

Российский открытый молодежный водный конкурс

Название исследовательского проекта:

«Структура донных сообществ как показатель экологического состояния водотоков» (на примере малых рек Приморского края)



ДРОЗДОВ Георгий Константинович, ТИЩЕНКО Глеб Сергеевич

9 класс, МБОУ СОШ № 73, г. Владивосток

Руководители:

ВШИВКОВА Татьяна Сергеевна, Ph.D., старший научный сотрудник Лаборатории пресноводной гидробиологии, ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН

КЛИМАНСКИЙ Владислав Алексеевич, учитель географии и информатики СОШ №73 г. Владивосток

г. Владивосток

2023–2024 г.

Аннотация.

Проблемы сохранения пресноводных ресурсов требуют хорошо развитой системы мониторинга как с государственной, так и общественной стороны. Особенно это касается малых водных объектов, которые остаются наиболее незащищенными перед лицом нарастающей урбанизации, так как не внесены в государственные водные кадастры и, таким образом, остаются за пределами государственного внимания. Эта проблема может быть решена при широком вовлечении общественности в дело спасения малых рек. В работе продемонстрирована деятельность молодёжных общественных экологических агентств Приморского края по оценке экологического состояния 6 малых модельных рек: Кедровая, Комаровка, Вилка, Вторая Речка, ручьи Океанский и Эврика с помощью простых методов биоиндикации с использованием организмов макрозообентоса.

Авторы проекта, вместе с другими школьниками Приморского края и студентами вузов с 2020 г. включились в исследования экологического состояния малых водотоков региона для выявления закономерностей изменения речных сообществ при разных уровнях антропогенного воздействия, участвуя в сборах, обработке и анализе полученных данных.

Цель работы: Исследовать состав и структуру донных сообществ макрозообентоса на 6 водотоках Приморского края, находящихся на территориях с различной степенью антропогенного воздействия.

По результатам проведенных исследований, выявлен таксономический состав макрозообентоса на 6 избранных водотоках Приморского края, описана видовая и трофическая структура донных сообществ макрозообентоса и выявлено 3 типа сообществ, расположенных в условиях различного антропогенного воздействия. Также рассчитаны биотические индексы для 6 исследованных местообитаний. Выявлено, что некоторые индексы не точно оценивают состояние сообществ – при отсутствии химических загрязнений, но в условиях физических нарушений русла и сведении лесного покрова.

Подтверждена эффективность работы молодёжных групп общественных экспертов при исследовании экологического состояния речных экосистем; положительный опыт данного проекта следует экстраполировать на другие регионы. Исследовательский отчёт передан в Молодёжный центр биомониторинга ВВГУ и НОКЦ «Живая вода» для включения в Общественный кадастр водных объектов Амурского бассейна.

Результаты и достижения, полученные при выполнении проекта, предполагается экстраполировать на другие регионы ДВФО и страны Восточной и Северо-Восточной Азии (ВСВА) в рамках международных молодёжных экологических проектов.

Тенденция к повышению уровня экологической культуры, которая обычно характеризуется повышенным вниманием к качеству окружающей среды и стремлением как можно больше знать «чем я дышу», «какую воду пью», в «какой воде купаюсь» постепенно начинает набирать темпы [1]. В России всё более популярным становится участие общественности в процессе оценки качества окружающей среды с помощью методов биоиндикации. Для этого разрабатываются различные руководства, адаптированные для неспециалистов (волонтеров, экологических активистов) – простые, но адекватно отражающие экологическое состояние природных объектов. На Дальнем Востоке РФ такие методические пособия создаются специалистами Научно-общественного координационного центра «Живая вода» (НОКЦ), работающего под эгидой ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН [2–4]. С 2003 года Центром, на базе школ, вузов, общественных экологических организаций, создаётся и развивается сеть молодёжных общественных экологических агентств (ОЭА), которые нацелены на спасение малых водных объектов [5,6]. На базе НОКЦ молодые исследователи получают знания о методах пресноводного мониторинга с использованием водных беспозвоночных, проходят обучение в рамках мастер-классов, семинаров, научно-исследовательских конференций.

Авторы проекта, вместе с другими школьниками Приморского края и студентами вузов с 2020 г. включились в исследования экологического состояния малых водотоков региона для выявления закономерностей изменения речных сообществ при разных уровнях антропогенного воздействия, участвуя в сборах, обработке и анализе полученных данных.

Цель работы: Исследовать состав и структуру донных сообществ макрозообентоса на 6 водотоках Приморского края, находящихся на территориях с различной степенью антропогенного воздействия.

Задачи:

1. Выявить таксономический состав макрозообентоса на избранных водотоках.
2. Описать видовую и трофическую структуру донных сообществ макрозообентоса.
3. Проанализировать основные метрики биоразнообразия и рассчитать биотические индексы на 6 исследованных участках избранных водотоков.
4. Определить качество вод исследованных водотоков по показателям водных беспозвоночных, выявить закономерности изменения структуры донных сообществ в условиях антропогенного воздействия.
5. Подготовить исследовательский отчет для включения в Общественный кадастр малых водных объектов Амурского бассейна, формируемый в НОКЦ «Живая вода».

1. РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Физико-географическое описание района исследований

Приморский край расположен на юге Дальнего Востока РФ, в юго-восточной части России. На севере он граничит с Хабаровским краем, на западе – с Китаем, на юго-западе – с Северной Кореей, с юго-востока омывается Японским морем. Максимальная протяжённость региона – 900 км, наибольшая ширина – 280 км. Рельеф Приморского края в основном горный. Большая его часть занята крупными горными хребтами и только пятую

часть занимают межгорные впадины и долины рек. Основу рельефа составляют две горные системы – Восточно-Маньчжурская и Сихотэ-Алинь, между которыми располагается Приханкайская равнина. Самая высокая точка – гора Облачная, высота 1854 м. Реки небольшие, каменисто-галечные, в основном горного и полугорного типа. Растительный покров составляет преимущественно смешанные леса с преобладанием дуба, кедра, березы, в горах доминируют елово-пихтовые, кедрово-еловые и кедрово-широколиственные леса, переходящие на юго-западе края в более богатые и теплолюбивые чернопихтovo-широколиственные леса. В речных долинах произрастают леса из ясеня, вяза и ореха маньчжурского, с обилием лиановых; много реликтовых растений, таких как лимонник, кедр, элеутерококк, актинидия, аралия. Леса занимают почти 3/4 площади края и являются важнейшим ландшафтообразующим элементом региона. Приморье располагается в муссонной дальневосточной области умеренного климатического пояса, ей соответствует умеренный муссонный тип климата.

