



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии, природопользования и экологической безопасности

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

На тему: Оценка экологического состояния Токсовских озёр Ленинградской области

Исполнитель

Глазов Алексей Игоревич
(Фамилия, имя, отчество)

Руководитель

Кандидат географических наук, доцент
(Учёная степень, учёное звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(Фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(учёная степень, учёное звание)

Дроздов Владимир Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2024 г.

Санкт-Петербург
2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Теоретические материалы и описание объектов исследования.....	6
1.1 Общая характеристика системы экологического мониторинга водных объектов Ленинградской области.....	7
1.2. Расположение долговременных постов наблюдений на водных объектах	9
1.3. Используемые программы экологического мониторинга водных объектов.....	11
1.4. Процессы и факторы, влияющие на экологическое состояние озёрных экосистем и их бассейнов.....	12
2. Экологические особенности Всеволожского района Ленинградской области.....	15
2.1. Ландшафтные и гидрологические особенности	15
2.2. Основные процессы антропогенного воздействия на экосистемы	18
2.3. ООПТ «Природный парк «Токсовский»	19
3. Исследования экологического состояния Токсовских озёр	21
3.1. Обоснование используемых методов и оборудования для исследований	21
3.2. Кавголовское озеро.....	28
3.2.1. Состояние береговой зоны	29
3.2.2. Гидрохимические особенности.....	31
3.2.3. Гидробиологические особенности.....	38
3.3. Курголовское озеро	50
3.3.1. Состояние береговой зоны	50
3.3.2. Гидрохимические особенности.....	53
3.3.3. Гидробиологические особенности.....	62
4. Исследование экологического состояния озёр с помощью данных дистанционного зондирования Земли.....	69
5. Практические рекомендации	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	77

ВВЕДЕНИЕ

Ленинградская область является регионом с особым положением в Российской Федерации. Такое положение обуславливают сразу несколько факторов: это приграничное расположение региона к странам Европейского Союза, наличие в границах области города Санкт-Петербурга, являющимся городом федерального значения, и, по совместительству, второго по величине в РФ. Также, к особенностям региона стоит отнести высокую природную ценность территорий региона, одновременно с этим область имеет высокую степень урбанизации территории.

В силу приграничного статуса Ленинградской области и, как следствие, развитого транспортно-логистического комплекса всего федерального округа в целом и близости такого крупного города, как Санкт-Петербург, в регионе наблюдается высокий уровень развития промышленных и хозяйственных объектов, ориентированных как на внутренний рынок, так и на внешний.

Одним из ключевых природных составляющих Ленинградской области является её высокая обеспеченность поверхностными водными ресурсами. Общее количество озёр на территории региона превышает 1800, включая крупнейшие в Европе – Ладожское и Онежское. Наиболее выделяется в этом плане территория Карельского перешейка, где сосредоточена большая часть поверхностных водных объектов Ленинградской области.

В силу особенностей расположения и близости крупных населённых пунктов, природа Карельского перешейка испытывает интенсивное антропогенное воздействие. Прежде всего, это прибрежные зоны и акватории водных объектов, как внутренних, так и трансграничных. Наибольшему хозяйственному влиянию, особенно в последние годы, подвергаются водные объекты, расположенные в непосредственной близости от Санкт-Петербургской агломерации и прилежащих к ней высокоурбанизированных территорий Выборгского и Всеволожского районов, примерно в радиусе 20-30 км. Одной из таких территорий является Токсовское городское поселение и

находящиеся в его пределах озёра Токсовской группы, насчитывающей, по крайней мере, около 20 крупных и мелких озёр, расположенных на всей территории Токсовского городского поселения. Наибольшими из группы озёр являются Кавголовское, Курголовское и Хепоярви. Остальные, такие как Вероярви, Сювеярви, Мустаярви и другие сильно меньше главных озёр группы по площади зеркала и объёму [20].

Из всей группы Токсовских озёр выделяются Кавголовское, Курголовское, Хепоярви и Чайное, расположенные непосредственно в черте посёлка Токсово или прилегающие к нему. Именно эти озёра называют Токсовскими озёрами [20].

Озёра группы испытывают комплексное антропогенное воздействие за счёт как хозяйственного освоения, так и рекреационной нагрузки. При этом разные аспекты воздействия оказывают влияние на разные компоненты озёрных экосистем, затрагивая практически каждый из них.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время Токсовские озёра изучены достаточно слабо, актуальных данных об их экологическом состоянии недостаточно. Настоящая работа позволит получить актуальные данные о происходящих в подверженных сильному комплексному воздействию мелководных озёрах умеренного климата. В связи с возрастанием антропогенной нагрузки на озёра, необходимо оценить текущее состояние водоёмов для дальнейшего отслеживания динамики и направленности процессов, происходящих в озёрных экосистемах, так как данные водоёмы играют важную хозяйственную роль для Токсовского городского поселения и имеют не менее важное рекреационное значение для жителей Санкт-Петербурга ввиду своей транспортной доступности и хозяйственной освоенности. Стоит отметить, что акватории озёр Кавголовское и Курголовское, а также прилегающие к ним территории лесных насаждений, включены в созданный в 2019 году природный парк «Токсовский» [27].

Целью диссертационной работы является оценка экологического состояния группы Токсовских озёр Ленинградской области: озёр Кавголовского и Курголовского.

Для выполнения цели работы ставятся следующие задачи:

1. Описать систему экологического мониторинга водных объектов Ленинградской области;
2. Изучить процессы и факторы, влияющие на состояние озёрных экосистем;
3. Провести исследования береговой зоны Токсовских озёр;
4. Изучить гидробиологические особенности исследуемых озёр;
5. Изучить гидрохимические особенности исследуемых озёр;
6. Выполнить комплексную оценку экологического состояния Токсовских озёр;
7. Разработать практические рекомендации по обеспечению экологической безопасности Токсовских озёр.

Объектом исследования в работе выступают озёра Кавголовское и Курголовское.

Предмет исследования – экологическое состояние группы Токсовских озёр Ленинградской области.

1. Теоретические материалы и описание объектов исследования

В процессе написания исследовательской работы на данном этапе была проведена работа по подготовке и выполнению теоретической части исследования, исследованы литературные источники, проведена подготовка обзора по теме исследования. Проведена описательная работа системы экологического мониторинга водных объектов на примере Ленинградской области, изучены используемые программы наблюдений и расположение постов мониторинга, проведён разбор локальных и федеральных нормативно-правовых актов в области охраны окружающей среды, природопользования и экологического мониторинга.

Были изучены экологические особенности Всеволожского района Ленинградской области, в частности, ландшафтное районирование территории района, его гидрология, природные условия. Установлены основные процессы антропогенного воздействия на водные экосистемы пресноводных водоёмов на примере озёр Всеволожского района Ленинградской области.

В качестве материалов для написания работы использованы документы действующего законодательства Российской Федерации, такие как федеральные законы, руководящие документы. Особое внимание уделено локальным нормативно-правовым актам Ленинградской области, в частности, касающимся вопросов экологического мониторинга и охраны окружающей среды, такие как областные законы, постановления Правительства Ленинградской области, доклады об экологической ситуации Комитета по природным ресурсам.

Для описания природных составляющих, экологических особенностей исследуемых объектов и территорий, процессов и факторов, происходящих в природных и экосистемах, были использованы учебные пособия, труды научных конференций, научные статьи и труды, рассматривающие процессы,

проходящие в озёрных экосистемах под влиянием природных и антропогенных факторов.

Литературный обзор источников показал, что далеко не все озёра Карельского перешейка имеют достаточную степень изученности, в частности, это касается группы Токсовских озёр, материалов по исследованиям которых достаточно мало.

В дальнейшем, при написании работы, теоретические сведения планируется получать из учебно-методических и учебных пособий, научных статей, сборников законодательств. Практически сведения и данные будут получены в ходе собственных полевых наблюдений и камеральных работ.

1.1 Общая характеристика системы экологического мониторинга водных объектов Ленинградской области

В соответствии с Областным законом от 29.02.2008 № 11-оз «Об экологическом мониторинге в Ленинградской области» водные объекты на территории Ленинградской области являются объектами экологического мониторинга на территории региона. В эту группу так же включаются иные компоненты природной среды, в том числе атмосферный воздух, земли, недра, почвенный покров, леса и зелёные насаждения, объекты животного и растительного мира, иные организмы и природные процессы [20].

Осуществление экологического мониторинга ведётся на территории региона в порядке, установленном нормативно-правовыми актами РФ, в рамках единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ) путём создания территориальных и локальных систем наблюдения за состоянием окружающей среды Ленинградской области, а также обеспечения её нормального функционирования. Мониторинг в регионе осуществляется в соответствии с государственными программами Ленинградской области в сфере экологического мониторинга, которые устанавливают и регламентируют такие параметры, как периодичность

наблюдений (измерений), перечни контролируемых показателей, методы сбора, обработки и анализа данных, полученных в ходе мониторинга, расположение пунктов наблюдений (измерений) и прогноз состояния окружающей природной среды. Государственные программы Ленинградской области в сфере экологического мониторинга разрабатываются с учётом нескольких факторов:

1. Государственных программ в сфере государственного экологического мониторинга, реализуемых за счет средств федерального бюджета;
2. Размещения федеральных пунктов государственного экологического мониторинга;
3. Градостроительного зонирования территории Ленинградской области;
4. Природно-климатических условий;
5. Результатов инвентаризации выбросов (сбросов) загрязняющих веществ от антропогенных объектов и результатов моделирования загрязнения окружающей среды.

В соответствии с федеральным законодательством, вся информация, полученная в ходе работы территориальной системы наблюдения за состоянием окружающей среды Ленинградской области, в обязательном порядке направляется в государственный фонд данных государственного экологического мониторинга.

В 2013 году для повышения эффективности реализации государственной политики в сфере охраны окружающей среды и природопользования была утверждена государственная программа Ленинградской области № 368 «Охрана окружающей среды Ленинградской области». В рамках этой программы была введена в действие подпрограмма «Мониторинг, регулирование качества окружающей среды и формирование экологической культуры». Главной целью подпрограммы стало совершенствование и развитие региональной системы государственного экологического мониторинга на территории региона и формирование экологической культуры населения [19].

Также, областной закон от 29.02.2008 № 11-оз допускает ведение добровольного экологического мониторинга на территории области. Так, мониторинг вправе вести юридические и физические лица, не являющиеся субъектами локального экологического мониторинга. Законом регламентируется законодательная база осуществления добровольного экологического мониторинга, а также финансирование деятельности. Финансирование такого мониторинга осуществляется за счёт собственных средств субъектов добровольного экологического мониторинга [20].

1.2. Расположение долговременных постов наблюдений на водных объектах

Сеть мониторинга качества поверхностных водных объектов в Ленинградской области состоит из пунктов наблюдений Государственной сети наблюдений, пунктов мониторинга качества вод Северо-Западного УГМС и пунктов наблюдений локального экологического мониторинга в Ленинградской области, при этом последние располагаются в местах наблюдений за воздействием конкретного объекта хозяйственной или иной деятельности на состояние окружающей среды [29].

Наибольшая сеть долговременных пунктов наблюдений существует в рамках Государственной сети наблюдений. Регулярные наблюдения за качеством вод поверхностных водных объектов в пунктах Государственной сети наблюдений (ГСН) проводятся в Ленинградской области на 23 реках и 2 озёрах (35 пунктов, 51 створ), расположение пунктов наблюдений представлено на рисунке 1.1.

Дополнительно к стационарным пунктам наблюдений, в Ленинградской области организовываются режимные наблюдения на временных постах. Временные посты располагаются на близких к границам Санкт-Петербурга водных объектах, таких как реки Ижора, Славянка, Охта, Оккервиль, Лубья, Лебязье.

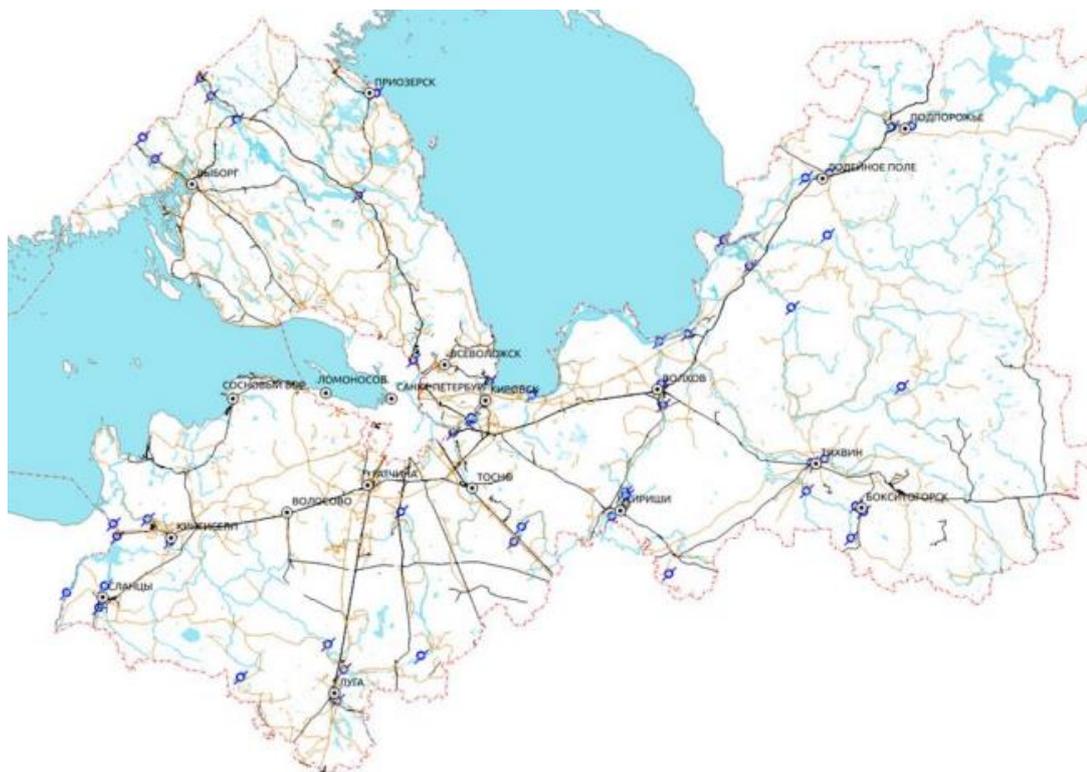


Рисунок 1.1 – Пункты наблюдений за качеством вод поверхностных водных объектов на территории Ленинградской области [33]

Сеть пунктов мониторинга Северо-Западного УГМС насчитывает 4 пункта наблюдений, расположенных в бассейне Финского залива от границы России с Финляндией до устья реки Нева. Под мониторингом находятся реки Селезнёвка и Каменка, а также протока без названия № 840 [20].

В регионе проводится мониторинг качества вод Ладожского озера и восточной части Финского залива. Сеть наблюдений на этих водных объектах насчитывает 31 пункт. В 2020 году качество вод на большей части акватории Ладожского озера соответствовало степени слабозагрязнённых вод (II класс качества). По категории трофности озеро относилось к ультраолиготрофному водоёму. Качество вод восточной части Финского залива оценивалось как удовлетворительное. Степень токсичности воды и донных отложений восточной части Финского залива соответствует допустимой [19].

В 2020 году в Ладожском озере и восточной части Финского залива впервые были выполнены исследования по определению частиц микропластика в донных отложениях и водной толще.

1.3.Используемые программы экологического мониторинга водных объектов

Существующая сеть пунктов Государственной сети наблюдений включает пункты наблюдений 3 и 4 категорий. Сеть мониторинга Северо-Западного УГМС на территории Ленинградской области также включает пункты 3 и 4 категорий. В пунктах наблюдений 3 категории отбор проб проводится ежемесячно, 4 категории – один раз в квартал. В пунктах наблюдения 3 категории, согласно РД 52.24.309-2016, наблюдения проводятся по сокращённой программе №3 один раз в месяц и в основные фазы водного режима – по обязательной программе наблюдений. Мониторинг водных объектов осуществляется по загрязняющим веществам, утверждённым законодательными актами Российской Федерации [28].

Локальный экологический мониторинг на территории Ленинградской области осуществляется по веществам, по которым были превышены существующие нормативы качества окружающей среды [18].

Для каждого субъекта локального экологического мониторинга перечень контролируемых загрязняющих веществ и периодичность проведения исследований устанавливается в соответствии с программой производственного экологического контроля на предприятии [18].

1.4. Процессы и факторы, влияющие на экологическое состояние озёрных экосистем и их бассейнов

Особенности геоморфологического строения, климатические условия и морфологические особенности Ленинградской области в целом, и Карельского перешейка, в частности, привели к тому, что на территории региона сформировалось множество водоёмов различного типа. Наибольший интерес вызывают озёра олиготрофного и олиго-мезотрофного типов. В озёрах умеренного климата идут интенсивные процессы осадконакопления, как следствие, надвигания сплавин, что приводит, в конце концов, к превращению озера в болото [27]. Скорости зарастания и накопления осадков в разных климатических условиях различны, но для озёр Карельского перешейка эти величины примерно равны.

В настоящее время, в связи с высокой освоенностью Карельского перешейка, хозяйственной деятельностью, строительством жилых домов, дач, объектов рекреации и спорта, массовым туризмом, озёрные экосистемы региона испытывают усиленное антропогенное воздействие. Это приводит к изменению гидрохимического и гидрологического режимов озёр, интенсификации процессов эвтрофирования и гумификации.

