

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
бакалавра

На тему: «Оценка экологического состояния Волховской губы Ладожского озера по гидрохимическим и токсикологическим показателям»

Исполнитель Карачанская Екатерина Александровна  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат педагогических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Костецкая Галина Анатольевна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий

кафедрой   
(подпись)  
кандидат технических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)  
Королькова Светлана Витальевна  
(фамилия, имя, отчество)

« 22 » июня 2023 г.

Санкт-Петербург  
2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛХОВСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА.....	6
1.1 Географическое положение и климат .....	6
1.2 Рельеф, почвы и почвообразующие породы .....	8
1.3 Гидрологические особенности .....	10
Выводы по главе 1:.....	12
Глава 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ...	13
2.1 Антропогенная деятельность на водосборе Волховской губы .....	13
2.2 Основные загрязнители и источники загрязнений.....	15
2.3 Экологические последствия загрязнений.....	19
2.4 Мониторинг загрязнения вод.....	21
Выводы по главе 2:.....	24
Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЛХОВСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ.....	26
3.1 Описание станций отбора проб .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Методы исследования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.1 Методы отбора и анализа гидрохимических проб .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2.2 Методы отбора и анализа токсикологических проб воды .....	<b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>
3.3 Анализ данных экологического мониторинга	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3.1 Оценка качества вод по гидрохимическим показателям.....	<b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>
3.3.2 Оценка состояния вод по токсикологическим показателям .....	<b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>
3.3.3 Анализ донных отложений по токсикологическим показателям ...	<b>Error!</b> <b>Bookmark not defined.</b>

Выводы по главе 3:.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	27
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ.....	29
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	34

## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность исследования.* В течение всего существования человечества качество воды постоянно ухудшалось и продолжает ухудшаться. Рост численности населения Земли, развитие общества и технологий – все это стимулировало интенсивное использование данного ресурса и, как следствие, привнесение в воду загрязняющих веществ.

С развитием общества также сменился тип проблемы: в прошлом загрязнение вод происходило в основном от сбрасывания необработанных сточных вод, а на сегодняшний день загрязнение стало сложнее в результате производства опасных отходов производства и быстро возрастающего применения агрохимикатов в сельском хозяйстве.

В данной работе поднимается важная проблема загрязнения Ладожского озера, являющегося ценнейшим водным объектом с уникальной экосистемой, которой в последние десятилетия в результате несовершенства и несоблюдения природоохранного законодательства предприятиями различного профиля нанесен значительный ущерб. Как следствие, в 1960 – 80-е годы озеро совершило стремительный «скачок» из олиготрофного состояния в мезотрофное, отдельные районы приобрели черты эвтрофных водоемов.

Ладожское озеро имеет большое народно-хозяйственное значение. Во-первых, водоснабжение Санкт-Петербурга осуществляется из безальтернативного источника пресной воды – реки Нева, берущей начало в Ладожском озере. В свою очередь, Нева впадает в Финский залив, который является частью Балтийского моря – межгосударственного водного объекта. Во-вторых, как и в прошлом, так и в настоящем озеро являлось и является промежуточным звеном водных путей. В-третьих, озеро обладает богатейшим туристско-рекреационным потенциалом: природные ландшафты, монастыри, крепости и другие объекты являются местом привлечения путешественников. Реализация всех перечисленных направлений деятельности напрямую зависит от качества ладожской воды.

Волховская губа является южной частью Ладожского озера. Это один из наиболее загрязненных районов озера, поскольку он подвергается активному антропогенному воздействию.

Таким образом, имеет место противоречие между необходимостью обеспечения устойчивого экологического состояния Волховской губы как части Ладожского озера – уникального объекта природы и важного объекта народно-хозяйственной деятельности, с одной стороны, и последствиями высокой антропогенной нагрузки на водоем, с другой. В этой связи целесообразно оценить экологическое состояние Волховской губы по различным показателям, что и обуславливает актуальность нашего исследования.

*Объект исследования* – экологическое состояние Волховской губы Ладожского озера.

*Предмет исследования* – оценка экологического состояния Волховской губы Ладожского озера по гидрохимическим и токсикологическим показателям.

*Цель исследования* – дать оценку экологического состояния Волховской губы Ладожского озера на основе анализа данных мониторинга по гидрохимическим и токсикологическим показателям.

*Задачи исследования:*

1. Охарактеризовать физико-географические и гидрологические особенности Волховской губы Ладожского озера;
2. Изучить состояние водной среды в районе исследования на предмет ее загрязнения и определить источники загрязнений;
3. Выбрать методы, позволяющие оценить экологическое состояние района исследования по гидрохимическим и токсикологическим показателям;
4. Провести практическое исследование экологического состояния Волховской губы по выбранным показателям;
5. Оценить данные экологического мониторинга Волховской губы Ладожского озера по гидрохимическим и токсикологическим показателям.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты анализа экологического состояния Волховской губы Ладожского озера и полученные на их основе выводы могут быть востребованы государственными органами для принятия мер по сокращению загрязнения Волховской губы, а также использованы в дальнейших исследованиях Ладожского озера.

Общий объём работы составляет 60 страниц (с приложениями). Работа включает в себя введение, основную часть, представленную тремя главами, выводы к этим главам, заключение, список использованных источников и приложений. Основной текст работы содержит 3 таблицы, 13 рисунков. Список литературы составляет 39 наименований.

Практическая часть исследования выполнена на базе Санкт-Петербургского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга (ГосНИОРХ) в периоды прохождения автором производственной практики (2022-2023 годы).