1.2. Характеристика водотоков и условий местообитания на станциях отбора проб

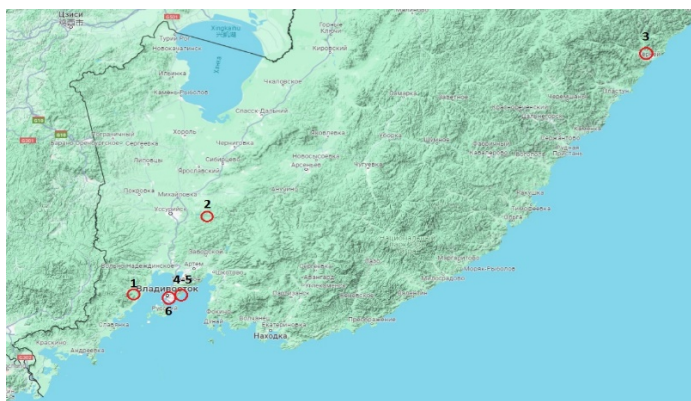


Рис. 1. Карта-схема расположения изученных водотоков на территории Приморского края:

1 – р. Кедровая, 2 – р. Комаровка, 3 – р. Вилка, 4-5 – ручьи ВДЦ «Океан»: Океанский и Эврика, 6 – р. Вторая Речка)

В качестве модельных водотоков были выбраны 6 малых рек, расположенных на условно фоновых (находящихся, или прилежащих к ООПТ) и частично, или значительно урбанизированных территориях (рис. 1). Все они расположены в лесных зонах, некоторые из которых подверглись серьёзному антропогенному воздействию. Краткая характеристика водотоков и станций отбора проб – ниже и в табл. 1.

Станция 1. Река Кедровая. Южное Приморье. Хасанский район, заповедник «Кедровая Падь». Река протекает между Сухореченским и Гаккелевским хребтами. В верховьях сохранились коренные чернопихтарники из пихты цельнолистной. Впадает в Амурский залив Японского моря. Относится к категории малых рек, её длина 18 км. Это типично горная река со значительным падением русла, многочисленными перекатами, каменисто-галечниковым дном и чистой холодной водой. Для ученых всего мира она – идеал чистой реки. Весь бассейн реки расположен в пределах и никогда не подвергался воздействию человека. Станция отбора проб расположена в районе старой усадьбы заповедника (у «директорской ямы») (рис. 2), в зоне метаритрали.

Станция 2. Река Комаровка. Южное Приморье. Уссурийский заповедник. Малая река, длина 67 км. Верхняя часть расположена на территории Уссурийского заповедника в пределах отрогов гор Пржевальского (юго-западный Сихоте-Алинь). В верхнем течении р. Комаровка является горной рекой, у с. Кондратеновка приобретает

равнинный характер. Пробы отбирались на участке в районе пос. Каменушка (зона метаритрали) – в буферной зоне заповедника, не имеющей источников загрязнения (рис. 2).

Станция 3. Река Вилка. Северное Приморье, Тернейский район, пос. Терней. Малая река (длина 12,5 км), расположена вблизи Сихотэ-Алинского государственного биосферного заповедника. Протекает через пос. Терней, в этой части, вероятно, испытывает слабое антропогенное воздействие в виде бытовых сбросов (в малых объёмах) и частичной дефорестации (вырубка леса). Пробы отбирались в нижней части водотока перед впадением в р. Серебрянка на обезлесенном участке в районе посёлка, в зоне метаритрали (рис. 2).

Станция 4. Ручей Океанский. Южное Приморье. Бассейн водотока в нижней части располагается на территории ВДЦ «Океан», верховье находится за его пределами. Ручей впадает в Уссурийский залив. Водоток представляет собой небольшой ручей, с длиной русла 2.63 км (категория самых малых водотоков). Бытовых сбросов нет, отмечено механическое повреждение русла в районе станции отбора проб и вырубка лесных насаждений на территории ВДЦ и за его пределами, в верховье, где с 2020-х началось строительство коттеджного посёлка (рис. 2,3). Пробы отбирались на верхней станции, расположенной в пределах лесной зоны (широколиственный реликтовый чернопихтарниковый лес), зона эпитрали. Для понимания изменений экосистемы после вырубки леса были изучены материалы, отобранные на станции до 2020 г.



Рис. 2. Исследуемые участки (станции) на 6 малых реках Приморского края

Станция 5. Ручей Эврика. Южное Приморье. Как и руч. Океанский расположен на территории ВДЦ «Океан», но вне основной территории, вблизи Эколого-биологического центра ВДЦ «Океан» (ЭБЦ). Длина русла 1,6 км (категория самых малых водотоков). Предполагаются сбросы бытовых стоков, отмечены механическое нарушение русла вследствие забора гравия, отмечена вырубка лесного массива на территории ЭБЦ и в верховье (рис. 2, 3). Пробы отбирались в 100 м выше ЭБЦ, в зоне эпитрали.

Станция 6. Река Вторая Речка. Южное Приморье, г. Владивосток. Городская территория с плотно развитой инфраструктурой. Длина реки 6.15 км (категория самых малых рек). Почти весь бассейн застроен, за исключением незначительного участка в верховьях, и находится в сфере серьёзного антропогенного воздействия. Пробы отбирались в низовье реки в районе Парка Победы, зона метаритрали (рис. 2).



Рис. 3. Районы строительства в бассейнах ручьёв ВДЦ «Океан» (ограничены квадратами): руч. Океанский (1 – район строительства на территории ВДЦ, 2 – за пределами ВДЦ); руч. Эврика (3 – строительство на территории ВДЦ, 4 – за пределами ВДЦ)

2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

2.1. Методы отбора проб водных беспозвоночных

Пробы макрозообентоса отбирались донным сачком методом принудительного дрефта (рис. 4а) [2]. Сачок устанавливали в срединной части русла (медиаль) на перекатах; на дистанции в 3 м выше от сачка ворошили грунт в течение 1 мин; смывы вместе с гидробионтами улавливались донным сачком (рис. 4б). Пробы отбирали в 3-х

повторностях на верхней, средней и нижней части переката. Затем материал переключивали в ведро и промывали (рис. 5а). Животных вместе с остатками детрита переключивали в ёмкость, фиксировали 80%-ым этанолом и снабжали этикеткой. Одновременно со сбором проб проводили описание мест обитания и измерение основных параметров водотока (рис. 4а). Отбор проб на водотоках проводился в период с 2021 по 2023 гг. в разные сезоны (табл. 1).

Выделение продольных зон водотока проводили по классификации И. Иллиеса и Л. Ботошняну [2], где *креналь* (с подзонами эу- и гипокреналь) – это верхняя, родниковая, часть водотока со стенобионтными условиями обитания и малым расходом воды; *ритраль* – средняя часть русла с подзонами эпи-, мета- и гипоритраль, здесь преобладают эрозионные процессы, водный поток хорошо выражен с оформленными участками перекатов и плёсов; *потамаль* – нижний участок реки с подзонами эпи- и гипопотамали, с преобладанием седиментационных процессов, медленной скоростью течения; плёсы и перекаты не выражены. В нашем исследовании были охвачены участки, относящиеся к зонам эпи- и метаритрали (табл. 1).



