

Муниципальное автономное образовательное учреждение

"Средняя школа №2 г. Валдай"

Тема: «Биоиндикационная оценка экологического состояния Валдайского озера по макрозообентосу».

Номинация: Экологический мониторинг

Автор: Масленникова Устиния Владимировна
обучающаяся МАОУ «СШ № 2 г. Валдай», 9 «А» класса

Руководитель: Никитина Анна Леонидовна
учитель биологии МАОУ «СШ №2 г. Валдай»

Новгородская область

г. Валдай

2025-2026 гг.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
Актуальность и гипотеза исследования	2
Цели и задачи. Степень изученности проблемы.....	3
ГЛАВА 1. Обзор литературы.....	4
1.1 Теоретические аспекты.....	4
1.2 Методы биоиндикации.....	5
1.2.1 Индекс сапробности.....	5
1.2.2 Индекс Майера.....	7
ГЛАВА 2. Описание Валдайского озера.....	8
2.1 Общая характеристика	8
2.1.1 Морфометрия, гидрологические особенности, экологический статус, антропогенное влияние, охранный статус.....	8
ГЛАВА 3. Организация и методы исследования.....	8
3.1 Выбор станций отбора проб и описание точек исследования.....	9
ГЛАВА 4. Полевой этап мониторинга.....	10
4.1 Методика отбора и обработки проб макрозообентоса.....	10
4.2 Оборудование для полевого отбора	10
4.3 Проведение исследований.....	11
4.4 Камеральная обработка.....	11
ГЛАВА 5. Результаты исследования и промежуточные выводы.....	12
5.1 Оценки качества воды по макрозообентосу за 2023г.....	12
5.2 Оценки качества воды по макрозообентосу за 2024г.....	13
5.3 Оценки качества воды по макрозообентосу за 2025г.....	14
ВЫВОДЫ.....	15
Список использованной литературы.....	17
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	18
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	19

Введение:

Пресноводные озера являются не только источниками питьевой воды и биоресурсов, но и уникальными и чрезвычайно ценными экосистемами, выполняющими важнейшие природоохранные, рекреационные и хозяйственные функции. Так же они являются ключевыми элементами в поддержании биологического разнообразия и климатического баланса регионов.

В отличие от рек, они обладают замедленным водообменом, что делает их особенно уязвимыми к накоплению загрязняющих веществ. Поэтому в настоящее время они испытывают значительную антропогенную нагрузку, что приводит к их загрязнению и эвтрофикации. В связи с этим особую актуальность приобретают задачи достоверного контроля их состояния.

Биомониторинг с использованием организмов – биоиндикаторов представляет собой один из наиболее эффективных методов такой оценки, позволяющий интегрально оценить качество среды за длительный период времени.

Актуальность:

Валдайское озеро является жемчужиной Валдайского национального парка, объектом всемирного культурного, и природного наследия и важнейшим рекреационным ресурсом Новгородской области. Водоём активно используется для отдыха местными жителями и туристами, а также является средой обитания для многих видов водных животных. Его экологическое состояние имеет не только региональное, но и общероссийское значение. Однако, не смотря на свой статус и известность, доступного экологического мониторинга озера, основанного на классических методах биоиндикации, либо нет в открытом доступе, либо проводится несистематически, а существующие данные часто фрагментированы, что и определяет научную проблему нашей работы.

Гипотеза исследований:

Предполагается, что экологическое состояние Валдайского озера является удовлетворительным, а качество его воды соответствует категории «чистая» или «слабо загрязненная», что подтвердится, либо опровергается наличием или отсутствием в пробах макрозообентоса организмов, чувствительных к загрязнению (например, личинок веснянок, подёнок, ручейников) и высоким значением биотических индексов.

Цель работы:

Провести оценку экологического состояния Валдайского озера методом биоиндикации по макрозообентосу.

Задачи:

1. Изучить литературные источники и методики биомониторинга пресных вод.
2. Выбрать места для отбора проб на акватории озера с различными условиями.
3. Провести отбор количественных и качественных проб макрозообентоса на выбранных локациях.
4. Провести обработку проб: идентифицировать организмы до семейства с помощью определителей.
5. Рассчитать биотические индексы (индекс Майера и индекс Сапробности/Пантле-Букка) для оценки качества воды.
6. Проанализировать полученные данные и сделать выводы о экологическом состоянии озера.

Степень изученности проблемы:

Несмотря на значительный интерес к экосистеме Валдайского озера в целом, изученность его биоценозов методами биоиндикации остаётся фрагментарной и недостаточной для формирования целостной картины.

1. Гидрохимические и ихтиологические исследования проводятся на валдайском озере более или менее регулярно в рамках мониторинга национального парка. Эти данные, однако, носят узкоспециализированный характер и зачастую недоступны для широкого круга лиц.
2. Систематические исследования макрозообентоса, особенно с применением биоиндикационных подходов фактически отсутствуют.
3. Общедоступные программы мониторинга, ориентированные на участие школьников и общественности, не разобраны. Это создаёт разрыв между профессиональной наукой и экологическим просвещением.