# Глава 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛХОВСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА

В данной главе описаны климат, рельеф, почвы, горные породы района как факторы формирования химического состава воды, а также дана гидрологическая характеристика района исследования.

## 1.1 Географическое положение и климат

Ладожское озеро расположено на северо-западе Российской Федерации. Это крупнейшее озеро в Европе площадью 17 870 км<sup>2</sup>.

Волховская губа представляет собой залив в южной части Ладожского озера, находящийся на территории Ленинградской области. На карте Волховская губа представлена в приложении 1.

Климат – это один из факторов, косвенно воздействующий на химический состав природных вод. От гидрометеорологических условий, которые определяет климат, зависит режим рек, озер, грунтовых вод, типы почв, минерализация, а также климат влияет на интенсивность выветривания [1].

Климат территории и водосбора Ладожского озера – переходный от морского умеренных широт к континентальному. Такой климат характеризуется высокой относительной влажностью, облачностью, большим количеством осадков, а также значительными колебаниями температур [20].

Описывая данный климат по температуре, можно сказать, что февраль – самый холодный месяц года. Средние температуры колеблются от –8 до –10 градусов Цельсия. С наступлением весны температура воздуха начинает повышаться и достигает пика в июле. Средняя температура в самый теплый месяц достигает 16–17 °С, а максимальные значения составляют 30–33 °С. Осенью температура воздуха начинает понижаться. В ноябре устанавливаются

отрицательные значения на всей территории водосбора. Таким образом, годовая амплитуда температуры воздуха изменяется до 25–27 °С на берегу водоема.

Как было сказано выше, район характеризуется высокой относительной влажностью воздуха. Наибольших значений данный показатель достигает в декабре и составляет 86-88%. В последний же месяц весны средний показатель влажности воздуха составляет 68-76%, что является наименьшим значением.

В течение всего года преобладают ветры юго-западных, южных, юго-восточных направлений; в теплый период года в отдельных пунктах возрастает повторяемость ветров северных направлений [20].

Водосбор Волховской губы Ладожского озера расположен в зоне избыточного увлажнения, где за год выпадает от 600 до 850 мм осадков, а максимум приходится на лето и начало осени. Большая часть осадков выпадает в виде снега. В западных и юго-западных районах устойчивый снежный покров сохраняется в течение 130-140 дней, в восточных – 150-160 дней.

Как и в большинстве регионов мира, на территории водосбора Ладожского озера в последние годы происходят заметные изменения климата, причина которых в антропогенном потеплении. Сокращение продолжительности морозного периода, увеличение средних зимних температур приземного воздуха, рост средних годовых температур, изменение режима осадков и влажности приземного слоя воздуха – это все последствия влияния антропогенных факторов [36].

Локальными источниками антропогенного воздействия являются объекты хозяйственной деятельности, расположенные в регионе нахождения Ладожского озера.

## 1.2 Рельеф, почвы и почвообразующие породы

Как и климат, рельеф является косвенным фактором формирования состава природных вод. От него зависит то, как будут перераспределяться осадки по поверхности земли, какими будут поверхностный сток и дренированность подземных вод, а также условия водообмена, которые в свою очередь влияют на минерализацию и химический состав вод. От рельефа зависит солевой режим почв и заболоченность местности, создающая специфический состав вод.

Почвы как фактор формирования состава вод могут оказывать влияние несколькими способами: увеличивать минерализацию проходящих через них осадков и изменять состав грунтовых вод, которые вступают с ними во взаимодействие. То, какой процесс будет протекать активнее, зависит от типа почв [24].

Одним из факторов, оказывающих прямое воздействие на состав природных вод, являются горные породы. В результате выветривания, при взаимодействии воды с изверженными и образовавшимися из них обломочными породами, происходит растворение солей, находящихся в осадочных породах [1].

По В. К. Пестрякову, территория Ленинградской области подразделяется на следующие природные районы: Карельский перешеек, Приневская низменность, Ордовикское плато, Юго-Западная равнина, Мгинско-Тосненская равнина, Ладожско-Волховская равнина, Восточная холмистая возвышенность. В основу деления на районы было положено различие по следующим характеристикам: типы и подтипы почв, механический состав, почвообразующие породы, глубина залегания карбонатов, характер рельефа, распространение болот и заболоченных почв [28].

Районирование территории Ленинградской области представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема природного районирования Ленинградской области (по В. К. Пестрякову): I – Карельский перешеек; II – Приневская низменность; III – Ордовикское плато; IV – Юго-Западная равнина; V – Мгинско-Тосненская равнина; VI – Ладожско-Волховская равнина; VII – Восточная холмистая возвышенность

Исследуемый объект, Волховская губа Ладожского озера, располагается на Ладожско-Волховской равнине, занимающей территорию Волховского, Киришского и частично Лодейнопольского и Тихвинского административных районов Ленинградской области. По геоморфологическому строению равнина разграничивается на ряд ландшафтов: в северной части – Приладожская песчаная низменность, на юго-западе – широковолнистое плато, на западе продолжается Ордовикское плато, сложенное известняками, на юго-востоке — песчано-болотная низина, а вся основная центральная часть района представляет обширную равнину, сложенную озерными отложениями суглинистого состава. Особо выделяется Пашско-Сясьский водораздел.

Различие почв и относительно высокая заболоченность территории объясняется разнообразием рельефа и почвообразующих пород. Район слагается из дерново-карбонатных типичных, выщелоченных и оподзоленных

почв, которые развиваются в отрогах ордовикского плато, также здесь развиты почвы подзолистого типа, которым свойственно усиление развития дернового процесса и формирование аккумулятивного горизонта.