К наиболее частым антропогенным процессам, влияющим на озёрные экосистемы, относятся:

1. Гидротехническое строительство. Создание водохранилищ приводит к увеличению площади зеркала, снижению трофности озера, созданию более благоприятных условий для самоочищения водоёма. Также изменяется длина береговой линии. В некоторых случаях при создании озёрных водохранилищ проводятся гидротехнические работы: дноуглубительные работы, обваловка озёрных котловин, укрепление береговых линий, уборка торфяных залежей. Такие процессы могут приводить не только к морфометрическим и морфологическим изменениям в самом озере, но и оказывать влияние на прибрежные ландшафты и водосбор;

2. Влияние мелиоративных мероприятий. Чаще всего в результате таких процессов происходят изменение береговой линии, уровня воды в водоёме, гидрохимического и гидробиологических показателей. В целом, широкомасштабные мелиорации негативно сказываются на гидрологическом режиме озёр;

3. Хозяйственно-бытовое загрязнение и рекреационная нагрузка. Под воздействием сбросов сточных вод также увеличивается поступление биогенных веществ. Также, часто сточные воды имеют повышенную минерализацию, что приводит к изменениям в гидрохимическом режиме озёр при достаточно большом объёме поступления сточных вод;

4. Промышленное производство. Промышленные сточные воды не имеют такого сильного влияния на эвтрофирование водоёмов, однако, такие стоки отличаются большим разнообразием состава содержащихся в них веществ. В местах сброса ухудшаются физико-химические условия, снижается качество вод. Большое влияние оказывается на гидробиологическое состояние водоёма при сбросе многокомпонентных сточных вод;

5. Сельское хозяйство. Расширение площади пахотных земель и сельскохозяйственное производство, в первую очередь, влияют на территорию водосбора водоёма. Применение минеральных и органических удобрений, сведение лесов под пашни, строительство животноводческих комплексов может приводить к возникновению эрозионных процессов, и, как следствие, увеличению стока наносов в озеро, увеличению поступления биогенных веществ в водоём [5].

Основную опасность для малых мелководных озёр, которыми являются озёра Карельского перешейка, представляет явление эвтрофикации, в частности, «зарастание» водной поверхности озера макрофитами. Как правило, зарастание озера начинается с берегов, следуя к центру водоёма. При этом выравнивается береговая линия, площадь зеркала уменьшается в размерах, озеро приобретает более округлую форму. Это связано с

природными особенностями таких озёр – относительной мелководностью, как следствие, хорошей прогреваемостью воды, большой площадью литорали.

Антропогенное воздействие сопровождается стрессовыми изменениями процессов, протекающих в озёрных экосистемах при природных условиях, при этом общая направленность и схема развития сохраняется [16]. Антропогенное эвтрофирование озёр подразумевает увеличение поступления биогенных элементов в воду и увеличение биологической продуктивности. Следствием этого является увеличение скорости накопления биогенных осадков [30].

В прошлом веке было установлено, что уровень биологической продуктивности водоёмов во многом зависит от условий территории водосбора. Плодородие почв на водосборах озёр, их богатство биогенными элементами тесно связано с уровнем биологической продуктивности водоёмов [32]. В случае с некоторыми озёрами Карельского перешейка хозяйственная освоенность прибрежных территорий выступает в роли катализатора процессов эвтрофикации в связи с увеличением поступления биогенных веществ, таких как фосфор, азот, от населённых пунктов, которые, во многих случаях, представляют собой садоводства и дачные участки с личными подсобными хозяйствами. Такие территории могут выступать некими аналогами сельскохозяйственных угодий на территории водосбора, с оговоркой на то, что поступление биогенов с дачных участков будет меньше, чем с обрабатываемых пашен и полей, так как не все владельцы применяют в хозяйстве минеральные и органические удобрения, а кто-то вовсе не использует личные участки для ведения личного подсобного хозяйства.

2. Экологические особенности Всеволожского района Ленинградской области

2.1. Ландшафтные и гидрологические особенности

Всеволожский район Ленинградской области в ландшафтной характеристике представляет собой несколько ландшафтных районов различного происхождения и состава. Часть района восточнее линии Посёлок имени Свердлова-Всеволожск-Гарболово представляет собой ландшафт Юго-Западного Приладожья. Преобладающими формами рельефа здесь будут относительно низкие (абсолютные высоты до 20-30 метров), часто переувлажнённые и заболоченные равнины и низменности, среди которых встречаются холмы водно-ледникового происхождения с отметками высот более 50 метров. Полоса вдоль побережья Ладожского озера представляет собой древние береговые валы – песчаные пологие гряды с сухими сосняками [7]. Также, большая часть береговой полосы Всеволожского района на Ладожском озере занята достаточно широкими и протяжёнными песчаными пляжами.

Центральная и северо-западная часть района представляют собой камовый ландшафт Лемболовской возвышенности. Это наиболее высокий участок рельефа всего района, абсолютные высоты здесь достигают до 120-130 метров [6]. Эта часть района представляет собой чередование песчаных холмов и гряд с понижениями, часто заболоченными или переувлажнёнными. Эта часть района, равно как и район Токсово-Кавголово, считается одной из наиболее ценных в природном и рекреационном плане, и активно используется местным и городским населением для ведения сельского хозяйства, рекреации.

Похожее строение имеет Колтушская возвышенность. Она занимает местность, простирающуюся к югу от Всеволожска. Возвышенный холмистый камовый рельеф, однако, не такой выраженный, как в районах Токсово или Лемболово. Высоты здесь не превышают 50-70 метров абсолютной отметки.

Из-за близости и хорошей транспортной доступности, эта местность очень давно и хорошо освоена, при этом, продолжая являться одним из самых привлекательных мест у любителей активного отдыха.

Центральную часть района занимает Токсовская возвышенность и её окрестности. В ландшафтном плане местность представляет собой сильно расчленённый участок камового рельефа, чередующийся с заболоченными низинами, наибольшие из которых заняты озёрами. Максимальные высоты тут достигают 120 метров, что несколько ниже Лемболовской возвышенности. Здесь располагается одна из двух наибольших групп озёр Всеволожского района – Токсовские озёра. В ландшафтном плане наиболее выражена моренная гряда, разделяющая водосбор реки Нева и водосбор Ладожского озера, и проходящая примерно по центру посёлка Токсово. Таким образом, исследуемые в работе озёра относятся к водосбору реки Нева, в то время как озёра Хепоярви и Чайное, также включающиеся в группу Токсовских озёр – к водосбору Ладожского озера.

Растительность района, в основном, представлена, лесными экосистемами. Преобладающая часть занята основной лесобразующей породой Ленинградской области – сосной обыкновенной. Также, на относительно богатых и увлажнённых почвах встречаются ельники-зеленомошники и некоторые другие. В результате антропогенной деятельности по сведению лесов и различных природных процессов, хвойные леса уступили место вторичным мелколиственным лесным породам.

Некоторые площади занимают также широколиственные породы, в основном, дуб черешчатый. Такие площади приурочены, в подавляющем большинстве случаев, к искусственным насаждениям, паркам, усадьбам т. д. В естественном виде широколиственные породы встречаются в малых количествах в хвойных лесах и сильно угнетены, формируя разреженный подлесок.

Значительную часть территории района занимают болота. Как правило, это верховые болота, на которых встречаются низкорослая угнетённая сосна,

напочвенный покров представлен сфагновыми мхами, пушицей влагалищной, росянки круглолистной, подбела, клюквы, голубики.

Несколько десятилетий назад болота района активно осушались и использовались для торфозаготовок, в результате чего образовались искусственные озёра, такие как Соколки озёра в Приладожской низине, а растительные сообщества таких территорий стали составлять сплошные заросли вереска [6].

Луговые сообщества весьма незначительны по площади и представлены щучковыми, осоковыми и пойменными лугами. Внутри лесных массивов встречаются различные по составу луга, использующиеся или использовавшиеся для пастбищных и сенокосных целей.

Для Всеволожского района характерно сильное преобладание суммы атмосферных осадков над испарением. Гидрографическая сеть района сильно разветвлена, наибольшей из рек является Нева, протекающая по южной границе района.

Практически все реки принадлежат бассейнам Ладожского озера и Финского залива, за исключением рек Волчья и Вьюн, вытекающих из Лемболовского озера и входящих в водосбор реки Вуокса.

Многие реки имеют озёрное и болотное происхождение, что будет обуславливать особенности химического состава их вод – преобладание таких химических веществ, как марганец и железо, большую цветность воды, наличие в воде большого количества гуминовых и фульвокислот [15].

На всей территории района водные объекты имеют смешанное питание, с преобладанием снегового, из-за чего реки имеют хорошо выраженное весеннее половодье и летний межень, а у озёр, не находящихся на искусственном подпоре, имеются значительные колебания уровня в течение сезона.

Внутренние озёра в большинстве своём имеют ледниковое происхождение, в том числе, наиболее крупные озёрные комплексы – группы Токсовских и Лемболовских озёр. Стоит отметить, что в направлении с юга на

север размер озёр увеличивается. эта тенденция так же сохраняется для соседнего Приозерского района.

2.2. Основные процессы антропогенного воздействия на экосистемы

Вследствие того, что Всеволожский район наиболее сильно связан с Санкт-Петербургом практически во всех отношениях, район испытывает комплексное негативное воздействие со стороны Санкт-Петербургской агломерации, а также со стороны собственных промышленных центров.

Загрязнение атмосферного воздуха выражается в давлении выбросов крупных промышленных зон Санкт-Петербурга: промзона «Парнас», «Коломяги», «Северо-Западная». Также, одними из крупнейших загрязнителей, оказывающий воздействие на атмосферный воздух, являются Северная ТЭЦ и Южная ТЭЦ Ленэнерго. По территории района проходят одни из самых загруженных на данный момент, автомобильных дорог Ленинградской области: А-121 «Сортавала» и Р-21 «Кола».

Центрами потенциальной особой экологической опасности являются НПО ГИПХ, ФГУП «Завод имени Морозова», промзоны «Новое Девяткино», «Янино», крупные животноводческие комплексы «Спутник», птицефабрика «Невская», полигоны для хранения твёрдых коммунальных отходов «Северная Самарка» и «Лепсари» [6].

В последнее время сильному воздействию подвергаются лесные экосистемы. Это выражается в сильном увеличении количества карьеров для добычи нерудных полезных ископаемых. таких как песок, глина, гравий. Часто для разработки карьеров сводятся большие площади старовозрастных лесов, особенно, сосновых, так как, в большинстве случаев, сосновые леса занимают места с песчаными и супесчаными почвами, к которым приурочены обширные залежи нерудных полезных ископаемых, в частности, песка.

Наиболее сильно негативное на окружающую среду проявляется на водные экосистемы и почвенный покров. Негативное воздействие выражается

в сбросах неочищенных либо недостаточно очищенных сточных вод с очистных сооружений некоторых населённых пунктов, промышленных центров, воинских частей.

Основное воздействие на почву проявляется в локальном её загрязнении тяжёлыми металлами вокруг крупных промышленных центров, деградации ландшафтов, включающей вытаптывание растительного покрова, эрозию почв, разработка новых месторождений полезных ископаемых.

При этом, экологическая обстановка на удалении от производственных и промышленных центров и предприятий, в целом, благоприятна для проживания и отдыха людей. Свой вклад вносит и Ржевский артиллерийский полигон, занимающий примерно треть всей территории района, закрытый для свободного доступа граждан и практически не используемый для хозяйственных целей, что делает его, по сути, естественным малонарушенным участком района. Стоит отметить, что в последние годы имеется тенденция к разработке земель полигона, примыкающих к населённым пунктам, таким как Токсово, Лехтуси, Всеволожск, путём устройства на этих землях садоводств и коттеджных посёлков для индивидуального жилищного строительства. Также, существуют планы по строительству Северо-Восточного железнодорожного обхода Санкт-Петербурга и КАД-2, которые пройдут, в том числе, по землям полигона, и, согласно существующим материалам, вблизи малонарушенных берегов озёр Хепоярви, Мустаярви, Воякярви.

2.3.ООПТ «Природный парк «Токсовский»

«Природный парк «Токсовский» является особо охраняемой природной территорией регионального значения Ленинградской области. Создан в 2019 году Постановлением Правительства Ленинградской области № 199 от 07.05.2019 года. Является одной из самых молодых охраняемых природных территорий в Ленинградской области и третьей, созданной в окрестностях

посёлка Токсово (помимо памятника природы «Токсовские высоты» и охраняемого природного ландшафта озера Вероярви).

Природный парк включает в себя три кластерных участка: «Река Охта», «Озеро Кавголовское», «Озеро Курголовское», первые два из которых являются наибольшими по площади и включают в себя акватории озёр Кавголовское и Курголовское [17].

Парк создан для целей сохранения комплексов крутосклонных камовых холмов, покрытых высокобонитетными старовозрастными хвойными лесами, болотных массивов различных типов, озёр умеренной зоны с различной степенью трофности. На территории ООПТ отмечены несколько краснокнижных видов растений, таких как полушники колючеспоровый и озёрный (*Isoëtes echinospora* и *I. lacustris*), лобелия Дортманна (*Lobelia dortmanna*), 1 вид грибов – ганодерма блестящая (*Ganoderma lucidum*). Обитают некоторые краснокнижные виды рептилий, птиц и млекопитающих: обыкновенный уж (*Natrix natrix*), 4 вида птиц – большой крохаль (*Mergus merganser*), серая утка (*Anas strepera*), луток (*Mergus albellus*), трёхпалый дятел (*Picoides tridactylus*) и 1 вид млекопитающих – прудовая ночница (*Myotis dasycneme*).

Несмотря на значительный фактор беспокойства со стороны человека, фауна и флора природного парка достаточно разнообразны и уникальны за счёт достаточно большой площади ненарушенных лесных массивов, включённых в состав ООПТ.

Вместе с тем, из-за близости к Санкт-Петербургу и хорошей транспортной доступности, а также наличие в составе природного парка озёр с общественными пляжами, территория ООПТ испытывает значительное антропогенное воздействие, которое, при этом, приурочено, в основном, к лесным дорогам и берегам озёр, где располагаются стихийные пляжи для отдыха населения. Негативное воздействие выражается в вытаптывании растительного покрова по берегам озёр, устройстве кострищ и установке мангалов, стихийных свалках и движении мототранспорта по лесным дорогам.

3. Исследования экологического состояния Токсовских озёр

3.1. Обоснование используемых методов и оборудования для исследований

В ходе работы планируется провести оценку экологического состояния по следующим показателям: оценка состояния береговой линии, оценка экологического состояния по гидробиологическим показателям, оценка экологического состояния по гидрохимическим показателям.

Оценка состояния береговой линии позволит выявить очаги эрозионных процессов по берегам водоёмов, оценить масштаб и скорость протекания таких процессов под воздействием природных и антропогенных факторов. Также будет определена степень загрязнения и засорённости береговой линии отходами и бытовым мусором, выявлены основные места скопления отходов по берегам озёр, и, если такие будут иметься, места образования стихийных свалок и случаи нарушения водоохранного законодательства.

Оценка была проведена методом визуального наблюдения с применением фотографических средств.

Для оценки состояния водоёмов по гидробиологическим показателям планируется использование биологических методов оценки качества воды по растительному и животному сообществу водного объекта, в частности, оценка состояния водоёма по крупным таксонам зообентоса и растениям-макрофитам.

Животные макрозообентоса являются одними из наиболее востребованных объектов мониторинга пресноводных экосистем. Этому способствует сразу несколько преимуществ: повсеместная встречаемость, крупные размеры и высокая численность, удобство сбора гидробиологического материала и простота его обработки [11].

Большая часть гидробиологических методов анализа экологического состояния пресных вод наиболее пригодна и используется применительно к проточным водным объектам – рекам, каналам, ручьям, либо к проточным частям водохранилищ и озёр. Для оценки слабопроточных водоёмов с

малоинтенсивным водообменом целесообразно использовать метод биоиндикации с помощью индекса Майера [22]. Преимущество этого метода заключается в том, что никаких найденных беспозвоночных не требуется определять с точностью до вида, что позволяет затрачивать меньше усилий и времени на анализ каждой из станций. Также, этот метод подходит для любых типов водных объектов, в том числе озёр.

В методе используется таблица с индикаторными группами по методу Майера (таблица 3.1). Все организмы индикаторы поделены на три группы: обитатели чистых вод, организмы средней чувствительности и обитатели загрязнённых водных объектов.

Таблица 3.1 – Состав водных организмов в индикаторных группах по методу Майера:

Обитатели чистых вод	Организмы средней чувствительности	Обитатели загрязнённых водоёмов
Личинки веснянок	Бокоплав	Личинки комаров-
Личинки подёнок	Речной рак	звонцов
Личинки ручейников	Личинки стрекоз	Пиявки
Личинки вислокрылок	Личинки комаров-долгоножек	Водяной ослик
Двустворчатые моллюски	Моллюски-катушки	Прудовики
	Моллюски-живородки	Личинки мошки
		Малощетинковые черви

Обработка результатов включает в себя достаточно несложный алгоритм. Необходимо отметить, какие из индикаторных организмов присутствуют в пробе и к какой группе они относятся. После этого количество обнаруженных групп организмов из первого столбца умножают на 3, из второго – на 2, из третьего – на 1. Стоит отметить, что умножать необходимо именно количество групп найденных организмов, а не их общее количество,

найденное в пробе. После этого получившиеся индексы складывают, итоговое число характеризует степень загрязнения вод: более 22 – водоём имеет 1 класс качества, от 17 до 21 – второй класс, от 11 до 16 – третий класс, менее 11 – 4-7 классы качества, где первый класс соответствует наиболее чистому водоёму, 4-7 – наиболее грязным.

Также, для исследования крупных стоячих водных объектов можно использовать индекс сапробности Пантле-Букка. Это универсальный индекс, применяемый для любых водных объектов, позволяющий использовать как планктонные, так и бентосные организмы [13].

Оценка с помощью индекса сапробности Пантле-Букка состоит из нескольких этапов:

Сначала отобранные организмы определяют до вида, в крайнем случае, до рода и составляется список всех найденных видов.

Затем, по формуле 3.1 вычисляется индекс сапробности:

$$I = \frac{\sum(h * S)}{\sum h} \quad (3.1)$$

Где h – обилие каждого вида, S – сапробность этого вида по 4-балльной шкале сапробности Кольквитца-Марссона.

Индикаторная значимость (сапробность) каждого вида берётся из таблицы, а значение обилия каждого вида ставится в зависимость от числа найденных особей конкретного вида и равняется для случайных находок 1, редких – 2, нередких – 3, частых – 5, очень частых – 7, массового развития – 9.

Гидрохимическую оценку качества вод планируется проводить по природным и антропогенным компонентам природных вод с использованием гидрохимических методов исследования, а также приборов для измерения некоторых параметров водной среды, таких как окислительно-восстановительный потенциал, общая минерализация, электропроводной и температура воды.