Таким образом, комплексная биоиндикационная оценка Валдайского озера является новым и актуальным научным направлением, которое позволит восполнить существующий пробел в данных.

ГЛАВА 1. Обзор литературы

1.1. Теоретические аспекты:

Биомониторинг – система регулярной оценки состояния окружающей среды с использованием биологических объектов для выявления изменений, вызванных антропогенным воздействием.[7]

Биоиндикация – метод в рамках биомониторинга, при котором, организмы или их сообщества служат индикаторами качества среды, их наличие, отсутствие или изменение биологических характеристик отражает степень воздействия загрязняющих веществ.[4]

Ключевые преимущества метода:

1. Отражает совокупное влияние всех факторов за длительный период.
2. Экономическая эффективность по сравнению с дорогостоящими анализами.
3. Чувствительность к низким концентрациям загрязнителей, которые не всегда обнаруживаются приборами.

Макрозообентос – это донные беспозвоночные животные, достаточно крупные (размером более 1-2 мм) чтобы их можно было увидеть невооружённым глазом и провести сборы.[6]

Важность макрозообентоса:

1. **Малоподвижны** - чутко реагируют на локальные загрязнения.
2. **Разная чувствительность** - по видовому составу можно точно определить степень загрязнения водоёма.

Идеально подходят для оценки здоровья водоёмов.

1.2.Методы биоиндикации:

1.2.1.Индекс Сапробности

Сапробность — это степень загрязнения водоёма органическими веществами и, как следствие, уровень потребления кислорода на их разложение. [8]

Учёные разделили этот процесс на несколько стадий (зон сапробности):

1. Ксеносапробная зона (Чистая вода):

- 1) **Загрязнение:** Очень слабое либо отсутствует.
- 2) **Кислород:** Кислорода много, почти до полного насыщения.
- 3) **Органика:** Минимум
- 4) **Пример:** Горные реки, глубокие незагрязнённые озёра.

2. Олигосапробная зона (Слабо загрязнённая):

- 1) **Загрязнение:** Незначительное.
- 2) **Кислород:** Кислорода все ещё много.
- 3) **Органика:** Разлагается полностью, вода прозрачная.
- 4) **Пример:** Верховья рек, чистые лесные ручьи.

3. β - мезосапробная зона (Умеренно загрязнённая):

- 1) **Загрязнение:** Заметное.
- 2) **Кислород:** Кислорода меньше, но достаточно для жизни рыб
- 3) **Органика:** Активно идёт минерализация (окисление) органики. Эта стадия активного самоочищения водоёма.
- 4) **Пример:** Участки рек ниже небольших городов.

4. α - мезосапробная зона (Сильно загрязнённая):

- 1) **Загрязнение:** Сильное.
- 2) **Кислород:** Кислорода очень мало, появляются сероводород и метан.
- 3) **Органика:** Преобладают гнилостные (анаэробные) процессы. Вода мутная, может иметь неприятный запах.
- 4) **Пример:** Участки рек ниже крупных промышленных или канализационных стоков.

5. Полисапробная зона (Очень сильно загрязненная):

- 1) **Загрязнение:** Чрезвычайно сильное.
- 2) **Кислород:** Кислорода практически нет
- 3) **Органика:** Высшие организмы не выживают, только бактерии и грибы.
- 4) **Пример:** Открытые коллекторы сточных вод.

Каждой из этих зон соответствует свой набор организмов (индикаторов), которые могут в этих условиях выжить.

Индекс сапробности — это числовой показатель, который рассчитывается по основе наличия и количества индикаторных организмов в пробе воды. [8]

Самый распространённым методом расчёта является формула Пантле-Букка: $S = \Sigma(sh)/\Sigma(h)$. Где:

S - итоговый индекс сапробности

Σ - знак суммы, т.е. нужно произвести вычисления для все найденных индикаторных видов и сложить результаты.

s - коэффициент сапробности для каждого конкретного вида.

h - относительная частота встречаемости каждого вида.

(1 - редкий, 3 - частый, 5 - массовый)

Плюсы и минусы индекса сапробности

Плюсы:

- 1) Учитывает не разовый химический анализ, а состояние экосистемы в целом за определённый период
- 2) Не требует сложного дорогостоящего оборудования
- 3) Надёжность, проверен десятилетиями использования по всему миру.

Минусы:

- 1) Нужно уметь точно определять виды микроорганизмов.
- 2) Процесс сбора проб, их анализа и подсчета занимает много времени
- 3) Не учитывает токсическое загрязнение. Индекс хорошо определяет загрязнение органикой, но не чувствителен к тяжёлым металлам, пестицидам и другим ядам, которые могут убивать всех индикаторных организмов что делает воду фактически стерильной, с точки зрения индекса.