Как было сказано выше, район характеризуется относительно высокой заболоченностью территории, являющейся следствием характера рельефа – равнинности территории и большого количества отрицательных форм рельефа. Вследствие этого на территории района развиты почвы подзолисто-болотного и болотного типов, встречаются торфяно-болотные почвы низинных и, особенно, верховых болот. В сочетании с подзолистыми и карбонатными почвами болота создают сложные природные ландшафты [28].

### 1.3 Гидрологические особенности

Водосбор Ладожского озера в географическом отношении можно разделить на следующие части: Свирь-Онежскую (83,2 тыс. км<sup>2</sup>), Волхов-Ильменскую (80,2 тыс. км<sup>2</sup>), Вуокса-Сайменскую (66,7 тыс. км<sup>2</sup>) и частный водосбор Ладожского озера. Вода в Волховскую губу поступает с Волхов-Ильменского и частного водосборов Ладожского озера [21].

В водном балансе Ладожского озера более 85% приходной части составляет приток по рекам, значит, режим притока занимает ведущую роль в формировании уровня озера. Основная часть притока осуществляется посредством рек, впадающих в Волховскую губу – рек Волхов, Сясь, Воронежка, при этом наибольшее значение имеет сток рек Волхов и Сясь, как наиболее полноводных [17].

Среднегодовой объем стока речных вод в Волховскую губу составляет 16,9 км<sup>3</sup> [36]. Значения среднемноголетнего и среднего за год расхода реки Волхов в городе Новая Ладога по данным ежегодников качества поверхностных вод за 2020 – 2022 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные по среднемноголетнему и среднегодовому расходу реки Волхов за период 2020 – 2022 годы [36]

Годы	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Среднемноголетний расход, м <sup>3</sup> /с	561	563	562
Средний расход за год, м <sup>3</sup> /с	609	697	515

Среднемноголетнее значение расхода реки Сясь составляет 61 м<sup>3</sup>/с [36].

Из-за стока речных вод наблюдаются колебания уровня воды, сгонно-нагонные и сейшевые колебания. В течение года уровень медленно поднимается с февраля до середины апреля. Далее, благодаря весеннему половодью, уровень воды быстро повышается и достигает максимума в июне. Понижение уровня начинается с июля и идет до декабря, когда и наблюдается его минимальное значение.

Под влиянием стока, ветров и, как следствие, сгонно-нагонных явлений в заливе формируются течения. Причиной течений является также неравномерный прогрев воды в разных частях озера [18].

С учетом физико-географического положения региона, по классификации Б.Д. Зайкова реки Волхов и Сясь относятся к восточноевропейскому типу режима рек, т. е. к рекам с весенним половодьем. Такой тип характеризуется высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью и повышенным осенним стоком за счет дождей [38].

По типу питания эти реки относятся к группе рек смешанного питания с преобладанием снегового. Лед в мелководной южной части Ладожского озера появляется в конце первой – начале второй декады ноября, а ледостав устанавливается в начале декабря. Вскрытие льда происходит в апреле [18].

Учитывая значимость рек как источников питания Волховской губы, целесообразно рассмотреть антропогенную деятельность, которая ведется в Волховском районе Ленинградской области, где водопользование осуществляется за счет рек, впадающих в Волховскую губу.

## Выводы по главе 1

1. Район исследования – Волховская губа Ладожского озера находится в Ленинградской области, для которой характерен климат, переходный от морского умеренных широт к континентальному.

На территории водосбора Ладожского озера в последние годы происходят заметные изменения климата, причина которых в антропогенном потеплении. Такие изменения проявляются в сокращении продолжительности морозного периода, увеличении средних зимних температур приземного воздуха, росте средних годовых температур, изменении режима осадков и влажности приземного слоя воздуха.

2. Волховская губа Ладожского озера располагается на Ладожско-Волховской равнине. Центральная часть района представляет собой обширную равнину, сложенную озерными отложениями суглинистого состава.

Почвы на территориях в районе Волховской губы преимущественно дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные, а также подзолистого типа. Различие почв и значительная заболоченность территории объясняется разнообразием рельефа и почвообразующих пород. Ввиду равнинности и большого количества отрицательных форм рельефа на территории района развиты почвы подзолисто-болотного и болотного типов, встречаются торфяно-болотные почвы. В сочетании с подзолистыми и карбонатными почвами болота создают сложные природные ландшафты.

3. Основной приток воды в Волховскую губу осуществляется за счет крупной реки Волхов, а также реки Сясь, впадающей в озеро неподалеку. Волхов и Сясь относятся к восточноевропейскому типу режима рек, то есть к рекам с весенним половодьем. Течения воды в районе исследования формируются под влиянием стока, ветров и, как следствие, сгонно-нагонных явлений, а также неравномерного прогрева воды в разных частях озера.

## Глава 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДНОЙ СРЕДЫ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Вода – важнейший ресурс для человека, используемый как для личных нужд, так и в хозяйственной деятельности. Загрязнение данного ресурса стало одной из глобальных экологических проблем современности.

Данная глава посвящена изучению антропогенной деятельности в районе исследования, основных загрязнителей и источников загрязнения вод Волховской губы, экологических последствий загрязнения.

### 2.1 Антропогенная деятельность на водосборе Волховской губы

По берегам Волховской губы расположен Волховский район Ленинградской области. Его площадь составляет 5124,4 км<sup>2</sup> [7]. Численность населения, по данным Петростата на 01.01.2022, – 85927 человек [30]. Административным центром района является город Волхов. Район характеризуется высоким уровнем промышленного и сельскохозяйственного производства [36].

