на третьем – температура (3 %). В бассейне реки Баджал объяснялось 50 % изменчивости распределения макрозообентоса, основные факторы – субстрат (22 %) и скорость течения (20 %), ширина русла (5 %), температура (3 %). Во всей выборке по Шантарским островам и соседнему материковому побережью основным фактором был географический, им объяснилось 16 % распределения макробеспозвоночных, в второй по значимости фактор – ширина русла (9 %). Общая доля объясненного распределения – 25 %. Для водотоков отдельно мыса Врангеля основными объясняющими факторами являлись скорость течения (14 %) и ширина русла (13 %). Общая доля объясненного распределения – 27 %. Для острова Большой Шантар и побережья бухты Онгачан важными факторами являлись ширина русла (20 %), глубина (15 %) и тип субстрата (27 %). Общая доля объясненного распределения составляла 62 %.

Для функционального состава доля объясненного функционального распределения по всей выборке проб составляла 34 %. Факторы, объясняющие изменчивость распределения: тип субстрата (22 %), принадлежностью к бассейну (6 %), ширина русла (3 %), скоростью течения (2 %), температура (1 %). Для бассейна реки Анюй общая доля объясненного распределения составляла 33 %, на тип субстрата приходилось 24 %, ширину русла – 7 %, температуру – 2 %. В бассейне реки Баджал доля объясненного распределения составляла 55 %, основные факторы – субстрат (28 %), скорость течения (23 %), температура (4 %). Для всей выборки района Шантарских островов доля объясненного распределения равна 42 %, ключевые факторы: субстрат (18 %), глубина (13,5 %), ширина русла (10,5 %). Для водотоков мыса Врангеля основными объясняющими факторами являлись субстрат (31 %) и скорость

течения (20 %). Общая доля объясненного распределения равна 51 %. Для функционального состава сообществ острова Большой Шантар и побережья бухты Онгачан не выявлено достоверно влияющих факторов среды.

Влияние бассейна. С помощью процедуры ANOSIM проведена оценка достоверности различий таксономического состава и состава функциональных групп обследованных бассейнов. Для таксономического состава разделение проб на группы по фактору принадлежности к водосборному бассейну отличалось высокой степенью достоверности для каждого бассейна. Для функционального состава (жизненных форм) различия между речными бассейнами практически не выражены. Это подтверждает большее влияние географического положения на таксономический состав сообществ, чем на функциональный.

ГЛАВА 5. ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ СОСТАВ МАКРОЗООБЕНТОСА И ВЫДЕЛЕНИЕ СООБЩЕСТВ

5.1. Выделение сообществ на основании сходства таксономического состава. Всего было выявлено 227 таксонов, в основном ранга вида и рода, в отдельных случаях – семейства. Подавляющее большинство таксономического разнообразия приходится на насекомых (209 таксонов). Было выделено 12 достоверных групп проб, соответствующих отдельным типам сообществ. Достоверность выделения полученных кластеров проверяли с применением процедуры SIMPROF.

В таблице 1 приведены медианные значения факторов среды, достоверно ($p < 0,05$) различающихся для выделенных групп.

Таблица 1 – медианные значения факторов среды, достоверно ($p < 0,05$) различающихся для выделенных групп проб (таксономический состав)

Типы сообществ Факторы среды	1 (пелаль)	2 (псаммопелаль)	3 (каменистая прибрежная кромка)	4 (кренопелаль)	5 (химароритраль)	6 (пелоритраль)	7 (эуритраль)	8 (гаммарокреналь)	9 (потамаль)	10 (малакорипаль)	11 (гаммароритраль)	12 (креналь)
Температура, °С	14	12,5	12	10	11,5	13	13	12,5	14	21	11	9
Ширина русла, м	8,5	9	9	3	10	12,5	10	2,5	50	20	12	1,5
Скорость течения, м/с	0,05	0,02	0,115	0,065	0,675	0,2	0,4	0,2	0,2	0,1	1,8	0,3

Результаты кластерного анализа приведены на рисунке 1, черными сплошными линиями обозначены статистически достоверные кластеры. Описание групп, условий биотопов, к которым они привязаны, и объяснение их названий приведены в тексте ниже.

Для наименования типов сообществ использована номенклатура, предложенная М.В. Чертопрудом при возможности установить соответствие между сообществами, описанными в его работах и в нашей. Сообщества в данной классификации относятся к пяти крупным классам, соответствующим основным типам биотопов. Это сообщества ритрали (жестких субстратов), пелали (илисто-песчаных субстратов), фитали (зарослей макрофитов), кренали (ручьев и родников) и рипали (субстратов береговой кромки). Внутри каждого крупного класса сообществ выделяются подтипы, соответствующие особенностям биотопа и населяющего его видового комплекса (Chertoprud et al., 2020; Чертопруд, 2021). При невозможности установить соответствие используется терминология, предложенная нами после сопоставления с описаниями схожих биоценозов в существующей литературе. Т.к. в большинстве случаев типы сообществ соответствуют комбинациям факторов среды (Чертопруд, 2021), ниже приведены как перечни индикаторных таксонов, так и описания соответствующих биотопов.