1.2.2. Индекс Майера

Это метод биоиндикации, основанный на качественном анализе видового состава макрозообентоса. Он относится к простым и быстрым методам оценки загрязнения вод органическими веществами (сапробности).

Принцип метода: Организмы макрозообентоса делятся на 3 группы в зависимости от их устойчивости к загрязнению и потребности в кислороде.[6]

1. Группа I (Олигосапробы)

- Чувствительные к загрязнению организмы, требующие высокой концентрации кислорода
- Примеры: веснянки (Plecoptera), ручейники (Trichoptera, кроме некоторых видов), поденки (Ephemeroptera).[1]

2. Группа II (β – мезосапробы)

- Организмы устойчивы к небольшому загрязнению.
- Примеры: моллюски (Gastropoda), бокоплавыв (Amphipoda), водяные клещи (Hydrachnidia).[1,2]

3. Группа III (α – мезосапробы и полисапробы)

- Организмы, способны жить в условиях дефицита кислорода и высокого содержания органики
- Примеры: трубочники (Tubificidae), личинки комаров – звонцов, пиявки (Hirudinea).[1,2]

Расчёт индекса:

Формула не используется. Оценка проводится по наличию групп в пробе:[5]

- 1) Если в пробе только организмы из I группы – вода очень чистая
- 2) Если преобладают I и II группы – вода чистая или слабо загрязненная.
- 3) Если встречаются все три группы – вода умеренно загрязненная.
- 4) Если только III группа – вода сильно загрязненная.

ГЛАВА 2. Описание Валдайского озера

Объект исследования: Валдайское озеро

Предмет исследования: структура сообществ макрозообентоса как индикатора качества водной среды

2.1. Общая характеристика озера

Озеро Валдайское - ледниковое пресноводное озеро, расположенное на Валдайской возвышенности (Новгородская область) на высоте 192 м над уровнем моря. Входит в состав бассейна реки Валдайки, связанной с Балтийским морем.

Морфометрия:

Площадь водного зеркала - 19,7 км².

Длина - 10 км, ширина - до 5 км.

Средняя глубина - 12 м, максимальная - 60 м

Объем воды - 0,24 км³.

Гидрологические особенности:

Вода обладает низкой минерализацией (до 100 мг/л) и высокой прозрачностью.

Стратификация воды ясно выражена: летом формируется устойчивый термоклин, разделяющий тёплый эпилимнион и холодный гиполимнион.

Экологический статус:

Озеро относится к олиготрофному типу с признаками мезотрофикации в бухтах из-за антропогенного воздействия

Высокое видовое разнообразие зоопланктона и макрозообентоса.

Антропогенное влияние:

Основным источником загрязнения является рекреационная нагрузка (туризм, водный транспорт) и стоки от населённых пунктов.

В прибрежной зоне отмечается повышение концентрации биогенных элементов, что может провоцировать сезонное «цветение» воды.

Охранный статус:

Входит в состав Валдайского национального парка с 1990 года. Водоём является источником питьевого водоснабжения и рекреационным ресурсом, что требует строгого контроля экологического состояния

ГЛАВА 3. Организация и методы исследований

Настоящее исследование было проведено в период с сентября 2023 г. по сентябрь 2025 г. Работа проводилась на прибрежной акватории Валдайского озера в районе города Валдай. Работа включала три основных

этапа: Полевой (отбор проб), Камеральный (лабораторная обработка) и аналитический (обработка данных и расчёт по индексам)

3.1. Выбор станций и описание точек исследования

Для получения репрезентативных данных было выбрано 3 станции (точки) отбора проб, расположенных в разных местах береговой линии с различной степенью антропогенной нагрузки.

Станция в районе Учхоза (Учхоз)

Координаты: 57.98870° С, 33.26095° В

Характеристика:

- 1) Глубина в месте отбора:** 20-30 см.
- 2) Береговая линия:** Пологий каменистый берег.
- 3) Течение:** Очень слабое
- 4) Характер донного грунта:** Гетерогенный субстрат, представленный галькой с заполнителем из песчано-илистых отложений и детрита.
- 5) Антропогенное влияние:** Антропогенная нагрузка имеет сезонный характер, участок удалён от основных городских инфраструктур, что минимизирует постоянное воздействие. Однако в рекреационный период (тёплое время года) территория используется для неорганизованного отдыха, что может приводить к скапливанию бытового мусора после пикников, а также химическому воздействию после разведения костров.

Гидрологический институт. (Станция ГГИ)

Координаты: 57.98607° С, 33.25716° В

Характеристика:

- 1) Глубина в месте отбора:** 10-20 см.
- 2) Береговая линия:** Береговая линия затенена за счёт близко расположенных деревьев. Берег пологий, поросший травянистой растительностью, естественный заход в воду представляет собой невысокий уступ высотой 50-60 см.
- 3) Течение:** Слабое
- 4) Характер донного грунта:** Дно сложено галькой с заполнителем из ила, песка и макрофитов. Субстрат влажный, но не всегда покрыт постоянным слоем воды. В 40 см от берега наблюдается переход к более каменистому дну.
- 5) Антропогенная нагрузка:** Территория используется как неорганизованный пляж, что приводит к вытаптыванию и бытовому загрязнению. Так же в 200 метров от береговой линии находится дорога,

что способствует поступлению тяжелых металлов и нефтепродуктов с поверхностными стоками в воду.