Начало промышленности в районе положили первая в стране гидроэлектростанция – Волховская ГЭС и предприятие по производству первичного алюминия – Волховский алюминиевый завод [14].

Сейчас экономику района составляют все секторы, здесь развиты следующие направления: обрабатывающее производство, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, транспорт и связь, строительство, сельское хозяйство, оптовая и розничная торговля.

Промышленность составляет основу экономики района. Химическая промышленность, целлюлозно-бумажное производство, производство пищевых продуктов – самые развитые отрасли.

Можно выделить следующие крупные промышленные предприятия, работающие в районе: Волховский филиал АО «Апатит», Сясьский

целлюлозно-бумажный комбинат, завод «Киришинефтеоргсинтез», Киришская ГРЭС, Новолодожский судостроительный завод, Пикалевский и Бокситогорский обогатительные комбинаты, а также предприятия легкой и пищевой промышленности.

Волховский филиал АО «Апатит» (волховский химический кластер Группы «ФосАгро»), ранее известный как АО «Метаким» занимается производством минеральных удобрений, серной кислоты, триполифосфата натрия и жидкого сульфата алюминия [26].

Сясьский целлюлозно-бумажный комбинат, введенный в действие в 1928 году, является градообразующим предприятием города Сясьстрой. Это предприятие – одно из родоначальников отечественной целлюлозно-бумажной промышленности. Комбинат производит санитарно-гигиенические изделия, целлюлозу, лигносульфаты и другие виды продукции промышленного назначения. Предприятие состоит из лесоподготовительного хозяйства по приемке, хранению, переработке древесины, сульфито-целлюлозного производства, древесно-массного цеха, производства санитарно-бытовой и гигиенической бумаги и изделий из нее, производства биохимической переработки сульфитных щёлоков на кормовые дрожжи и технические лигносульфонаты [27].

Выше по течению реки Волхов находятся такие предприятия как завод «Киришинефтеоргсинтез», Киришская ГРЭС, Новолодожский судостроительный завод. Выше по течению реки Сясь в городах Пикалево и Бокситогорск находятся обогатительные комбинаты [9].

Легкую промышленность в районе представляет швейное предприятие «Волховчанка», находящееся в городе Волхов.

Пищевая промышленность региона представлена несколькими предприятиями: «Талосто – 3000» (производство мороженого), «Волховский комбикормовый завод» (производство комбикормов), комбинат «Волховхлеб» (производство хлеба и хлебобулочных изделий), филиал ООО «РОК-1»

(производство рыбных пресервов), «Новолодожская рыбная компания» (производство рыбных консервов) [11].

Агропромышленный комплекс района состоит из молочных производств, производств по доращиванию свиней, по выращиванию цветов и рыбоводного завода [14].

В Волховском районе хорошо развита транспортная сеть, включающая в себя автомобильный и железнодорожный транспорт. Проходят автомобильные дороги федерального значения Р-21(М18) «Кола», А-114 «Вологда – Тихвин – автодорога Р-21 «Кола» («Вологда – Новая Ладога») и другие автомобильные дороги регионального и местного значения. Также проходит сеть Октябрьской железной дороги с крупным железнодорожным узлом в городе Волхов. Также развит судоходный транспорт на реках Свирь, Волхов, Паша и акватории Ладожского озера, протяженность водных путей которых составляет 70 км. По территории Волховского муниципального района проходят трассы двух судоходных каналов Старо- и Новолодожского, входящих в состав Волго-Балтийского водного пути [10].

## 2.2 Основные загрязнители и источники загрязнений

Загрязнение (по Н.Ф. Реймерсу) – это привнесение в среду или возникновение в ней новых, не характерных для нее физических, химических, информационных или биологических агентов, или превышение в рассматриваемое время естественного среднесноголетнего уровня (в пределах его крайних колебаний) концентраций перечисленных агентов в среде, нередко приводящее к негативным последствиям [23].

Существуют различные по своей природе виды загрязнения: химическое, физическое (энергетическое), биологическое и механическое. В данной работе будет рассматриваться химическое загрязнение.

Химическое загрязнение может быть природным, которое возникает в результате действия естественных процессов, например, извержения вулканов, наводнений, выветривания, в результате жизнедеятельности живых организмов, причем вещества, которые они выделяют, могут быть различного класса опасности.

Кроме природного, особый, большой вклад в изменение состава природных вод вносит загрязнение в результате хозяйственной деятельности человека – антропогенное загрязнение [4].

Антропогенное загрязнение природных вод осуществляется посредством:

- атмосферных вод, в которых содержатся вымываемые из воздуха вредные вещества промышленного происхождения. Большую опасность представляют стоки с городских улиц, промышленных площадок, содержащие массы нефтепродуктов, мусора, фенолов, кислот;

- городских сточных вод, состоящих в большей степени из бытовых стоков, содержащих фекалии, детергенты (поверхностно-активные моющие средства), микроорганизмы, в том числе патогенные;

- водного транспорта;

- стоков сельскохозяйственной деятельности;

- промышленных сточных вод [13].

Особую опасность в коммунально-бытовых стоках представляют детергенты или синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Это вещества, оказывающие токсическое действие на экосистему водоемов, а также устойчивые к процессам биологического разложения.