Рис. 4. Описание местообитаний (а) и отбор проб методом принудительного дрефта (б).

2.2. Материал

За период работы с 2021 по 2023 гг. исследованиями были охвачены 6 водотоков, расположенных в районах Приморского края с севера до юга: реки Кедровая, Комаровка, Вилка, Вторая Речка и ручьи Океанский и Эврика. В каждой точке (станции) отобрано по

t воды, С°	14.1	18.3	11	14.4	5.2	13
t воздуха, С°	17.5	26.1	15.2	22.8	17.0	12
Освещенность (баллы)*	2–3	2	5	1/4	2–3	5
Растительность*	см-чп (нн)	см-чп (нн)	0	см-чп (чн)	см-чп (чн)	0
Объем детрита (баллы)	2	2	1	2–3	2–3	1
СРОМ/ФРОМ (баллы)*	2/1	2/1	1/1	3/1	3/1	1/2
Замусоренность (баллы)*	0	0	1	0	0	4
Нарушения русла*	нет	нет	мн-2	мн-2	мн-2	мн-3
Тип пробоотборника	D-net	D-net	D-net	D-net	D-net	D-net
Дата отбора проб	9.10.2023	27.8.2021	1.6.2021	27.6.2022	4.4.2023	23.10.2022

*Примечание. *Характер дна*: в – валуны, г – галька, гр – гравий, и – ил, п – песок; *освещенность*: 0 – водоток полностью затенён кронами деревьев; 1 – слабый просвет между кронами, 2 – умеренный просвет, 3 – значительный просвет, 4 – затенен лишь у берега, 5 – полностью освещён; *растительность*: см-чп – смешанный черно-пихтарниковый лес, нн – ненарушенный лес, чн – частично нарушенный, 0 – отсутствует; *СРОМ/ФРОМ*: СРОМ – крупнодисперсное органическое вещество (листовой опад и др.), ФРОМ – мелкодисперсное органическое вещество (мелкий детрит, ил), 3 – много, 2 – умеренное количество, 1 – немного; *замусоренность*: 0 – отсутствует, 2 – мало, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная; *нарушение речного русла*: мн – механические изменения русла в результате антропогенной деятельности различного типа (1 – незначительные, 2 – умеренные, 3 – значительные).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты оценки экологического состояния водотоков проводили с помощью двух подходов: по структуре донных сообществ и с помощью методов биоиндикации.

3.1. Выделение типов сообществ и оценка их экологического состояния

Видовая структура донных сообществ беспозвоночных, служит хорошим показателем их экологического состояния. Если в сообществе доминируют чувствительные к загрязнениям виды, особенно представители комплекса ЕРТ, состояние расценивается как хорошее, а воды – чистыми; при доминировании толерантных таксонов, качество воды считается плохим, а состояние сообщества расценивается как деградирующее в различной степени. Результаты расчётов структуры изученных сообществ приведены в Приложении (табл. 3–10) и на рис. 6–7.

На основании доминирующих видов были выделены типы сообществ, которые называли видам – доминантам, преобладающим по численности. Зная толерантное значение (TV) видов-доминантов легко получить представление об экологическом состоянии изучаемых сообществ в месте обитания. При анализе видовой структуры, были выявлены следующие типы сообществ:

На основании доминирующих видов были выделены типы сообществ, которые называли видам – доминантам, преобладающим по численности. Зная толерантное значение (TV) видов-доминантов легко получить представление об экологическом состоянии изучаемых сообществ в месте обитания. При анализе видовой структуры, были выявлены следующие типы сообществ:

А. Сообщества чистых вод, ненарушенные: к этой группе отнесены сообщества рек Кедровая и Комаровка, расположенные на территориях ООПТ, а также р. Вилка, расположенной на слабо нарушенной территории (вырубка леса) и хорошим качеством воды по гидрохимическим показателям. Данные сообщества отличаются высоким

биоразнообразием (выявлено от 25 до 38 таксонов, соответственно) (прилож.: табл. 3–5), в них доминируют личинки амфибиотических насекомых высокочувствительного комплекса ЕРТ (отряды Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera) (рис. 6). В р. Вилке число видов меньше (11 таксонов), но, как в Кедровой и Комаровке, высока доля ЕРТ и SO.

A1. Сообщество метаритрали р. Кедровая, ст. 1:

«*Ecdyonurus* sp. + *Stenopsyche marmorata* + *Ephemerella tshernovae*»

Комплекс ЕРТ = 95,8%; общая доля чувствительных организмов (индекс SO) = 96,51%. В трофической структуре доминируют сборщики, хотя высока доля фильтраторов и скребущих; измельчители слабо представлены (прилож.: табл. 3,). Все биотические индексы характеризуют качество воды как «превосходное» (табл. 2).

A2. Сообщество метаритрали р. Комаровка, ст. 2:

«*Orthoclaadiinae* + *Metalype uncatissima*»

Комплекс ЕРТ = 69,68%; индекс SO = 80,1%. В трофической структуре доминируют сборщики и скребущие, доля фильтраторов и измельчителей невелика (табл. 4, прилож.). Все биотические индексы характеризуют качество воды как «превосходное» (табл. 2).

A3. Сообщество метаритрали, р. Вилка, ст. 3:

«*Neophylax ussuriensis* + Chironomidae»

Комплекс ЕРТ = 71%; индекс SO = 77,8%. В трофической структуре, как и в р. Комаровка, доминируют сборщики и скребущие, доля фильтраторов и измельчителей невелика (прилож.: табл. 5). Биотические индексы, характеризуют воды как «превосходного качества», кроме индекса FE BMWP, понижающего категорию до «хорошее качество» (табл. 2).

Б. Нарушенные сообщества в местообитаниях с относительно чистой водой. К данной группе отнесено сообщество руч. Океанский, находящееся в относительно благополучных условиях по гидрохимическим показателям (что подтверждено исследованиями, проведенными в рамках другого проекта). Главные нарушения: механическое повреждение русла и сведение лесного покрова на участке, где проводились исследования и в верховьях ручья в зоне строительства коттеджей:

Б1. Сообщество эфиритрали, руч. Океанский, ст. 4 (после вырубки леса в 20):

«Chironomidae + Simuliidae»

Комплекс ЕРТ = 10,74%, индекс SO = 28,3%. В трофической структуре доминируют сборщики и скребущие, доля фильтраторов и измельчителей невелика (прилож.: табл. 5). Биотические индексы характеризуют качество воды неоднозначно, часть оценивает воды как «превосходного» качества, другие – «посредственное» качества. Следует отметить, что в 2003 и 2016 г. (до вырубки леса) структура сообществ в руч. Океанский разительно отличалась от современного состояния, здесь доминировали измельчители *Gammarus koreanus* и качества вод по всем показателям было высоким (прилож.: табл. 6–7; рис. 7).