Станция "Поляна сказок"

Координаты: 57.98125° С, 33.25608° В

Характеристика:

- 1) **Глубина в месте отбора:** 5-10 см.
- 2) **Береговая линия:** Пологий каменисто-песчаный берег.
- 3) **Течение:** Слабое
- 4) **Характер донного грунта:** Гетерогенный субстрат представлен галькой с илисто-песчаным заполнителем, обогащённым органическим детритом.
- 5) **Антропогенная нагрузка:** Рекреационная нагрузка, рядом располагается крупная детская площадка, что способствует постоянный поток людей. Транспортное воздействие, рядом располагается дорога, которая является постоянным источником диффузного загрязнения. Так же проявляется интенсивное органическое загрязнение, связанное с массовым распространением уток (крякв) на прибрежной зоне.

ГЛАВА 4. Полевой этап выполняемых работ

4.1.Методика отбора и обработки проб макрозообентоса:

Отбор проводился в соответствии с общепринятой гидробиологической методикой, описанной в учебном пособии по введению в биомониторинг пресных вод, авторов: Т.С. Вшивокова, Н.В. Иваненко, Л.В Якименко, К. А. Дроздов.

4.2. Оборудование для полевого отбора:

1. **Гидробиологический сачок (скарификатор):** Сачок с металлическим ободом диаметром 25 см и мягким мешком из капроновой сетки с размером ячейки ~ 500 мкм. Ручка телескопическая.
2. **Кювета пластиковая:** объёмом 3 литра для промывки и первичного осмотра проб.
3. **Пинцет анатомический:** Стальной, с тонкими загнутыми концами для аккуратного извлечения организмов из грунта и детрита.
4. **Пробирки стеклянные:** 50 мл с герметичными крышками для фиксации и хранения собранного материала.

5. Фиксатор: 70 % раствор этилового спирта для сохранения организмов.

4.3. Проведение исследований

- 1. Забор пробы:** На каждой станции производилось 5-7 качественных проводок сачком вдоль береговой линии на участке длиной 1-1,5 метра. Сачкам захватывался верхний слой донных отложений (ил, песок, галька) вместе с детритом и организмами.
- 2. Промывка:** Содержимое сачка тщательно промывалось в кювете, заполнялось чистой водой из озера. Крупный мусор и камни удалялись. Цель - освободить организмы от частиц грунта.
- 3. Разбор пробы:** Промытый материал тонким слоем распределялся по кювете и с помощью пинцета и лупы все видимые организмы извлекались и помещались в пробирки с фиксатором.
- 4. Фиксация и маркировка:** Отобранный материал немедленно фиксировался 70% раствором этанола в стеклянных пробирках, и маркировался этикеткой. На этикетке указывалась дата отбора и название станции.

4.4. Камеральная обработка:

- 1. Подготовка пробы к анализу:** Содержимое каждой фиксированной пробы аккуратно выливалось в чашку Петри. Для облегчения просмотра материала разбавлялось небольшим количеством чистой воды.
- 2. Сортировка и идентификация:** Разбор пробы проводился с помощью лупы, бинокля, анатомического пинцета. Таксономическая идентификация проводилась до низшего возможного таксономического уровня, доступного для достоверного определения с помощью лупы и полевого определителя пресноводных беспозвоночных А. Полоскина и В. Хаитова. (приложение 1)
- 3. Фиксация результатов:** После идентификации организмы размещались по отдельным пробиркам с 70% спиртом для создания референс-коллекции. Каждая пробирка снабжалась этикеткой с указанием таксономической принадлежности, даты сбора и названия станции сбора.
- 4. Документация:** Все данные, полученные в ходе камеральной обработки проб, заносились в электронную таблицу(приложение 2). Для каждой станции были составлены полные списки обнаруженных таксонов макрозообентоса с указанием их таксономической принадлежности, количества, года и сезона сбора, коэффициента сапробности и предпочитаемой зоны сапробности. На основе этих

данных проводилась оценка экологического состояния водоёма с использованием индекса Майера и индекса сапробности. Полученные результаты так же заносились в таблицу.

ГЛАВА 5. Результаты исследования и промежуточные выводы.

5.1 Оценка качества воды по макрозообентосу за 2023год:

Таблица 1. Результаты оценки качества воды по макрозообентосу за 2023г.