Наряду с промышленностью, значительный вклад в загрязнение природных вод вносит сельское хозяйство, включающее в себя растениеводство и животноводство. В растениеводстве для наиболее плодотворного выращивания культур без сорняков, вредителей и болезней используются ядохимикаты (пестициды), которые могут попадать в водные объекты вследствие переноса воздушных масс, содержащих пестициды, и

поверхностного стока, инфильтрационных вод. В животноводстве основным загрязнителем являются мертвая органика и сточные воды, содержащие органические вещества. В данном случае наибольшую опасность представляет не столько токсичность загрязнителей, сколько их объемы, образующиеся в результате жизнедеятельности животных [13].

Промышленность региона является крупнейшим потребителем воды и, одновременно, основным источником вредного воздействия на состояние вод. Основными загрязнителями являются такие отрасли промышленности, как металлургическая, химическая, целлюлозно-бумажная, нефтеперерабатывающая [31].

Количество сточных вод и их качественный состав зависит от вида производства, исходного сырья, различных добавочных продуктов, участвующих в технологических процессах, от принятой на данном производстве технологии, от качества производственной аппаратуры и т. д. [3].

В таблице 2 приведены источники загрязнения и основные элементы-загрязнители, исходя из хозяйственной деятельности в регионе [6, 28].

Таблица 2 – Источники загрязнения и основные вещества-загрязнители

Источник загрязнения	Основные загрязнители
Автотранспорт	Выхлопные газы – смесь из 200 веществ. В газах содержатся: углеводороды, оксид углерода (II), оксид серы (IV), оксиды азота, аэрозоль свинца, хлор, сажа
Предприятия по производству минеральных удобрений	Оксиды азота, серы, углерода, фториды, аммиак, пыль, азотная кислота и др.
Деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	Стойкие органические соединения, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , V, H <sub>2</sub> S, Cl <sub>2</sub>
Легкая промышленность	Cr, Zn, Hg
Пищевая промышленность	Органические вещества, сульфаты, фосфаты, нитраты, щелочи и кислоты
Железнодорожный транспорт	Пыль, нефтепродукты и отходы их сгорания (NO, углеводороды, сажа), Pb, Zn, Co, Be, Cu, B и др.
Судоходный транспорт	Нефтепродукты 0-6 ПДК (начало навигации) до 20 ПДК (ее окончание); не менее 200 т различных масел и бензина
Нефтеперерабатывающая	CO, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S, ТМ

Исходя из данных, приведенных в таблице 2, следует, что виды химического загрязнения вод в районе исследования разнообразны. Это органические вещества: нефтепродукты, газообразные углеводороды, фенолы и другие стойкие органические соединения. Среди неорганических веществ важными загрязнителями являются оксиды серы и азота, угарный газ, сероводород, тяжелые металлы, аммиак, сажа и др. С учетом того, что многие газообразные загрязнители (например, оксиды серы и азота, сероводород, аммиак) хорошо растворимы в воде, можно сделать вывод о масштабном воздействии промышленных и транспортных загрязнителей на воды района.

Следует отметить, что кроме источников, указанных в таблице, выше по течению реки Сясь находятся обогатительные комбинаты, стоки которых богаты железом и марганцем. Предприятия являются источниками опасного загрязнения вод этими металлами [9].

Основным источником металлов в воде Ладожского озера являются притоки, при этом наибольшую роль в поступлении металлов в водоем играют главные реки бассейна, которые поставляют Fe — 75%, Al — 86%, Mn — 83%, Cu — 82%, Pb — 86% от общего речного поступления каждого из металлов. В химическом составе вод притоков преобладающим среди металлов является железо, концентрации алюминия и марганца ниже; наименьшие концентрации у меди, кобальта и свинца [17].

Загрязнение марганцем реки Волхов – вторичное, его источником является мелководный бар, находящийся в истоке Волхова и формирующий на дне застойные участки. Бар сформировался сравнительно недавно в верховьях реки, в основном вследствие антропогенного воздействия (постройки Волховской ГЭС), чему способствовали равнинное и низменное положение поймы и значительная ширина русла [2].

### 2.3 Экологические последствия загрязнений

Как было сказано выше, загрязнение природных вод является одной из глобальных проблем человечества. В результате использования ее состав пополняется различными веществами, содержащими многие химические элементы, влияние которых на живые организмы и человека однозначно негативное.

Качественная природная вода – это, в большинстве случаев, невозобновляемый ресурс. Без чистой воды человек может прожить считанные дни, а организмы, постоянно живущие в водоемах, гидробионты, при определенном загрязнении могут сразу же погибнуть. В результате гибели организмов исчезают трофические связи, нарушается экологическое равновесие.

Выделяют разные формы загрязнения вод нефтепродуктами. Одной из них является загрязнение в виде мелких капель/комочков, плавающих в толще воды, которые будут являться субстратом для обильно поселяющегося перифитонного сообщества: одноклеточных водорослей, бактерий, простейших и других организмов. Загрязнение в виде пленки нарушает дыхание гидробионтов, так как препятствует проникновению кислорода в толщу воды. Загрязнение растворяющимися фракциями нефти является особо токсичным для подавляющего большинства гидробионтов [37].

Опасными загрязнителями являются пестициды, которые по химическому составу классифицируются на группы – хлорорганические и фосфорорганические. Основной путь поступления пестицидов в организмы – через истонченные покровы и слизистые, в частности через жабры и другие органы дыхания.

Хлорорганические пестициды плохо растворяются в воде, но хорошо растворимы в жирах, липидах, восках. Поэтому они накапливаются в жировой ткани, печени, почках и мозге гидробионтов; попадая в организм, имеют свойство надолго удерживаться в нем. Пестициды очень устойчивы и обладают

широким эффектом воздействия (токсический, мутагенный, канцерогенный), что делает их особенно опасными.