Типы сообществ на данном участке до вырубки леса были сходны (рис. 7):

22.09.2009:	« <i>Gammarus koreanus</i> + <i>Baetis</i> spp.»	ЕРТ = 18,3; SO = 99%
20.07.2016:	« <i>Gammarus koreanus</i> + Heptageniidae»	ЕРТ = 28,2; SO = 96,2%.

В сообществе доминировали измельчители, что характерно для естественных лесных водотоках юга Дальнего Востока РФ. После вырубки леса в верховьях ручья, ракообразные гаммариды практически исчезли, структура сообщества резко изменилась.

В. Нарушенные сообщества с загрязнённой водой. К ним отнесены сообщество эпиритрали руч. Эврика в условиях прогрессирующего импакта, начавшегося относительно недавно, и сообщество метаритрали р. Вторая Речка (нижняя часть), которое испытывает мультипликативное антропогенное воздействие в течение десятилетий (более 70 лет):

В1. Сообщество руч. Эврика, ст. 5:

«Chironomidae + Oligochaeta»

Комплекс EPT = 2,18%; индекс SO = 3,29% – это очень низкие значения, характерные для загрязнённых вод. Доли олигохет (39,5%) и хирономид (55,31%) высоки, в общем составляют 94,81%, такая ситуация свойственна для сообществ загрязнённых вод. В пробах были обнаружены и чувствительные таксоны (планарии, веснянки, подёнки, ручейники), правда, они представлены небольшим количеством. По-видимому, экосистема ручья Эврика стала испытывать антропогенное воздействие недавно и поэтому ещё сохраняет в составе сообщества некоторое число сенситивных групп организмов. В настоящее время руч. Эврика находится на стадии перехода к деградирующему состоянию. В трофической структуре доминируют сборщики (95,6%), доля остальных трофических групп невелика (прилож.: табл. 6, рис. 6). Биотические индексы характеризуют качество воды неоднозначно: часть оценивают воды как «хорошего» качества (индексы Гутнайта-Уитлея и FE BMWP) или даже «превосходного» (индекс Вудивисса), другие, напротив – как «плохое» или «очень плохое» (табл. 2). Необходимо провести калибровку индексов, особенно для водотоков, находящихся на промежуточной стадии недолговременного антропогенного импакта, чтобы оптимизировать оценочные критерии.

В2. Сообщество р. Вторая Речка, ст. 6:

«Oligochaeta + Chironomidae»

EPT = 0%, SO = 0%. Чувствительные таксоны полностью отсутствуют. В трофической структуре доминируют сборщики – 99,12% (прилож.: табл. 10). Сообщество р. Вторая Речка находится в состоянии крайней деградации, качество воды по всем биотическим индексам – «плохое» или «очень плохое».

Таблица 2

Оценка качества воды на исследованных водотоках с помощью биотических индексов

Метрики/Индексы	р. Кедровая	р. Комаровка	р. Вилка	руч. Океанский	руч. Эврика	р. Вторая Речка
Общее число таксонов	25	38	11	21	26	5
<i>EPT</i> _{число таксонов}	22	26	8	3	9	0
% <i>EPT</i> _{экз}	93,71	69,68	71	10,74	2,24	0
Индекс Гутнайта-Уитлея	0	0,1	0	1,5	39	76,02
Категория качества	E	E	E	E	G-F	P
Индекс Вудивисса	11	10	8	10	11	2
Категория качества	E	E	E	E	E	P
FE BMWP	220	240	121	131	137	14
Категория качества	E	E	G	G	G	P
Far East ASPT	8,8	5,3	8,07	8,7	0,07	2,8

<i>Категория качества</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
Индекс FBI	2,9	2,9	3,2	5,62	6,67	7,53
<i>Категория качества</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
Индекс H	3,49	3,96	3,84	5,6	6,69	7,53
<i>Категория качества</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>P</i>
Индекс SO	96,51	80,1%	77,8%	28,3%	3,29%	0%
<i>Категория качества</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>VP</i>

(*E* – превосходное качество; *G* – хорошее; *F* – посредственное, *P* – плохое, *VP* – очень плохое)