Станция	Весна		Осень	
	По Майеру	По индексу сапробности	По Майеру	По индексу сапробности
Учхоз	Чистая	1,37 (олигосапробная)	Чистая	1,29 (олигосапробная)
Станция ГГИ	Умеренно загрязненная	2,33 (β-мезосапробная)	Умеренно загрязненная	2 (β-мезосапробная)
"Поляна сказок"	Умеренно загрязненная	2,27 (β-мезосапробная)	Умеренно загрязненная	2,46 (β-мезосапробная)

Вывод по 2023 г:

На станции "Учхоз" Качество воды стабильно хорошее в течение всего года. Значения индекса сапробности (1,29-1,37) соответствуют олигосапробной зоне. Незначительное ухудшение показателей весной связано с поступлением загрязняющих веществ с талыми водами. Относительно благополучное состояние обусловлено удаленностью от основных источников загрязнения и ограниченной рекреационной нагрузкой.

На станции "Гидрологический институт" Наблюдается умеренное загрязнение (β-мезосапробная зона) с индексом сапробности 2,0-2,33. Выраженное сезонное ухудшение качества воды весной обусловлено комплексным воздействием рекреационной нагрузки, транспортного загрязнения и поступления загрязняющих веществ с паводковыми водами. Сочетание этих факторов создаёт постоянную антропогенную нагрузку на экосистему.

Станция "Поляна сказок" Демонстрирует наиболее неблагоприятные показатели с тенденцией к ухудшению (индекс сапробности 2,27-2,46). Интенсивное органическое загрязнение от утиных популяций усугубляется рекреационной нагрузкой и транспортным воздействием. Кумулятивный эффект

загрязнения проявляется в устойчивом повышении индекса сапробности к осеннему периоду.

5.2. Оценка качества воды по макрозообентосу за 2024г:

Таблица2. Результаты оценки качества воды по макрозообентосу за 2023г.

Станция	Весна		Осень	
	По Майеру	По индексу сапробности	По Майеру	По индексу сапробности
Учхоз	Умеренно загрязненная	2,52 (α -мезосапробная)	Умеренно загрязненная	1,65 (β -мезосапробная)
Станция ГГИ	Умеренно загрязненная	2,43 (β -мезосапробная)	Умеренно загрязненная	2,15 (β -мезосапробная)
"Поляна сказок"	Загрязненная	2,98 (α -мезосапробная)	Умеренно загрязненная	2 (β -мезосапробная)

Вывод по 2024 г:

На станции "Учхоз" зафиксировано резкое ухудшение качества воды весной с переходом в α -мезосапробную зону (2,52), однако к осени показатели значительно улучшились до уровня слабого загрязнения (1,65 β -мезосапробная).

Станция "Гидрологический институт" сохранила относительную стабильность, демонстрируя умеренное загрязнение в течение всего года (2,43-2,15) с незначительной положительной динамикой к осени.

Наиболее тревожная ситуация наблюдалась на станции "Поляна сказок", где весенние показатели достигли максимальных значений загрязнения (2,98 α -мезосапробная), но к осени ситуация существенно улучшилась до уровня умеренного загрязнения (2,0 β -мезосапробная).

5.3. Оценка качества воды по макрозообентосу за 2025г:

Таблица3. Результаты оценки качества воды по макрозообентосу за 2025г.

Станция	Весна		Осень	
	По Майеру	По индексу сапробности	По Майеру	По индексу сапробности
Учхоз	Умеренно загрязненная	2,55 (α -мезосапробная)	Чистая	1,44 (олигосапробная)
Станция ГГИ	Умеренно загрязненная	2,73 (α -мезосапробная)	Слабо загрязненная	1,62 (β -мезосапробная)
"Поляна сказок"	Умеренно загрязненная	2,64 (α -мезосапробная)	Слабо загрязненная	1,63 (β -мезосапробная)

Вывод по 2025 г:

Станция "Учхоз" показала наиболее значительную положительную динамику - от умеренного загрязнения весной (2,55 - α -мезосапробная зона) до чистой воды осенью (1,44 - олигосапробная зона). Такой резкий спад загрязнения свидетельствует о эффективной самоочищающей способности этого участка акватории.

Станция "ГГИ" демонстрировала устойчивое улучшение состояния - с 2,73 весной до 1,62 осенью, перейдя из α -мезосапробной в β -мезосапробную зону. Стабильное улучшение показателей подтверждает снижение антропогенной нагрузки на данный участок.

Станция "Поляна сказок" достигла наилучших показателей за весь период наблюдений, снизив индекс сапробности с 2,64 весной до 1,63 осенью. Особенно значимо улучшение качества воды на этой станции, традиционно испытывавшей наибольшую рекреационную нагрузку.

Выводы по исследовательской работе.