Group average

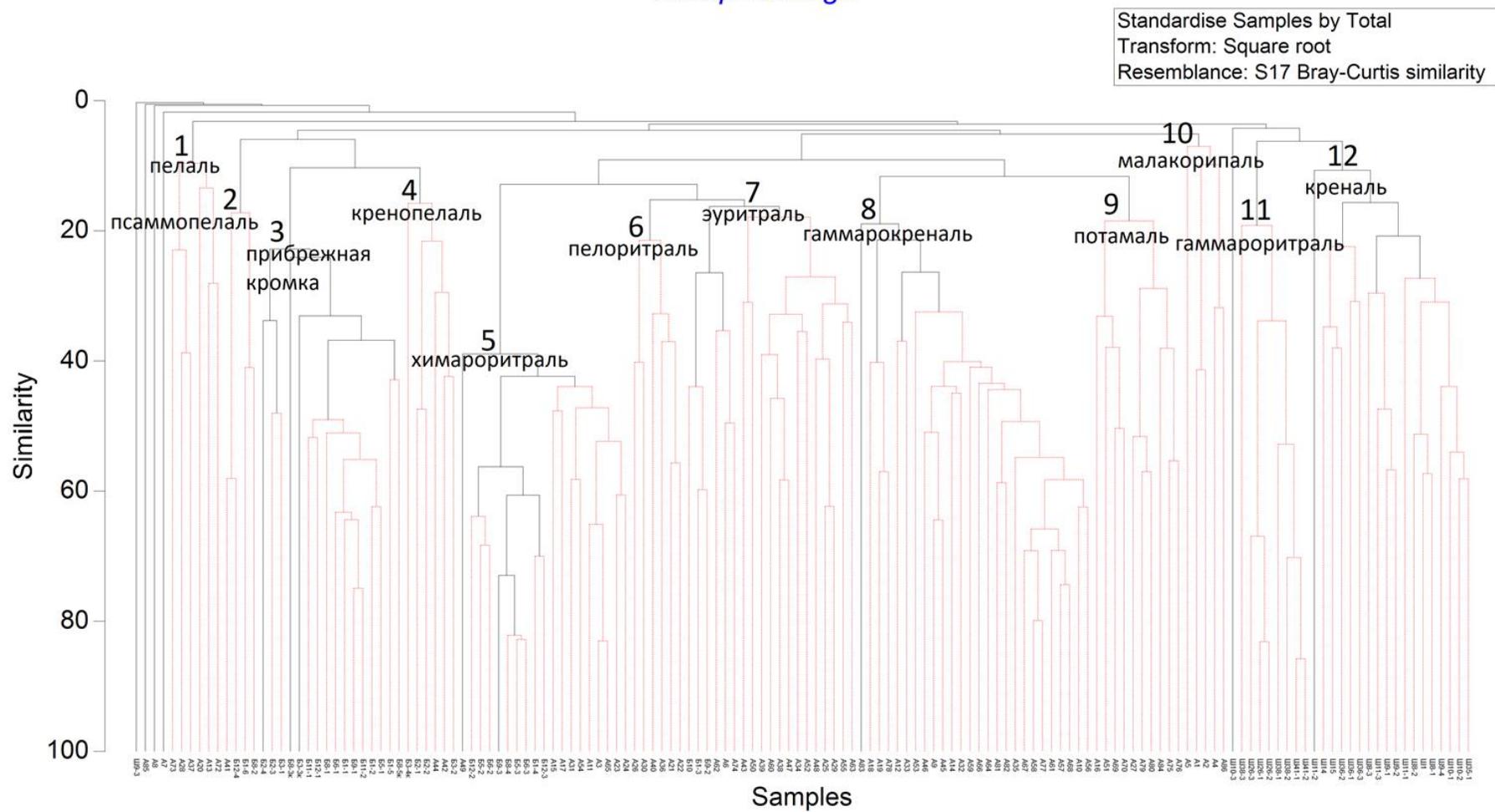


Рис. 1 – Результаты кластерного анализа для таксономического состава макрозообентоса (объяснение наименований групп проб даны в тексте ниже).

