

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«**СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ М.И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 Биология

Донные беспозвоночные в оценке качества воды озера Учум Красноярского
края

Руководитель _____
подпись, дата

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

С. П. Шулепина
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

А. В. Толстихина
инициалы, фамилия

Красноярск 2023

РЕФЕРАТ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА Толстихиной А. В. по теме «Донные беспозвоночные в оценке качества воды озера Учум Красноярского края» содержит 44 страницы текстового документа, 39 источников, среди которых 6 на иностранных языках, 5 рисунков, 5 таблиц, одно приложение к работе. Ключевые слова: Бентофауна, численность, биомасса, Красноярский край, озеро Учум, качество воды.

Цель работы - изучить структуру зообентоса озера Учум.

В результате проведения работы удалось получить данные о видовом составе зообентоса озера Учум Красноярского края, пространственную и временную динамику его численности и биомассы и провести оценку качества воды в озере.

Объект исследования – бентофауна озера Учум, Красноярский край, 2022г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1. Обзор литературы.....	5
1.1 Зообентос пресных и соленых озер.....	6
1.2 Зообентос пресных и соленых рек	11
Глава 2. Материалы и методы.....	14
2.1 Методика отбора и обработки проб зообентоса	14
2.2 Характеристика исследуемого водоема.....	17
Глава 3. Результаты и обсуждение	18
3.1 Видовой состав	18
3.2 Пространственная и временная динамика численности и биомассы.....	24
3.3 Оценка качества воды.....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	37
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	39
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Озера Красноярского края на протяжении всего своего существования являлись объектом интереса для научных исследователей ввиду своей природной уникальности, экологической роли и рекреационной ценности [15]. Однако, не смотря на всю свою популярность, бентос некоторых из озер до сих пор считается малоизученным. Некоторые представители бентофауны чувствительны к загрязнению, и по их доминированию либо малочисленности можно судить о состоянии водоема [29]. Зообентос является эффективным индикатором, чувствительным к загрязнению донных отложений и придонного слоя воды, а иногда и единственным [1].

Актуальность данного исследования заключается в том, что данных по видовому, численному составу бентоса озера Учум для полноценного мониторинга состояния водоема недостаточно.

Цель данной дипломной работы - изучить структуру зообентоса озера Учум.

Для достижения поставленной выше цели требовалось решить следующие задачи:

- определить видовой состав зообентоса озера Учум;
- изучить пространственную и временную динамику численности и биомассы зообентоса;
- оценить качество воды озера.

Глава 1. Обзор литературы

Население Земли существует в биосфере, объединяющей субстрат и среду обитания, которая состоит из атмосферы, литосферы и гидросферы. Последняя является наиболее обширной областью жизни. Практически всю площадь нашей планеты покрывает водная оболочка, состоящая из океанов, озер, рек и подземных вод. Больше 70% общей площади поверхности планеты, на которой мы проживаем, составляет водная поверхность. Если учитывать подземные воды, можно увидеть, что практически вся Земля покрыта водным слоем.

Гидросфера играет важную роль в жизни человека и ее использование постоянно увеличивается. Водоемы используют для питьевого водоснабжения, в роли рыбохозяйственных угодий и зон рекреации, для целей энергетики и технических нужд, навигации и во многих других отношениях. Изучение биологического аспекта гидросферы становится все более важным для оптимизации ее использования и защиты окружающей среды. [2].

Основная задача гидробиологии (от греч. «hydro» — вода, «bios» - жизнь, «logos» слово, наука) — изучение экологических процессов в гидросфере ради последующего освоения, нахождения формы отношений людей к водным экосистемам с наибольшей пользой от них и наименьшим причиняемым вредом. Основы для дальнейшего освоения гидросферы разрабатываются применительно к условиям комплексной эксплуатации водоемов, когда интересы различных форм водопользования и водопотребления тесно увязываются друг с другом в соответствии с перспективами наиболее рационального природопользования.

К основным методам гидробиологии относят учет количества разных групп гидробионтов в пределах своего местообитания, оценка роли этих групп в экосистемах и моделирование экосистем с для дальнейшего прогноза их

состояния. Учет *численности* и *биомассы* (суммарной массы) особей позволяет выявить представления об их экологии. Например, при сравнении численности особей одного вида на разных грунтах, можно увидеть, какой из них в какой степени является предпочтительным; этим же образом можно выявить отношение особей к температуре, степени минерализации и другим факторам среды. Кроме того, определение численности и биомассы разных групп обитателей позволяет судить о структуре популяций и биоценозов, их динамике и локальной изменчивости. Наконец, данные о количестве определенных организмов необходимы для суммарной оценки той роли, которую они занимают в различных экосистемных процессах.

Для количественного учета особей используют самые разнообразные приборы, как правило погружаемые в водоем с борта судна (дночерпатели, драги, планктонные сети, планктоночерпатели, батометры и другие). С помощью них облавливают определенные участки воды или других субстратов, устанавливается видовой состав, численность и биомасса организмов, найденных в пробах, с последующим пересчетом на единицу площади или объем [2].