Отбор проб воды в водных объектах проводился в соответствии с Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод» и ГОСТ 31861-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Во всех озёрах отбор проб проводился в поверхностном слое воды (0,2 метра от поверхности воды) с использованием пробоотборника для поверхностных вод, закреплённого на верёвке. Отбор проб проводился с надувной резиновой лодки в безветренную сухую погоду. При отборе проб учитывались гидрологические и морфологические особенности водных объектов, расположение впадающих и вытекающих рек и ручьёв, места выпуска сточных вод, места забора воды для целей питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, мест отдыха граждан.

После отбора пробы воды переливались в непрозрачные пластиковые бутылки ёмкостью 1 литр и доставлялись в Эколого-аналитическую лабораторию РГГМУ для последующего анализа.

Далее, после подготовки необходимых проб и реактивов, осуществлялся гидрохимический анализ отобранных проб воды. Анализ проводился по следующим компонентам: нитраты (N-NO₃), фосфаты (P-PO₄), цветность, аммоний-ионы, нитраты (NO₃), АПАВ, нефтепродукты.

Нитраты, нитриты и аммоний-ионы относятся к минеральным формам нахождения азота в природных формах.

Нитраты поступают в природные воды, в основном, со стоком с сельскохозяйственных угодий и вымыванием из прибрежных почв, также промышленными и бытовыми сточными водами. Наличие нитрат-ионов может быть вызвано также процессами нитрификации, происходящими внутри водного объекта под действием нитрифицирующих бактерий.

Повышенные концентрации нитратов в водах обычно приводит к общему ухудшению качества воды по санитарно-токсикологическому признаку, стимулирует развитие водной растительности, что, в конечном итоге, запускает или усиливает уже идущий процесс эвтрофикации водоёма.

Наличие нитритов в природных водах свидетельствует о загрязнённости воды, так как при допустимом поступлении нитриты, как правило, превращаются в нитраты и практически не обнаруживаются в исследуемой воде.

В природных водах аммоний-ион накапливается при растворении в воде аммиака (NH_3), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений. Растворенный аммиак поступает в водоем с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами промышленных предприятий. Также аммонийные соединения в больших количествах могут присутствовать в коммунально-бытовых сточных водах, стоках с сельскохозяйственных угодий и мест выпаса скота.

Фосфаты в природных водах являются важным компонентом нормального функционирования экосистемы, при этом их избыток стимулирует рост водной растительности, и как следствие, процессы эвтрофикации, а недостаток – наоборот, угнетает рост и развитие. Фосфаты попадают в воды в процессе жизнедеятельности живых организмов, процессами растворения и выветривания горных пород. Техногенными источниками поступления являются фосфорсодержащие удобрения, используемые в сельском хозяйстве, компоненты моющих средств, содержащихся в бытовых сточных водах. Повышение их содержания свидетельствует о загрязнении водного объекта, так как обычно их концентрации в природных водах составляют тысячные, реже, сотые доли мг/дм³.

Цветность природных вод, главным образом, зависит от присутствия в них гумусовых веществ и соединений железа, которые в природных водах Северо-Западного региона России встречаются повсеместно, давая жёлтую, иногда коричневатую окраску воде. Повышенная цветность приурочена к водным объектам, расположенным в болотистых и лесистых местностях за счёт стока гумусовых веществ с поверхности.

Поверхностно-активные вещества представляют собой большую группу синтетических соединений. Главной особенностью поведения ПАВ на поверхности воды является изменение поверхностного натяжения. Анионоактивные ПАВ в водном растворе ионизируются с образованием отрицательно заряженных органических ионов [15].

В водные объекты ПАВ поступают со стоков хозяйственно-бытовых сточных вод, главным образом, моющих средств, и промышленных стоков текстильной, нефтяной, химической промышленности. Также может поступать в водные объекты при стоке с сельскохозяйственных угодий, где используется как компонент некоторых пестицидов. Отличительной особенностью этой группы соединений является их высокая способность к пенообразованию.

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке нефти водным путем, транспортировке по трубопроводам, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами [21].

Анализ отобранных проб проводился в соответствии с методиками, внесёнными в Государственный реестр методик количественного химического анализа и оценки состояния объектов окружающей среды, допущенных для целей государственного контроля и мониторинга (методики ПНД Ф) и руководящим документам (РД) Росгидромета. Полный перечень использованных методик приведён в таблице 3.2.

Органолептические исследования озёр включали в себя измерение прозрачности воды. Измерения прозрачности воды проводились параллельно отборам проб для гидрохимических и гидробиологических измерений.

Таблица 3.2 – Перечень методик измерений:

№ п/п	Измеряемый показатель	Обозначение НД	Название НД
1	Цветность	РД 52.24.497-2019	Цветность природных вод. Методика измерений фотометрическим и визуальным методами
2	Нитриты (N-NO ₂)	РД 52.24.381-2017	Массовая концентрация нитритного азота в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса.
3	Нитраты (NO ₃)	ПНД Ф 14.1.2.4.4-95 2011	Методика измерений массовой концентрации нитрат-ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой.
4	Аммоний-ионы	ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 2010	Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.
5	Фосфаты (P-PO ₄)	РД 52.24.382-2019	Массовая концентрация фосфатного фосфора в водах. Методика измерений фотометрическим методом
6	Нефтепродукты	ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 2012	Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02»
7	АПАВ	ПНД Ф 14.1:2:4.15-95 2011	Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации анионных поверхностно-активных веществ в питьевых, поверхностных и сточных водах экстракционно-фотометрическим методом

Как правило, для измерения величины прозрачности в полевых условиях используется диск Секки диаметром от 20 до 40 сантиметров, сделанный из металла с большим удельным весом, покрытый белым пластиком или краской. Допускается использовать менее тяжёлые материалы с прикреплением к нижней части диска груза для увеличения веса. Диск крепится к цепи, шнуру или другому нерастягивающемуся креплению. Для удобства измерения к шнуру можно дополнительно крепить мерную ленту. Для определения прозрачности диск опускается вертикально вниз в воду до тех пор, пока диск не перестаёт быть различимым. Измерения следует повторить несколько раз

во избежание возможных ошибок из-за волнения, ветра и отблесков солнечного света от поверхности воды. С лодки измерения рекомендуется проводить в максимально безветренную погоду при минимальном волнении на водном объекте.

На прозрачность воды, в первую очередь, влияют такие факторы, как мутность и цвет, которые, в свою очередь, зависят от содержания различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ в водном объекте. Также, на прозрачность могут влиять наличие и количество планктона и других микроорганизмов.

В ходе исследований измерения прозрачность измерялась белым пластиковым диском Секки диаметром 30 сантиметров на нерастягивающемся шнуре с прикреплённой к нему мерной лентой. Для стабилизации диска в толще воды и увеличения точности измерений снизу к диску Секки была прикреплена гиря массой 3 кг.

3.2. Кавголовское озеро

Является наиболее крупным из исследуемых озёр, а также, наиболее освоенным в рекреационном плане. Площадь зеркала озера 6,8 км², водосборная площадь 31,7 км² [8]. Озеро находится на искусственном подпоре в виде железобетонного водослива, позволяющего регулировать уровень воды в озере на отметках, обеспечивающих нормальное поступление озёрной воды самотёком по трубам на станцию водоподготовки посёлка Токсово, откуда происходит централизованное водоснабжение населённого пункта.

В хозяйственном плане наиболее освоены весь восточный берег и северный берег в районе залива Сярюнлахти, до сооружения искусственной плотины являвшегося самостоятельным озером.

3.2.1. Состояние береговой зоны

Практически вся легкодоступная береговая линия озера занята стихийными пляжами, используемыми для рекреации местным населением, и, в большей степени, приезжающим городским населением. Пляжами заняты восточный берег озера, также частично северный и южный берега. Состояние береговой зоны Кавголовского озера сильно зависит от транспортной доступности (возможность подъезда на личном автотранспорте, пеший подход, удалённость от остановок общественного транспорта). В местах стихийного отдыха населения, как правило, в большой степени проявляются аспекты антропогенной нагрузки на природные компоненты экосистемы озера. Негативное воздействие выражается в организации мест несанкционированного размещения бытовых отходов, устройстве кострищ (рисунок 3.1), вытаптывании растительного покрова, уплотнении почв, появлении очагов эрозии (рисунки 3.2).

В последние несколько лет Администрация МО «Токсовское городское поселение» совместно с местным населением, общественными экологическими организациями предприняла комплекс мер по защите от негативного воздействия Токсовских озёр, в числе которых организация и проведение мероприятий по экологическому просвещению, популяризация среди местных жителей и приезжающих бережного и ответственного отношения к природе, формирование экологической культуры среди населения, установка заграждений, препятствующих проезду автомобильного транспорта к урезу воды, установка контейнеров для сбора ТКО, установка информационных щитов и аншлагов.

Стоит отметить, что антропогенная нагрузка на береговую линию водного объекта распределена неравномерно – западный, часть северного и часть южного берегов озера являются относительно ненарушенными в сравнении с куда более освоенным восточным берегом.



Рисунок 3.1 – Примеры негативного воздействия отдыхающих, восточный берег Кавголовского озера
а) – бытовые отходы; б) – кострища



Рисунок 3.2 – Проявление эрозии почв, восточный берег Кавголовского озера, возле о. п. Кавголово
а) – кострища и вытаптывание почвы; б) – береговая эрозия;

Во многом этому способствовали природные условия – большая часть западного и северного берегов сильно заболочена, непригодна для пляжного отдыха, сложена крупными моренными валунами, а также достаточно труднодоступна – проезд автомобилей по лесным дорогам невозможен в связи с их перекрытием для проезда при организации особо охраняемой территории «Природный парк «Токсовский».

3.2.2. Гидрохимические особенности

Как водный объект, Кавголовское озеро используется как в целях культурно-бытового, так и в целях хозяйственно-питьевого водопользования. Первое заключается в использовании водного объекта в качестве рекреационной зоны, туризма и спортивных мероприятий. Также, озеро используется для забора воды и последующего централизованного водоснабжения посёлка Токсово. Также, согласно Правилам рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна, Кавголовское озеро входит в перечень водных объектов рыбохозяйственного значения Ленинградской области, что указывает на необходимость использования в исследованиях нормативов качества воды, установленных для водных объектов рыбохозяйственного значения.

При этом, в Правилах рыболовства для Западного рыбохозяйственного бассейна не указывается рыбохозяйственная категория Кавголовского озера, что влияет на то, какие величины нормативных показателей необходимо использовать при мониторинге водного объекта [26]. Рыбохозяйственная категория определяется Постановлением Правительства РФ от 28 февраля 2019 г. №206 «Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения». Согласно Постановлению, к высшей категории относятся водные объекты, являющиеся местами обитания особо ценных и ценных видов водных биоресурсов, и (или) использующиеся для добычи таких видов ресурсов. К первой категории относятся водные объекты, являющиеся местами обитания водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и (или) использующиеся для добычи таких видов ресурсов. Ко второй категории относятся водные объекты, являющиеся местами обитания водных биоресурсов, не относящихся к особо ценным и ценным видам, и (или)

использующиеся для добычи водных биоресурсов всеми видами рыболовства, за исключением промышленного и прибрежного [24].

Так как в Кавголовском озере отсутствуют популяции ценных и особо ценных видов водных биоресурсов, а также не ведётся промышленная добыча водных биологических ресурсов, это позволяет считать озеро рыбохозяйственным объектом второй категории и применять соответствующие величины нормативных показателей.

В ходе исследований был осуществлён отбор проб воды на Кавголовском озере на пяти точках, представленных на рисунке 3.3.

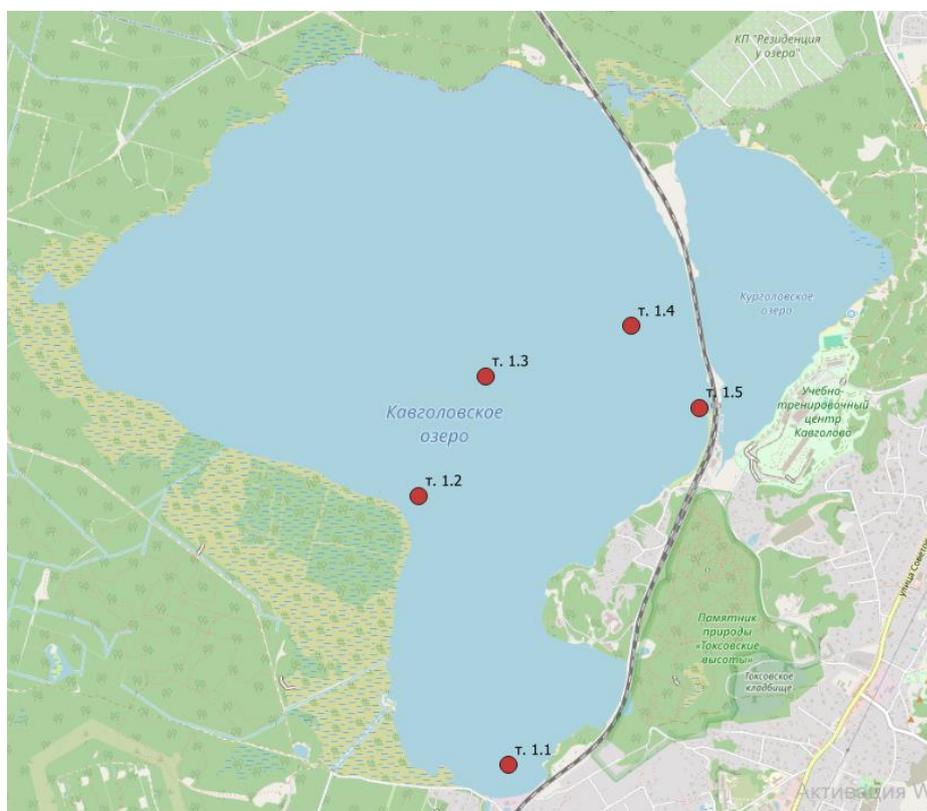


Рисунок 3.3 – Точки отбора проб на озере Кавголовское

Точка 1.1 расположена примерно в 50 м от северного берега залива Сярюнлахти, возле места водозабора станции водоподготовки посёлка Токсово. Точка 1.2 расположена на выходе из залива Сярюнлахти, в 100 метрах к северо-западу от берега озера. Точка 1.3 расположена примерно по

центру озера, ближе к его восточному берегу, удалена от него примерно на 1 километр. Точка 1.4 расположена у восточного берега озера, примерно по середине, удалена от восточного берега примерно на 200-250 метров. Вблизи точки, вдоль берега наблюдаются заросли тростника. Точка 1.5 расположена в месте соединения озёр Кавголовского и Курголовское, в 10-15 метрах от восточного берега, по которому проходит насыпь железной дороги.

Были отобраны пробы на нитраты (N-NO₃), фосфаты (P-PO₄), цветность, аммоний-ионы, нитраты (NO₃), АПАВ, нефтепродукты. Результаты анализов проб воды из озера Кавголовского представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты гидрохимического анализа проб по озеру Кавголовское:

Точка	Компонент						
	Нитриты, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³	Цветность, °Цв	Аммоний, мг/дм ³	Нитраты, мг/дм ³	АПАВ, мг/дм ³	НП, мг/дм ³
т. 1.1	0,005	<0,005	30	0,057	0,2161	0,017	0,0057
т. 1.2	0,005	<0,005	30	0,048	0,1841	0,023	0,0051
т. 1.3	0,005	<0,005	33	0,044	0,1271	0,014	0,0043
т. 1.4	0,002	<0,005	44	0,201	<0,005	0,015	0,0037
т. 1.5	0,002	<0,005	46	0,201	<0,005	0,017	0,0077
ПДК	0,02	0,05	-	0,5	9,0	0,1	0,1

Графическое представление концентраций загрязняющих веществ представлено на рисунках 3.6-3.6.6. Для сравнения на рисунки нанесены концентрации загрязняющих веществ в пробах из обоих озёр.

Результаты анализов показывают, что концентрации исследуемых компонентов во всех пробах не превышают установленные для них предельно-допустимые концентрации. Стоит отметить, что концентрации фосфатов во всех отобранных пробах и концентрации нитратов в пробах с точек 4 и 5 оказались ниже порога обнаружения лабораторного оборудования, применяемого для исследования. Также стоит отметить увеличение

показателя цветности, концентраций аммония в точках отбора 4 и 5, и нефтепродуктов в точке 5. Предположительно, повышенная, в сравнении с другими пробами, концентрация нефтепродуктов в точке 5, объясняется близостью железнодорожного полотна, по которому осуществляется интенсивное грузовых и пассажирских поездов, в том числе, на тепловозной тяге. Также, вблизи точки отбора были замечены маслянистые пятна и радужная плёнка (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Маслянистые пятна вблизи точки 5 на оз. Кавголовское

Также были проведены измерения прозрачности воды на девяти точках, представленных на рисунке 3.5.