Группы, включающие более 10 проб

Группа 3 (сообщества каменистой прибрежной кромки) включает 16 проб из бассейна реки Баджал, как притоков, так и основного русла. Достоверных индикаторных таксонов девять: *Ameletus cedrensis*, *Suwallia* sp., Capniidae gen. sp., *Brachypsyche* sp., *Rhitrogena putoranica*, *Pictetiella asiatica*, *Drunella triacantha*, *Ephemerella dentata*, *Rhitrogena hirasana*, их жизненные формы: плавающие и цепляющиеся соскребатели, ползающие измельчители, цепляющиеся хищники, цепляющиеся собиратели. Этот тип сообществ представлен на жестких каменистых субстратах с относительно медленным течением, часто приурочен к полосе, прилегающей к берегу. Схожие типы сообществ описаны как «прибрежная зона плеса и слива» (Тиунова, 2008), и как «береговая зона, накапливающая гравий» (Takemon, 1997). Подобную прибрежную галечную зону с высокой численностью поденок рода *Ameletus* выделял В.С. Лабай (Лабай, 2007).

Группа 5 (сообщество химароритрали) включает 18 проб: девять из бассейна реки Баджал (восемь из основного русла), девять из притоков реки Анью. Достоверных индикаторных таксонов два: личинки мошек семейства Simuliidae и поденка *Epeorus maculatus*, их жизненные формы: цепляющиеся собиратели-фильтраторы, цепляющиеся соскребатели. Сообщество близко к химароритрали по классификации М.В. Чертопруда (Chertoprud et al., 2020) и отчасти сообществу «скопления камней на перекате интенсивного течения» (Тиунова, 2008) и населяет преимущественно каменистые субстраты на быстром течении.

Группа 7 (сообщество эуритрали) включает 19 проб: 16 из бассейна реки Анью (пятнадцать из притоков), три из реки Баджала (основное русло). Достоверных индикаторных таксонов шесть: *Epeorus* sp. *pellucidus*, *Optioservus kubotai*, *Glossosoma* sp., *Drunella lepnavae*, *Neophylax ussuriensis*, *Epeorus alexandri*, их жизненные формы – цепляющиеся соскребатели. Соответствует эуритрали по классификации М.В. Чертопруда (Chertoprud et al., 2020), т.е. биотопам с жесткими субстратами и средней и высокой скоростью течения и доминированием поденки *Epeorus* sp. *pellucidus*. Сообщество обитает преимущественно на камнях и реже на погруженной древесине.

Группа 8 (сообщество гаммарокренали) включает 26 проб из бассейна реки Анью, из них 24 пробы – из притоков. Индикаторный таксон один: *Gammarus koreanus*, жизненная форма: ползающий измельчитель, также являющийся факультативным хищником (Астахов, Скрипцова, 2020). По классификации М.В. Чертопруда соответствует гаммарокренали – основному типу сообществ кренали Хабаровского края, с подавляющим доминированием бокоплавов рода *Gammarus* (Chertoprud et al., 2020). Отличительная особенность условий, при которых обитает сообщество – малая ширина русла. Населяемые субстраты разнообразны, но в основном представлены детритом, погруженной древесиной и камнями.

Группа 9 (сообщество потамали) включает 10 проб из бассейна реки Анюй. Сообщество населяет крупные притоки и основное русло реки Анюй. Достоверных индикаторных таксонов пять: *Baetis* gr. *vernus*, *Baetis fuscatus*, *Ephemerella zapkinae*, *Diura* sp., *Cloeon pennulatum*, их жизненные формы: плавающие и цепляющиеся собиратели, цепляющиеся хищники. По составу индикаторных таксонов этот тип сообществ близок к эурипали (Chertoprud et al., 2020). Однако, по расположению в русле сообщество соответствует потамали по классификации Иллиеса (зона крупных тепловодных равнинных рек с илисто-песчаным дном) (Illies, 1961). В данном случае, в названии сообщества отдано предпочтение последней классификации, чтобы подчеркнуть особенность условий его обитания.

Группа 12 (сообщество кренали в районе Шантар) включает 18 проб: 12 – с мыса Врангеля, шесть – с острова Большой Шантар (ручьи и небольшие речки). Достоверных индикаторных таксонов 10: *Rhithrogena grandifolia*, *Protonemura* sp., *Baetis* (*Rhodobaetis*) *molecularis*, *Seidlia* sp., *Rheocricotopus* sp., *Eukiefferiella* sp., *Enchytraeidae* gen.sp., *Ephemerella aurivillii*, *Ecclisocosmoecus spinosus*, *Isoperla altaica*, жизненные формы: цепляющиеся и роющие соскребаатели, ползающие измельчители, плавающие, ползающие, роющие и цепляющиеся собиратели, ползающие и цепляющиеся хищники. Соответствует кренали в понимании как Иллиеса (зона холодных чистых ручьев и родников) (Illies, 1961), так и М.В. Чертопруда (родники и ручьи с преобладанием мелко мозаичных субстратов) (Чертопруд, 2021). Сообщество обитает преимущественно на каменистых субстратах и реже на погруженной древесине, детрите и макрофитах.