- 1.** В ходе анализа литературных источников была подтверждена высокая эффективность и доступность методов биоиндикации для оценки состояния пресноводных экосистем. На основе изученного материала был выбран комплексный подход, включающий качественную оценку по индексу Майера и количественную по индексу сапробности (Пантле-Букка), что позволяет получить достоверную и интегральную характеристику качества воды.
- 2.** Для отбора проб была организована система станций мониторинга по береговой линии Валдайского озера, охватывающая участки с различными условиями. Такой подход позволил провести сравнительный анализ и выявить влияние различных антропогенных факторов на донные сообщества.
- 3.** На каждой станции был успешно проведен комплексный отбор проб макрозообентоса. Работы выполнялись в соответствии с общепринятыми гидробиологическими методиками, что обеспечило сопоставимость полученных данных.
- 4.** В процессе камеральной обработки из проб было извлечено и идентифицировано более 15 видов макрозообентоса. Идентификация проводилась до низшего определяемого таксономического уровня с использованием бинокля и специализированных определителей. Были обнаружены как чувствительные к загрязнению организмы, так и толерантные.
- 5.** Были успешно рассчитаны биотические индексы для оценки качества воды. Все полученные в ходе исследования данные систематизированы в сводной таблице (приложении 2). На основе всех данных проведён расчёт индекса Майера и индекса сапробности по Пантле-Букку.
- 6.** Проведенный мониторинг экологического состояния прибрежной зоны Валдайского озера в течение 2023-2025 года позволил установить чёткую зависимость между характером антропогенной нагрузки и состоянием донных биоценозов на различных станциях отбора проб. На станции "Учхоз" сохраняется наиболее благоприятная экологическая обстановка, что подтверждается стабильно низкими значениями индекса сапробности. Однако здесь наблюдается сезонная

динамика - весенние показатели обычно несколько хуже осенних, что объясняется поступлением загрязняющих веществ с талыми водами в период весеннего снеготаяния. Несмотря на это, общее состояние станции остаётся хорошим благодаря удалённости от основных городских инфраструктур и ограниченной рекреационной нагрузке.

На станции "Гидрологический институт" комплексное воздействие усиливается за счёт рекреационной нагрузки и транспортного загрязнения, так же отмечается устойчиво умеренный уровень загрязнения. Для станции характерна выраженная сезонная динамика - весенние показатели демонстрируют ухудшение качества воды. Это связано с поступлением дополнительных объёмов загрязняющих веществ с поверхностными стоками с прилегающих территорий в период паводка в акваторию.

На станции "Поляна сказок" ситуация усугубляется интенсивным органическим загрязнением от массового скопления уток (крякв) в сочетании с рекреационной нагрузкой от детской площадки. Особенно показательное увеличение индекса сапробности на станции "Поляна сказок" с осени на весну, что свидетельствует о кумулятивном эффекте органического загрязнения в период рекреационной нагрузки.

Сравнительный анализ сезонной динамики демонстрирует, что весенний период является критическим для состояния прибрежной экосистемы озера, когда воздействие природных и антропогенных факторов достигает максимума. Несмотря на некоторое улучшение показателей к осени, значения индексов остаются в зоне умеренного загрязнения, что указывает на сохраняющееся негативное влияние хозяйственной деятельности.

В планах провести биоиндикационную оценку экологического состояния Валдайского озера по макрозообентосу в летний период.

Список использованной литературы:

1. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. (3 том) Под редакцией С.Я.Цалолихина. Зоологический институт Российской Академии Наук, 1997 г. Санкт-Петербург.
2. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) Под редакцией Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатова. Гидрометеиздат, 1977 г. Ленинград / 513 стр.
3. Полевой определитель беспозвоночных. Составители: А.Полоскин, В.Хаитов. WWF России, 2006 г. Москва / 16 стр.
4. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах Составители: Зуева Н.В, Алексеев Д.К, Куличенко А.Ю, Примак Е.А, Зуев Ю.А, Воякина Е.Ю, Степанова А.Б. Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2019 г. Санкт-Петербург/ 140 стр.
5. Методическое руководство для определения качества речных вод с помощью водных беспозвоночных. Составитель: Т.С. Вшивкова/ 24 стр.
6. Оценка экологического состояния водотоков с использованием водных беспозвоночных. Краткое руководство по биомониторингу пресных вод для общественных экологических агентств. Составитель: Т.С.Вшивкова Изд-во «Весь Иркутск», 2020 г. Иркутск/ 85 стр.
7. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие. Составители: Т.С.Вшивкова, Н.В.Иваненко, Л.В.Якименко, К.А.Дроздов. Изд-во ВГУЭС, 2019 г. Владивосток/ 240 стр.
8. Модификация метода Пантле-Букка для оценки загрязнения водотоков по качественным показателям макробентоса Составитель: М.В.Чертопруд. Водные ресурсы. Том 29. № 3. Москва/ стр 342

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Перечень обнаруженных видов:

1. Веснянка (личинка) Plecoptera)
2. Водяной ослик (*Asellus aquaticus*)
3. Десятиногий рак (*Astacus astacus*)
4. Комары-звонцы (личинка) Chironomidae)
5. Комар-долгоножка (личинка) Tipulidae)
6. Малая ложноконская пиявка (*Eprobdeella octoculata*)
7. Молочная планария (*Dendrocoelum lacteum*)
8. Перловица обыкновенная (*Unio pictorum*)
9. Планария (*Turbellaria*)
10. Рачок-Бокоплав (*Gammarus* sp.)
11. Ручейник (личинка) Trichoptera)
12. Рыбья пиявка (*Piscicola geometra*)
13. Улитковая пиявка (*Glossiphonia complanata*)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Сводная таблица по биоиндикационной оценке качества воды
Валдайского озера по макрозообентосу за весь период исследования.**