Фосфорорганические пестициды не накапливаются в организмах, поскольку быстро растворяются под действием внутриклеточных ферментов.

Кроме вышеперечисленных, еще одним в списке приоритетных загрязнителей природной среды является группа тяжелых металлов (ТМ), относящаяся к неспецифическим загрязняющим веществам, т.к. присутствует практически во всех компонентах загрязненных природных экосистем. Среди тяжелых металлов наибольшую роль в загрязнении водоемов играют ртуть, свинец, олово, кадмий, хром, медь, цинк. В организмы гидробионтов ТМ попадают преимущественно с пищей и через поверхность тела (в водные растения). Наиболее опасное влияние тяжелых металлов на водный организм – отравление системы ферментов. Опасность ТМ усугубляется тем, что они устойчивы к разрушению в течение долгого времени; накопление происходит быстро, а их выведение из организма медленно [37].

Загрязнение вод детергентами (синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ), антисептиками, фенолами и многими другими веществами) также оказывает негативное воздействие на гидробионтов: происходят изменения в процессах организма, а при больших концентрациях может вызвать их массовую гибель [22].

Некоторые виды хозяйственной деятельности (сельское хозяйство, промышленное производство, городская бытовая канализация, рекреационная деятельность) сопровождаются сбросами стоков, содержащих биогенные элементы. При сбросе в водные объекты таких стоков возможно антропогенное эвтрофирование, в результате которого происходит перестройка экосистемы водоема: увеличивается продуктивность водных сообществ, деструкционные процессы отстают от продукционных процессов, вследствие чего органическое вещество накапливается в водных объектах. Вследствие этого ухудшается качество воды и происходит гибель водных организмов [23].

Как известно, все сферы земли взаимосвязаны. С водных объектов помимо испарения воды, может происходить и испарение летучих веществ, которые вместе с водяным паром конденсируются в атмосфере и в виде осадков выпадают на земную поверхность (твердую и водную). Таким образом, загрязненный водный объект может загрязнять почвы и другие водоемы, даже те, что находятся далеко от него.

Загрязненная вода оказывает негативное воздействие на человека, на его здоровье. С потреблением загрязненной воды связано возникновение заболеваний пищеварительной и мочевыделительной систем, опорно-двигательного аппарата, распространение кишечных инфекций, увеличение риска развития онкологических. Помимо загрязненной воды, на здоровье человека оказывает непосредственное влияние употребление в пищу гидробионтов, обитавших в водах, содержащих повышенные концентрации тяжелых металлов (ртуть, свинец и др.), пестицидов (ДДТ и др.), радиоактивных и других веществ [4].

#### 2.4 Мониторинг загрязнения вод

Мониторинг поверхностных вод суши (ПВС) – система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, физических и юридических лиц. Это составная часть государственного мониторинга, который проводится организациями ряда министерств и ведомств [34].

В рамках ведения мониторинга ПВС общегосударственная гидрологическая сеть осуществляет регулярные наблюдения за состоянием поверхностных вод в части количественных показателей, обеспечивает сбор, обработку, обобщение и хранение сведений, полученных в результате

наблюдений, и обеспечивает представление данных проводимого мониторинга органам власти разных уровней.

Мониторинг является неотъемлемой частью охраны окружающей среды. Благодаря регулярным наблюдениям, можно определить текущее и спрогнозировать дальнейшее состояние водных объектов, выявить и спрогнозировать развитие негативных процессов, которые повлияют на качество воды, оценить эффективность осуществляемых мероприятий по охране водных объектов [7].

Мониторинг вод Волховской губы осуществляется в рамках мониторинга вод Ладожского озера. Основной организацией, осуществляющей многолетние наблюдения в регионе, является Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗ УГМС) Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – Росгидромета.

В рамках своей компетенции к проведению мониторинга на Ладожском озере и его водосборе привлечены Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы) и его территориальный орган – Невско-Ладожское бассейновое водное управление (НЛБВУ), Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) и его территориальное управление – Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ – СПб Филиал ФГБНУ ВНИРО), а также предприятия-водопользователи (в том числе, ГУП Водоканал СПб). При этом регулярные мониторинговые наблюдения за характеристиками водной массы Ладожского озера являются ответственностью СЗ УГМС.

Изначально экологический мониторинг Ладожского озера проводился СЗ УГМС по индивидуальной схеме в существенно более расширенном варианте по сравнению с вариантом, определенным современными руководящими документами Росгидромета, который учитывал уникальность

объекта и его геостратегическое значение. На начальном этапе своего существования система наблюдений СЗ УГМС в акватории Ладожского озера имела пространственную структуру, включающую около 70 станций, достаточно полно охватывающую акваторию озера. При выборе сетки станций учитывался опыт работ Института озероведения, который выполняет исследования Ладоги, начиная с пятидесятых годов прошлого века. Однако в последние десятилетия трансформация системы наблюдения СЗ УГМС происходила в направлении ее оптимизации и сокращения, в основном, по причине уменьшения финансирования [36].

Организациями, входящими в государственную наблюдательную сеть Росгидромета, производятся наблюдения за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши по следующим основным показателям: гидрохимическим, гидрологическим, гидробиологическим, токсикологическим. К гидрохимическим показателям относят те, которые отражают ее физические свойства и химический состав. Состояние воды по гидробиологическим характеристикам определяют, исходя из изучения и анализа состояния сообществ гидробионтов. Токсикологические показатели отражают содержание в водах токсических компонентов, что исследуется преимущественно методом биотестирования [34].