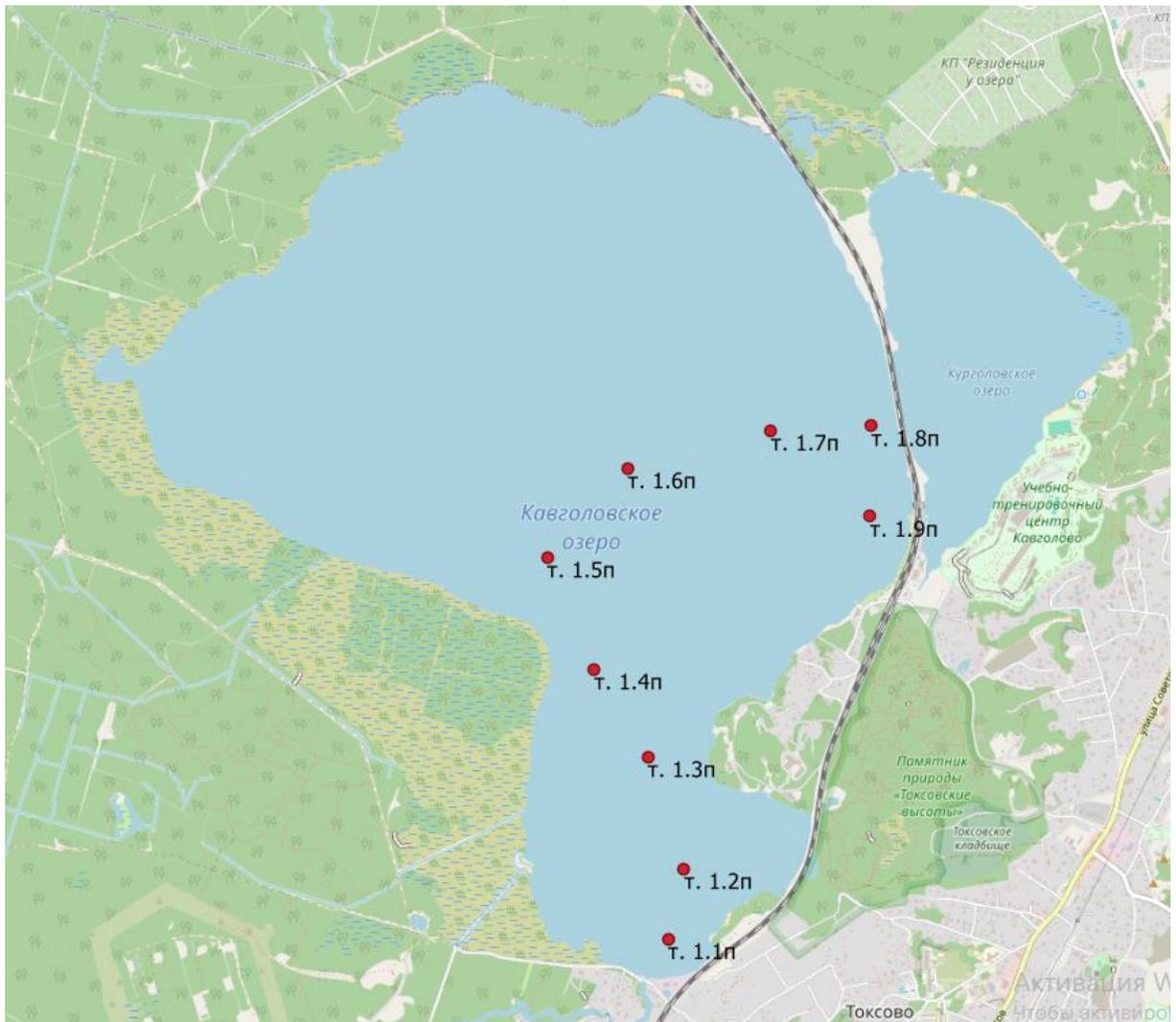


Рисунок 3.5 – Точки измерения прозрачности на озере Кавголовское

Точки измерения прозрачности располагались вблизи точек отбора проб воды для гидрохимических измерений.

Процесс измерения представлен на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 – Процесс измерения величины прозрачности на озере
Кавголовское

Результаты измерения прозрачности приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты измерений величины прозрачности на озере Кавголовское:

Точка	Величина прозрачности, см
т. 1.1п	53
т. 1.2п	51
т. 1.3п	57
т. 1.4п	55
т. 1.5п	60
т. 1.6п	50
т. 1.7п	51
т. 1.8п	50
т. 1.9п	48
Среднее значение	53

Результаты измерений величины прозрачности озера Кавголовского в сравнении со средним значением прозрачности по всем точкам представлены на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – График величин измерения прозрачности озера Кавголовского

Результаты измерений прозрачности показывают, что, в среднем, величина прозрачности озёрной воды находится на уровне 53 см, что меньше прозрачности близких по размеру и условиям других озёр Карельского перешейка, прозрачность которых, в среднем, составляет 0,8 – 1 м. Стоит отметить, что наибольшие показатели прозрачности наблюдаются на точках 3–5, превышая средние значения по всем точкам. Наименьшие показатели прозрачности воды наблюдаются на точках 2, 6, 8, 9.

3.2.3. Гидробиологические особенности

В ходе проведения исследований был осуществлён отбор проб донных отложений для дальнейшего изучения их на наличие макрозообентоса. На озере Кавголовское отбор проб был осуществлён на 12 точках (рисунок 3.8) в разных частях озера. Точки отличались между собой по характеру грунта, величине антропогенной нагрузки, природным условиям.



Рисунок 3.8 – Точки отбора проб донных отложений на озере Кавголовское

Точки 1-4, 12 расположены на восточном берегу озера, на расстоянии 150, 300, 400, 500 и 1600 метров соответственно на север от железнодорожной платформы Кавголово. Вблизи этих точек экосистема озера испытывает наибольшее антропогенное воздействие, выражающееся в загрязнении берегов и прибрежной части озера бытовыми отходами отдыхающих и туристов, стоке различных загрязняющих веществ от авто- и мототранспорта, изменении рельефа дна, вытаптывании береговой растительности. Стоит отметить, что точка 12 испытывает указанное воздействие в намного меньшей степени из-за её труднодоступности и удалённости от железнодорожной станции.

Дно во всех точках пологое, донные отложения представлены песком разной зернистости, с практически полным отсутствием иловых отложений. Во всех пробах присутствовали включения – осколки битого стекла, битый кирпич, полиэтилен, органические остатки (листья, тростник). Водная растительность выражена тростником обыкновенным (*Phragmites australis*). В пробах с точки 12 включения были представлены в значительно меньшем количестве, чем в пробах с других точек. Внешний вид точек представлен на рисунке 3.9.

Точки 5 и 6 располагаются на юго-восточном берегу озера, точка 5 расположена на 100 метров южнее пляжа «Золотой», точка 6 расположена на 50 метров севернее пляжа «Золотой». В этих местах антропогенное воздействие не такое сильное, однако, по-прежнему сохраняются такие факторы, как вытаптывание прибрежной растительности, загрязнение бытовыми отходами, в меньшей степени присутствуют осыпи грунта и эрозия почв.



Рисунок 3.9 – Внешний вид точек (станций) исследования № 1, 3, 4, 12
 а) – Точка №1; б) – Точка №3; в) – Точка №4; г) – Точка №12

Точки 5 и 6 располагаются на юго-восточном берегу озера, точка 5 расположена на 100 метров южнее пляжа «Золотой», точка 6 расположена на 50 метров севернее пляжа «Золотой». В этих местах антропогенное воздействие не такое сильное, однако, по-прежнему сохраняются такие факторы, как вытаптывание прибрежной растительности, загрязнение бытовыми отходами, в меньшей степени присутствуют осыпи грунта и эрозия почв. Характер донных отложений – мелкий песок с илом, также попадаются мелкие камни, органический отпад. Водная растительность также представлена тростником. Внешний вид точек представлен на рисунке 3.10.



Рисунок 3.10 – Внешний вид точек (станций) исследования № 5 и № 6
а) – Точка №5; б) – Точка №6;

Точка 7 (рисунок 3.11) расположена на южном берегу озера, на пляже «Венеция». Характер дна – мелкий песок с илом, примерно с расстояния 300-400 метров от берега начинается плотный слой озёрного ила. Местность вокруг точки испытывает менее интенсивное воздействие человека, чему способствует ограниченная доступность (к пляжу нельзя подъехать на автомобиле ближе, чем на 500 метров), небольшие размеры пляжа, а также характер дна, делающий пляж малопривлекательным для купания. Водная растительность не выражена.



Рисунок 3.11 – Внешний вид точки № 7 и процесс отбора проб донных отложений

а) –Точка №7; б) – Процесса отбора проб донных отложений;

Точки 8 – 11 располагаются на северо-восточном и северном берегах озера. Это наименее подверженные деятельности человека места, чему способствует нахождение этой местности в составе особо охраняемой природной территории «Природный парк «Токсовский», а также труднодоступность, характер берегов и дна – в этой части озера берега сложены крупнозернистыми песками с большим количеством крупной и средней гальки. Донные отложения практически на всех точках состоят из крупнозернистого песка с примесью крупной гальки, в точке 10 донные отложения смешанные – озёрный ил с песком. В точке 11 берега и дно, в основном, из крупной и средней гальки. Высшая водная растительность представлена такими видами, как тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), кубышка жёлтая (*Nuphar lutea*), рогоз широколистный (*Typha latifolia*), камыш озёрный (*Schoenoplectus lacustris*), горец земноводный (*Persicaria amphibia*), рдест пронзённолистный (*Potamogeton perfoliatus*). Примеры водной растительности озера Кавголовского представлены на рисунке 3.12.

В зависимости от характера и рельефа дна, отбор проб проводился на расстоянии 2 – 4 метра от уреза воды, на глубине около 0,3 – 0,4 метра. Сбор грунта производился с помощью гидробиологической рамки, представляющей из себя проволочный квадрат размером 30 на 30 сантиметров, с площадью покрытия 0,09 м². Донные отложения отбирались пластиковой лопатой, затем промывались на ситах с разным размером ячейки. Процесс отбора проб донных отложений и сбора бентосных организмов представлен на рисунке 3.13.

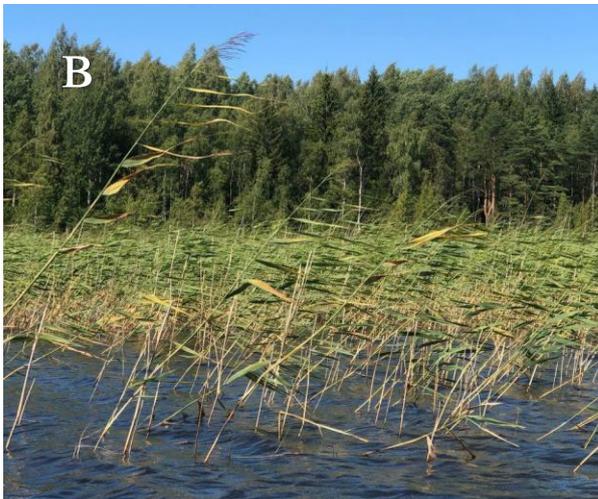


Рисунок 3.12 – Водная растительность озера Кавголовского
а) – Горец земноводный; б) – Рдест пронзённолистный; в) – Тростник
обыкновенный; г) – Камыш озёрный;



Рисунок 3.13 – Процесс отбора проб донных отложений на озере Кавголовское

а) – Процесс отбор проб донных отложений на точке №4; б) – Сбор бентосных организмов; в) – Отбор проб грунта на точке №12;

В ходе отбора проб и дальнейшего определения водных беспозвоночных, найденных в донных отложениях, установлено, что основную часть бентосной фауны составляют организмы родов Звонцы (*Chironomus*), Шаровки (*Sphaerium*), Беззубки (*Anodonta*), Перловицы (*Unio*), отрядов Подёнки (*Ephemeroptera*), Ручейники (*Trichoptera*), Равноногие (*Isopoda*). Также, в пробах были найдены организмы, относящие к классу Пиявок (*Hirudinea*) и семейству Прудовиков (*Lymnaeidae*). Полный список обнаруженных организмов по всем станциям представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Список найденных организмов на точках отбора проб на озере Кавголовское:

Организм	№ точки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Количество в пробе в пересчёте на 1 м ²											
Звонец опушённый (<i>Chironomus plumosus</i>)	67	100	133	89	78	99	111	78	44	67	22	67
Речная горошинка (<i>Pisidium amnicum</i>)	33		11	22	22	33					44	
Шаровка речная (<i>Sphaerium rivicola</i>)	44	11			33	21			11		11	
Беззубка обыкновенная европейская (<i>Anodonta cygnea</i>)			11									
Утиная беззубка (<i>Anodonta anatina</i>)								11		11		11
Ушковый прудовик (<i>Radix auricularia</i>)					44						37	19
Подёнка обыкновенная (<i>Ephemera vulgata</i>)					22							
Пиявка улитковая (<i>Glossiphonia complanata</i>)								11		12	9	
Клиновидная перловица (<i>Unio tumidus</i>)								11	12	11	11	12
Малая ложноконская пиявка (<i>Herpobdella octoculata</i>)											22	
Обыкновенный водяной ослик (<i>Asellus aquaticus</i>)					11						11	

На рисунке 3.14 представлены некоторые из найденных в процессе отбора проб донных организмов.

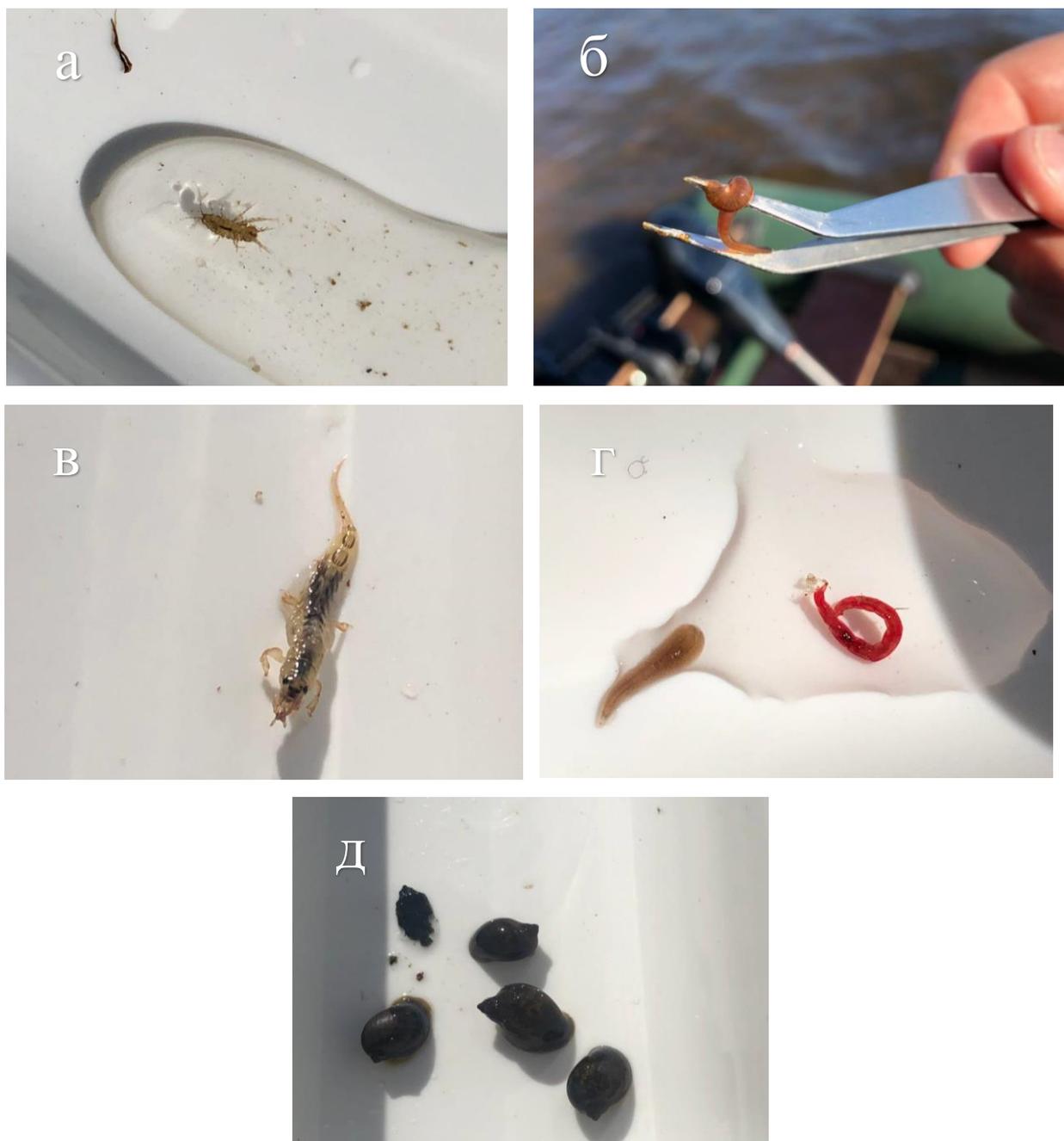


Рисунок 3.14 – Донные организмы, найденные в пробах грунта озера
Кавголовского

а) – Обыкновенный водяной ослик (*Asellus aquaticus*); б) – Малая ложноконская пиявка (*Herpobdella octoculata*); в) – Подёнка обыкновенная (*Ephemera vulgata*); г) – Пиявка улитковая (*Glossiphonia complanata*) и личинка Звонца опушённого (*Chironomus plumosus*); д) – Ушковый прудовик (*Radix auricularia*)

После определения организмов и их подсчёта для каждой точки были рассчитаны биотический индекс Майера и индекс сапробности Пантле-Букка. Результаты расчётов представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Результаты расчёта значений биотических индексов для озера Кавголовского:

Индекс	№ точки											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Майера	7	4	7	4	13	7	1	8	10	8	17	8
Пантле-Букка	3,18	3,58	3,29	3,35	2,60	3,32	3,80	2,48	2,79	3,19	2,68	2,74

В зависимости от значения индекса, с помощью таблицы классификации качества поверхностных вод в зависимости от значений биотических индексов (таблица 3.7), была проведена оценка загрязнённости водоёма по биотическому индексу Майера и индексу сапробности Пантле-Букка.

Таблица 3.7 – Классификация качества поверхностных вод по значениям биотических индексов:

Степень загрязнённости вод	Индекс сапробности по Пантле и Букку	Индекс Майера
Очень чистые	<1,00	>22
Чистые	1,00-1,50	17-21
Умеренно загрязнённые	1,51-2,50	11-16
Загрязнённые	2,51-3,50	<11
Грязные	3,51-4,00	
Очень грязные	>4,00	

Графически значения индексов представлены на рисунке 3.15. Для удобства столбцы со значениями индекса сапробности Пантле-Букка

построены по вспомогательной оси справа. Также, значения индексов выкрашены в цвета столбцов, их обозначающих.