1.1 Зообентос пресных и соленых озер

Бентос (бентос (греч.) – глубина) – организмы, обитающие на поверхности грунта и в его толще. Это обитатели биотопа вода-дно, подразделяющиеся на эпи- и эндобентос. По размерам они делятся на микро- (мельче 0,1 мм), мезо- (0,1-2 мм) и макробентос (более 2 мм).

К бентосным организмам относятся бактерии, водоросли, грибы, простейшие организмы, такие как инфузории и корненожки, а также губки, кораллы, кольчатые черви, ракообразные, личинки насекомых, моллюски и иглокожие.

Животные обитатели дна именуются *зообентосом* и отличаются большим разнообразием, чем *планктонты*. Органическими частицами в толще воды питаются *сестонофаги-фильтраторы*; органикой, осевшей на дно, питаются *детритофаги-собиратели*. Зоофаги бентоса, как и планктона, питаются другими животными [3].

Зообентос – хороший, а в некоторых случаях единственный биоиндикатор загрязнения донных отложений и придонного слоя воды.

Для Северо-Казахстанской области (СКО) характерно значительное количество и разнообразие располагающихся на ее территории озер (около 3500, с суммарной площадью 3410 км²). Общие запасы пресной и солоноватой воды оценивают в практически 4 млрд. км³. Площадь озер СКО различна: от сотен квадратных метров до нескольких гектаров. Для данных водоемов характерна малая глубина и слабо развитая береговая линия. Также для них обычны значительные колебания уровня воды в течение года и многолетние циклы.

Согласно природному лимнологическому районированию, территория СКО находится на стыке четырех озерных областей: пресные озера Камышловского лога, Северо-Тургайская озерная область, Центральная озерная область Северной части Казахского мелкосопочника и Прииртышская солено-озерная область. По физико-географическому районированию эти озерные области относят к двум зонам: лесостепной и степной.

К зоне лесостепи относятся пресные озера Камышловского лога Северного Казахстана (Тарангульская, Джалтырская, Балыктинская и Плоская группы озер). Они располагаются в северной и центральной части СКО. Для этих озер характерно аллохтонное минеральное накопление. Их относят к типу карбонатно-сульфатных соленых озер или к пресным озерам южной лесостепи со средней продукцией биомассы.

К зоне степи относятся Северо-Тургайская озерная область, расположенная на западе СКО, Центральная озерная область Северной части Казахского мелкосопочника на юге и юго-западе СКО и Прииртышская солено-озерная область на юго-востоке СКО. Озера этих областей характеризуются автохтонным минеральным накоплением сульфатно-хлоридного типа, с преобладанием сульфатов в водоемах северных степей северной части Казахского мелкосопочника.

В исследуемых озерах выявлено 58 видов донных беспозвоночных из 6 классов: Nematoda, Oligochaeta, Hirudinea, Gastropoda, Crustacea, Insecta и Phylactolemata, относящихся к пяти типам животных. Из них: пиявок, ракообразных, нематод и мшанок по 1 виду, олигохет – 2 вида, брюхоногих моллюсков – 5 видов, насекомых – 47 видов. Среди насекомых наибольшим видовым разнообразием отличались двукрылые (37 видов, из них хирономид – 34), также встречались колемболы, поденки, ручейники, стрекозы, бабочки и клопы. Для большинства озер зарегистрировано сходство фаун донных беспозвоночных на уровне 50% и более.

В зоне лесостепи исследовано 10 озер Камышловского лога Северного Казахстана: Аралькино, Полонское, Ближнее Долгое, Большой Таранколь, Кубыш, Пёстрое, Полковниково, Лебяжье, Рязкино, Ситово. Для озер этой области выявлено 39 видов донных беспозвоночных из 11 таксономических групп (21 вид хирономид, моллюсков – 5, ручейников – 4, мокрецов – 2, по 1 виду пиявок, мшанок, ракообразных, стрекоз, поденок, бабочек и олигохет). В бентосе наиболее часто встречались *Chironomus* sp. (63% проб), *Oligochaeta* отмечены в 73% проб. По численности и биомассе доминировали хирономиды. Видовое богатство зообентоса было невысоким: от 1 до 13 видов в пробе (в среднем 5 видов). По уровню развития бентоса исследованные озера характеризовались значительным разбросом, минимальные значения численности и биомассы отмечены для озер Кубыш (0,27 экз./м²; 0,15 г/м²) и

Полковниково (0,29 экз./м²; 0,1 г/м²), максимальные – для озера Пёстрого (66,85 экз./м²; 31,87 г/м²).

В зоне степи исследовано 5 озер из двух озерных областей. В Северо-Тургайской озерной области исследованы озера Питное и Узынколь. В пробах обнаружено 18 видов гидробионтов из 8 таксономических групп (11 видов хирономид, по 1 виду олигохет, пиявок, ракообразных, колембол, клопов, поденок и бабочек). Видовое богатство зообентоса было также невысоким, от 7 до 14 видов в пробе. Изученные озера характеризовались высокими показателями численности (32,1 тыс. экз./м², 122,2 тыс. экз./м², соответственно) и биомассы (17,5 г/м²; 9,4 г/м²) донных беспозвоночных. По численности и биомассе доминировали хирономиды. Высокая численность зообентоса обусловлена массовым развитием видов *Stictochironomus crassiforceps* для озера Питного и *Glyptotendipes barbipes* для озера Узынколь. Продуктивность донных зооценозов «средняя» и «повышенная», что характерно для бета-мезотрофных и альфа-эвтрофных водоемов. Уровень видового разнообразия, высокий уровень количественного развития и низкие значения олигохетного индекса свидетельствуют о благоприятных условиях для развития зообентоса этих озер. Качество воды озер соответствует I классу.

