

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
институт
Кафедра водных и наземных экосистем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

06.03.01 - Биология

Структура зообентоса водотоков бассейна р. Ангара

в районе г. Кодинск

тема

Руководитель

С. П. Шулепина
подпись, дата

доцент, к. б. н.
должность, ученая степень

С. П. Шулепина
инициалы, фамилия

Выпускник

Н. С. Столбцова
подпись, дата

Н. С. Столбцова
инициалы, фамилия

Красноярск, 2021

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Обзор литературы.....	5
1.1. Донные беспозвоночные как индикаторы качества воды.....	5
1.2. Структура зообентоса р. Ангара и ее притоков	7
1.3. Сравнительная характеристика бентофауны р. Анагара с донными беспозвоночными других зарегулированных водотоков	11
Глава 2. Материалы и методы.....	15
2.1. Характеристика района исследования	15
2.2. Методика отбора и обработки проб зообентоса.....	15
Глава 3. Результаты и обсуждение	Ошибка! Закладка не определена.
3.1. Видовой состав зообентоса р. Ангара и ее притоков	Ошибка! Закладка не определена.
3.2. Временная динамика численности и биомассы донного сообщества р. Ангара и ее притоков	Ошибка! Закладка не определена.
3.3. Качество воды р. Ангара и ее притоков	Ошибка! Закладка не определена.
3.4. Обсуждение результатов	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	20
Библиографический список.....	22

Введение

В настоящее время деятельность человека оказывает мощное воздействие на экологические системы водоемов и водотоков, что проявляется в загрязнении водных объектов, аккумуляции химических токсикантов, в снижении экологической продуктивности водных экосистем. Для анализа степени влияния антропогенной деятельности на водные биоценозы необходимо совместно с исследованием физико-химических свойств воды производить оценку состояния основных сообществ гидробионтов, в том числе зообентоса (Абакумов, 1939; Балущкина, 2016; Пухнаревич, 2013).

Особое внимание уделяется анализу биоценозов рек, подверженных мощному антропогенному воздействию – русловому зарегулированию. Именно этим обусловлен большой интерес к гидробиологии реки Ангара, поскольку на данной реке сформирован целый каскад крупных водохранилищ – Иркутское, Братское, Усть-Илимское и Богучанское. Строительство и эксплуатация водохранилищ ГЭС привели к серьезным изменениям гидробиологического режима реки, что сказалось и на составе зообентоса реки Ангара (Бажина и др., 2014; Долгих и др., 2010).

Цель работы: изучить структурные характеристики зообентоса водотоков бассейна реки Ангара в районе города Кодаинск.

Задачи исследования:

- Определить видовой состав зообентоса водотоков бассейна реки Ангара;
- Изучить временную динамику величин численности и биомассы зообентоса;
- Оценить качество воды водотоков бассейна реки Ангара по организмам зообентоса

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Донные беспозвоночные как индикаторы качества воды

Зообентос представляет собой совокупность водных донных животных, обитающих на грунте и в грунте водоемов и водотоков (Гиляров, 1986; Gutowa et al, 2016).

Донные беспозвоночные и их сообщества являются чувствительными индикаторами различных видов загрязнения. Определение их структурных и функциональных характеристик выступает в роли одного из компонентов системы экологического мониторинга водных объектов. Изучение состава и структуры бентофауны позволяет определить экологическое состояние водных экосистем, провести анализ качества вод, оценить степень накопления загрязняющих веществ в водной среде, найти источник загрязнения, а также определить вид загрязнителей (Андрианова, 2013; Беглярова, 2020; Nikolaeva et al, 2020).

Индикация по отдельным таксономическим группам

Олигохеты. Долгое время олигохеты выступают в роли биоиндикаторов качества воды. Данные организмы имеют невысокую численность в чистых гидробиоценозах, а в загрязненных сточными бытовыми водами местах могут достигать достаточно большого количества. Однако не все виды олигохет дают возможность выявить абсолютно все типы загрязнения. Так различное соотношение членистоногих представителей зообентоса и олигохет может свидетельствовать о наличии загрязнений различного типа (Безматерных, 2007).

Моллюски. Моллюски имеют способность аккумулировать загрязняющие вещества, в частности тяжелые металлы и радионуклиды. Несмотря на то, что моллюски не часто преобладают по числу видов, они могут

быть доминирующими по численности и биомассе среди донных беспозвоночных. Еще одной особенностью некоторых моллюсков является наличие толстых створок раковин у двустворчатых моллюсков, а также наличие крышечки, закрывающей устье у некоторых представителей брюхоногих моллюсков (живородки, затворки, битинии). Именно поэтому данные моллюски в меньшей степени подвержены воздействию загрязняющих веществ. В отличие от предыдущих моллюсков группа моллюсков-фильтраторов, в число которых входят в основном двустворчатые моллюски, в большей степени чувствительны к снижению качества воды (Безматерных, 2007).