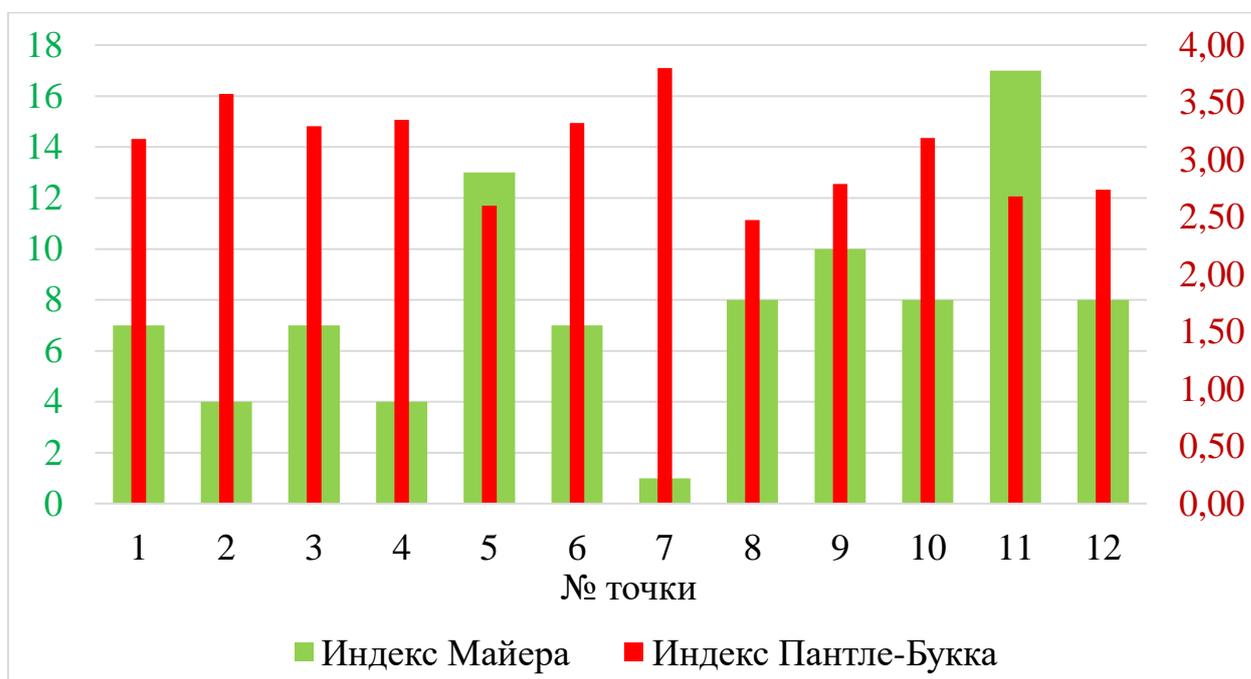


Рисунок 3.15 – Результаты оценки качества вод озера Кавголового по биотическим индексам

Результаты расчётов индексов показывают, что по биотическому индексу Майера в точках отбора проб № 1 – 4, 6 – 10 и 12 качество воды характеризуется как «загрязнённая». Наиболее низкие значения индексов наблюдаются на точках № 2, 4 и 7. На этих точках наблюдалось наименьшее разнообразие и обилие донных организмов, большую часть найденного на этих точках зообентоса составили личинки Звонца опушённого (*Chironomus plumosus*). Наибольшие значения индекса Майера наблюдались на точках № 5 и 11 (13 и 17 соответственно). В этих точках качество воды характеризуется как «умеренно загрязнённая» в точке № 5 и «чистая» в точке № 11. Значения индекса Майера для остальных точек колеблются в пределах от 7 до 10, что позволяет охарактеризовать качество воды как «загрязнённая».

По индексу сапробности Пантле-Букка во всех точках, кроме 2, 7, 8, вода характеризуется как «загрязнённая», значения индекса варьируются от 2,60 до

3,32. Наиболее загрязнёнными точками, с точки зрения индекса, являются точки 2 и 7 (степень загрязнённости – «грязная»). Наиболее чистой является точка 8, где значение индекса составило 2,48, что позволяет отнести её к категории умеренно загрязнённых вод.

Для наглядности все точки были распределены в таблицу с указанием степени загрязнённости по каждому из индексов (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Распределение точек отбора проб по степени загрязнённости вод в зависимости от величины индексов:

Степень загрязнённости вод	№ точки отбора проб	
	Пантле и Букка	Майера
Очень чистые		
Чистые		11
Умеренно загрязнённые	8	5
Загрязнённые	1, 3 – 6, 9 – 12	1 – 4, 6 – 10, 12
Грязные	2, 7	
Очень грязные		

3.3. Курголовское озеро

Озеро Курголовское также, как и Кавголовское, является одним из наиболее освоенных озёр вблизи посёлка Токсово, и, как следствие, испытывающим антропогенную нагрузку, аналогичную Кавголовскому озеру. Это озеро намного меньше по размеру – площадь водного зеркала составляет 0,92 км², средняя глубина около 4 метров. До постройки железнодорожной ветки Санкт-Петербург-Хийтола соединялось с Кавголовским озером почти по всей длине, по сути, представляя собой единый водоём. После постройки железной дороги Курголовское и Кавголовское озёра соединяются узкой протокой в южной части озёр. Уровень воды озера Курголовское немного превышает уровень Кавголовского, что заметно по направлению стока воды в протоке – из Курголовского озера в Кавголовское.

Берега озера освоены неравномерно. Практически вся западная часть береговой линии представляет собой насыпь железнодорожных путей, состоящую из щебня, периодически осыпающегося в воду, из-за чего берег и прибрежная часть дна имеют щебнистую структуру. Юго-восточный берег озера занят Учебно-тренировочным центром «Кавголово», принадлежащим Национальному государственному университету имени П. Ф. Лесгафта. Северный берег заболочен, труднопроходим, в отличие от северо-восточного берега, являющегося наиболее используемым отдыхающими и туристами в рекреационном плане.

3.3.1. Состояние береговой зоны

В связи с трудноступностью, а также непригодностью некоторых мест, для отдыха и рекреации, антропогенное воздействие на береговую зону Курголовского озера распределено достаточно неравномерно. Практически весь западный берег подвержен перекрытию поверхности естественного ландшафта антропогенным воздействием – осыпью щебня от строительства и

подсыпки насыпи железнодорожного полотна, проходящего практически у уреза воды. В северной части озера имеются заболоченные и заросшие мелколиственными породами деревьев участки, имеющие следы пребывания человека – кострища, бытовой мусор (рисунок 3.16). Стоит отметить, что у восточного берега по всей его протяжённости водная растительность отсутствует.



Рисунок 3.16 – Примеры негативного воздействия, западный берег оз.

Курголовское

а) – Бытовые отходы, оставленные отдыхающими; б) – Проявление береговой эрозии и вытаптывания растительного покрова на точке №1

Наиболее затронутыми являются северо-восточный и юго-восточный берега озера. В связи с активным посещением берега туристами здесь также проявляются очаги эрозии почв (рисунок 3.17).



Рисунок 3.17 – Проявление эрозии почв, северо-восточный берег Курголовского озера

а) – Эрозия почв и вытаптывание растительности на территории ООПТ «Природный парк» Токсовский»; б) – Уплотнение почв и рекреационная дигрессия растительного покрова, ООПТ «Природный парк «Токсовский»

Основными факторами воздействия тут являются неорганизованные туристические стоянки, использование берега для купально-пляжных видов рекреации, что выражается в вытаптывании и выжигании растительного покрова на берегу, деградации берегового вала на отдельных участках, загрязнение прибрежной полосы бытовыми отходами (рисунок 3.18), повреждение древесно-кустарниковой растительности отдыхающими.



Рисунок 3.18 – Примеры негативного воздействия отдыхающих, северо-восточный берег Курголовского озера

а) – Бытовые отходы, оставленные отдыхающими; б) – Кострища и выжигание растительности

Стоит отметить, что северо- и юго-восточный берега Курголовского озера входят в кластерный участок «Курголовское озеро» ООПТ «Природный парк «Токсовский», в связи с чем подъезд для автотранспорта в береговую зону озера невозможен, однако до создания в 2019 году данной особо охраняемой природной территории, проезд автомобилей в береговую зону был практически беспрепятственным и пользовался большой популярностью у туристов и отдыхающих.

3.3.2. Гидрохимические особенности

В отличие от Кавголовского озера, Курголовское не используется для целей хозяйственно-питьевого водопользования. Озеро используют, в основном, для целей рекреации, спорта, любительского рыболовства, чему способствует более простой доступ к береговой линии и большой уклон дна озера, что позволяет осуществлять любительский лов рыбы прямо с берега.

Озеро также, как и Кавголовское, включено в перечень рыбохозяйственных объектов Ленинградской области. В озере также отсутствуют популяции ценных и особо ценных видов водных биоресурсов, а

также не ведётся промышленная добыча водных биологических ресурсов, что позволяет отнести Курголовское озеро также ко второй категории.

В ходе исследований был осуществлён отбор проб воды на Курголовском озере на четырёх точках, представленных на рисунке 3.19.

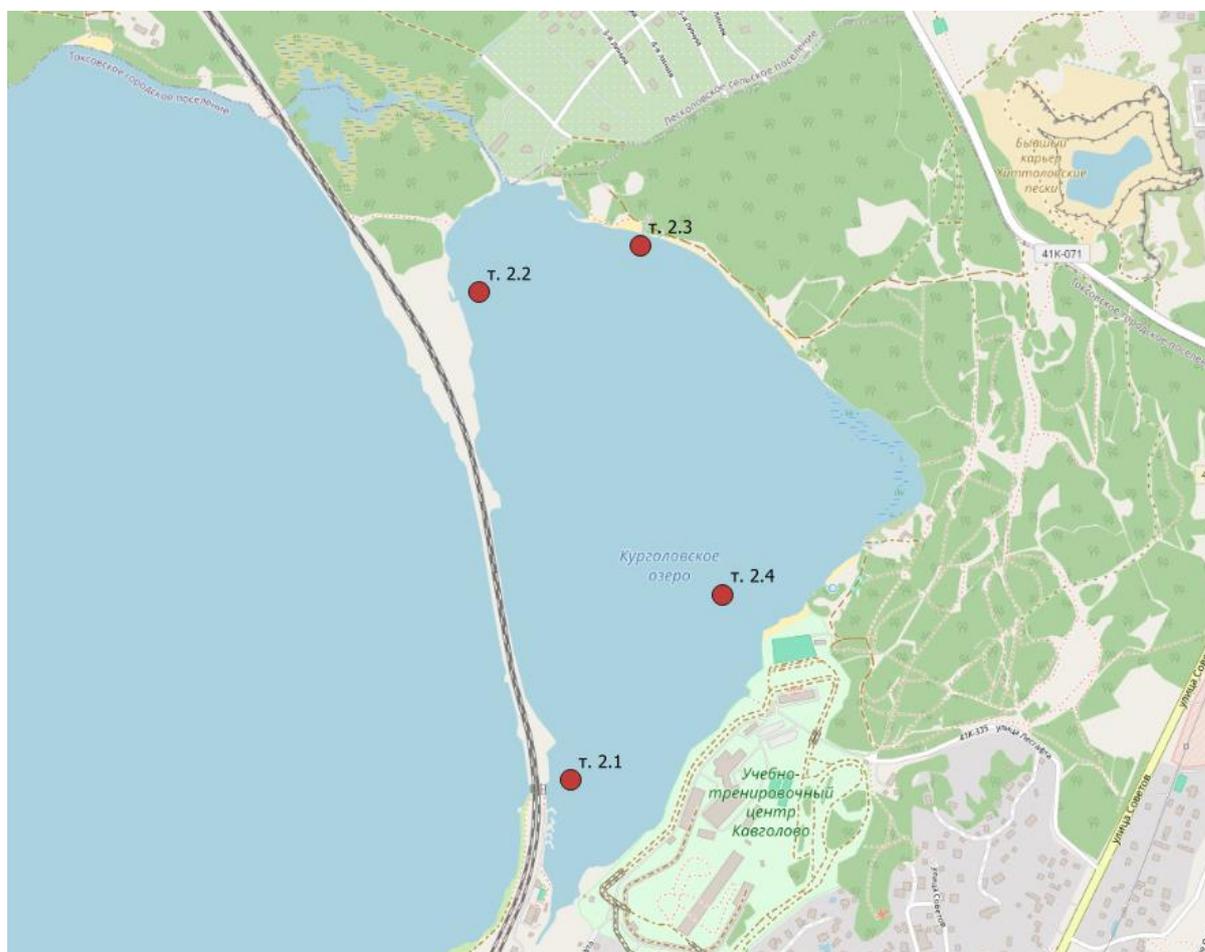


Рисунок 3.19 – Точки отбора проб на озере Курголовское

Точка 2.1 расположена у западного берега озера, примерно в 50 метрах от места соединения озёр Кавголово и Курголовское. Точка 2.2 расположена в северной части озера, в 40-50 метрах от западного берега. Точка 2.3 расположена в 50 метрах от восточного берега озера, в северной его части, вблизи коттеджного посёлка «Резиденция у озера». Точка 2.4 расположена у юго-восточного берега озера, примерно в 100-150 метрах от берега.

В ходе исследований также были отобраны пробы на нитраты (N-NO₃), фосфаты (P-PO₄), цветность, аммоний-ионы, нитраты (NO₃), АПАВ, нефтепродукты. Результаты анализов проб воды из озера Курголовского представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты гидрохимического анализа проб по озеру Курголовское:

Точка	Компонент						
	Нитриты, мг/дм ³	Фосфаты, мг/дм ³	Цветность, °Цв	Аммоний, мг/дм ³	Нитраты, мг/дм ³	АПАВ, мг/дм ³	НП, мг/дм ³
т. 2.1	0,005	0,0024	52	0,278	0,0155	0,014	0,0087
т. 2.2	0,002	<0,005	42	0,224	<0,005	0,014	0,0009
т. 2.3	0,003	0,0004	47	0,328	<0,005	0,009	0,0072
т. 2.4	0,005	<0,005	28	0,068	0,0088	0,007	0,0076
ПДК	0,02	0,05	-	0,5	9,0	0,1	0,1

Результаты исследований показывают, что во всех отобранных пробах концентрации исследованных компонентов также, как и в озере Кавголовское, не превышают допустимых значений. Стоит отметить повышенную, в сравнении с другими точками, концентрацию нефтепродуктов в точке 1, которая находится в непосредственной близости от точки отбора проб воды №5 озера Кавголовского. Повышенное содержание нефтепродуктов в пробе также, возможно, может объясняться близостью железнодорожной насыпи от точки отбора проб. Как и в случае с нефтепродуктами, отмечаются повышенные концентрации аммония в точках № 1 –3, по сравнению с точкой 4. Повышения содержания аммония в пробах, вероятно, объясняется сбросом сточных вод с расположенных вблизи точек отбора хозяйственных объектов: возле точки 1 это база отдыха, возле точек № 2 и 3 – расположенный на берегу коттеджный посёлок «Резиденция у озера». Стоит отметить, что данные суждения носят вероятностный характер, так как в последние несколько лет подавляющее большинство индивидуальных жилых домов оборудуются

локальными очистными сооружениями либо септиками, сбросы очищенных сточных вод с которых, как правило, осуществляется в поля фильтрации, а не в водотоки и водоёмы.

Графики величин концентраций загрязняющих веществ представлены на рисунках 3.20 – 3.26. Для сравнения и наглядности на графиках также отображены величины концентраций веществ в пробах воды из озера Кавголовского. Стоит отметить, что во всех пробах из озера Кавголовского концентрации фосфатов находились ниже предела обнаружения метода исследования, по этой причине графически концентрации фосфатов из этого озера не отображены.