Год	Сезон	Точка Сбора	Вид	Кол-во	Коэффициент сап-ти	Предпочитаемая зона сап-ти	Вывод по индексу Майера	Вывод по индексу сап-ти
2023	Весна	Учхоз	Ручейник (личинка) Trichoptera	2	1,5	олигосапробная		
			Перловица обыкновенная (Unio pictorum)	3	2,5	β-мезосапробная		
			Планария (Turbellaria)	2	1,4	олигосапробная		
			Веснянка (личинка) Plecoptera	3	0,96	олигосапробная		
			Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)	1	2,4	β-мезосапробная		
							Чистая	1,37 (олигосапробная)
		Станция ГГИ	Водяной ослик (Asellus aquaticus)	1	2,8	α-мезосапробная		
	Комары-звонцы (личинка) Chironomidae		2	3,8	полисапробная			
	Малая ложноконская пиявка (Erpobdella octoculata)		1	3	α-мезосапробная			
	Молочная планария (Dendrocoelum lacteum)		2	2	β-мезосапробная			
	Планария (Turbellaria)		4	1,4	олигосапробная			
			Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)	3	2,4	β-мезосапробная	Умеренно загрязненная	2,33 (β-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	3	3,8	полисапробная		
	Перловица обыкновенная (Unio pictorum)		3	2,5	β-мезосапробная			
	Планария (Turbellaria)		5	1,4	олигосапробная			
	Рачок-Бокоплав (Gammarus sp.)		1	0,65	олигосапробная			
	Малая ложноконская пиявка (Erpobdella octoculata)		2	3	α-мезосапробная			
							Умеренно загрязненная	2,27 (β-мезосапробная)
	Осень	Учхоз	Ручейник (личинка) Trichoptera	3	1,5	олигосапробная		
			Рачок-Бокоплав (Gammarus sp.)	2	0,65	олигосапробная		
Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)			1	2,4	β-мезосапробная			
Перловица обыкновенная (Unio pictorum)			2	2,5	β-мезосапробная			
Планария (Turbellaria)			6	1,4	олигосапробная			
			Веснянка (личинка) Plecoptera	3	0,96	олигосапробная		
							Чистая	1,29 (олигосапробная)
		Станция ГГИ	Водяной ослик (Asellus aquaticus)	3	2,8	α-мезосапробная		
Ручейник (личинка) Trichoptera			2	1,5	олигосапробная			
Перловица обыкновенная (Unio pictorum)			3	2,5	β-мезосапробная			
Планария (Turbellaria)			5	1,4	олигосапробная			
Рыбья пиявка (Piscicola geometra)			1	2	β-мезосапробная			
							Умеренно загрязненная	2 (β-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)	3	2,4	β-мезосапробная		
Комары-звонцы (личинка) Chironomidae			4	3,8	полисапробная			
Ручейник (личинка) Trichoptera	1		1,5	олигосапробная				
Рачок-Бокоплав (Gammarus sp.)	1		0,65	олигосапробная				
Планария (Turbellaria)	3		1,4	олигосапробная				
		Молочная планария (Dendrocoelum lacteum)	1	2	β-мезосапробная			
						Умеренно загрязненная	2,46 (β-мезосапробная)	
2024	Весна	Учхоз	Ручейник (личинка) Trichoptera	1	1,5	олигосапробная		
			Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	3	3,8	полисапробная		
			Планария (Turbellaria)	2	1,4	олигосапробная		
			Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)	2	2,4	β-мезосапробная		
			Веснянка (личинка) Plecoptera	1	0,96	олигосапробная		
							Умеренно загрязненная	2,52 (α-мезосапробная)
		Станция ГГИ	Водяной ослик (Asellus aquaticus)	2	2,8	α-мезосапробная		
	Планария (Turbellaria)		3	1,4	олигосапробная			
	Комары-звонцы (личинка) Chironomidae		4	3,8	полисапробная			
	Рачок-Бокоплав (Gammarus sp.)		2	0,65	олигосапробная			
	Малая ложноконская пиявка (Erpobdella octoculata)		1	3	α-мезосапробная			
							Умеренно загрязненная	2,43 (β-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	5	3,8	полисапробная		
	Планария (Turbellaria)		1	1,4	олигосапробная			
	Малая ложноконская пиявка (Erpobdella octoculata)		3	3	α-мезосапробная			
Рыбья пиявка (Piscicola geometra)	2		2	β-мезосапробная				
Улитковая пиявка (Glossiphonia complanata)	1		2,4	β-мезосапробная				
						Загрязненная	2,98 (α-мезосапробная)	
Осень	Учхоз	Малая ложноконская пиявка (Erpobdella octoculata)	1	3	α-мезосапробная			
		Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	1	3,8	полисапробная			
		Ручейник (личинка) Trichoptera	2	1,5	олигосапробная			
		Планария (Turbellaria)	3	1,4	олигосапробная			
		Веснянка (личинка) Plecoptera	3	0,96	олигосапробная			