Группы, включающие менее 10 проб

Группа 1 (сообщество пелали) включает шесть проб, все в бассейне реки Анюй. Данный тип сообществ объединяет черты эупелали и эпипелали в классификации М.В. Чертопруда (Chertoprud et al., 2020). Достоверных индикаторных таксонов пять: *Euglesidae* gen. sp., *Paratendipes albimanus*, *Chrysops* sp., *Anabolia servata*, *Tubificidae* gen. sp., их жизненные формы представлены роющими собирателями, роющими собирателями-фильтраторами, ползающими хищниками, лазающими измельчителями. Сообщество населяет илистые или илисто-песчаные субстраты на слабом течении.

Группа 2 (сообщество псаммопелали) включает четыре пробы, три из них из бассейна реки Баджала и одна – приток реки Анюй. Достоверных индикаторных таксонов шесть: *Heterotrissocladius* gr. *marcidus*, *Dicranota* sp., *Cladotanytarsus* gr. *mancus*, *Limnophora* sp., *Parametriocnemus* sp., *Tipula salisetorum*, их жизненные формы – ползающие и роющие собиратели, ползающие и роющие хищники, роющие измельчители. Относится к классу пелали по классификации М.В. Чертопруда (Чертопруд, 2021) и псаммофильных биоценозов с точки зрения Жадина (Жадин, 1940).

Группа 4 (сообщество кренопелали) включает шесть проб, четыре из бассейна реки Баджал, две из бассейна реки Анюя, все пробы из притоков. Достоверных индикаторных таксонов восемь: *Siphonurus immanis*, *Pseudodiamesa* sp., *Chaetocladius* sp., *Oreodytes* sp., *Lumbriculus variegatus*, *Hydrobaenus* sp., *Tipula salisetorum*, *Polypedilum* gr. *nubeculosum*, их жизненные формы: плавающие, ползающие и роющие собиратели, роющие и лазающие измельчители, плавающие хищники, ползающие соскребатели. Этот сообщество населяет холодноводные участки с низкой скоростью течения и преимущественно рыхлыми субстратами. Схожий тип описан Т.М. Тиуновой как сообщества «плесовой зоны с подтоком грунтовых вод» (Тиунова, 2008). По классификации М.В. Чертопруда сообщество близко к кренопелали (Chertoprud et al., 2020).

Группа 6 (сообщество пелоритрали) включает шесть проб из бассейна реки Анюя. Достоверных индикаторных таксонов пять: *Pagastia orientalis*, *Dicosmoecus jozankeanus*, *Ephemerella kozhovi*, *Oreodytes jakovlevi*, *Gyraulus* sp., их жизненные формы: ползающие и цепляющиеся собиратели, ползающие соскребатели, плавающие хищники. Биотоп объединяет черты пелоритрали – заиленных камней с большой пропорцией личинок хирономид, и ксилокренали – сообщество погруженной древесины с доминированием ручейников *Dicosmoecus jozankeanus* (Chertoprud et al., 2020). Для названия сообщества выбран первый термин как отражающий основные особенности биотопа: наличие одновременно твердых субстратов и заиления.

Группа 10 (малакорипаль) включает пять проб из притоков реки Анюя и по классификации М.В. Чертопруда тип сообщество близок к малакорипали (Chertoprud et al., 2020). Достоверные индикаторные таксоны: *Baicalia nodosa*, *Ecdyonurus abracadabrus*, *Labiobaetis atrebatinus*, *Drunella cryptomeria*, *Radix* sp., *Microtendipes* gr. *pedellus*, *Baetis ussuricus*, жизненные формы: ползающие и плавающие собиратели, цепляющиеся собиратели-фильтраторы, цепляющиеся и ползающие соскребатели. Сообщество обитает на различных субстратах. Отличительные особенности биотопа – относительно высокая температура воды и достаточно широкое русло реки при невысокой скорости течения.

Группа 11 (гаммароритраль) включает восемь проб из водотоков острова Большой Шантар и две пробы из реки Онгачан. Достоверные индикаторные таксоны: *Anisogammarus kygi*, *Cricotopus* (*Cricotopus*) sp., *Orthocladius* sp., жизненные формы: ползающие и цепляющиеся измельчители, ползающие собиратели. Сообщество встречается на корягах, камнях и песке, отличается высокой скоростью течения. Сообщества на нижней ритрали на каменисто-гравийных субстратах со значительной долей бокоплавов отмечены для Сахалина (Лабай и др., 2020).