В Центральной озерной области Северной части Казахского мелкосопочника исследованы озера Улыкколь и Имантау. Уровень развития зообентоса этих озер оказался невысоким. Выявлено 20 видов донных беспозвоночных из 5 таксономических групп (16 видов хирономид, по 1 виду нематод, олигохет, ракообразных и поденок). Видовое богатство зообентоса было также невысоким (от 2 до 7 видов в пробе, в среднем 3 вида). Продуктивность донных зооценозов исследованных озер от «самой низкой» до «средней», что соответствует ультраолиготрофному, бета-мезотрофному типам водоемов. По численности доминировали олигохеты, по биомассе – преимущественно хирономиды [7].

Наиболее крупное озеро Харбейской системы – Большой Харбей (площадь зеркала – 21,3 м²) расположено на территории Ненецкого автономного округа в восточной части Большеземельской тундры.

Химический состав воды озера определяют многие природные факторы: происхождение котловины, поверхностный сток, составляющий до 50–70% приходной части водного баланса, специфика гидрологического и температурного режимов, жизнедеятельность гидробионтов и т.д. Для озера характерен благоприятный кислородный режим, незначительная минерализация и гидрокарбонатно-кальциевый состав воды при невысокой цветности и незначительном содержании биогенных элементов.

Как показали первые исследования донной биоты озера Большой Харбей, общие показатели количественного развития зообентоса были довольно высоки. Средняя биомасса бентоса составляла 4,65 г/м², численность – 6,49 тыс. экз./м². К числу доминантов по численности и биомассе отнесены малощетинковые черви (*Oligochaeta*), моллюски (*Mollusca*), личинки хирономид (*Chironomidae*), реже – низшие ракообразные (*Cladocera*, *Sopropoda*) и нематоды (*Nematoda*).

Наибольшей встречаемостью в гидробиологических пробах отличаются низшие ракообразные (*Cladocera*, *Cyclopoidea*, *Harpacticoida*), черви (*Nematoda*, *Oligochaeta*), двустворчатые моллюски (*Bivalvia*) и личинки двукрылых (*Chironomidae*). Перечисленные группы отмечены на протяжении всех лет исследований, на разных глубинах и всех характерных для данного водоема типах грунтов. Редко встречаются личинки насекомых (кроме хирономид) и пиявки, что характерно для арктических водоемов [6].

Озеро Шира республики Хакасия расположено в южной части Восточной Сибири в Минусинской котловине. Озеро бессточное, в юговосточной части в него впадает малая река Сон. Площадь водного зеркала около 34,7 км². Наибольшая длина озера - 9,5 км, ширина - 5,2 км. Максимальная глубина - 22,4 м. В литорали озера наблюдается разнообразие

грунтов: камень, песок, плитняк, галька, глина, ил. В сублиторали - песок с примесью мелкого камня и серый ил. В профундали преобладает черный ил. Вода озера сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатно-натриево-магниевая [17].

Современными доминантами бентосной фауны озера Ши́ра являются хирономиды *G. salinus*, *C. Nigrifrons* и *C. halophilus*, а также нектобентосные амфиподы *G. lacustris*. Бентос озера Ши́ра представлен небольшим числом таксонов, соответствуя современным представлениям об относительно низком видовом богатстве бентоса внутренних вод с соленостью 15 ‰ и более [13].

1.2 Зообентос соленых и пресных рек

Приэльтонье находится в зоне континентального климата с продолжительным летним периодом. Температурный режим отличается высокой амплитудой температур, абсолютный минимум – в январе (–36.1 °С), абсолютный максимум – в августе (41.1 °С). Для района характерна высокая степень засушливости. Гидрографическая сеть территории представлена малыми реками, относящимися к водосборному бассейну озера Эльтон, солеными озерами, лиманами, временными водотоками и родниками. В озеро впадает 7 рек общей протяженностью около 128 км: Хара, Ланцуг, Чернавка, Солянка, Большая Сморогда, Малая Сморогда, Карантинка. Они представляют собой равнинные водотоки с хорошо проработанными ассиметричными долинами, извилистыми руслами и медленным течением воды.

Согласно Венецианской системе, реки Хара, Ланцуг и Большая Сморогда являются мезогалинными (минерализация 7-16 г/л), реки Чернавка и Солянка – полигалинными (26-32 г/л). По соотношению главных ионов воды рек относятся к хлоридному классу, натриево-калиевой группе.