Ракообразные. Присутствие гаммарид в бентофауне является признаком оптимального содержания кислорода в воде. Для гидробиологического мониторинга применяют отношение численности гаммарид к численности олигохет (Безматерных, 2007).

Хирономиды. Личинки хирономид считаются постоянными жителями донных отложений, которые накапливают радионуклиды и тяжелые металлы, строят жилые домики из этих веществ и длительное время подвергаются воздействию загрязнителей. Особенностью строения хирономид является наличие тонких, проницаемых покровов, что делает хирономид уязвимыми к токсическим веществам. Воздействие загрязнений приводит к изменению численности, видового состава и соотношения между разными подсемействами комаров-звонцов. Кроме всего прочего наличие загрязняющих веществ может вызывать развитие у личинок хирономид отклонений в морфологическом строении, особенно сопряженных с ротовым аппаратом, что используется при гидробиологическом мониторинге состояния водных экосистем (Безматерных, 2007).

Прочие насекомые. Помимо групп гидробионтов приведенных выше большой вклад в анализ качества воды вносят другие личинки насекомых.

Наличие таких личинок насекомых как веснянки, поденки и ручейники является признаком чистоты воды (Безматерных, 2007).

Таким образом, отмечается значимость знания характеристик видового состава и структуры зообентоса, а также специфичности определенных видов, которые могут использоваться не только для экологического мониторинга, но и для прогнозирования дальнейших изменений в функционировании водных экосистем, которые происходят, в том числе, и под негативными антропогенными воздействиями. Кроме того на основе анализа бентосных животных разрабатываются различные способы предотвращения такого неблагоприятного влияния человека на водные экосистемы (Седякин, 2009; Ovaskainen, 2019; Quillien, 2015).

Наибольшее количество исследований по биоиндикации проводится на водотоках подверженных такому влиянию человека, как загрязнение в ходе деятельности промышленных предприятий, загрязнение нефтепродуктами, загрязнение мусором, строительство и эксплуатация гидроэлектростанций, атомных электростанций, строительство плотин, а также сброс сточных вод (Ильясова, 2015; Степанов, 2009).

1.2. Структура зообентоса р. Ангара и ее притоков

Проблема качества воды остается одной из самых актуальных экологических проблем, которая развивается на фоне антропогенной деятельности. Хозяйственная деятельность человека вносит большой вклад в системы водных объектов. Это влияние проявляется как загрязнение в ходе деятельности промышленных предприятий, загрязнение нефтепродуктами, загрязнение мусором, сброс сточных вод, а также как строительство и эксплуатация гидроэлектростанций (Андрианова, 2018; Стогов и др., 2015; Zhaoa, 2019).

Биоиндикация водных экосистем без исследования такого важного биологического звена, как донные беспозвоночные, невозможна, поскольку существует связь между показателями зообентоса и содержанием загрязняющих веществ в водоемах. Под влиянием загрязнения происходят структурные перестройки бентофауны, и снижается видовое разнообразие, так как группы бентосных организмов наиболее чувствительные к условиям загрязнения исчезают из данного биоценоза. Кроме того донные беспозвоночные могут определять рыбопродуктивность водоема в части кормовой базы (Беглярова и др., 2020; Безматерных, 2007; Ивичева, 2019; Одрова, 1987).

В период исследований с 2002 по 2003 год в реке Ангара отмечается высокая степень разнообразия донных беспозвоночных. Всего учеными было обнаружено 144 таксона, из которых доминирующими являлись личинки хирономид (58). Меньший вклад в видовой состав вносили другие группы гидробионтов (ручейники – 16, олигохеты – 14, поденки – 13, моллюски – 10, гаммариды – 8, веснянки – 3). При исследованиях, которые проводили в нижней части течения реки Ангара, было выявлено неравномерное развитие бентофауны. Главенствующая роль в структурообразующем комплексе принадлежала амфиподам. Вторая позиция была занята моллюсками. Кроме того в составе зообентоса отмечаются олигохеты (тубифициды рода *Spirosperma* и люмбрикулиды), которые наравне с амфиподами являются эндемичными представителями бентофауны озера Байкал. Ниже по течению сибирские формы вытесняют байкальских групп донных беспозвоночных. Таким образом, в биомассе зообентоса ниже впадения р. Пашенной отмечается преобладание поденок (*Ephemera orientalis* и *Ephemerella ignita*) (Бажина и др., 2014).