5.2. Выделение сообществ на основании сходства состава жизненных форм. Было выделено 10 достоверных групп проб.

В таблице 2 приведены медианные значения факторов среды, достоверно ($p < 0,05$) различающихся для выделенных групп.

Таблица 2 – медианные значения факторов среды, достоверно ($p < 0,05$) различающихся для выделенных групп проб (функциональный состав)

Типы сообществ Факторы среды	1 (потамаль)	2 (химаритраль)	3 (холодноводная креналь)	4 (эурираль)	5 (прибрежная кромка)	6 (пелоритраль)	7 (гаммарокреналь)	8 (креналь)	9 (кренопелаль)	10 (пелаль)
Температура	14	11,8	10	12	12,1	11	12	11	10,45	13
Ширина русла, м	30	8	1,5	10	10	10	4	2	4	8,5
Глубина русла, м	1	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,45	0,2	0,3	0,5
Скорость течения, м/с	0,2	0,6	0,3	0,5	0,2	0,13	0,25	0,4	0,15	0,1

Результаты кластерного анализа приведены на рисунке 2, черными сплошными линиями обозначены статистически достоверные кластеры.

Для наименования типов сообществ, выделенных по сходству функционального состава, использовали тот же принцип, что и для выделенных по таксономическому составу. При высокой степени сходства выделенных кластеров, выделенных по таксономическому и функциональному составу, по входящим в кластеры пробам (половина и более общих проб, кластеру присваивали то же наименование, что и для соответствующего кластера, выделенного по таксономическому составу. В других случаях наименование присваивали, ориентируясь на абиотические условия биотопа и состав жизненных форм.

Group average

Standardise Samples by Total
 Transform: Square root
 Resemblance: S17 Bray-Curtis similarity