В составе макрозообентоса установлено 50 таксонов. Наибольшее видовое богатство выявлено среди двукрылых насекомых – 28 видов, из

которых 16 составляют хирономиды; олигохеты представлены – 12 видами, личинки жуков – 5, клопы – 4, ракообразные – 1 видом. Общими для водотоков являются галофильные двукрылые *Chironomus salinarius*, *Cricotopus salinophilus*, *Culicoides (M.) sp.* Единично отмечены олигохеты *Enchytraeus albidus*, *Nais pseudobtusa*, *Uncinaiis uncinata*, жуки *Anacaena sp.* и личинки двукрылых *Dicrotendipes notatus*, *Paratanytarsus inopertus*, *Tanypus punctipennis*, *Parydra sp.*, *Stratiomys chamaeleon*, *Ulomyia sp.* Выявлено отсутствие таких групп организмов, как моллюски, личинки стрекоз, ручейников, веснянок, поденок и др.

При анализе изменения фауны и видового разнообразия высокоминерализованных рек в более широком диапазоне солености (от 7 до 32 г/л), было установлено, что число видов бентоса снижается от 36-37 видов в реках Хара и Ланцуг (минерализация 7-16 г/л) до 9 видов в реках Солянка и Чернавка (26-32 г/л). Видовое разнообразие донных сообществ уменьшается с увеличением уровня минерализации от 2.45-2.87 (реки Хара, Ланцуг) до 1.21-1.47 бит/экз. в реках Чернавка, Солянка. Исключение составляет река Большая Сморогда (10 г/л), в которой число видов не превышает 13, при достаточно низком индексе видового разнообразия Шеннона – 1.68 бит/экз., что обусловлено воздействием загрязнения (преимущественно бытовые и сельскохозяйственные стоки) [10].

Заказник «Хехцирский» расположен в южной части Хабаровского края в пределах хребтов Малый (высота до 319 м над уровнем моря) и Большой (высота до 949,4 м над уровнем моря) Хехцир и является буферной зоной заповедника «Большехехцирский». Хребет Малый Хехцир покрыт хвойно-широколиственными лесами, в низинах расположены луга и болота, Большой Хехцир покрыт различными типами хвойно-широколиственных, темнохвойных и лиственных лесов. Почти треть территории заказника пронизана густой сетью малых рек, берущих свое начало на этих хребтах.

Все реки данной территории принадлежат к бассейну реки Амур, где обитает более 110 видов рыб, для 25 из которых кормовой базой являются донные беспозвоночные, которые, включаясь в трофические сети, относятся к потенциальным биологическим ресурсам.

По результатам гидробиологических исследований в реке Правая зарегистрировано 17 систематических групп организмов, относящихся к четырем типам животных: круглые черви (класс Nematoda), кольчатые черви (класс малощетинковые черви Oligochaeta), членистоногие (класс Arachnida: отряд Acariformes: водяные клещи Hydrachnidae; класс Malacostraca: отряд Isopoda: водяные ослики Assellidae; отряд Amphipoda: бокоплавыв Gammaridae; класс Insecta: отряды: поденки Ephemeroptera; жуки Coleoptera, веснянки Plecoptera; вислоккрылки Megaloptera; ручейники Trichoptera; отряд Diptera: блефариды Blephariceridae, нимфомийиды Nymphomyiidae, хирономиды Chironomidae, мокрецы Ceratopogonidae, мошки Simuliidae, другие двукрылые Diptera indet.) и моллюски Mollusca (класс Bivalvia). Наиболее разнообразно представлен класс насекомых, составляющий 60% от общей плотности и 36% от общей биомассы зообентоса [33].

Зообентос рек Калининградской области считается малоизученным, однако в первом десятилетии 2000-х годов ряд авторов опубликовал материалы по его структуре и определению качества вод. Зообентос устьевой части реки Приморская представлен 67 видами, по численности и биомассе доминировали олигохеты (30,4 г/м²). Степень загрязненности вод от грязных до умеренно загрязненных, зона сапробности α - и β -мезосапробная. Зообентос реки Неман у истока реки Северная (Скярвите) представлен 53 таксонами. По численности доминировали олигохеты, как и в реке Приморская, но по биомассе доминирующими видами оказались *Anodonta cygnea* (177,5 г/м²), олигохеты (145,3 г/м²) и *Anodonta anatina* (120,1 г/м²). Степень загрязненности вод - от очень грязных до умеренно загрязненных, зона сапробности - полисапробная и β -мезосапробная [34].

Глава 2. Материалы и методы

2.1 Методика отбора и обработки проб зообентоса

В ходе работы для достижения поставленной цели были использованы несколько методов: анализ научной литературы, сбор, обработка проб и определение видового состава зообентоса озера. Для сбора и обработки проб использовались методы: сбор проб круговым скребком Дулькейта (площадь захвата 0,1 м²); разбор проб зообентоса; фиксация и сохранение найденных беспозвоночных животных в 70-80% спирте. После взвешивания и подсчета животных обнаруженные хирономиды помещались в препараты с добавлением осветляющей жидкости (глицерин и аммиак 1:1) с целью последующего определения. Определение проводилось под микроскопом и бинокляром при помощи определителей.