При изучении бентосных организмов мелководной зоны Балаганского расширения Братского водохранилища, авторами было выявлено

неравномерное развитие зообентоса, которое сопряжено с изменениями уровня воды. Наибольший ущерб, который наносится гидробиоценозам мелководной зоны, по мнению автора, связан со значительным снижением уровня воды в зимнее время года. В ходе исследований было зафиксировано не менее 132 видов. Доминирующие позиции принадлежат хирономидам – 75 таксонов. Кроме того достаточного развития также достигали олигохеты – 16 видов и моллюски – 11 видов. С помощью анализа состава бентофауны было выявлено наличие широкого спектра палеарктических и голарктических видов. Также были зарегистрированы байкальские эндемики: по одному виду из хирономид (*Paratanytarsus baicalensis*) и моллюсков (*Sphaerium baicalense*) и четыре вида амфипод (*Eulimnogammarus viridulus*, *Eulimnogammarus sp.*, *Gmelinoidea fasciatus*, *Micruropus wahl*, *Pallasea cancelloides*). Изменение уровня воды мелководной зоны Балаганского расширения Братского водохранилища сказывается на составе и структуре зообентоса. Наиболее часто встречаемыми систематическими группами в мелководном районе являлись хирономиды, олигохеты и амфиподы (Сафронов, 2013). Схожая картина наблюдается в Можайском водохранилище (Соколова, 1979)

В рамках исследования бентофауны рек Эвенкии пойма реки Ангара по качеству воды определяется как загрязненная. Отмечалось преобладание личинок хирономид *Diamesa baicalensis* по биомассе (Стогов, 2015).

Исключительное значение имеют не зарегулированные районы реки Ангара, расположенные в ее истоке и в нижних бьефах ГЭС. Поскольку только на данных участках сохранились естественные условия, присущие реофильным видам донных беспозвоночных. Именно в не зарегулированных частях реки возможно наличие эндемичных ангарских видов амфипод. Всего исследователями было обнаружен 31 таксон амфипод, среди которых основную долю составили представители амфипод определенных еще до зарегулирования реки Ангара, и только 5 таксонов были встречены в истоке

реки. В основном среди обнаруженных форм преобладали амфиподы, которые относятся к роду *Eulimnogammarus*, способные переживать гидрологические изменения водотоков. В это же время байкальские роды амфипод *Echiurops* и *Micrurops* встречались в минимальном количестве. Самым массовым таксоном являлся подвид *Eulimnogammarus cyaneus angarensis*. Кроме того достаточного развития достигали амфиподы *Baicalogammarus pullus* и *Brandtia latissima*, *Eulimnogammarus verrucosus* и *Eulimnogammarus viridis aff. olivaceus*, а также *Gmelinoides fasciatus*, который может выступать в роли показателя изменения речного режима (Тахтеев, 2009)

При анализе распределения хирономид от истока к устью реки Анагара выявлена смена видового состава хирономид и их доминирующего комплекса. На протяжении 100 км от истока к устью реки Ката господствующее положение занимают представители подсемейств Diamesinae и Orthoclaadiinae. По мере удаления от истока к устью возрастает количество представителей подсемейства Chironominae и в низовьях реки от села Мотыгино до устья они становятся основным элементом доминирующего комплекса (Ербаева, 2004).

Исследование состава и структуры реки Ангара в районе Нижнего Приангарья зафиксировало наличие сильного загрязнения воды, которое обусловлено высокой промышленной нагрузкой. Данное явление было подтверждено при помощи анализа численности и биомассы индикаторных групп организмов, значение которых имели достаточно низкие значения. Кроме того на данном участке реки зарегистрировано органическое загрязнение и низкое содержание кислорода, на что указывает значительное развитие в реке олигохет (Ворошилова, 2014).

Таким образом, ввиду развития на реке Ангара целого каскада водохранилищ произошли изменения гидрологического режима, из-за

которых река в конечном итоге потеряла свой исходный вид крупной реки, имеющей высокую скорость течения. Именно этим обусловлены изменения структуры и состава бентофауны, которые связаны с исчезновением реофильных видов и большей части субэндемиков озера Байкал (Долгих, 2010; Седякин, 2009; Тахтеев, 2009).

1.3. Сравнительная характеристика бентофауны р. Ангара с донными беспозвоночными других зарегулированных водотоков

В данной главе рассмотрены водотоки, которые так же, как и река Ангара, подвержены русловому зарегулированию.

Так стоит отметить Енисей, который также как и Ангара, был подвергнут мощному русловому зарегулированию. На реке Енисей был создан целый ряд крупных водохранилищ: Саяно-Шушенское, Майнское, Красноярское. Кроме того на реке Енисей отмечены и менее крупные водохранилища: Усть-Хантайское и Курейское, которые расположены в Заполярье на правых притоках реки Енисея (река Хантайка и река Курейка).