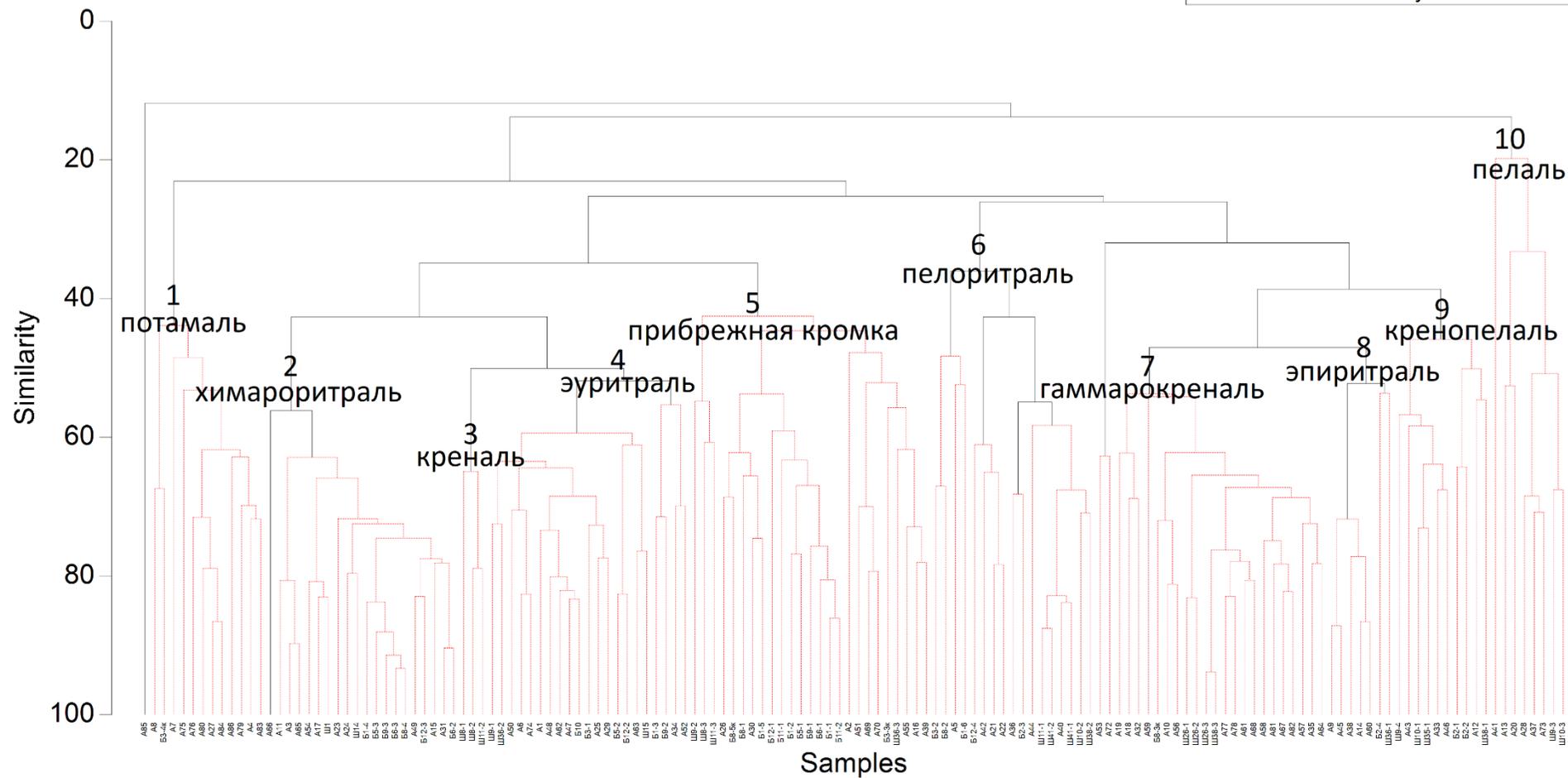


Рис. 2 – Результаты кластерного анализа для функционального состава макрозообентоса

Группы, включающие более 10 проб

Группа 1 (потамаль) включает 12 проб: 11 – из бассейна реки Анюй (шесть – из притоков, пять – основное русло) и одна – приток реки Баджал. Достоверная индикаторная жизненная форма – плавающие собиратели. По составу входящих в кластер проб и условиям среды наибольшим сходством обладает с группой 9 классификации, основанной на таксономическом сходстве, соответствующей сообществу потамали.

Группа 2 (химароритраль) включает 19 проб, десять – из бассейна реки Анюй (притоки), семь – из бассейна реки Баджала (шесть – притоки, одна – основное русло), по одной – с мыса Врангеля и остров Большой Шантар. Достоверная индикаторная жизненная форма – цепляющиеся фильтраторы. По составу проб и условиям среды наиболее выраженное сходство наблюдается с группой 5 классификации, основанной на таксономическом составе, соответствующей химароритрали.

Группа 4 (эуритраль) включает 21 пробу: 12 из бассейна Анюя, шесть – из бассейна Баджала, одна – из ручья с мыса Врангеля, две – из рек острова Большой Шантар. Достоверная индикаторная жизненная форма – цепляющиеся соскребатели. По составу проб и условиям среды наиболее выражено сходство наблюдается с группой 7 (эуритраль), выделенной по таксономическому составу.

Группа 5 (каменистая прибрежная кромка) включает двадцать пять проб, девять из бассейна Анюя (семь – из притоков), двенадцать из бассейна Баджала (девять из основного русла), три – из ручьев с мыса Врангеля, одна – из реки на острове Большой Шантар. Достоверные индикаторные жизненные формы – цепляющиеся собиратели, цепляющиеся хищники, плавающие соскребатели. По составу входящих проб (около 50 % общих) и условиям обитания сообщество близко к группе 3 (сообщества прибрежной кромки), выделенной по таксономическому составу: преимущественно твердые субстраты при относительно невысокой скорости течения.

Группа 6 (пелоритраль) включает 17 проб: семь из бассейна Анюя (шесть – из притоков), пять – из бассейна Баджала (три – из притоков), две – с мыса Врангеля, одна – с острова Большой Шантар, две – из реки Онгачан. Достоверная индикаторная жизненная форма – ползающие собиратели. В наибольшей степени по условиям среды и составу жизненных форм соответствует пелоритрали.

Группа 7 (гаммарокреналь) включает 22 пробы: 17 – из бассейна реки Анюй (16 – из притоков), одна – из притока реки Баджал, четыре – из рек с острова Большой Шантар. Соответствует выделенному на основании таксономического состава типу сообществ «гаммарокреналь» как по условиям среды, так и по индикаторной жизненной форме – ползающие измельчители.

Группа 9 (кренопелаль) включает 10 проб: четыре пробы из притоков реки Анюй, две – река Баджал, две – из ручья с мыса Врангеля, две – из рек с острова Большой Шантар. Достоверная индикаторная группа – роющие собиратели. По условиям среды и составу индикаторных жизненных форм кластер соответствует кренопелали – сообществам рыхлых грунтов ручьев.

Группы, включающие менее 10 проб

Группа 3 (креналь) включает три пробы из ручья с мыса Врангеля, относящиеся к группе 12, выделенной по таксономическому составу, соответствующей кренали из Шантарского региона. Достоверные индикаторные жизненные формы – ползающие собиратели и цепляющиеся соскребаты.