							Умеренно загрязненная	1,65 (β-мезосапробная)
		Станция ГГИ	Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)	1	2,8	α-мезосапробная		
			Ручейник (личинка) Trichoptera	3	1,5	олигосапробная		
			Малая ложноконская пиявка (<i>Ergobdella octoculata</i>)	1	3	α-мезосапробная		
			Улитковая пиявка (<i>Glossiphonia complanata</i>)	1	2,4	β-мезосапробная		
			Рыбья пиявка (<i>Piscicola geometra</i>)	1	2	β-мезосапробная		
			Перловица обыкновенная (<i>Unio pictorum</i>)	3	2,5	β-мезосапробная		
							Умеренно загрязненная	2,15 (β-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Улитковая пиявка (<i>Glossiphonia complanata</i>)	3	2,4	β-мезосапробная		
			Малая ложноконская пиявка (<i>Ergobdella octoculata</i>)	3	3	α-мезосапробная		
			Десятиногий рак (<i>Astacus astacus</i>)	1	1,05	олигосапробная		
			Ручейник (личинка) Trichoptera	2	1,5	олигосапробная		
			Рачок-Бокоплав (<i>Gammarus sp.</i>)	1	0,65	олигосапробная		
			Планария (<i>Turbellaria</i>)	2	1,4	олигосапробная		
			Перловица обыкновенная (<i>Unio pictorum</i>)	1	2,5	β-мезосапробная		
			Комар-долгоножка (личинка) Tipulidae	1	1,8	β-мезосапробная		
							Умеренно загрязненная	2 (β-мезосапробная)
2025	Весна	Учхоз	Ручейник (личинка) Trichoptera	2	1,5	олигосапробная		
			Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	3	3,8	полисапробная		
			Рачок-Бокоплав (<i>Gammarus sp.</i>)	1	0,65	олигосапробная		
			Планария (<i>Turbellaria</i>)	1	1,4	олигосапробная		
							Умеренно загрязненная	2,55 (α-мезосапробная)
		Станция ГГИ	Ручейник (личинка) Trichoptera	1	1,5	олигосапробная		
			Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	4	3,8	полисапробная		
			Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)	2	2,8	α-мезосапробная		
			Малая ложноконская пиявка (<i>Ergobdella octoculata</i>)	1	3	α-мезосапробная		
			Веснянка (личинка) Plecoptera	1	0,96	олигосапробная		
							Умеренно загрязненная	2,73 (α-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Комары-звонцы (личинка) Chironomidae	5	3,8	полисапробная		
			Рачок-Бокоплав (<i>Gammarus sp.</i>)	2	0,65	олигосапробная		
			Рыбья пиявка (<i>Piscicola geometra</i>)	3	2	β-мезосапробная		
			Водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)	2	2,8	α-мезосапробная		
			Перловица обыкновенная (<i>Unio pictorum</i>)	1	2,5	β-мезосапробная		
							Умеренно загрязненная	2,64 (α-мезосапробная)
	Осень	Учхоз	Перловица обыкновенная (<i>Unio pictorum</i>)	2	2,5	β-мезосапробная		
			Веснянка (личинка) Plecoptera	2	0,96	олигосапробная		
			Планария (<i>Turbellaria</i>)	8	1,4	олигосапробная		
			Молочная планария (<i>Dendrocoelum lacteum</i>)	2	2	β-мезосапробная		
			Рыбья пиявка (<i>Piscicola geometra</i>)	1	2	β-мезосапробная		
							Чистая	1,44 (олигосапробная)
		Станция ГГИ	Улитковая пиявка (<i>Glossiphonia complanata</i>)	1	2,4	β-мезосапробная		
			Десятиногий рак (<i>Astacus astacus</i>)	2	1,05	олигосапробная		
			Планария (<i>Turbellaria</i>)	3	1,4	олигосапробная		
			Веснянка (личинка) Plecoptera	2	0,96	олигосапробная		
			Малая ложноконская пиявка (<i>Ergobdella octoculata</i>)	2	3	α-мезосапробная		
							Слабо загрязненная	1,62 (β-мезосапробная)
		"Поляна сказок"	Улитковая пиявка (<i>Glossiphonia complanata</i>)	4	2,4	β-мезосапробная		
			Рачок-Бокоплав (<i>Gammarus sp.</i>)	3	0,65	олигосапробная		
			Планария (<i>Turbellaria</i>)	4	1,4	олигосапробная		
			Молочная планария (<i>Dendrocoelum lacteum</i>)	2	2	β-мезосапробная		
							Слабо загрязненная	1,63 (β-мезосапробная)