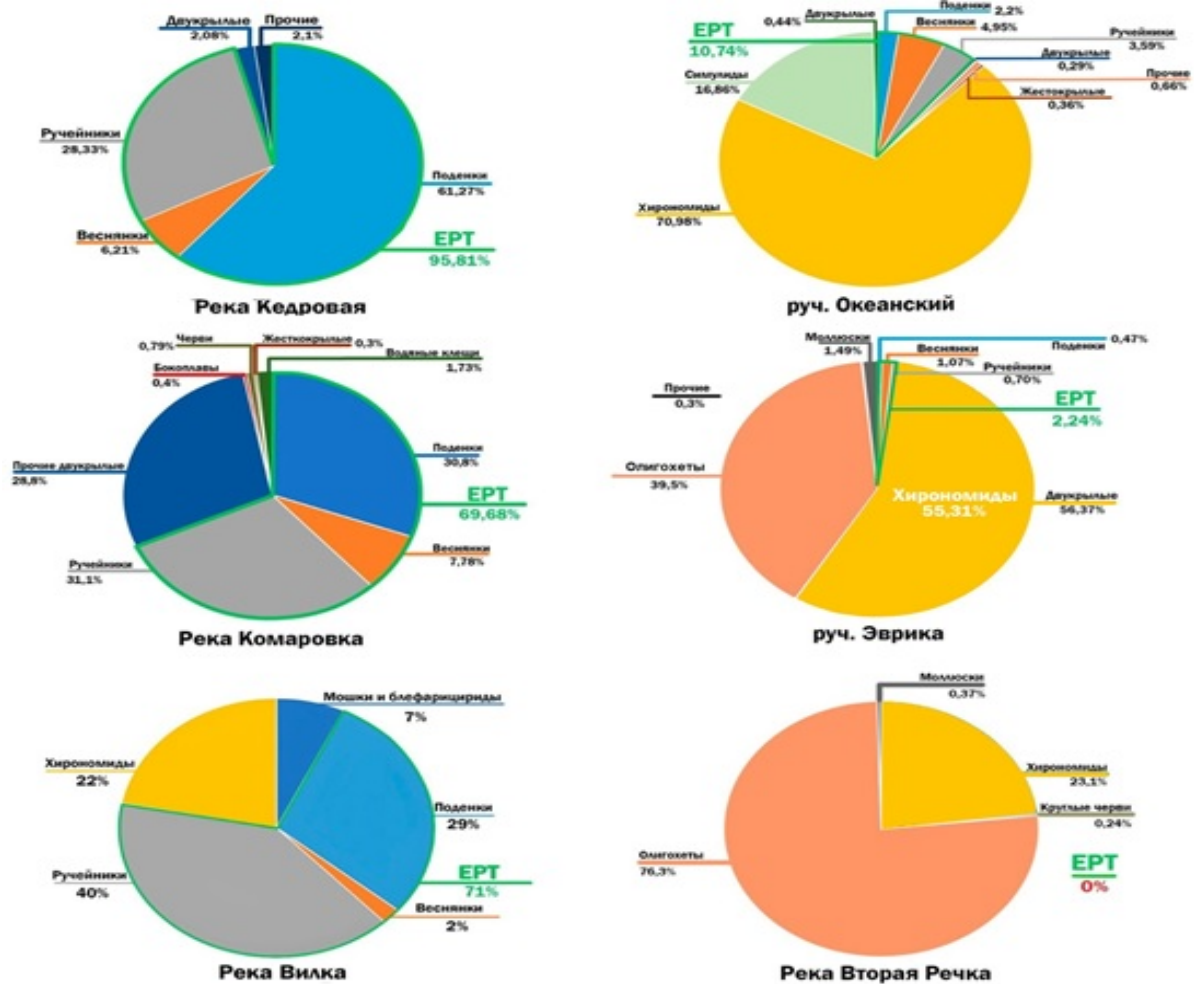


Рис. 6. Структура донных сообществ 6 станций по видовому составу (данные 2021–2023 гг.)

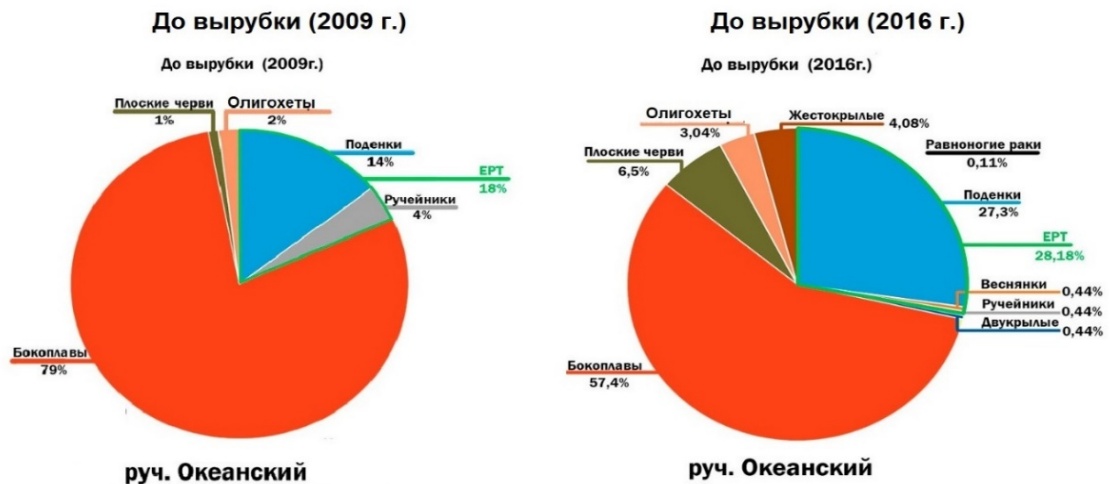


Рис. 7. Структура сообщества руч. Океанский до вырубki лесного покрова (данные 2009 и 2016 гг.)

Выводы

1. Выявлен таксономический состав макрозообентоса на 6 избранных водотоках Приморского края; наибольшее видовое разнообразие отмечено в водотоках типа А и Б (11–42 таксона), тогда как в сообществах с загрязнённой водой видовое разнообразие низкое – всего 5 таксонов.
2. Описана видовая и трофическая структура донных сообществ макрозообентоса и выявлено 3 типа сообществ, расположенных в условиях различного антропогенного воздействия: А – ненарушенные сообщества чистых вод (реки Кедровая, Комаровка, Вилка); Б – сообщества с относительно чистой водой, но с нарушениями русла и лесного покрова (руч. Океанский); В – сообщества с загрязнённой водой, механическими изменениями русла и нарушением лесного покрова (руч. Эврика и р. Вторая Речка), причём, состояние сообщества в условиях недавно начавшегося антропогенного воздействия (В1) значительно лучше, чем сообщества, находящегося в условиях хронического импакта (В2). Подтверждено, что структура донных сообществ может служить адекватным критерием при оценке здоровья водотоков.
3. Рассчитаны биотические индексы для 6 исследованных местообитаний. Выявлено, что некоторые индексы не точно оценивают состояние сообществ – при отсутствии химических загрязнений, но в условиях физических нарушений русла и сведении лесного покрова. Следует провести специальные исследования для калибровки оценочных критериев при оценке водотоков, находящихся на начальных этапах антропогенного воздействия, в условиях прогрессирующей деградации.
4. Подтверждена эффективность работы молодёжных групп общественных экспертов при исследовании экологического состояния речных экосистем; положительный опыт данного проекта следует экстраполировать на другие регионы.
5. Исследовательский отчёт передан в Молодёжный центр биомониторинга ВВГУ и НОКЦ «Живая вода» для включения в Общественный кадастр водных объектов Амурского бассейна.

Список литературы

1. Вшивкова Т.С., Салюк П.А., Дроздов К.А., Сибирина Л.А. Каждый должен стать экологом. // Будущее зависит от нас: тезисы докладов XVII Международной молодёжной экологической конференции "Человек и Биосфера". 2020. С. 14–27.
2. Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А. Введение в мониторинг пресных вод. 2019. Владивосток: Изд-во ВГУЭС. 240 с.
3. Вшивкова Т.С. Оценка экологического состояния водотоков с использованием водных беспозвоночных (краткое руководство по пресноводному биомониторингу для общественных экологических агентств) // Краткое руководство по биомониторингу пресных вод для общественных экологических агентств. 2020. Иркутск: Изд-во «Весь Иркутск». 85 с.
4. Вшивкова Т.С. Методическое руководство для определения качества речных вод в странах АТР с помощью водных беспозвоночных. 2023. 24 с. // Электронный ресурс: <http://east-eco.com>
5. Sibirina L., Akatkina A., Skriptzova A. & Vshivkova T. Monitoring of Primorsky Territory freshwater by public ecological agencies // Zoosymposia. 2016. V. 10. P. 393–397. 6. Morse, J.C., Bae Y.J., Munkhjargal G., Sangpradub N., Tanida K., Vshivkova T.S., Wang B., Yang L., Yule C.M. Freshwater biomonitoring with macroinvertebrates in East Asia // *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2007. V 5, Iss. № 1. P. 25–43.

ПРИЛОЖЕНИЕ

В таблицах использованы следующие обозначения: n – число экземпляров в пробе, TV – толерантное значение таксона; TV * n – произведение TV на n; FTG – функционально-трофические группировки, Shr – измельчители (shredders), SC – скребущие (scrapers) C-F – фильтраторы (collectors-filterers), C-G – сборщики (collectors-gatherers), PR – хищники (predators).