В работе Андриановой А. В. по изучению бентофауны основного русла реки Енисей было зарегистрировано 164 вида. Наибольшим видовым разнообразием отличаются личинки двукрылых (91 вид), остальные группы донных беспозвоночных таким высоким уровнем видового богатства не отличались. Несомненно, смена гидрологического режима реки Енисей в ходе создания каскада ГЭС вызвала изменения в составе и структуре бентофауны, что выразилось в проникновении амфипод озера Байкал выше устья реки Ангара. Помимо этого зарегулирование русла р. Енисей привело к росту количественных показателей зообентоса, в частности отмечается район от плотины до устья Ангара. Кроме того отмечаются изменения и соотношение групп зообентоса в биомассе, так доля амфипод увеличилась в 10 раз, хирономид – в 9 раз, а олигохет – в 40 раз (Андрианова, 2013).

Другие исследования проводимые Андриановой А. В. посвящены изучению верхнего и среднего течений реки Енисей. Авторами было зафиксирован 231 вид донных беспозвоночных. Отмечается увеличение видового богатства зообентоса от верховья к низовью. Основную долю бентофауны в районе республики Тыва (верхнее течение реки Енисей) составляли личинки хирономид, ручейников и поденок. В районе республики Хакасия доминирующие позиции занимали байкальские эндемики амфипод *Gmelinoides fasciatus*, что авторы связывали с большим количеством фитоценозов на данном участке реки. Зообентос среднего течения реки Енисей характеризуется значительным развитием личинок хирономид. Кроме этого были проведены исследования таких притоков реки Енисей как р. Мана и р. Кан, которые имели высокий уровень видового разнообразия. В отличие от них река Енисей определялась низким уровнем видового состава, и лишь от верховья к устью Ангары число таксонов заметно возрастало (Андрианова, 2018).

При изучении бентофауны р. Курейка, которая является одним из крупных притоков Нижнего Енисея, авторы планировали проследить и показать воздействие Курейской ГЭС на бентос. В видовом составе зообентоса реки Курейки наблюдается преобладание личинок хирономид. Главенствующие позиции по количественным характеристикам занимали хирономиды и амфиподы. Также авторами отмечается изменчивость условий обитания бентофауны в пределах разных станций расположенных на р. Курейка. К таким факторам относятся тип грунта, скорость течения, глубина, температура воды, обильность растительности и состав макрофитов. В связи с обилием различных условий среды качественные и количественные показатели зообентоса имели неравномерный характер, как во временной динамике, так и в пространственном распределении (Заделенов, 2013).

При проведении гидробиологического мониторинга реки Ишим было отмечено, что на ее зарегулированном участке (Сергеевское водохранилище) снижается качество воды, что связано со снижением скорости течения, при котором происходит осаждение взвеси частиц в водохранилище. Бентофауна водохранилища характеризуется низким развитием. По качеству вода в данном районе реки определяется как «грязная». На участке реки Ишим, расположенном ниже Сергеевского водохранилища, видовое разнообразие возросло. По качеству вода в данном районе реки определяется как чистая или слабо загрязненная (Яныгина, 2009).

Река Ковда также является интересным объектом для исследования влияния зарегулирования на гидрологический режим рек, поскольку на данной реке создан каскад из трех гидроэлектростанций. Видовое разнообразие зообентоса водотоков реки Ковда оценивается 64 таксонами. Наибольший вклад в видовой состав бентофауны вносят реофильные виды – поденки, ручейники и веснянки. Авторы отмечают, что уникальность распределения донных беспозвоночных сопряжена с поступлением в Ковду морских вод. Соленые воды проникают в Ковду во время приливов, за счет снижения ее стока в два раза. Данное явление как раз является последствием искусственного зарегулирования стока реки из Ковдозера (Барышев, 2019).

В ходе анализа бентофауны бассейна реки Цивиль (Чувашская Республика) обнаружено 143 таксона, из них основную долю составляли личинки двукрылых, а в частности личинки хирономид. Было зарегистрировано, что ведущие позиции по численности и биомассе занимали олигохеты. Данное явление было связано с их распространением в нижнем течении р. Цивиль, где преобладает илистый тип грунта с большой долей содержания в нем органических веществ. Следовательно, для нижнего участка реки характерно наличие загрязнения. Преобладание олигохет связано с их обильным развитием в низовье р. Цивиль, которое отличается от

верхних участков реки преобладанием илистых грунтов с высокой концентрацией органических соединений (Яковлев, 2014).