Рисунок 1.1 - Места сбора проб на озере Учум. *Источник: Google Maps*

Для исследования озера были собраны пробы зообентоса. Сбор проводился в мае 29-го, июне 24-го и июле 21-го 2022 года, а также 2 июля 2021. В 2022 году пробы были взяты с трех станций в трех повторностях на глубине 0,3-1,5 м, в 2021 году с первой станции в трех повторностях на

глубине 0,5-0,7 м (рисунок 1.1, 1.2). В 2021 году было отобрано 9 проб зообентоса, в 2022 году – 28 проб.

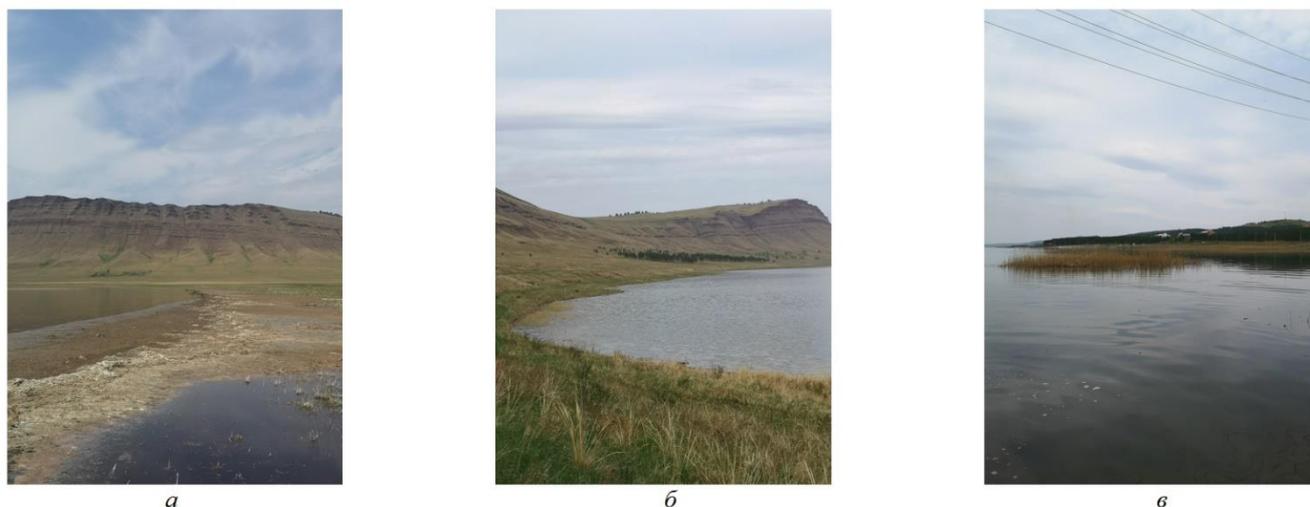


Рисунок 1.2 - Станции № 1 (а), № 2 (б) и № 3 (в)

Для фаунистического анализа зообентоса использовался определитель по личинкам поденок, хирономид, ручейников, веснянок и двукрылых – Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий (1997) [30]; по остальным группам животных – Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР (1977) [24].

Для анализа сходства видовой структуры бентосных сообществ использовался коэффициент Серенсена - Чекановского (K_s) (1) [32]:

$$k_s = \frac{2c}{(a + b)} \quad (1)$$

где a — количество видов в одном сообществе;

b — количество видов в другом сообществе;

c — количество общих видов для двух сообществ.

Коэффициент применяется для определения степени сходства видового состава двух сообществ.

Суммировать обширную информацию о видовом составе и структуре донного сообщества позволяет анализ индекса видового разнообразия Шеннона (H) (2) [31]:

$$H = - \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N} \quad (2)$$

где N_i - число особей i -го вида;

N - число особей в пробе;

n - число видов.

Оценка качества воды проводилась при помощи двух индексов. Индекс Балушкиной (K) (3) [39]:

$$K = \frac{a_T + 0,5a_{Ch}}{a_O} \quad (3)$$

где a_T , a_{Ch} и a_O — вспомогательные величины соответственно для подсемейств Tanypodinae, Chironomae, Orthocladinae.

Индекс сапробности (S) (4) [39]:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (4)$$

где S_i - индекс сапробности i -го вида;

N_i – численность i -го вида в сообществе;

n – общее число видов.

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы Microsoft Excel 2019, рассчитывалось среднее арифметическое и его ошибка. Достоверность результатов оценивалась с помощью критерия Стьюдента.

2.2 Характеристика исследуемого водоема

Озеро Учум расположено в тридцати километрах от г. Ужура (восточные отроги Кузнецкого Алатау). Озеро имеет овальную форму $1,5 \times 4$ км, площадь водной поверхности около 4 км^2 , а максимальная глубина – 7,9 м. Водоем бессточный, основное поступление воды происходит за счет атмосферных осадков и подземных вод. Климат местности, в которой расположен водоем, резко-континентальный, средняя температура июля около $+18 \text{ }^\circ\text{C}$, января около $-19 \text{ }^\circ\text{C}$. Испарение на территории Кузнецкого Алатау выше, чем количество осадков из-за горного хребта, который не дает проходить влажным воздушным массам с запада. Формированию на данной территории бессточных озер с повышенной минерализацией способствует аридный климат.