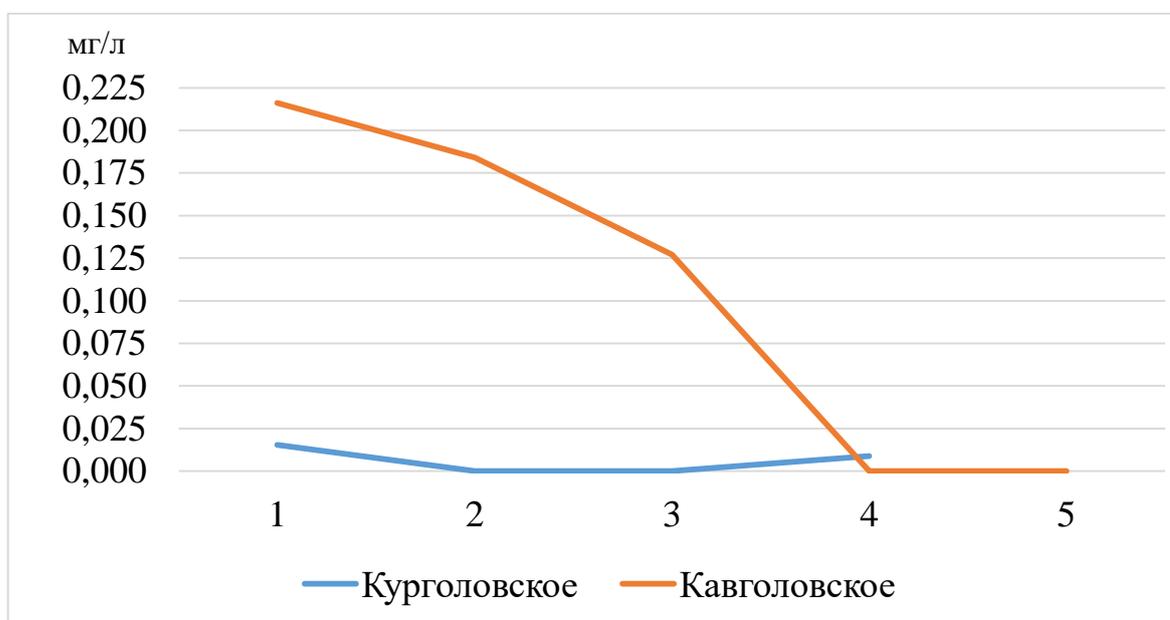


Рисунок 3.20 – Концентрации нитратов в озёрах Курголовское и Кавголовское

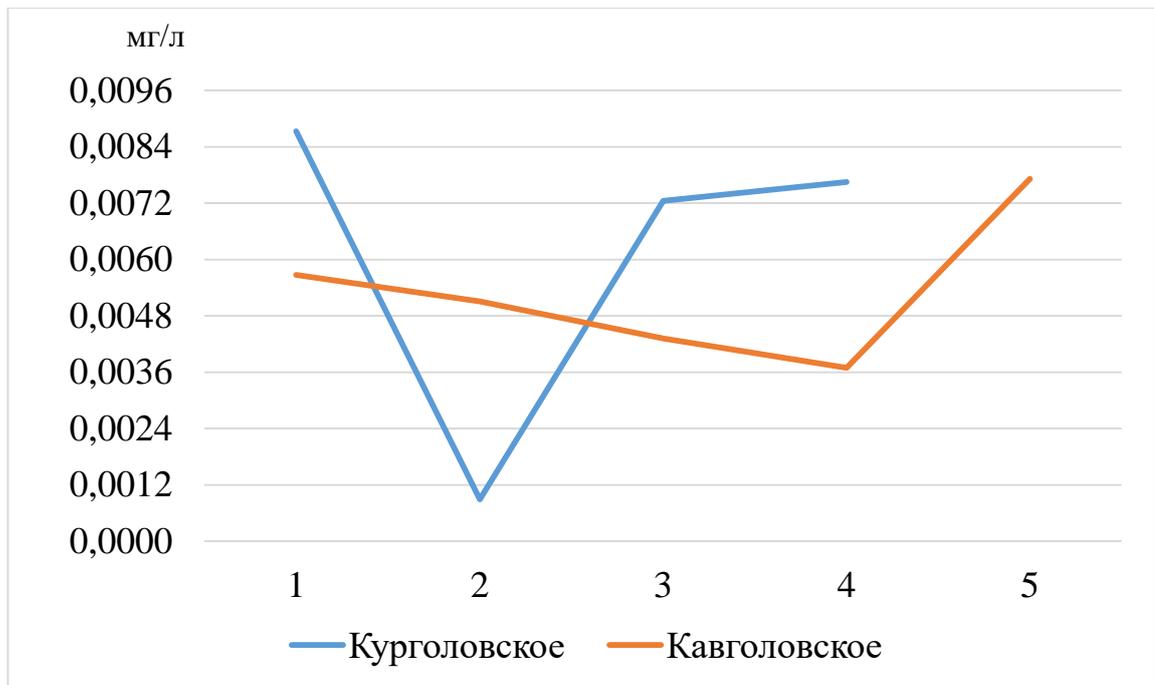


Рисунок 3.21 – Концентрации нефтепродуктов в озёрах Курголовское и Кавголовское

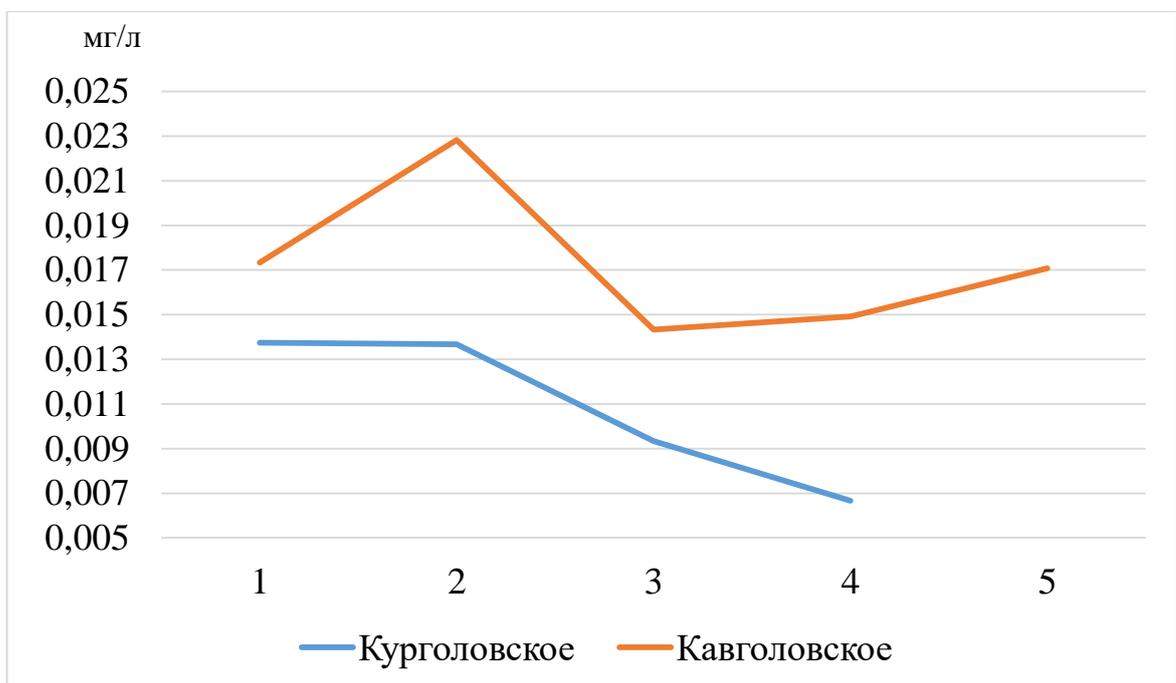


Рисунок 3.22 – Концентрации поверхностно-активных веществ в озёрах Курголовское и Кавголовское

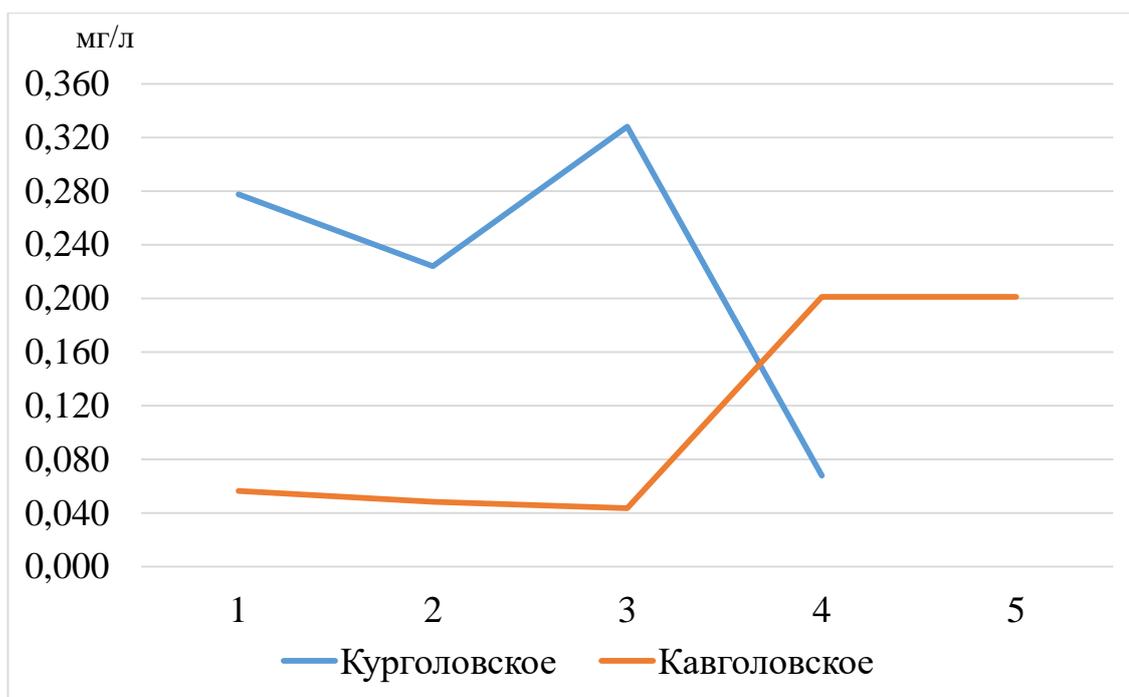


Рисунок 3.23 – Концентрации аммоний-иона в озёрах Курголовское и Кавголовское

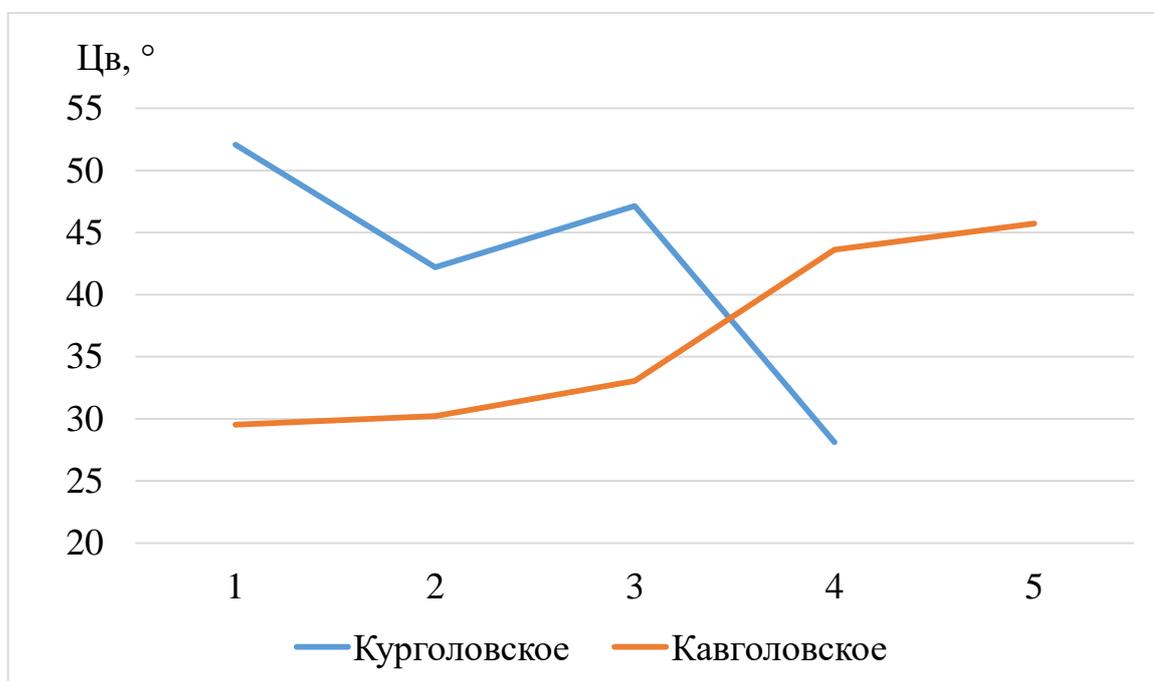


Рисунок 3.24 – Величины показателя цветности в озёрах Курголовское и Кавголовское

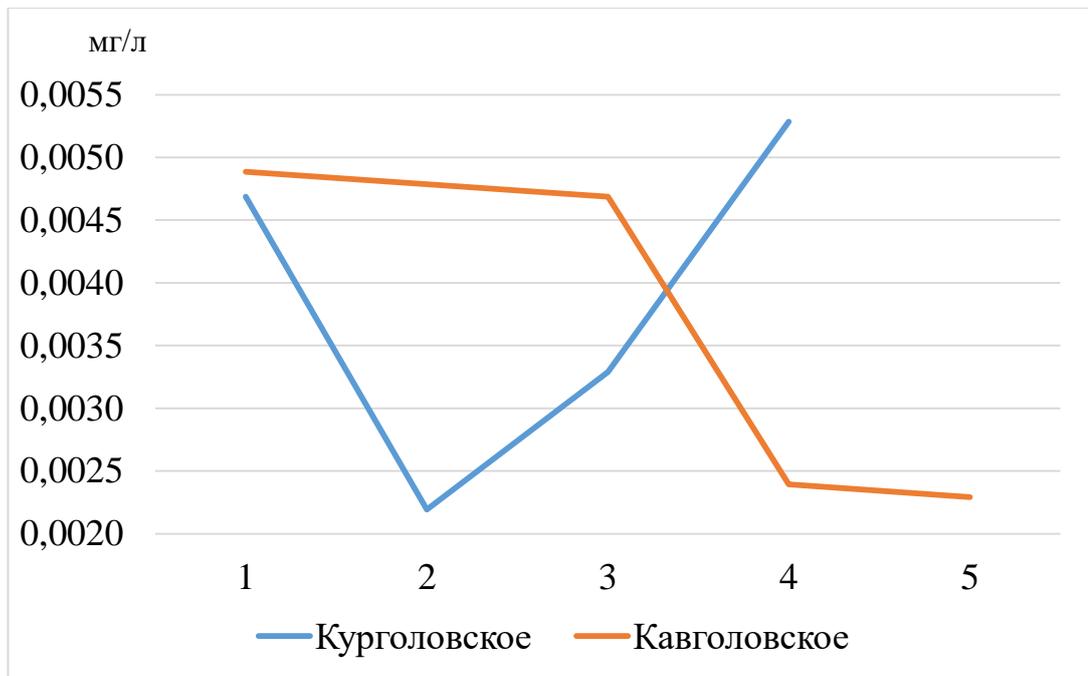


Рисунок 3.25 – Концентрации нитритов в озёрах Курголовское и Кавголовское

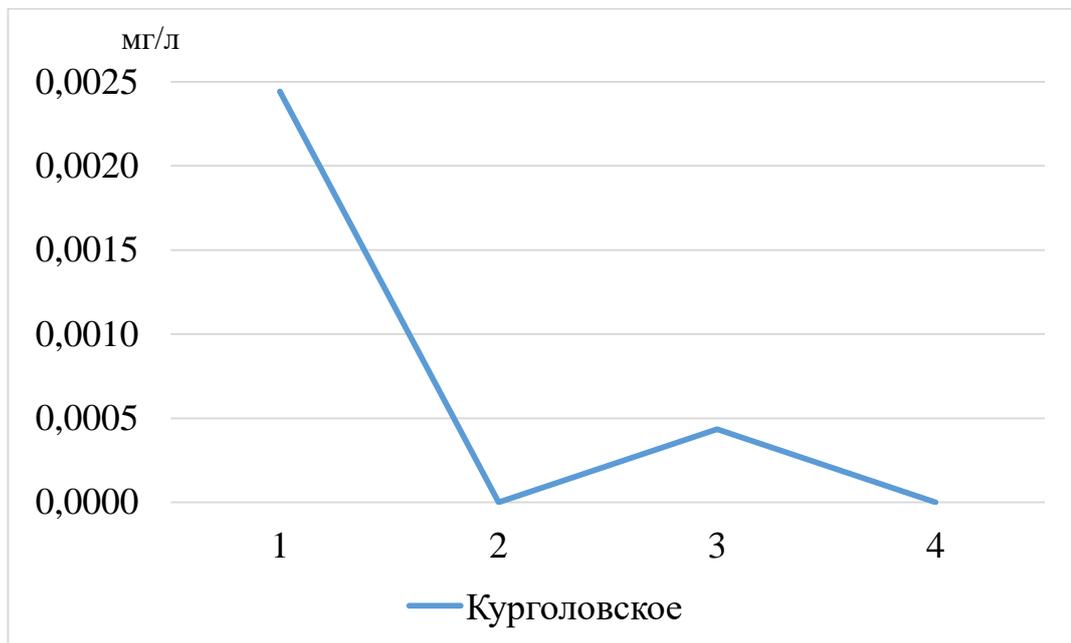


Рисунок 3.26 – Концентрации фосфатов в озере Курголовское

Также, в ходе исследований были проведены измерения прозрачности воды на пятнадцати точках, представленных на рисунке 3.27.

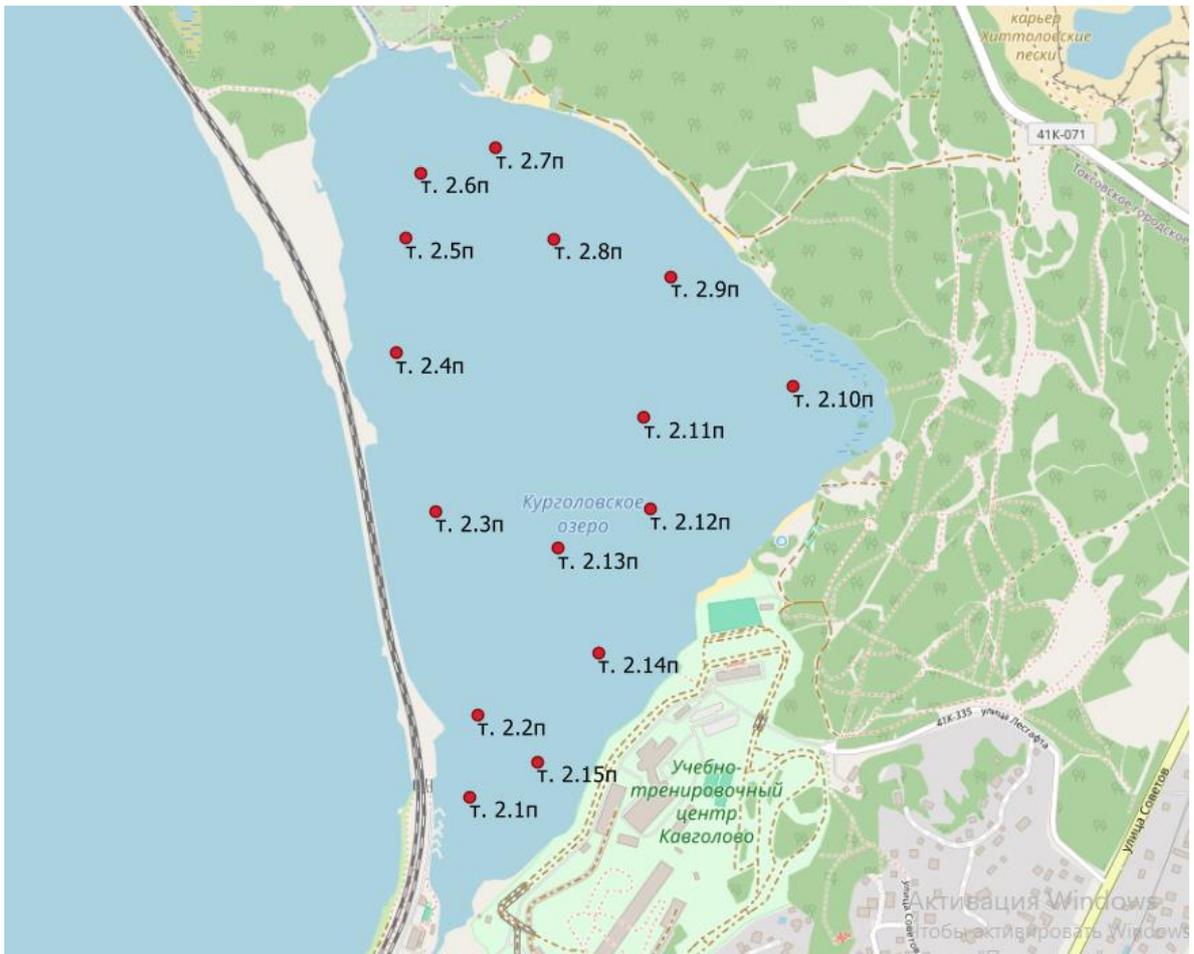


Рисунок 3.27 – Точки измерения прозрачности на озере Курголовское

Точки измерения прозрачности на озере Курголовское также располагались вблизи точек отбора проб воды для гидрохимических измерений. Результаты измерения прозрачности приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Результаты измерений величины прозрачности на озере Курголовское.