В ходе анализа влияния хозяйственной деятельности человека на структуру сообществ зообентоса в районах водосбора на водотоках бассейна реки Сухона, авторами было выяснено, что при росте негативного воздействия антропогенной деятельности, отмечалось сокращение видового состава. Кроме того возникали изменения в структуре бентосных сообществ, что проявлялось в исчезновении амфибиотических видов и увеличении доли олигохет (Ивичева, 2019).

Таким образом, на основе вышесказанного можно прийти к выводу, что искусственное зарегулирование рек ведет к серьезным изменениям в водном режиме данных рек, что воздействует на состояние бентофауны водных объектов.

Глава 2. Материалы и методы

2.1. Характеристика района исследования

Река Ангара правобережным притоком р. Енисей. Длина р. Ангары от истока до устья 1779 км, река вытекает из озера Байкал и впадает в р. Енисей на 2091 км от его устья, в 334 км ниже г. Красноярск. Площадь водосбора р. Ангары – 1039 тыс.км², падение высот от истока до устья – 378 км, среднемноголетний расход в истоке – 1912 м³/с, среднемноголетний расход в устье – 4560 м³/с. Наиболее важной особенностью Ангары и ее водохранилищ являются условия формирования их водных масс – поступление вод из олиготрофного Байкала, низко минерализованных и бедных органическим веществом (Одрова, 1979).

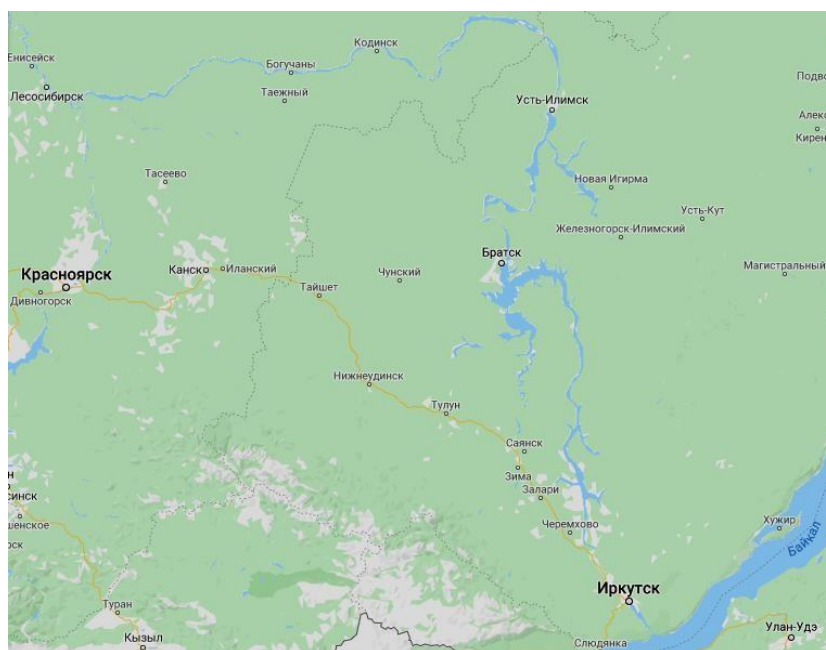


Рисунок 1 – Река Ангара.

2.2. Методика отбора и обработки проб зообентоса

Отбор материала проводили в реке Ангара и водотоках ее бассейна, которые являются притоками Богучанского водохранилища: река Ангара в районе острова Чельбиха (станция №1), ручей Кодинский (станция №2),

ручей Артельный (станция № 3), река Проспихино (станция № 4), ручей Сырая Накипела (станция № 5) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Районы исследования (станция №1 – р. Ангара в районе острова Чэльбиха, станция №2 – р. Кодинский, станция №3 – р. Артельный, станция №4 – р. Проспихино, станция №5 – р. Сырая Накипела).

Материалом для исследования являются количественные пробы зообентоса, которые были отобраны в период с июня по август 2020 года. Пробы отбирали в 3 повторностях на глубине 0,3 – 0,5 м. Отбор проб осуществлялся гидробиологическим скребком (площадь захвата 1/10 м²). При помощи гидробиологического скребка грунт извлекали со дна, затем промывали. Всего за период исследования было отобрано 45 проб.

Отобранную пробу помещали в пакет из полиэтилена, на который располагали этикетку с указанием станции водного объекта. Затем пробы

были первоначальной обработке в течение 24 часов. Донные беспозвоночные из проб отбирались с помощью пинцета в белой емкости и помещались в стеклянный флакон, где фиксировались спиртом. На флакон прикрепляли этикетку, на которой записывали дату взятия пробы, номер станции, водный объект и характер грунта (Абакумов, 1983).