Качество природных вод оценивают, сопоставляя результаты полученных измерений с нормативами качества воды: в нашей стране используется системы предельно допустимых концентраций (ПДК) и интегральные индексы. По загрязненности поверхностные воды разделяют на несколько классов: условно чистые (1 класс), слабо загрязненные (2 класс), загрязненные (3 класс), грязные (4 класс), экстремально грязные (5 класс). В основу такой классификации положено значение интегрального показателя – удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), который определяется по частоте и кратности превышения ПДК по отдельным показателям.

Следует отметить, что от того, к какой категории объекта водопользования относится водный объект, зависят и применяемые к оценке

его качества нормативы. Существуют следующие категории: хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения. Наиболее жесткие нормативы для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Анализ результатов мониторинга вод Ладожского озера за последние 10 лет (по данным СЗ УГМС) позволяет сделать следующие выводы:

- вода в большинстве районов озера характеризуется как слабо загрязненная;

- наименьшая загрязненность вод наблюдается в центральной части озера;

- одна из наиболее загрязненных частей озера – в районе Волховской губы (вода загрязненная). Отмечается отрицательная динамика загрязнения вод в этом районе (от умеренно загрязненной в 2013 году и ранее до загрязненной, начиная с 2014 года) [19].

Таким образом, Волховская губа – один из наиболее загрязненных районов Ладожского озера.

## Выводы по главе 2

1. Территория, прилегающая к Волховской губе Ладожского озера, – Волховский район Ленинградской области – имеет развитую промышленность, которая представлена различными отраслями. Это обрабатывающее производство, химическая промышленность, производство и распределение электроэнергии, газа и воды, транспорт и связь, строительство, сельское хозяйство, оптовая и розничная торговля. Активная хозяйственная деятельность является источником высокой антропогенной нагрузки на данную территорию, в том числе и на воды Волховской губы.

2. Основные загрязнители поступают в Волховскую губу со стоком впадающей в нее крупной реки Волхов, а также со стоком реки Сясь,

впадающей в озеро неподалеку. Вещества, загрязняющие воды Волховской губы, многочисленны: это нефтепродукты, фенольные соединения, пестициды, детергенты, щелочи, нитраты, сульфаты, тяжелые металлы и т.д. Некоторые загрязнители, например марганец, поступают в воды в результате вторичного загрязнения.

Загрязнение вод имеет большие экологические последствия, которые выражаются в изменении количества и состава гидробионтов, в нарушении трофических связей, во влиянии на здоровье людей.

3. Качество природных вод оценивают, сопоставляя результаты полученных измерений с нормативами качества воды: в нашей стране используются системы предельно допустимых концентраций и интегральные индексы. По загрязненности поверхностные воды разделяют на несколько классов: условно чистые, слабо загрязненные, загрязненные, грязные, экстремально грязные. В основу такой классификации положено значение интегрального показателя – удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), который определяется по частоте и кратности превышения ПДК по отдельным показателям.

По данным экологического мониторинга вод Ладожского озера, вода в большинстве районов водоема характеризуется как слабо загрязненная. Наибольшая загрязненность вод фиксируется в районе Волховской губы (загрязненная), при этом отмечается отрицательная динамика загрязнения вод в этом районе (от умеренно загрязненной до загрязненной). Таким образом, Волховская губа – один из наиболее загрязненных районов Ладожского озера.

### Глава 3. ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЛХОВСКОЙ ГУБЫ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

В данной главе представлены результаты исследования качества вод Волховской губы Ладожского озера, проведенного на базе Санкт-Петербургского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства им. Л.С. Берга (ГосНИОРХ) в лаборатории рыбохозяйственной экологии в 2022-2023 годах. Исследование выполнено автором в период прохождения производственной практики.

Для оценки экологического состояния Волховской губы были использованы как данные мониторинга, предоставленные сотрудниками лаборатории, так и данные, полученные автором по результатам анализа проб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ладожское озеро – это крупнейший водоем европейской части России, имеющий большое природное и народно-хозяйственное значение. Волховская губа является южной частью Ладожского озера. Это один из наиболее загрязненных районов озера, поскольку он подвергается активному антропогенному воздействию.

Данное исследование направлено на оценку экологического состояния Волховской губы Ладожского озера по гидрологическим и токсикологическим показателям. Его целесообразность обусловлена необходимостью обеспечения устойчивого экологического состояния Волховской губы как части Ладожского озера в связи с высокой антропогенной нагрузкой на водоем.

В ходе исследования выявлено, что основной приток воды в Волховскую губу осуществляется за счет крупной реки Волхов, а также реки Сясь, впадающей в озеро неподалеку. Течения воды в районе исследования формируются под влиянием сгонно-нагонных явлений и неравномерного прогрева воды в разных частях озера.

Территория, прилегающая к Волховской губе Ладожского озера, – Волховский район Ленинградской области – имеет развитую промышленность, которая представлена различными отраслями. Активная хозяйственная деятельность является источником высокой антропогенной нагрузки на данную территорию, в том числе и на воды Волховской губы. Основные загрязнители поступают со стоками рек: это нефтепродукты, пестициды, детергенты, нитраты, сульфаты, тяжелые металлы и т.д. Некоторые загрязнители, например марганец, поступают в результате вторичного загрязнения. Загрязнение вод имеет большие экологические последствия, которые выражаются в изменении количества и состава гидробионтов, во влиянии на здоровье людей.