В этом озере целебными являются озерная и подземная минеральная вода, также лечебные грязи, содержащие сероводород и другие микроэлементы, которые не уступают по качеству лучшим грязям курортов Черноморского побережья. Ранее источником загрязнений являлся сам курорт, их подсобно - вспомогательные службы, также стоки жилого поселка. Дождевыми водами в озеро переносится много различного мусора. В озере Учум щелочность высокая (8,98 ед. рН) из-за наличия большого количества солей, а также повышенное содержание кальция (в 2,8 раза) и меди (в 1,8 раза) [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Бентофауна озера Учум за два года исследований была представлена 18 таксонами донных беспозвоночных, из них: хирономиды – 8 таксонов, стрекоз – 2 вида, водных клопов – 4 вида, моллюсков – 2 вида, жуки-плавунцы и мокрецы – по одному таксону (таблица 1). Число видов зообентоса по исследуемым районам варьировало незначительно (10-12 таксонов). Наибольшее видовое разнообразие по индексу Шеннона отмечено на станции №2 ($H=2,3$ бит), наименьшее – на станции №3 ($H=1,5$ бит). Зарегистрировано сходство видового состава зообентоса между всеми станциями исследования ($K_{сч}=0,53$ и $0,86$).

2. Плотность зообентоса в среднем по всем районам исследования озера Учум составила 1594 ± 611 экз/м² и $5,6 \pm 0,5$ г/м². Наибольшие величины численности и биомассы зообентоса отмечены в районе станции № 3 (2817 ± 1869 экз/м² и $6,5 \pm 2,9$ г/м²), наименьшие – в районе станции № 1 (982 ± 719 экз/м² и $4,7 \pm 2,1$ г/м²), однако статистически эти различия не достоверны.

3. В сезонной динамике отмечено снижение численности и биомассы зообентоса от мая к июню и их увеличение к июлю по всем районам исследования ($p > 0,05$). По численности и биомассе по всем районам преобладали личинки хирономид *Cricotopus sylvestris* и *Chironomus salinarius*. Субдоминировали водные клопы *Sigara assimilis* и *Cymatia rogenhoferi* (станция № 1, станция № 2).

4. В межгодовой динамике развития зообентоса в районе станции № 1 выявлено, что величины численности зообентоса в июле 2021 года (2053 ± 514 экз/м²) и в июле 2022 года (2409 ± 1093 экз/м²) варьировали незначительно. Величины биомассы увеличились от июля 2021 года ($3,3 \pm 0,9$ г/м²) к июлю 2022 года ($8,1 \pm 4,0$ г/м²) в 2 раза, однако статистически эти различия не

достоверны (при $p > 0,05$). В оба года исследования доминировали хирономиды.

4. Качество воды в районе станции №1 по индексу сапробности оценено на уровне II класса качества, вода слабо загрязненная. Состояние воды в районах станция №2, станция №3 соответствовало III классу качества, вода загрязненная, что указывает на наличие антропогенного загрязнения в этих районах озера. В среднем по озеру Учум качество воды соответствовало III классу качества, вода загрязненная.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / В. А. Абакумов, Н. П. Бубнова, Н. И. Холикова, [и др.] ; под редакцией В. А. Абакумова. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. – С. 240.
2. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов ; 4-е издание. – Москва : Высшая школа, 1986. – С. 472.
3. Леонтьев В. В. Краткий курс лекций по гидробиологии: учебное пособие для студентов-бакалавров биологических направлений / В. В. Леонтьев. – Елабуга : Изд-во Елабуж. ин-та К(П)ФУ, 2015. – С. 90.
4. Зинченко Т. Д. Эколого-фаунистическая характеристика хирономид (Diptera, Chironomidae) малых рек бассейна Средней и Нижней Волги / Т. Д. Зинченко ; – Тольятти : Кассандра, 2011. - 258 с.
5. Безматерых Д. М. Состав и структура зообентоса разнотипных озер степной и лесостепной зоны Алтайского края, и факторы его формирования /Д. М. Безматерных, О. Н. Жукова, Л. А. Долматова // Мир науки, культуры и образования. - 2009.- №2 (14). – С. 4.
6. Батурина М. А. Зообентос озера Большой Харбей (Большеземельская Тундра): современное состояние и анализ ретроспективных данных / М. А. Батурина, О. А. Лоскутова, Е. Б. Фефилова, Л. Г. Хохлова // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар, 2012. – №4 (12). - С. 10.
7. Жукова О. Н. Зообентос озер Северо-Казахстанской области / О. Н. Жукова, Д. М. Безматерных // Мир науки, культуры и образования. – 2010. – №. 6 (25). – С. 277- 281.
8. Ward J.V. Aquatic Insect Ecology / Ward J.V. // Aquatic Insect Ecology. – NA, Academic Press, 2010. - P. 438.
9. Velasco J. Response of biotic communities to salinity changes in a Mediterranean hypersaline stream / J. Velasco, A. Millán, J. Hernández, Gutiérrez C., Abellán P., Sánchez D., Ruiz M. / Saline systems. - Spain, 2006. – P. 15.