В лабораторных условиях был произведен анализ таксономического состава проб по соответствующим определителям сначала до уровня отряда, в дальнейшем определение систематического положения животных проходило более детально до уровня рода и вида (Абакумов, 1983; Балущкина, 2016). Для анализа систематической принадлежности организмов зообентоса использовались следующие определители: Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий (Цаллолихин, 1997); Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий, по личинкам поденок, веснянок и двукрылых (Цаллолихин, 1999); Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий (Цаллолихин, 2001); Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (Цаллолихин, 1977); Амфиподы озера Байкал (Базикалова, 1945).

При разборке проб производился подсчет бентосных организмов по группам, учитывалось целое животное или только часть его туловища с головой. Также определялся вес животных с помощью торсионных весов после предварительной обсушки на фильтровальной бумаге (Абакумов, 1983). Далее полученные данные использовались для проведения количественной оценки пространственного распределения и динамики структурных показателей зообентоса, были рассчитаны численность (N , экз./м²) и биомасса (B , г/м²) бентосных сообществ путем деления неоткорректированных чисел на площадь отбора проб (Балущкина, 2016).

Для оценки различий величин численности и биомассы по станциям между месяцами исследования использовался t – критерий Стьюдента, результаты статистического анализа считались значимыми при $\alpha < 0,05$.

Для анализа сходства видовой структуры бентосных сообществ использовался коэффициент Серенсёна – Чекановского (Абакумов, 1983).

$$K_{sc} = 2c / (a+c) + (b+c),$$

где: a – число видов, встречающихся в первом сообществе, но отсутствующих во втором; b – число видов, встречающихся во втором сообществе, но отсутствующих в первом; c – число видов, встречающихся в обоих сообществах.

Для оценки видового разнообразия сообществ зообентоса использовали индекс Шеннона-Уивера (Абакумов, 1983):

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log(p_i) ,$$

где: $p_i = n_i / N$, S – число видов в сообществе; $N = \sum n_i$ – общее число особей; n_i – число особей вида i , упорядоченных в последовательность от менее к более значимым видам в сообществе.

Для оценки качества воды (класс, степень загрязненности) использовали индекс сапробности Пантле-Букка. Индекс сапробности оценивается в баллах (S , балл) (Макрушин, 1974):

$$S = \sum (sh) / \sum (h),$$

где: s – индикаторная значимость вида, h – относительное количество особей вида.

Страницы с 18 по 41 изъяты в связи с авторскими правами.

Заключение

1. Наибольшее видовое разнообразие (13 таксонов) зарегистрировано в реке Проспихино (станция 4), а наименьшее (3 таксона) отмечено в ручье Сырая Накипела (станция 5), что подтверждается индексом Шеннона-Уивера ($H=1,89\pm 0,19$ бит – река Проспихино, $H=0,77\pm 0,17$ бит – ручей Сырая Накипела).

В донном сообществе на всех станциях чаще других встречались личинки хирономид *Microtendipes pedellus*, *Dicrotendipe snervosus*, *Chironomus sp.*

Сходство видового состава отмечено между р. Кодинский (станция 2) и р. Проспихино (станция 4) ($K_{sc}=0,50-0,57$), что может быть связано со сходным типом грунта. Сходство видового состава между месяцами исследования по остальным станциями не зарегистрировано ($K_{sc}= 0,00-0,46$), что возможно обусловлено различными гидрологическими условиями: тип грунта, скорость течения, уровень воды.

2. Наибольшая численность зообентоса (713 ± 66 экз/м²) зарегистрирована в реке Ангара (станция 1). Наименьшая численность (71 ± 6 экз/м²) при наибольшей биомассе ($3,85\pm 3,39$ г/м²) наблюдается в ручье Сырая Накипела (станция 5). Наименьшая биомасса ($0,50\pm 0,19$ г/м²) отмечается в ручье Артельный (станция 3).

3. Сезонное развитие плотности донных беспозвоночных в каждом районе исследования имело свою динамику. Так в реке Ангара доминировали амфиподы. В других районах исследования преобладали личинки хирономид, совместно с ними в ручье Кодинский и реке Проспихино отмечены личинки поденок и стрекоз, в ручье Артельный – ручейники и моллюски, в ручье Сырая Накипела – моллюски.

4. В целом, качество воды в бассейне реки Ангара в районе города Кодинска соответствует II классу качества ($S=1,78-2,45$ балла), вода «слабо загрязненная».