Точка	Величина прозрачности, см
т. 2.1п	56
т. 2.2п	45
т. 2.3п	52
т. 2.4п	42
т. 2.5п	43
т. 2.6п	42
т. 2.7п	50
т. 2.8п	40
т. 2.9п	41
т. 2.10п	45
т. 2.11п	47
т. 2.12п	44
т. 2.13п	40
т. 2.14п	37
т. 2.15п	43
Среднее значение	44

Результаты измерений величины прозрачности озера Курголовского в сравнении со средним значением прозрачности по всем точкам представлены на рисунке 3.28. Стоит отметить, что средняя величина прозрачности озера Курголовского меньше значения прозрачности озера Кавголовского.

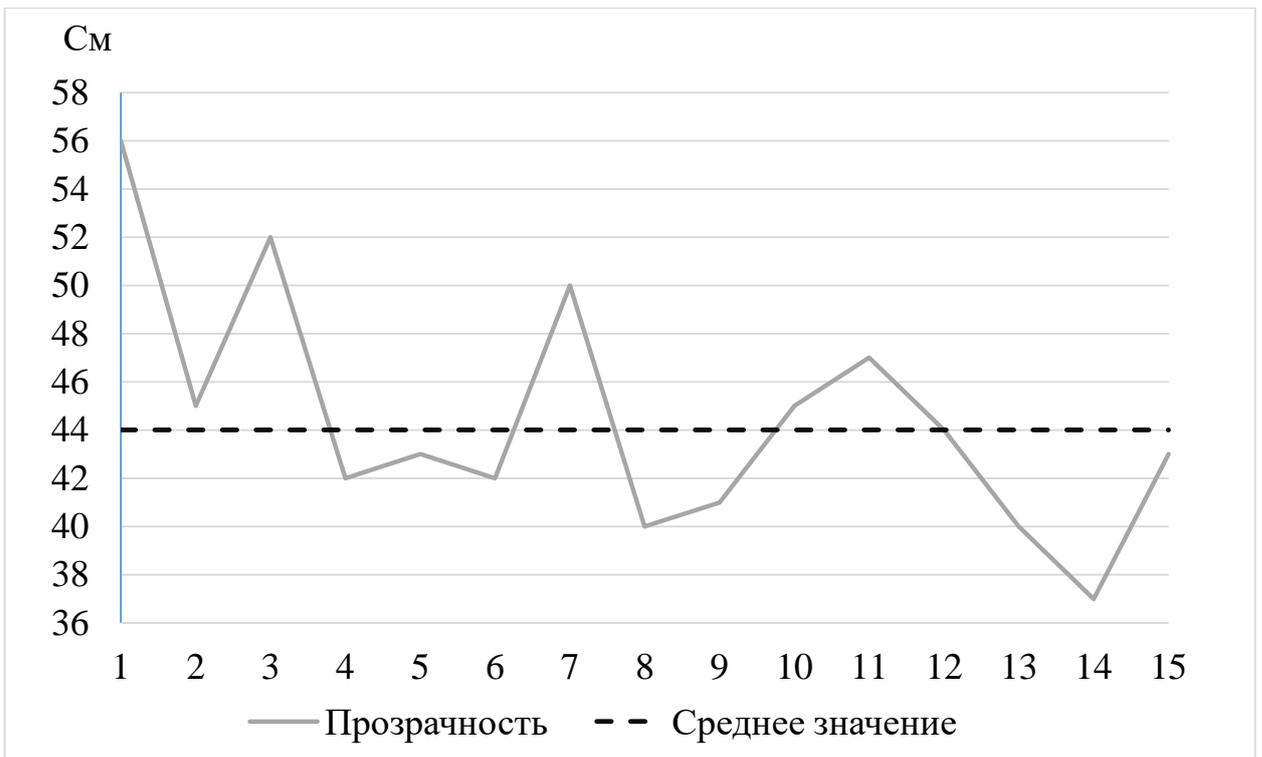


Рисунок 3.28 – График величин измерения прозрачности озера Курголовского по диску Секки

3.3.3. Гидробиологические особенности

В ходе исследований также были проведены исследования донных отложений на наличие макрозообентоса с целью их дальнейшей идентификации с целью оценки качества вод по гидробиологическим показателям. На озере Курголовское отбор проб донных отложений был проведён на 3 точках (рисунок 3.29) в разных частях озера: на западном и северо-восточном берегах. Стоит отметить, что условия на точках, в целом, были достаточно похожи друг на друга. При этом, водная растительность отличается намного меньшим разнообразием видов, в отличие от озера Кавголовского, и представлена, в основном, кубышкой жёлтой (*Nuphar lutea*) и тростником обыкновенным (*Phragmites australis*).

Также стоит отметить, что из-за особенностей береговой зоны и дна, невозможности высадки на берег в некоторых местах, отбор проб не производился практически на всём западном и юго-восточном берегах.

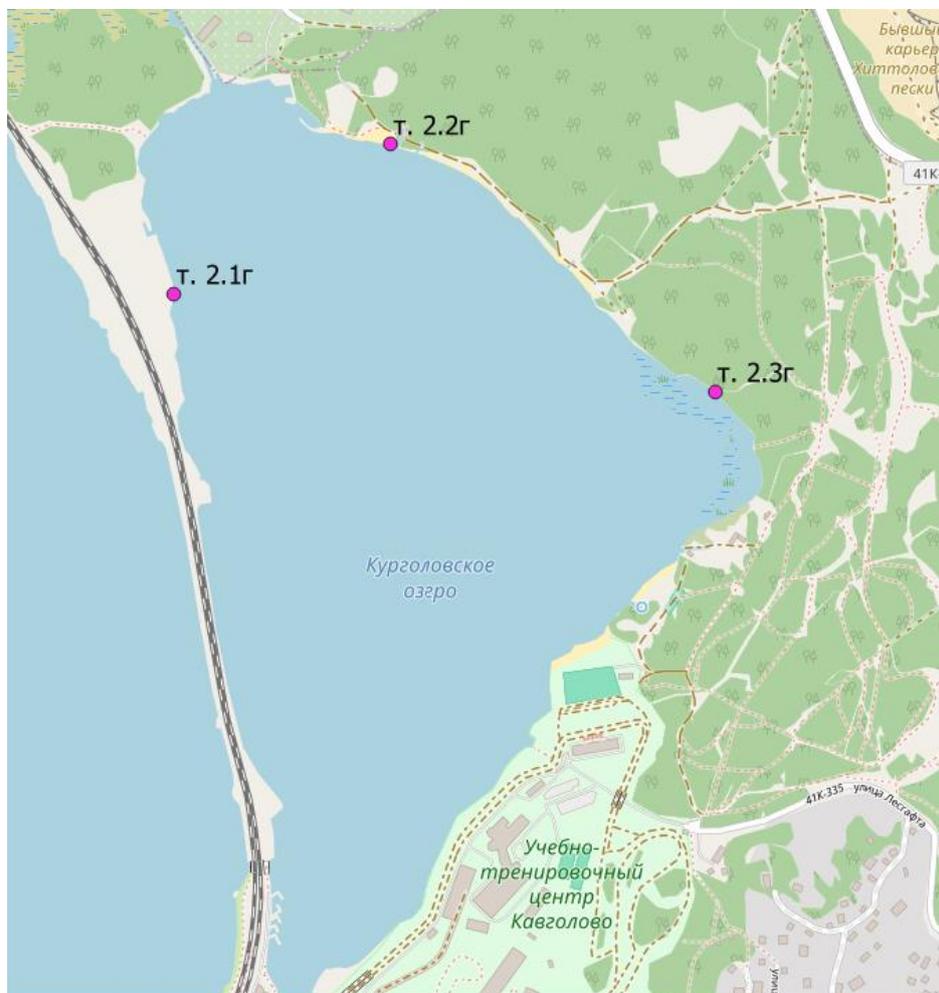


Рисунок 3.29 – Точки отбора проб донных отложений на озере Курголовское

Точка 1 расположена на западном берегу озера, в северной его части, около 1 километра на север от протоки, соединяющей озёра. Характер дна – мелкий песок с примесью озёрного ила, водная растительность не выражена. Берега вокруг точки заросли мелколиственными породами деревьев, также травянистыми растениями. Имеются следы антропогенного воздействия – бытовой мусор, кострища, вытоптаный растительный покров. Внешний вид точки представлен на рисунке 3.30.



Рисунок 3.30 – Внешний вид точки 1 на озере Курголовское

Точки № 2 и 3 расположены на северо-восточном берегу озера, точка № 3 удалена от точки № 2 на 0,6 км на север. Характер дна на обеих точках – песок средней зернистости, на точке 3 песок смешан с большим количеством иловых отложений. Водная растительность на точке № 2 не выражена, берег частично вытоптан, присутствуют кострища, бытовой мусор. Стоит отметить большие скопления пены вдоль берега на точке № 2 (рисунки 3.31 и 3.32).



Рисунок 3.31 – Скопления пены у берега на точке № 2

а) и б) – Скопления пены у северо-восточного берега Курголовского озера

На точке № 3 вытоптанность растительного покрова выражена в значительно меньшей степени, водная растительность представлена кубышкой жёлтой, тростником.



Рисунок 3.32 – Внешние виды точек № 2 и № 3

а) – Внешний вид точки №2; б) – Внешний вид точки №3

При отборе проб и их дальнейшем изучении установлено, что состав бентосной фауны гораздо более беден по сравнению с Курголовским озером. В донных отложениях озера были найдены организмы родов Звонцы (*Chironomus*), Перловицы (*Unio*), Беззубки (*Anodonta*), семейства Шаровковые (*Sphaeriidae*). Стоит отметить, что всех пробах с обоих озёр присутствовали личинка Звонца опушённого (*Chironomus plumosus*). Полный список

организмов, найденных в пробах донных отложений, взятых с Курголовского озера, представлен в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Список найденных организмов в пробах донных отложений озера Курголовского:

Организм	№ точки		
	1	2	3
	Количество в пробе в пересчёте на 1 м ²		
Звонец опушённый (<i>Chironomus plumosus</i>)	144	178	78
Речная горошинка (<i>Pisidium amnicum</i>)			22
Беззубка обыкновенная европейская (<i>Anodonta cygnea</i>)			22
Клиновидная перловица (<i>Unio tumidus</i>)		11	

После определения организмов и их подсчёта для каждой точки, также, как и для Кавголовского озера, были рассчитаны биотический индекс Майера и индекс сапробности Пантле-Букка. Результаты расчётов представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Результаты расчёта значений биотических индексов для озера Курголовского:

Индекс	№ точки		
	1	2	3
Майера	1	4	7
Пантле-Букка	3,80	3,26	3,20

В зависимости от значения индекса, с помощью таблицы классификации качества поверхностных вод в зависимости от значений биотических индексов, представленной в таблице 3.4, была проведена оценка загрязнённости водоёма по индексам Майера и Пантле-Букка.

Графически значения индексов представлены на рисунке 3.33. Аналогично с графиком для озера Кавголового, столбцы со значениями индекса сапробности Пантле-Букка построены по вспомогательной оси справа. Также, значения индексов выкрашены в цвета столбцов, их обозначающих.

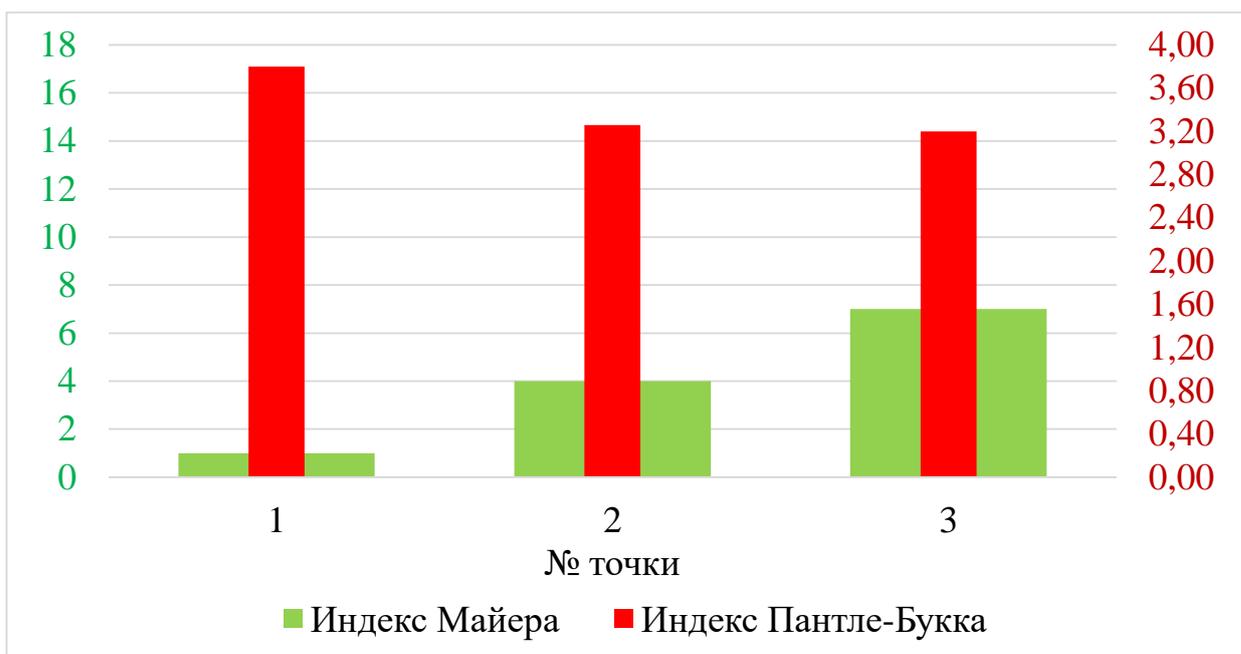


Рисунок 3.33 – Результаты оценки качества вод озера Курголового по биотическим индексам

Результаты расчётов показывают, что по значениям индекса Майера все 3 точки отбора проб озера Курголового можно охарактеризовать как загрязнённые или грязные. Значения индекса не поднимаются выше 7 баллов, минимум в 1 балл наблюдается в точке № 1.

Согласно полученным значениям индекса сапробности Пантле-Букка, наиболее загрязнённой является точка 1 (значение индекса 3,80, степень загрязнённости – «грязная»). Точки 2 и 3 попадают в категорию загрязнённости «загрязнённые», значения индексов составили 3,26 и 3,20 соответственно.

Также, для наглядности, все точки были сведены в итоговую таблицу с указанием степени загрязнённости по каждому из индексов (таблица 3.13).

Таблица 3.13 – Распределение точек отбора проб по степени загрязнённости вод в зависимости от величины индексов:

Степень загрязнённости вод	№ точки отбора проб	
	Пантле и Букка	Майера
Очень чистые		
Чистые		
Умеренно загрязнённые		
Загрязнённые	2, 3	1-3
Грязные	1	
Очень грязные		

Рассчитанные биотические индексы показывают, что, в целом, оба озера схожи по своему гидробиологическому состоянию, при этом, наблюдаются различия в обилии видов и видовом разнообразии в целом: в озере Кавголовском обнаружено больше видов водных беспозвоночных, в частности, индикаторов чистых и умеренно загрязнённых вод, таких как Шаровка речная (*Sphaerium rivicola*), Подёнка обыкновенная (*Ephemera vulgata*), Пиявка улитковая (*Glossiphonia complanata*), Клиновидная перловица (*Unio tumidus*) и некоторые другие. Установлено, что Кавголовское озеро, в целом, имеет более благоприятное экологическое состояние, особенно, в точках 5, 8, 11, расположенных вдали от основных мест скопления отдыхающих и хозяйственных объектов.

Озеро Курголовское по своему гидробиологическому состоянию вод попадает в категорию «загрязнённые»-«грязные», видовое разнообразие достаточно бедно, и выражено, в основном, двустворчатыми моллюсками и комара-звонцами.

4. Исследование экологического состояния озёр с помощью данных дистанционного зондирования Земли

В ходе работы с помощью каталога спутниковых снимков EO Browser был рассчитан нормализованный алгоритм — индекс мутности (NDTI), а также получены снимки, показывающие интенсивность размножения фитопланктона в водных объектах.

В качестве первоначальных данных были взяты спутниковые снимки Sentinel 2 L2A за август 2022-2023 годов. Вычисления проводились в программном комплексе Quantum GIS, используя мультиспектральные снимки земной поверхности и инструмент «Калькулятор растров». С помощью этих инструментов был получен растр с индексом NDTI за август 2023 года.

Нормализованный индекс мутности (NDTI) представляет собой показатель мутности воды, показывающий в пределах водного зеркала наличие примесей и взвешенных веществ в воде, влияющих на величину прозрачности, а также наличие и количество водной растительности и фитопланктонной массы [4, 12]. Результат расчёта индекса NDTI представлен на рисунке 4.1.