Таблица 3

Видовая и трофическая структуры донного сообщества р. Кедровая, ст. 1

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
1	сем. Baetidae, <i>Baetis</i> sp.	1	0,7	4	4	C-G
2	сем. Ephemeridae, <i>Ephemera strigata</i>	1	0,7	4	4	C-G
3	сем. Ephemerellidae, <i>Ephemerella levanidovae</i>	1	0,7	2	2	C-G
4	сем. Ephemerellidae, <i>Drunella</i> sp.	8	5,52	2	16	PR
5	сем. Ephemerellidae, <i>Ephemerella levanidovae</i>	1	0,7	2	2	C-G
6	сем. Ephemerellidae, <i>Ephemerella tshernovae</i>	16	11,0	2	32	C-G
7	сем. Heptageniidae, <i>Cinygmula</i> sp.	15	10,34	4	60	SC
8	сем. Heptageniidae, <i>Ecdyonurus</i> sp.	24	16,4	4	96	C-G
9	сем. Heptageniidae, <i>Epeorus pellucidus</i>	3	2,1	4	12	SC
10	сем. Heptageniidae, <i>Epeorus (Iron)</i> sp.	12	8,28	4	48	SC
11	сем. Leptophlebiidae, <i>Leptophlebia vladivostokica</i>	7	4,83	2	14	C-G
Отряд Plecoptera – Веснянки						
12	сем. Nemouridae, <i>Amphinemura</i> sp.	1	0,69	2	2	Shr
13	сем. Perlodidae, <i>Skwala pusilla</i>	4	2,76	2	12	PR
14	сем. Pteronarcyidae, <i>Allonarcys sachalina</i>	4	2,76	0	0	Shr
Отряд Heteroptera – Полужесткокрылые						
15	сем. Belostomatidae, <i>Appasus major</i>	3	2,1	5	15	PR
Отряд Trichoptera – Ручейники						
16	сем. Arctopsychidae, <i>Arctopsyche palpata</i>	7	4,83	2	14	C-F
17	сем. Hydropsychidae, <i>Hydropsyche orientalis</i>	11	7,6	5	55	C-F
18	сем. Limnephilidae, <i>Hydatophylax nigrovittatus</i>	1	0,7	4	4	Shr
19	сем. Phryganeidae, <i>Semblis phalaenoides</i>	1	0,7	4	4	Shr
20	сем. Stenopsychidae, <i>Stenopsyche marmorata</i>	17	11,72	1	17	C-F
21	сем. Rhyacophilidae, <i>Rhyacophila impar</i>	2	1,38	0	0	PR
22	сем. Rhyacophilidae, <i>Rhyacophila</i> gr. <i>sibirica</i>	1	0,7	0	0	PR
23	сем. Rhyacophilidae, <i>Rhyacophila</i> sp.	1	0,7	0	0	PR
Отряд Diptera – Двукрылые						
24	сем. Limoniidae, <i>Antocha</i> sp.	1	0,7	3	3	C-G
25	сем. Chironomidae indet.	2	1,38	6	12	C-G
Всего таксонов: 25		Всего организмов (экз.): 145		TV * n: 428		
Доминирующий таксон: Stenopsyche marmorata						
Тип сообщества: Ecdyonurus sp. + Stenopsyche marmorata + Ephemerella tshernovae						
Трофическая структура						
Сборщики, C-G	Фильтраторы, C-F	Скребущие, Scr	Хищники, PR	Измельчители, Shr		
37,11	24,15	20,72	13,16	4,86		

Таблица 4

Видовая и трофическая структуры донного сообщества р. Комаровка, ст. 2

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
ТИП NEMATODA – КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ						
1	Nematoda indet.	5	0,36	5	25	PA
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta indet.	2	0,14	8	16	C-G
3	сем. Branchiobdellidae	4	0,29	6	24	C-G
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Отряд Amphipoda – Бокоплавы						
4	сем. Gammaridae, <i>Gammarus sufenensis</i>	6	0,4	4	24	Shr
Класс Hydracarina – Водяные клещи						
5	Hydracarina spp.	24	1,73	6	144	PR
Класс Insecta – Насекомые. Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
6	сем. Baetidae, <i>Baetis fuscatus</i>	16	1,16	4	64	C-G
7–8	сем. Ephemerellidae, <i>Drunella aculea</i> + <i>D. cryptomeria</i>	30	0,07	2	60	PR
9–10	сем. Ephemerellidae, <i>Serratella ignita</i> + <i>S. setigera</i>	8	4,87	2	16	C-G
11	сем. Ephemerellidae, <i>Torleya padunica</i>	4	0,3	2	8	PR
12–13	сем. Heptageniidae, <i>Ecdyonurus</i> sp. + <i>E. kibunensis</i>	146	10,63	4	48	C-G/Sc
14	сем. Heptageniidae, <i>Epeorus smirnovi</i>	79	5,7	0	0	Scr
15	сем. Isonychiidae, <i>Isonychia japonica</i>	30	2,18	2	60	C-F
16	сем. Leptophlebiidae, <i>Choroterpes altioculus</i>	10	0,72	2	20	C-G
17	сем. Leptophlebiidae, <i>Leptophlebia vladivostokica</i>	42	3,06	2	84	C-G
Отряд Plecoptera – Веснянки						
18	сем. Chloroperlidae, <i>Sweltsa-Suwallia</i>	2	0,14	1	2	PR
19	сем. Leuctridae spp.	49	3,57	0	0	Shr
20	сем. Nemouridae, <i>Amphinemoura</i> sp.	2	0,14	2	4	Shr

21	сем. Perlidae, <i>Kamimuria exilis</i>	8	3,06	1	8	PR
22	сем. Perlodidae spp.	12	0,87	2	24	PR
Отряд Trichoptera – Ручейники						
23	сем. Agapetinae spp.	170	12,39	0	0	Scr
24	сем. Glossosomatidae, <i>Glossosoma</i> sp.	13	0,9	0	0	Scr
25	сем. Goeridae, <i>Goera</i> sp.	7	0,5	1	7	Scr
26	сем. Hydropsychidae, <i>Cheumatopsyche</i> sp.	1	0,07	5	5	C-F
27	сем. Leptoceridae, <i>Athripsodes</i> sp.	20	1,45	3	60	C-G
28	сем. Psychomyiidae, <i>Lype daurica</i>	1	0,07	3	3	Scr
29	сем. Psychomyiidae, <i>Metalype uncatissima</i>	200	14,5	2	400	Scr
30	сем. Psychomyiidae, <i>Psychomyia flavida</i>	1	0,07	2	2	Scr
31	сем. Stenopsychidae, <i>Stenopsyche marmorata</i>	5	0,36	1	5	C-F
Отряд Coleoptera - Жесткокрылые						
32	сем. Elmidae sp.	4	0,3	4	16	Scr
Отряд Diptera – Двукрылые						
33	сем. Ceratopogonidae, <i>Athrichopogon</i> sp.	1	0,07	6	6	PR
34	сем. Chironomidae, Chironomini	369	26,47	6	6	C-G
35	сем. Tipulidae, <i>Antocha</i> sp.	12	0,87	3	36	C-G
36	сем. Tipulidae, <i>Dicranota</i> sp.	5	0,36	3	15	PR
37	Другие Diptera sp.	1	0,07	3	3	C-G
38	сем. Simuliidae, <i>Simulium aokii</i>	1	0,07	6	6	C-F
Всего таксонов: 42		Всего организмов (экз.): 1372		TV * n: 3903		
Доминирующий таксон: хирономиды сем. Orthocladiinae (19.87%)						
Тип сообщества: Orthocladiinae + <i>Metalype uncatissima</i>						
Трофическая структура						
Сборщики, C-G	Скребушие, Scr	Хищники, PR	Фильтраторы, C-F	Измельчители, Shr		
44.5	34.43	11.47	5.58	4.11		