Библиографический список

1. Абакумов, В. А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В.А. Абакумов. Л.: Гидрометеоиздат. – 1983. – 239 с.;
2. Андрианова, А.В. Динамика развития енисейского зообентоса в нижнем бьефе Красноярской ГЭС / А. В. Андрианова // Вестник Томского государственного университета. Биология. Зоология. – 2013. – № 1. – С. 74–88;
3. Андрианова, А. В. Структурная организация донной фауны в бассейне Енисея (верхнее и среднее течение) / А. В. Андрианова // International journal of applied and fundamental research. – 2018 г. – №7. – С. 140–145;
4. Бажина, Л. В. Макрозообентос Красноярской акватории реки Ангара до наполнения водохранилища Богучанской ГЭС / Л. В. Бажина, В. О. Клеуш В.О. // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып.6. – 2014. – С. 66 – 77;
5. Базикалова, А. Я. Амфиподы озера Байкал / А.Я. Базикалова. Л: Изд-во Академии наук. – 1945. – 441 с.
6. Балущкина, Е. В. Оценка качества воды и состояния водоемов разного типа по характеристикам сообществ донных животных / Е. В. Балущкина // Труды Зоологического института РАН. – 2016. – №3. – С. 262 – 279
7. Барышев, И. А. Зообентос водотоков бассейна реки Ковда (состав, обилие, оценка разнообразия и сапробности) / И. А. Барышев // Труды ИБВВ РАН. – 2019. – вып. 85. – С. 59 – 69;

8. Беглярова, Э. С. Оценка рыбохозяйственной обстановки в зоне влияния Ангарского каскада / Э. С. Беглярова, С. А. Соколова, А. М. Бакштанин, Т. И. Матвеева // Природообустройство. – 2020. – №1. – С. 111 – 119;
9. Безматерных, Д. М. Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири: аналит. обзор / Гос. публич. науч.-техн. б-ка Сиб. отд-ния Рос. акад. наук, Ин-т вод. и экол. проблем. – Новосибирск, 2007 – 87с.
10. Ворошилова, М. В. Биоиндикация изменения качества воды реки Анагара при разрядно – импульсной обработке промстоков обогатительного производства / М. В. Ворошилова, В. В. Коростовенко, А. Г. Степанов, А. В. Галайко // Вестник МГТУ им. Нососва. – 2014. – №2. – С. 16 – 20;
11. Долгих, П. М., Шадрин, Е. Н. Влияние Ангаро–Енисейских ГЭС на водные биоресурсы и среду их обитания / П. М. Долгих, Е. Н. Шадрин // Рыбохозяйственные проблемы строительства и эксплуатации плотин и пути их решения. – 2010. – С. 68 – 71;
12. Ербаева, Э. А. Ангарская биологическая станция НИИ биологии ИГУ / Э. А. Ербаева, Г. П. Сафронов // Известия Иркутского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 87 – 91;
13. Ербаева, Э. А. Хирономиды (Diptera, Chironomidae) реки Ангара и ее водохранилищ / Э. А. Ербаева, Г. П. Сафронов // Евразийский энтомологический журнал. – 2004. – № 3. – С. 325 – 332;
14. Заделенов, В. А. Гидрофауна нижнего течения р. Курейки (бассейн р. Енисей) / В. А. Заделенов, И. Г. Исаева (Еникеева), В. О. Клеуш, Ю.К. Чугунова Ю.К. // Вестник КрасГАУ. Экология. – 2013. – №11. – С. 160 – 165;

15. Ивичева, К. Н. Влияние освоенности водосбора реки Верхней Сухоны (Вологодская область) на зообентос ее притоков / К. И. Ивичева, И. В. Филоненко // Принципы экологии. – 2019. – № 1. С. 19 – 31;
16. Ильясова, А. Р. Оценка качества вод реки Кубня по видовому разнообразию зообентоса / А. Р. Ильясова, А. В. Мельникова // ЭиПБ. 2015. – № 1 – 2. С. 23 – 27;
17. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин Л.: Зоол. ин-т АН СССР. – 1974. – 59 с.
18. Одрова Т.В. Изменение режима рек Енисея и Ангары в результате зарегулирования стока /Сб. Влияние ГЭС на окружающую среду в условиях Крайнего Севера. – Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1987. – С. 84 – 89;
19. Пухнаревич, Д. А. Зообентос нижнего течения реки Оки / Д. А. Пухнаревич // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2013 – С. 128 – 135;
20. Савичев, О. Г. Эколого-геохимическое состояние реки Ангара и её притоков на участке от г. Усть – Илимска до с. Богучаны (Восточная Сибирь) / О. Г. Савичев, Ю. Г. Копылова, А. А. Хващевская // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – № 1. – С. 150 – 154;
21. Сафронов, Г. П. Донные беспозвоночные мелководий Балаганского расширения (Братское водохранилище) / Г. П. Сафронов, Э. А. Ербаева // Известия Иркутского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 105 – 109;
22. Седякин, В. П. Многолетние тенденции изменения экологического состояния Ангарского бассейна / В. П. Седякин, В. Н. Безносков // Вестн. Моск. Ун-та Сер. – 2009. – №1. – С. 36 – 40;