Вычисления индекса мутности проводились для того же времени, когда проводились измерения прозрачности воды непосредственно в полевых условиях. На рисунке 4.1 более высокий индекс, и, соответственно, более тёмная заливка водного зеркала соответствуют меньшей прозрачности. Более светлая заливка соответствует более высокой прозрачности. Как видно из рисунка, цвет заливки водной поверхности озера Курголовское несколько более тёмный, чем цвет заливки Кавголовского озера, что свидетельствует о меньшей прозрачности воды Курголовского озера, что подтверждается данными натурных исследований.



Рисунок 4.1 – Результат расчёта нормализованного индекса мутности для участка земной поверхности с исследуемыми озёрами за 04.08.2023 г.

При этом, оба исследуемых озера имеют более тёмный цвет по сравнению с озёрами Мустаярви и Хеняярви (на рисунке в правом верхнем углу), не испытывающими практически никакого антропогенного воздействия и окружёнными со всех сторон лесными массивами.

С помощью внутренних функций портала EO Browser были получены снимки, показывающие интенсивность размножения фитопланктона в водных объектах [1], представленные на рисунках 4.1 и 4.2.

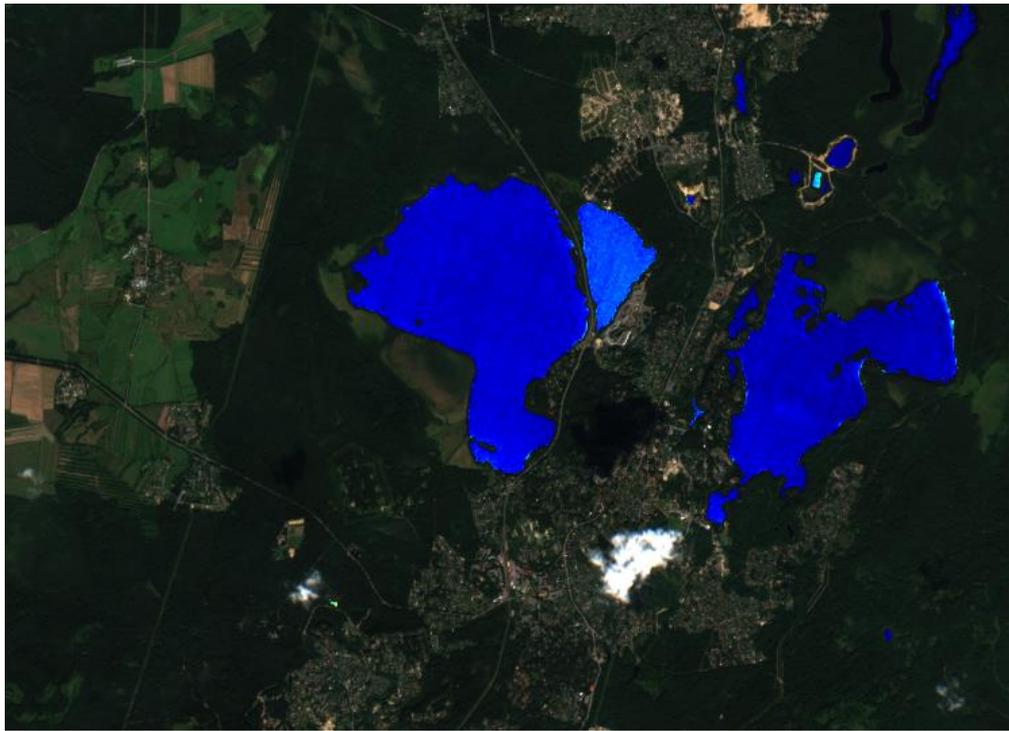


Рисунок 4.2 – Интенсивность развития фитопланктона в озёрах Кавголовское и Курголовское, снимок за 16.08.2022 г.

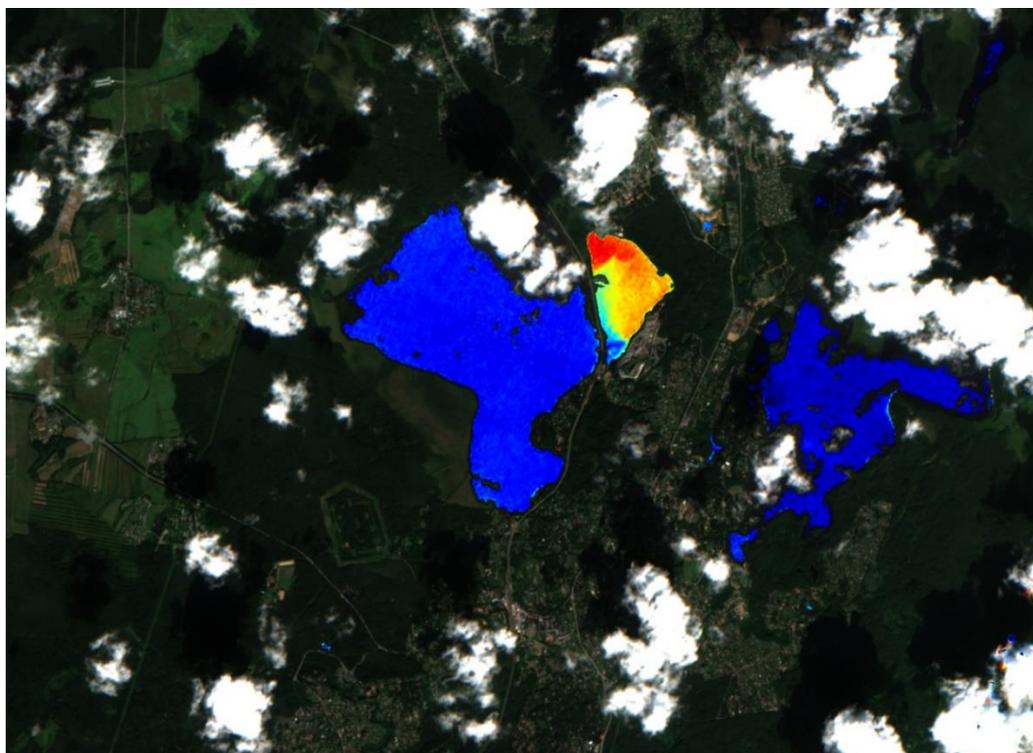


Рисунок 4.3 – Интенсивность развития фитопланктона в озёрах Кавголовское и Курголовское, снимок за 04.08.2023 г.

На данных снимках более светлый и более красный цвет заливки соответствует большей интенсивности размножения фитопланктонной массы. Как видно из обеих снимков, более сильное развитие фитопланктона характерно для Курголовского озера, особенно хорошо это заметно на снимке за 04.08.2023 г. Массовым развитием планктонных водорослей также может объясняться меньшая прозрачность воды в Курголовском озере.

5. Практические рекомендации

В ходе проведённых исследований выявленными основными экологическими проблемами исследованных озёр являются загрязнение береговой линии бытовыми отходами отдыхающих, уничтожение растительного покрова и образующиеся вслед за этим очаги эрозии почв. В озере Курголоовское также периодически отмечается массовое развитие фитопланктонных водорослей, влияющее на общее качество воды и на её прозрачность, в частности.

Одними из мер, направленных на защиту экосистем от антропогенной нагрузки, могут стать установка контейнеров для сбора твёрдых коммунальных отходов туристов и отдыхающего населения, дальнейшее препятствование проезду в зону береговой полосы озёр авто- и мототранспорта, путём установки различных физических ограждений (барьеры, столбики, шлагбаумы), установка предупреждающих и информационных аншлагов в местах отдыха граждан и на путях следования к ним, в особенности, на особо охраняемых территориях, а также проведение совместно с местными жителями и общественными экологическими организациями мероприятий, направленных на повышение экологической культуры населения, бережного отношения к окружающей среде.

Целесообразно проводить дальнейший мониторинг исследуемых озёр по гидробиологическим и гидрохимическим показателям, что позволит получать актуальные данные о состоянии водных объектов, находящихся в границах особо охраняемых природных территорий и испытывающих интенсивное многофакторное антропогенное воздействие. Полученные результаты могут быть использованы для оценки общего состояния лимносистем, пригодности водных объектов для целей рекреации, в частности, для купания отдыхающих, а также для контроля качества воды, поступающей на станцию водоподготовки посёлка Токсово.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент Токсовские озёра из-за стремительного экономического и хозяйственного развития прилегающих территорий испытывают значительное и усиливающееся с течением времени антропогенное воздействие. При этом, благодаря созданию ООПТ «Природный парк «Токсовский» удалось значительно снизить или полностью предотвратить воздействие на большую часть прибрежной полосы, акватории озёр и прилегающие лесные экосистемы. Однако, существующая в Ленинградской области система экологического мониторинга водных объектов не охватывает данные озёра и наблюдения за их состоянием в настоящее время не проводятся. При условии дальнейшего комплексного развития прилегающих территорий и расширении Санкт-Петербургской агломерации на север Ленинградской области необходимо предусмотреть расширение существующей системы наблюдения за компонентами окружающей природной среды, в частности, за водными объектами Всеволожского района, куда входят Кавголовское и Курголовское озёра.

В ходе написания работы были отобраны пробы воды для последующего анализа в Эколого-аналитической лаборатории РГГМУ на следующие компоненты: нитраты ($N-NO_3$), фосфаты ($P-PO_4$), цветность, аммоний-ионы, нитраты (NO_3), АПАВ, нефтепродукты. Результаты анализов представлены в таблицах 3 и 3.1. По результатам проведённых исследований установлено, что полученные результаты не превышают предельно-допустимые концентрации для всех отобранных проб в обоих озёрах. Также, стоит отметить, что концентрации фосфатов в озере Кавголовское на момент проведения исследования были ниже порога обнаружения лабораторного оборудования.

Было проанализировано состояние береговой полосы двух озёр: Кавголовского и Курголовского. Установлено, что основными процессами и факторами негативного воздействия на некоторые компоненты лимносистем являются вытаптывание и выжигание растительного покрова на берегу,

деградация берегового вала на отдельных участках, загрязнение прибрежной полосы бытовыми отходами, устройство неорганизованных туристических и пляжно-купальных стоянок отдыхающих. Прибрежная зона Кавголовского озера более подвержена таким негативным процессам, как проявление эрозии, уплотнения почв, а также размещению твёрдых коммунальных отходов в не предназначенных для этого местах. Озеро Курголовское более подвержено таким процессам, как вытаптывание и выжигание растительного покрова в прибрежной полосе. Такие различия могут объясняться разным характером туристических потоков для озёр, на берегах Кавголовского озера больше преобладает пляжно-купальный вид отдыха, в то время как Курголовское озеро чаще используется для туристических стоянок и походов.

В ходе исследований гидробиологических показателей установлено, что в подавляющем большинстве случаев на обоих озёрах, согласно рассчитанным индексу Майера и индексу сапробности Пантле-Букка, качество воды характеризуется как «загрязнённая» и «грязная», однако на озере Кавголовском присутствуют точки, где вода характеризуется как «умеренно загрязнённая» и «чистая».

По данным дистанционного зондирования Земли установлено, что прозрачность озера Курголовского меньше в сравнении с Кавголовским озером, также, в летний период в Курголовском озере наблюдается активное развитие фитопланктонных водорослей, что, по-видимому, и объясняет меньшую величину прозрачности воды.

Даны практически рекомендации для улучшения и сохранения состояния компонентов озёрных экосистем, заключающиеся в установке контейнеров для сбора ТКО в местах массового отдыха населения, мероприятия по снижению и ограничению антропогенного воздействия на растительный и почвенный покров, а также проведение совместно с местными жителями, органами местного самоуправления, органами исполнительной власти Ленинградской области и общественными экологическими организациями мероприятий, направленных на повышение экологической

культуры населения, экологическое просвещение, формирование бережного отношения к окружающей среде, а также улучшение общего экологического состояния отдельных компонентов окружающей среды или экосистем в целом, путём проведения различных экологических мероприятий (субботники, экологические акции и др.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sentinel Hub EO Browser [Электронный ресурс]: URL – <https://apps.sentinel-hub.com/> (Дата обращения 10.03.2024);
2. User guides – Sentinel-2 MSI [Электронный ресурс]: URL – <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/product-types/level-2a> (Дата обращения 10.03.2024);
3. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах [Текст]: Учебное пособие для высших учебных заведений / Н. В. Зуева, Д. К. Алексеев, А. Ю. Куличенко и др. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 128 с.
4. Васильченко, А. А. Анализ основных методов выделения водного зеркала с помощью спектрональных данных ДЗЗ [Текст] / А. А. Васильченко // Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». – 2021. – №2 (73). – С. 4-8;
5. Власов, Б. П. Антропогенная трансформация озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз [Текст] / Б. П. Власов. – Минск: БГУ, 2004. – 207 с.
6. Выполнение работ по мониторингу состояния использования земель на территории Мурманской, Вологодской, Новгородской и Ленинградской областей [Текст]. – М.: ООО ИТЦ «СКАНЭКС», 2017. – 129 с.
7. Геоморфология и четвертичные отложения северо-запада европейской части СССР (Ленинградская, Псковская и Новгородская области) [Текст] / отв. ред. Д. Б. Малаховский, К. К. Марков. – Ленинград: Издательство «Наука», 1969. – 256 с.
8. Государственный водный реестр: Озеро Кавголовское [Электронный ресурс]: URL – <https://textual.ru/gvr/index.php?card=153289> (Дата обращения 10.12.2023);
9. Кудрявцев, В. И. Прогулки по Токсову: научное-популярное издание [Текст] / В. И. Кудрявцев. – СПб.: «Реноме», 2015. – 220 с.

10. Лопух, П. С. Общая лимнология: пособие для студентов географического факультета [Текст] / П. С. Лопух, О. Ф. Якушко. – Минск: БГУ, 2011. – 365 с.
11. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология» [Текст]: сост.: О. Ю. Деревенская. – Казань: КФУ, 2015. – 44 с.
12. Морозова, В. А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования [Текст] / В. А. Морозова // Современные проблемы территориального развития: электрон. журн. – 2019. – № 2. – С. 1-12.
13. Муравьев, А. Г. Руководство по определению качества воды полевыми методами 3-е изд., доп. и перераб. – СПб.: Крисмас+, 2009. – 218 с.
14. Науменко, М. А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ: учебное пособие [Текст] / М. А. Науменко. – СПб.: РГГМУ, 2007. – 100 с.
15. Никаноров, А. М. Гидрохимия: Учебник / А. М. Никаноров. 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
16. Никитин, О. В. Экотехнологии восстановления водных объектов: конспект лекций [Текст] / О. В. Никитин, В. З. Латыпова. – Казань: ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», 2014. – 151 с.
17. О природном парке «Токсовский»: Постановление Правительства Ленинградской области от 7 мая 2019 года № 199 // СПб.: АО «Кодекс». – 19 с.
18. Об утверждении Порядка включения в перечень объектов и субъектов локального экологического мониторинга и Перечня объектов и субъектов локального экологического мониторинга в Ленинградской области [Текст]: Постановление Правительства Ленинградской области от 24 сентября 2008 года № 289 // СПб.: АО «Кодекс», 2017. – 10 с.
19. Об утверждении результатов проведенного мониторинга правоприменения областного закона от 29 февраля 2008 года № 11-оз «Об экологическом мониторинге в Ленинградской области» [Текст]: Постановление

- Законодательного собрания Ленинградской области от 12 ноября 2021 года № 114 // 2021. – 20 с.
20. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2021 году [Текст]. – СПб.: Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2022. – 174 с.
21. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод: учебное пособие [Текст] / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. - Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.
22. Полякова, Т. Н. Рекомендации по оценке состояния экосистем малых водоемов по организмам макрозообентоса [Текст] / Т. Н. Полякова // Изучение водных объектов и природно-территориальных комплексов Карелии – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – С. 85-105.
23. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации №2 от 28 января 2021 года об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Текст] / М., 2021. – 469 с.
24. Постановление Правительства РФ от 28 февраля 2019 года №206 «Об утверждении Положения об отнесении водного объекта или части водного объекта к водным объектам рыбохозяйственного значения и определении категорий водных объектов рыбохозяйственного значения» [Электронный ресурс]: URL – <https://base.garant.ru/72190046/#friends> (Дата обращения 16.03.2024);
25. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации №552 от 13 декабря 2016 года «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Текст] / М., 2016.
26. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации №620 от 21 октября 2020 года «Об утверждении правил рыболовства для Западного

- рыбохозяйственного бассейна» [Электронный ресурс]: URL – <https://base.garant.ru/400393789/> (Дата обращения 16.03.2024);
27. Природный парк «Токсовский» [Электронный ресурс]: URL – <https://www.ooptlo.ru/toksovskij.html> (Дата обращения 10.06.2023).
28. Р 52.24.353-2012. Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод [Текст]. – Ростов-на-Дону: ФГБУ «ГХИ», 2012. – 34 с.
29. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши [Текст]. – Ростов-на-Дону: ФГБУ «ГХИ», 2016. – 100 с.
30. Рижинашвили, А. Л. Характер угодий водосбора малых мелководных озёр и факторы уязвимости их экосистем [Текст] / А. Л. Рижинашвили // Озёрные экосистемы: биологические процессы, антропогенная трансформация, качество воды: Материалы V Международной научной конференции 12-17 сентября 2016 г. – Минск, 2016. – С. 102-103.
31. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем [Текст] / Ин-т глобал. климата и экологии; под ред. В. А. Абакумова, – СПб: Гидрометеиздат, 1992. – 317 с.
32. Станиславская, Е. В. Эпифитон олиготрофных озёр Ленинградской области [Текст] / Е. В. Станиславская // Вопросы современной альгологии. – 2021. – № 1 (25). – С. 71-79.
33. Схема комплексного использования и охраны водных объектов (СКИОВО) бассейна реки Нева. В 6-х книгах [Текст] / Книга 6: Перечень мероприятий по достижению целевого состояния речного бассейна. – СПб.: 2015. – 82 с.
34. Трифонова, И. С. Растительные сообщества озёр центральной части Карельского перешейка как индикаторы их экологического состояния [Текст] / И. С. Трифонова, А. Л. Афанасьева, А. Г. Русанов, Е. В. Станиславская // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Том №16, №1 (14). – С. 1034-1038.
35. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.04.2022) «Водный кодекс Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 03.06.2006. – № 23. – ст. 2380.