10. Зинченко Т. Д. Биоразнообразие и структура сообществ макрозообентоса соленых рек аридной зоны юга России (Приэльтолье) / Т. Д. Зинченко, Л. В. Головатюк // Аридные экосистемы – 2010. – Т. 16, № 3 (43). – С. 25-33.
11. Degermendzhy A.G. Vertical stratification of physical, chemical and biological components in two saline lakes Shira and Shunet (South Siberia, Russia) / A. G. Degermendzhy, E. S. Zadereev, D. Y. Rogozin, I. G. Prokopkin, Y. [etc.] // Aquatic Ecology, 2010. - № 44. – P. 619-932.
12. Rogozin D.Y. Some generalizations on stratification and vertical mixing in meromictic Lake Shira, Russia, in the period 2002-2009 / D. Y. Rogozin, S. V. Genova, R. D. Gulati, Degermendzhy A.G. // Aquatic Ecology, 2010. -№ 44(3). – P. 485-496.
13. Толмеев А. П. Характеристика таксономического состава и биомассы зообентоса соленого озера Ши́ра: изменения, произошедшие за 65 лет / А. П. Толмеев, С.П. Шулепина, О. Н. Махутова, А. В. Агеев [и др.] / Journal of Siberian Federal University. Biology – 2016. - № 11 (4) – С. 17.
14. Парначев В. П. Жемчужина Хакасии (Природный комплекс Ширинского района) / В. П. Парначев, И. В. Букатин / Изд-во Хакасского госуниверситета им. Н.Ф. Катанова. – Абакан, 1997. – С. 180.
15. Дымченко Т. Ю. Оценка экологического состояния озер острова Татышева и озера Учум в 2019 году / Т. Ю Дымченко. – 2020. – С. 475-477.
16. Емельянова А. Ю. Экспериментальное изучение питания и роста бокоплава *Gammarus Lacustris* Sars (AMPHIPODA, GAMMARIDAE) из оз. Ши́ра (Хакасия) / А.Ю. Емельянова, Т. А. Темерова, А. Г. Дегерменджи / Биол. вн. вод. - 2000. - № 4. - С. 86-93.
17. Волкова Н. И. Физико-географические и гидрохимические особенности солоноватых озер Хакасии / Н. И. Волкова / Рыбохозяйственные исследования на водоемах Красноярского края: Сб. науч. статей. Ленинград, 1989. - Вып. 296. - С. 24-31.

18. Гурьянова Е. Ф. Бокоплавцы морей СССР и сопредельных вод (Amphipoda - Gammaridea) / Е. Ф. Гурьянова. - Москва, Ленинград : Изд-во АН СССР, 1951. - С. 1032.
19. Кутикова, Л. А. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов ; Главное управление гидрометеорологической службы при совете министров СССР, Зоологический институт академии наук СССР. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – С. 512.
20. Китаев, С. П. Экологические основы биопродуктивности озер разных природных зон / А. С. Китаев. – Москва : Наука, 1984. – С. 207.
21. Дмитриенко, В. К. Зоология беспозвоночных : учеб. пособие / В. К. Дмитриенко, Е. В. Борисова, С. П. Шулепина. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2017. – С. 172. – ISBN 978-5-7638-3756-8.
22. Хейсин Е. М. Краткий определитель пресноводной фауны / Е. М. Хейсин. – Москва : Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1962. – С. 147.
23. Мамаев Б. М. Определитель насекомых по личинкам : пособие для учителей / Б. М. Мамаев. – Москва : Просвещение, 1972. – С. 400.
24. Мамаев Б. М. Определитель насекомых европейской части СССР : учеб. пособие для студентов биол. специальностей пед. ин-тов / Б. М. Мамаев, Л. Н. Медведев, Ф. Н. Правдин. – Москва : Просвещение, 1976. – С. 304.
25. Макаренко Н. А. Эколого-геохимическое состояние озера Шунет и его окрестностей (республика Хакасия) / Н. А. Макаренко, Н. В. Архипова // Вестник Томского государственного университета. – Томск, 2015. - № 400. - С. 371–380.
26. Махутова О. Н Особенности состава жирных кислот *Gammarus lacustris* в рыбных и безрыбных озерах / О. Н. Махутова, Т. А. Шарапова, Г. С. Калачёва, С. П. Шулепина, М. И. Гладышев // ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК, 2016. – Т. 466, № 2. - С. 225–227.