Таблица 5

Видовая и трофическая структуры донного сообщества р. Вилка, ст. 3

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
1	сем. Ephemerellidae, <i>Drunella</i> sp.	6	13.3	2	12	PR
2	сем. Ephemerellidae, <i>Ephemerella</i> spp	6	13.3	2	12	C-G
3	сем. Heptageniidae, <i>Epeorus (Iron)</i> sp.	1	2.2	4	4	SC
Отряд Plecoptera – Веснянки						
4	сем. Chloroperlidae, <i>Sweltsa-Suwallia</i>	1	2.2	1	1	PR
Отряд Trichoptera – Ручейники						
5	сем. Glossosomatidae, <i>Glossosoma</i> sp.	2	4.4	0	0	Scr
6	сем. Lepidostomatidae, <i>Lepidostoma</i> sp.	2	4.4	1	2	Shr
7	сем. Limnephilidae, <i>Hydatophylax</i> sp.	2	4.4	4	8	Shr
8	сем. Uenoidae, <i>Neophylax ussuriensis</i>	12	26.8	3	36	Scr
Отряд Diptera – Двукрылые						
9	сем. Vlephariceridae	1	2.2	0	0	Scr
10	сем. Chironomidae	10	22.2	6	60	C-G
11	сем. Simuliidae	2	4.4	5	10	C-F
Всего таксонов: 11		Всего организмов (экз.): 45		TV * n = 145		
Доминирующий таксон: <i>Neophylax ussuriensis</i> (26.6%)						
Тип сообщества: <i>Neophylax ussuriensis</i> + Chironomidae						
Трофическая структура						
Скребушие, Scr	Сборщики, C-G	Хищники, PR	Измельчители, Shr	Фильтраторы, C-F		
35.8	35.5	15.5	8.8	4.4		

Таблица 6

Видовая и трофическая структуры донного сообщества руч. Океанский, ст. 4 (отбор проб произведён 22.09.2009, до вырубki леса)

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ						
1	сем. Planariidae, <i>Phagocata vivida</i>	1	1.0	1	1	PR
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta	1	1.0	8	8	C-G
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Отряд Amphipoda – Бокоплавы						
3	сем. Gammaridae, <i>Gammarus koreanus</i>	89	79.7	4	356	Shr
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
4	сем. Baetidae, <i>Baetis</i> spp.	16	14.5	4	64	C-G
Отряд Trichoptera – Ручейники						
5	сем. Glossosomatidae, <i>Glossosoma</i> sp.	2	1.9	0	0	Scr
6	сем. Lepidostomatidae, <i>Lepidostoma</i> sp.	2	1.9	1	2	Shr
Всего таксонов: 6		Всего организмов (экз.): 111		TV * n: 431		
Доминирующий таксон: <i>Gammarus koreanus</i> (79.7%)						
Тип сообщества: <i>Gammarus koreanus</i> + <i>Baetis</i> spp.						
Трофическая структура						
Измельчители, Shr	Сборщики, C-G	Скребушие, Scr	Хищники, PR			
81.6	15.5	1.9	1.0			

Таблица 7

Видовая и трофическая структуры донного сообщества руч. Океанский, ст. 4 (отбор проб произведён 20.07.2016, до вырубки леса)

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ						
1	сем. Planariidae, <i>Phagocata vivida</i>	60	6,5	4	240	PR
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta	31	3,4	8	248	C-G
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Отряд Amphipoda – Бокоплавцы						
3	сем. Gammaridae, <i>Gammarus koreanus</i>	520	57,4	4	2080	Shr
Отряд Isopoda – Равноногие раки, Изоподы						
4	сем. Asellidae, <i>Asellus</i> sp.	1	0,11	6	6	C-G
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
5	сем. Baetidae, <i>Baetis fuscatus</i>	20	2,2	4	80	C-G
6	сем. Heptageniidae spp.	224	25,1	4	896	C-G
Отряд Plecoptera – Веснянки						
7	сем. Nemouridae, <i>Nemoura</i> sp.	1	0,11	2	2	Shr
8	сем. Perlodidae	3	0,33	2	6	PR
Отряд Trichoptera – Ручейники						
9	сем. Lepidostomatidae, <i>Lepidostoma</i> sp.	3	0,33	1	3	Shr
10	сем. Rhyacophilidae, <i>Rhyacophila</i> sp.	1	0,11	0	0	PR
Отряд Coleoptera - Жесткокрылые						
11	сем. Elmidae	37	4,08	4	148	Scr
Отряд Diptera – Двукрылые						
12	сем. Chironomidae	4	0,4	6	24	C-G
Всего таксонов: 12		Всего организмов (экз.): 905		TV * n: 3733		
Доминирующий таксон: <i>Gammarus koreanus</i> (57,45%)						
Тип сообщества: <i>Gammarus koreanus</i> + Heptageniidae						
Трофическая структура						
Измельчители, Shr		Сборщики, C-G		Хищники, PR		Скребушие, Scr
57,8		31,2		6,94		4,08

Таблица 8

Видовая и трофическая структуры донного сообщества руч. Океанский, ст. 4 (отбор проб произведён 27.06.2022, после вырубки)