23. Соколова, Н. Ю. Макрозообентос /Н. Ю. Соколова // Комплексные исследования водохранилищ. Можайское водохранилище. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1979. – Вып. 3. – С. 291 – 30;
24. Степанов, Л. Н. Влияние разработок россыпных месторождений золота на зообентос горных рек Приполярного Урала / Л. Н. Степанов // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №12. – С. – 100 – 104;
25. Стогов, И. А. Зообентос и качество воды водных объектов Эвенкии в 2015 г. / И. А. Стогов, Е. А. Мовчан // Евразийский Союз Ученых. Биологические науки. – 2015. – №10. – С. 51 – 55;
26. Тахтеев, В. В. О фауне амфипод истокового участка реки Ангара / В.В. Тахтеев // Байкальский зоологический журнал. – 2009. – №3. – С. 9 – 12;
27. Цаллолихин, С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон, бентос) / С. Я. Цаллолихин. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 510 с.;
28. Цаллолихин, С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С. Я. Цаллолихин. – СПб.: Зоол. ин-т РАН, 1997. – Т. 3. – 698 с.
29. Цаллолихин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С. Я. Цаллолихин. – СПб.: Зоол. ин-т РАН, 1999. – Т. 4. – 1000 с.;
30. Цаллолихин С.Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С. Я. Цаллолихин. – СПб.: Зоол. ин-т РАН, 2001. – Т. 5. – 640 с.;
31. Шibaева, М. Н., Масюткина Е.А. и Матвеева Е. П. Видовое разнообразие зообентоса и биоиндикация внутренних водоемов Калининградской области / М. Н. Шibaева, Е. А. Масюткина, Е. П. Матвеева // Известия КГТУ. – 2010. – №19. – С. 172 – 179;

32. Яковлев, В. А. Биоразнообразие и количественные показатели зообентоса бассейна реки Цивиль (Чувашская республика) / В.А. Яковлев, А.В. Яковлева // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2014. – № 2. – С. 146 – 152;
33. Яныгина, Л. В. Структура зообентоса и оценка экологического состояния р. Ишим / Л. В. Яныгина // Мир науки, культуры, образования. – 2009. – № 6. – С. 21 – 22;
34. Fenoglioet, S. Seasonal variation of allochthonous and autochthonous energy inputs in an Alpine stream/ S. Fenoglioet // Journal of Limnology. – 2015. – № 74. – С. 272 – 277;
35. Gutowa, L. et al Common trends in German Bight benthic macrofaunal communities: Assessing temporal variability and the relative importance of environmental variables / L. Gutowa, M. Shojaei, L. Gutow, J. Dannheim, E. Rachor, A. Schroeder, T. Brey // Journal of Sea Research. – 2016. – №107. – С. 25 – 33;
36. Japoshvili, B. A et al review of benthic fauna biodiversity in Georgia / B. Japoshvili, M. Bozhadze, M. Gioshvili // Annals of Agrarian Science. – 2016. – №14. – С. 7 – 10.
37. Lianthumluaia, L. Assemblage patterns and community structure of macrozoobenthos and temporal dynamics of eco-physiological indices of two wetlands, in lower gangetic plains under varying ecological regimes: A tool for wetland management / L. Lianthumluaia // Ecological Engineering. – 2019. – № 130. – С. 1 – 10.
38. Nikolaeva, N. A. et al Environmental survey of watercourses at the Mangazeyskoe deposit area, West Verkhoyansk Range / N. A Nikolaeva, T. A. Salov, L. I. Kopyrina // Polar Science. – 2020. – С. 1 – 9;

39. Ovaskainen, O. Long-term shifts in water quality show scale-dependent bioindicator responses across Russia – Insights from 40 year-long bioindicator monitoring program / O.Ovaskainen // Ecological Indicators. – 2019. – №98. – C. 476 – 482;
40. Quillien, N. Large-scale effects of green tides on macrotidal sandy beaches: Habitat-specific responses of zoobenthos / N. Quillien// Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2015. – №164. – C. 379 – 391;
41. Zhaoa, C. Integrated assessment of ecosystem health using multiple indicator species // Ecological Engineering. – 2019. – №130. – C. 157 – 168.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
институт
Кафедра водных и наземных экосистем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 ____ г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

06.03.01 - Биология

Структура зообентоса водотоков бассейна р. Ангара

в районе г. Кодинск

тема

Руководитель


подпись, дата

доцент, к. б. н.

должность, ученая степень

С. П. Шулепина

инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

Н. С. Столбова

инициалы, фамилия

Красноярск, 2021