27. Cannings R. A. The littoral Chironomidae (Diptera) of saline lakes in central British Columbia / R. A. Cannings, G. G. E. Scudder // Canadian Journal of Zoology, 1978. - № 56. - P.1144-1155.
28. Armitage P. D. The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges / P. D. Armitage, P. S. Cranston, L. C. V. Pinder // Dordrecht, Springer, 1995. – P. 572.
29. Панкратова В. Я. Личинки и куколки комаров п/сем. Chironominae Фауна СССР (Diptera, Chironomidae = Tendipedidae) / В. Я. Панкратова / Наука. – Ленинград, 1983. – С. 295.
30. Цаллолихин С. Я. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / С. Я. Цаллолихин / Санкт-Петербург : Издательство ЗИН РАН, 1997. - С. 424.
31. Алимов А. Ф. Закономерности изменений структурных и функциональных характеристик сообществ гидробионтов / А. Ф. Алимов // Гидробиологический журнал. – 1995.- №4. - С.3-12.
32. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике / В. М. Шмидт. - Изд-во Лен. Гос. Ун-та. - Ленинград, 1984. – С. 370.
33. Зообентос реки Правая (заказник «Хехцирский», Хабаровский край) / Н. М. Яворская, М. А. Климин // Вестник ДВО РАН, 2019. - №1. – С. 10.
34. Предварительные итоги изучения зообентоса предустьевых участков некоторых рек Калининградской области / А. А. Гусев, Д. О. Гусева, Л. В. Рудинская // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии, 2014. – Т. 23, №2. – С. 61-71.
35. А. В. Андрианова Структурные характеристики биологических сообществ экосистем озер с различной степенью минерализации (Республика Хакасия) / А.В. Андрианова, А.Д. Апонасенко, Г.В. Макарская // ВОДА: ХИМИЯ и ЭКОЛОГИЯ, 2015. - №12. - С. 41–47.
36. М.А. Батурина, О.А. Лоскутова. Олигохеты некоторых пресных водоемов Арктики / Journal of Siberian Federal University. Biology, 2010. - № 3. – С. 177-198.

37. Демина И.А. Характеристика зообентоса и экспорта биомассы и полиненасыщенных жирных кислот при вылете хирономид (Diptera, Chironomidae) из трех соленых озер Южной Сибири / И.А. Демина, С.П. Шулепина, А.В. Агеев, Н.Н. Сущик // Журн. Сиб. федер. ун---та. Биология, 2022. 15(4). С. 507–528.
38. Зинченко Т.Д. Головатюк Л.В. Соленосная толерантность донных организмов речных вод / Т.Д. Зинченко, Л.В. Головатюк // АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2013. - Т. 19, № 3. - С. 5-15.
39. РД 52.24.309-2011. Руководящий документ. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши (утв. Росгидрометом 25.10.2011)

Приложение – Численность ($N, \text{экз}/\text{м}^2$) и биомасса ($B, \text{г}/\text{м}^2$) основных групп зообентоса озера Учум, 2021-2022 года

Станция	Месяц	Хирономиды		Стрекозы		Клопы		Жуки		Мокрецы		Моллюски	
		$N, \text{экз}/\text{м}^2$	$B, \text{г}/\text{м}^2$										
Станция 1	Июл.21	1925±527	1,6±0,4	33±13	1,3±0,5	81±48	0,3±0,04	-	-	7±1	0,006±0,001	15±7	0,2±0,2
	Май.22	146±70	1,4±0,7	22±11	0,7±0,4	169±33	2,3±0,3	59±16	0,5±0,06	37±19	0,5±0,4	-	-
	Июн.22	69±35	0,2±0,2	14±3	0,3±0,1	8±3	0,1±0,05	7±6	0,007±0,006	14±5	0,03±0,01	-	-
	Июл.22	2013±1043	7,3±4	-	-	330±73	0,6±0,07	62±46	0,1±0,1	4±4	0,01±0,01	-	-
	среднее 2022	743±636	3±2,2	12±6	0,3±0,2	169±93	1±0,6	40±20	0,2±0,1	18±10	0,2±0,2	-	-
Станция 2	Май.22	260±125	3,5±1,8	62±7	2,6±0,6	26±4	0,4±0,06	55±23	0,4±0,1	59±33	0,8±0,5	11±6	0,04±0,03
	Июн.22	323±162	0,6±0,3	18±18	0,9±0,9	103±75	3,7±3,5	18±13	0,08±0,05	-	-	7±4	0,04±0,02
	Июл.22	1533±388	2,4±0,7	-	-	337±22	1±0,09	121±28	0,4±0,1	15±15	0,02±0,02	4±4	0,007±0,007
	среднее 2022	705±414	2,2±0,9	27±18	1,2±0,8	155±94	1,7±1	65±30	0,3±0,1	25±18	0,3±0,3	7±2	0,03±0,01
	Май.22	1217±1016	6,2±4,9	11±6	0,6±0,5	59±42	1±0,7	22±17	0,2±0,1	44±25	0,3±0,2	-	-
Станция 3	Июн.22	561±102	0,8±0,4	-	-	11±6	0,01±0,007	-	-	-	-	-	-
	Июл.22	6255±3309	9,4±4	-	-	143±57	0,4±0,2	128±101	0,4±0,3	-	-	-	-
	среднее 2022	2678±1799	5,5±2,5	4±4	0,2±0,2	71±39	0,5±0,3	50±40	0,2±0,1	15±15	0,09±0,09	-	-

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт фундаментальной биологии и биотехнологии
Кафедра водных и наземных экосистем

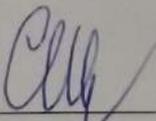
УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ М.И. Гладышев
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

06.03.01 Биология

Донные беспозвоночные в оценке качества воды озера Учум Красноярского
края

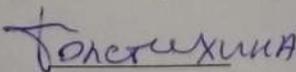
Руководитель


подпись, дата

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

С. П. Шулепина
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

А. В. Толстихина
инициалы, фамилия

Красноярск 2023