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ						
1	сем. Planariidae, <i>Phagocata vivida</i>	1	0,07	4	4	PR
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta	6	0,44	8	48	C-G
3	Hirudinea	3	0,22	10	30	PR
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
4	сем. Baetidae, <i>Baetis fuscatus</i>	21	1,54	4	84	C-G
5	сем. Heptageniidae, <i>Cinygmula</i> sp.	9	0,66	4	36	Scr
Отряд Plecoptera – Веснянки						
6	сем. Nemouridae, <i>Nemoura</i> sp.	55	4,04	2	110	Shr
7	сем. Perlodidae spp.	10	0,73	2	20	PR
8	сем. Chloroperlidae, <i>Sweltsa-Suwallia</i>	2	0,15	1	2	PR
Отряд Trichoptera – Ручейники						
9	сем. Apataniidae, <i>Apatania</i> sp.	23	1,69	1	23	Scr
10	сем. Hydrobiosidae, <i>Apsilochorema sutschanum</i>	1	0,07	0	0	PR
11	сем. Lepidostomatidae, <i>Lepidostoma</i> sp.	23	1,69	1	23	Shr
12	сем. Leptoceridae, <i>Oecetis</i> sp. 2	1	0,07	6	6	PR
13	сем. Rhyacophila sp.	1	0,07	0	0	PR
Отряд Coleoptera - Жесткокрылые						
14-15	сем. Elmidae sp. 1 и sp. 2	5	0,36	4	20	Scr
Отряд Diptera – Двукрылые						
16	сем. Chironomidae	966	70,98	6	5796	C-G
17	сем. Ceratopogonidae, <i>Palpomyia</i> sp.	1	0,07	6	6	PR
18	сем. Dixidae, <i>Dixa</i> sp.	2	0,15	1	2	C-G
19	сем. Simuliidae	229	16,86	5	1145	C-F
20-21	Diptera sp. 1 и Diptera sp. 2	2	0,14	3	6	C-G
Всего таксонов: 21		Всего организмов (экз.): 1361		TV * n: 7361		
Доминирующий таксон: Chironomidae (70,98%)						
Тип сообщества: Chironomidae + Simuliidae						
Трофическая структура						
Сборщики, C-G		Фильтраторы, C-F		Измельчители, Shr		Скребушие, Scr
73,25		16,86		5,73		2,71
						Хищники, PR
						1,45

Таблица 9

Видовая и трофическая структуры донного сообщества руч. Эврика, ст. 5

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
---------	--	---	---	----	--------	-----

ТИП PLATHELMINTHES – ПЛОСКИЕ ЧЕРВИ						
1	сем. Planariidae, <i>Phagocata vivida</i>	2	0,1	4	8	PR
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta	770	39,5	8	6160	C-G
ТИП MOLLUSCA – МОЛЛЮСКИ						
4	сем. Lymnaeidae, <i>Orientogalba ollula</i>	23	1,18	6	138	Scr
5	сем. Planorbidae, <i>Gyraulius</i> sp.	6	0,31	7	42	Scr
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Подтип Crustacea – Ракообразные						
6	сем. Harpacticidae	1	0,05	8	8	C-G
7	сем. Isopoda fam. gen.? sp.	1	0,05	6	6	C-G
Класс Hydracarina – Водяные клещи						
8	Hydracarina spp.	1	0,05	6	6	PR
Отряд Ephemeroptera – Подёнки						
9–10	сем. Baetidae, <i>Baetis</i> sp. + <i>Pseudocleon</i> sp.	5	0,25	4	20	C-G
11	сем. Heptageniidae, <i>Cinygmula</i> sp.	6	0,31	4	24	Scr
Отряд Plecoptera – Веснянки						
12	сем. Chloroperlidae, <i>Sweltsa-Suwallia</i>	12	0,61	1	12	PR
13	сем. Nemouridae, <i>Nemoura</i> sp.	9	0,46	2	18	Shr
Отряд Trichoptera – Ручейники						
14	сем. Apataniidae, <i>Apatania</i> sp.	1	0,05	1	1	Scr
15	сем. Brachycentridae, <i>Brachycentrus americanus</i>	1	0,05	1	1	C-F
16-17	сем. Glossosomatidae, <i>Glossosoma</i> spp.	5	0,25	0	0	Scr
18	сем. Lepidostomatidae, <i>Lepidostoma</i> sp.	2	0,1	1	2	Shr
19	сем. Limnephilidae gen.? sp.	2	0,1	4	8	Shr
Отряд Coleoptera – Жесткокрылые						
20	сем. Elmidae gen. sp.	3	0,15	4	12	Scr
Отряд Diptera – Двукрылые						
21	сем. Ceratopogonidae, <i>Palpomyia</i> sp.	4	0,2	6	24	PR
22	сем. Chironomidae	1078	55,31	6	6468	C-G
23	сем. Tipulidae, <i>Dicranota</i> sp.	4	0,2	3	12	PR
24	сем. Tipulidae, <i>Tipula</i> sp.	9	0,46	3	27	Shr
25-26	сем. Diptera sp. 1 и сем. Diptera sp. 2	4	0,2	3	12	C-G
Всего таксонов: 26		Всего организмов (экз.): 1949		TV * n: 13009		
Доминирующий таксон: Chironomidae (55.31%)						
Тип сообщества: Chironomidae + Oligochaeta						
Трофическая структура						
Сборщики, C-G	Скребушие, Scr	Измельчители, Shr	Хищники, PR	Фильтраторы, C-F		
95.36	2.15	1.12	0.96	0.05		

Таблица 10

Видовая и трофическая структуры донного сообщества р. Вторая Речка, ст. 6

Таксоны		n	%	TV	TV * n	FTG
ТИП NEMATODA – КРУГЛЫЕ ЧЕРВИ						
1	Nematoda indet.	18	0,24	5	90	PA
ТИП ANNELIDA – КОЛЬЧАТЫЕ ЧЕРВИ						
2	Oligochaeta indet.	5733	76,02	8	45864	C-G
3	Hirudinea indet.	21	0,28	10	210	PR
ТИП MOLLUSCA – МОЛЛЮСКИ						
4	сем. Physidae, <i>Physa acuta</i>	28	0,37	8	224	SC
ТИП ARTHROPODA – ЧЛЕНИСТОНОГИЕ						
Класс Insecta – Насекомые. Отряд Diptera – Двукрылые						
5	сем. Chironomidae	1741	23,1	6	10446	C-G
Всего таксонов: 5		Всего организмов (экз.): 7541		TV * n: 56834		
Доминирующий таксон: Oligochaeta: (76.02%)						
Тип сообщества: Oligochaeta + Chironomidae						
Трофическая структура						
Сборщики, C-G	Скребушие, Scr	Хищники, PR	Паразитирующие, PA			
99.12	0.37	0.28	0.24			

Таблица 11

Расчет экономической эффективности/затрат на внедрение или выполнение проекта

Расходы / Услуги	Количество	Сумма, руб.
Оплата транспорта*	Поездки в 3 района (4 чел., 3 раза)	5500 x 4 x 3 = 66000
Отбор, сортировка и определение*	6 проб	9500 x 6 = 57000
Материалы	на 4 группы по 5 чел. (20)	3000 x 20 = 6000
Итого:		129000

*Примечание. *Транспорт*: в поездках в 3 района (Тернейский, Уссурийский, Хасанский) участвовало 4 чел. (руководитель, эксперт и 2 автора проекта); *отбор и обработка проб*: стоимость определена в соответствии с прейскурантом Лаб. пресноводной гидробиологии ФНИЦ биоразнообразия ДВО РАН (9500 руб. за отбор и обработку 1 пробы); *материалы*: пинцеты, чашки Петри, ёмкости, этанол.