Группа 8 (эпиритраль) включает семь проб: пять из притоков реки Анюй, одна – притока реки Баджала, одна – из реки с острова Большой Шантар. Достоверная индикаторная жизненная форма – ползающие измельчители. По условиям среды сообщество можно идентифицировать как эпиритраль – сообщество ручьев и небольших речек на жестких субстратах и быстром течении (Chertoprud, 2020).

Группа 10 (пелаль) включает восемь проб: шесть – притоки реки Анюй, две – с мыса Врангеля. Достоверные индикаторные жизненные формы – роющие собиратели, роющие фильтраторы, ползающие хищники. По условиям среды и составу индикаторных жизненных форм это сообщество является типичным сообществом пелали.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистически подтверждено существование типов сообществ макробеспозвоночных, приуроченных к определенным биотопам. Для каждого типа сообществ определен набор достоверных индикаторных таксонов. Для распределения таксономического состава важнейшим определяющим фактором являлась принадлежность к водосборному бассейну, а локальные факторы среды влияли на распределение в меньшей степени. Для функционального состава сообществ (распределения жизненных форм) так же выявлены достоверные типы сообществ, индикаторные функциональные группы и биотопы, с которыми эти типы сообществ связаны. Для функционального распределения фактор принадлежности к водосборному бассейну почти не значим, т.к. один тип сообщества может объединять пробы с разным таксономическим, но сходным функциональным составом.

При выделении сообществ по таксономическому составу, по-видимому, заметную роль играет эффект расселительных процессов внутри водосборного бассейна. Выделение сообществ по функциональному составу позволяет в значительной степени нивелировать этот эффект. В результате, с одной стороны, небольшие группы проб из разных бассейнов со сходными

абиотическими условиями, различающиеся по таксономическому составу, но по функциональному составу могут объединяться в более крупные группы. С другой стороны, группы с высокой степенью сходства по таксономическому составу, приуроченные к одному бассейну, могут распадаться на несколько групп, приуроченных к биотопам, различающимся по абиотическим условиям, при анализе функционального состава. Так, пелоритраль и кренопелаль, выделенные по функциональному составу, включают пробы из нескольких, относящихся к разным бассейнам, групп, выделенных по таксономическому составу. С другой стороны, две специфические по таксономическому составу группы проб с Шантарских островов, при анализе распределения функционального состава перестают выделяться как отдельные кластеры.

Предложенный в работе подход к анализу распределения макробеспозвоночных текущих вод полезен для объяснения механизмов функционирования водных экосистем, и может применяться в других географических и климатических зонах. Сравнение таксономического и функционального принципов выделения сообществ позволяет разделить влияние географического и локальных факторов среды.

ВЫВОДЫ

1. В ходе исследования в водотоках бассейна Анюя, бассейна Баджала и водотоках мыса Врангеля и о. Большой Шантар выявлено 227 таксонов макробеспозвоночных преимущественно рангов рода и вида. Более 90 % таксономического разнообразия составляют насекомые. Выявленные таксоны относятся к 24 функциональным единицам, представляющим собой сочетание функциональных групп по способу передвижения и способу добывания пищи.

2. Учтенными в анализе факторами среды объясняется 32 % изменчивости распределения таксономического состава беспозвоночных, ключевым фактором является принадлежность к бассейну (объясняет 16 % распределения). Для каждого водосборного бассейна в отдельности доля объясненного распределения и относительная значимость факторов меняется, но, в большинстве случаев, субстрат является одним из наиболее значимых.

3. Для функционального состава беспозвоночных значимость принадлежности к бассейну резко снижается, и на первое место выходит фактор субстрата – 22 % вариаций распределения объясняются субстратом, и только 6 % – принадлежностью к бассейну. Для состава жизненных форм, в большинстве случаев, возрастает доля вариаций распределения, объясненных абиотическими факторами среды, но набор факторов и их соотношение по степени значимости остается схожим с таковыми для таксономического состава.

4. Для таксономического состава выделено 12 статистически достоверных групп проб, для которых определены индикаторные таксоны и достоверно различающиеся факторы среды.

Самые широко представленные группы относятся к сообществам ритрали, кренали и потамали, сообщества пелали являются второстепенными.

5. Для жизненных форм выделено 10 статистически достоверных групп проб, также выделены индикаторные жизненные формы и достоверно различающиеся факторы среды.

6. В крупных пространственных масштабах для таксономического состава макрозообентоса географический фактор обладает высокой значимостью, сопоставимой по значимости с факторами среды, тогда как распределение по функциональному составу регулируется преимущественно локальными факторами среды.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

СТАТЬИ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ ИЗ СПИСКА ВАК:

1. **Воробьева, Л.В.** Закономерности распределения макрозообентоса в некоторых реках Европейской России и сопредельных территорий / Л.В. Воробьева, И.С. Решетов, А.И. Азовский, Н.П. Ковачева, Е.С. Чертопруд // Зоологический журнал. – 2020. – Т. 99. – № 3. – С.843–865.

2. Chertoprud, M.V. Macrozoobenthic Communities of the Piedmont and Lowland Watercourses of the Lower Amur Region / M.V. Chertoprud, E.S. Chertoprud, **L.V. Vorob'eva**, D.M. Palatov, A.N. Tsyganov, I.S. Reshetov, N.P. Kovacheva // Inland Water Biology. – 2021. – V.13. – №1. – P.51-61.

3. **Vorobjeva, L.V.** General patterns of macrozoobenthos distribution in two rivers basins of the Khabarovsk Krai (Far East of Russia) / L.V. Vorobjeva, E.S. Chertoprud // Nature Conservation Research. – 2023. – V.8. – №4. – P.21–35.

СТАТЬИ В РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ, ИНДЕКСИРУЕМЫХ В SCOPUS, НЕ ВХОДЯЩИХ В СПИСОК ВАК:

1. Novichkova, A.A. The Influence of Salinity Gradient and Island Isolation on Fauna Composition and Structure of Aquatic Invertebrate Communities of the Shantar Islands (Khabarovsk Krai) / A.A. Novichkova, R.R. Borisov, L.V. Vorobjeva, D.M. Palatov, M.V. Chertoprud, E.S. Chertoprud // Diversity. – 2023. – V. 15. – №12. – P.1198-1198.

2. Chertoprud, E.S. Species Diversity and Driving Factors of Benthic and Zooplanktonic Assemblages at Different Stages of Thermokarst Lake Development: A Case Study in the Lena River Delta (Middle Siberia) / E.S. Chertoprud, A.A. Novichkova, A.N. Tsyganov, L.V. Vorobjeva, A.S. Esaulov, S.V. Krylenko, Y.A. Mazei // Diversity. – 2023. – V.15. – №4. – P. 511.

ТЕЗИСЫ И МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ

1. Воробьева, Л.В., Количественные и качественные характеристики реки Пра Рязанской области в 2010 году / Л.В. Воробьева, В.П. Семерной, В.П. Иванчев // Актуальные проблемы биологии и экологии: материалы докладов XIX Всероссийской молодежной научной

конференции (Сыктывкар, респ. Коми, Россия, 2-6 апреля 2012 г.). – Сыктывкар: 2012. – С.70-72.

2. Воробьева, Л.В. Макрозообентос малых рек Даниловского района Ярославской области / Л.В. Воробьева // Материалы XV Школы-конференции молодых учёных Биология внутренних вод (Борок, 19-24 октября 2013 г.). – ООО Костромской печатный дом, Кострома: 2013. – С.129-133.

3. Воробьева Л.В. Макрозообентос малых рек Даниловского района Ярославской области / Л.В. Воробьева // Биоразнообразие: глобальные и региональные процессы. Материалы Всероссийской конференции молодых ученых, Улан-Удэ (Россия), 16–21 сентября 2013 г. – Т.16. – Издательство БНЦ СО РАН, Улан-Удэ: 2013. – С.182-184.

4. Воробьева, Л.В. Сообщества макрозообентоса реки Баджал (Хабаровский край) / Л.В. Воробьева, Е.С. Чертопруд // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук (Борок, 22–26 ноября 2021 г.). – Филигрань, Ярославль: 2021. – С.36-36.

5. Воробьева, Л.В. Сравнительный анализ закономерностей формирования сообществ зоопланктона, мейо- и макрозообентоса озер и полигональных прудов дельты реки Лена / Л.В. Воробьева, А.А. Новичкова, С.В. Крыленко, Е.С. Чертопруд // Биология водных экосистем в XXI веке: факты, гипотезы, тенденции: тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 65-летию Института биологии внутренних вод имени И. Д. Папанина Российской академии наук (Борок, 22–26 ноября 2021 г.). – Филигрань, Ярославль: 2021. – С.37-37.

6. Новичкова, А.А. Ракообразные водоёмов Шантарских островов: влияние островной изоляции и градиента солености на состав и структуру сообществ / А.А. Новичкова, Е.С. Чертопруд, Р.Р. Борисов, Л.В. Воробьева // Актуальные проблемы изучения ракообразных: сборник тезисов докладов Четвертой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок Ярославской обл. – Севастополь: Институт природно-технических систем: 2024. – С.70.