Для оценки экологического состояния Волховской губы были использованы данные экологического мониторинга, что позволило рассмотреть динамику состояния вод по гидрохимическим и токсикологическим показателям, как наиболее информативным. Гидрохимические показатели – концентрация растворённого кислорода, рН, окислительно-восстановительный

потенциал. Токсикологические показатели – концентрации ряда тяжёлых металлов и нефтяных углеводородов, а также показатель острой и хронической токсичности с помощью тест-объекта *Daphnia magna Straus*.

Результаты исследования по гидрохимическим показателям выявили, что концентрация растворенного кислорода соответствует нормативам. Уменьшение окислительно-восстановительного потенциала свидетельствует о снижении скорости окисления органического вещества. По увеличению рН в отдельных районах Волховской губы можно судить о более интенсивном развитии фитопланктона. Качество стока, влияющего на экологическое состояние Волховской губы, низкое: вода в реке Волхов в разные годы характеризуется как грязная / очень загрязненная; вода в реке Сясь – грязная. Это свидетельствует о неблагоприятной среде для гидробионтов.

В результате анализа результатов мониторинга состояния вод Волховской губы по токсикологическим показателям превышения ПДКвр по кадмию и свинцу зафиксировано не было, при этом концентрации меди и марганца превышали ПДКвр. По результатам биотестирования воды в исследуемом районе не обладают острой токсичностью по показателям «плодовитость» и «выживаемость». Однако было отмечено, что в 2022 году на станции 3 вода обладает хронической токсичностью по показателю «выживаемость». Пробы, отобранные на станциях 1 и 4 Ладожского озера, не показали хронической токсичности по показателю «выживаемость», но были близки к критическому значению. В прошлые годы хронической токсичности по этому показателю не выявлено. Превышений нормативов по тяжелым металлам и нефтяным углеводородам в донных отложениях не выявлено.

Анализ результатов исследования вод Волховской губы Ладожского озера по гидрохимическим и токсикологическим показателям свидетельствует о неблагоприятной среде для гидробионтов и позволяет сделать вывод о неблагоприятном экологическом состоянии этой части озера. Оценка исследованных показателей в их совокупности подтверждает, что воды Волховской губы могут быть отнесены к 3 классу загрязненности (загрязненные / очень загрязненные).

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Ленинград : Гидрометиздат, 1970. 415 с.
2. Анализ результатов гидро- и геохимического мониторинга озера Ильмень [Электронный ресурс] // Киберленинка : сайт. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rezultatov-gidro-i-geohimicheskogo-monitoringa-ozera-ilmen/viewer> (дата обращения: 01.05.2023).
3. Бесценная М.А., Орлов В.Г. Использование, преобразование и охрана водных ресурсов. Ленинград : Ленинградский политехнический институт имени М. И. Калинина, 1979. 60 с.
4. Биоиндикация и биотестирование в пресноводных экосистемах / Н.В. Зуева, Д.К. Алексеев, А.Ю. Куличенко и др. Санкт-Петербург : РГГМУ, 2019. 140 с.
5. Бреховских В.Ф., Казмирук Т.Н., Казмирук В.Д. Донные отложения Иваньковского водохранилища. Москва : Наука, 2006. 175 с. [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/rid\\_bc980f344501434587067731d9a292f6.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_bc980f344501434587067731d9a292f6.pdf) 27
6. Влияние антропогенных факторов на водные ресурсы промышленно развитых районов Северо-Западного ФО [Электронный ресурс] // Система информационного наполнения Портала КарНЦ РАН : сайт. URL: [http://resources.krc.karelia.ru/water/doc/strategy2015/155-161\\_strategy2015\\_i\\_003-485.pdf](http://resources.krc.karelia.ru/water/doc/strategy2015/155-161_strategy2015_i_003-485.pdf) (дата обращения: 30.04.2023).
7. Водный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон от 03 июня 2006 года N 74-ФЗ (ред. от 28.04.2023) [Электронный ресурс]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_60683/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/) (дата обращения: 30.04.2023).
8. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации за 2020 год [Электронный ресурс]. URL: [https://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202020\\_0.pdf](https://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202020_0.pdf) (дата обращения: 20.04.2023).

9. Ежегодник качества поверхностных вод Российской Федерации за 2021 год [Электронный ресурс]. URL: [https://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202021\\_1.pdf](https://gidrohim.com/sites/default/files/Ежегодник%202021_1.pdf) (дата обращения: 20.04.2023).

10. Инвестиционный паспорт Волховского муниципального района Ленинградской области 2017 года [Электронный ресурс]. URL: [https://lenoblinvest.ru/images/Invest\\_Passport\\_Volkhovsky\\_2017.pdf](https://lenoblinvest.ru/images/Invest_Passport_Volkhovsky_2017.pdf) (дата обращения: 15.04.2023).

11. Инвестиционный паспорт Волховского муниципального района Ленинградской области 2020 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.admvmr.ru/index.php/economy/investitsionnyj-pasport> (дата обращения: 15.04.2023).

12. Исмагилов Р.Р. Проблема загрязнения водной среды и пути ее решения // Молодой ученый. 2012. № 11 (46). С. 127-129.

13. Источники химического загрязнения и их влияние на гидросферу и здоровье человека [Электронный ресурс] // Киберленинка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istochniki-himicheskogo-zagryazneniya-i-ih-vliyanie-na-gidrosferu-i-zdorovie-cheloveka/viewer> (дата обращения: 30.04.2023).

14. Комитет по труду и занятости Ленинградской области / Паспорт трудовых ресурсов Волховского муниципального района Ленинградской области [Электронный ресурс]. URL: [https://job.lenobl.ru/media/uploads/userfiles/2019/07/23/ПТР\\_Волховский\\_МР.pdf](https://job.lenobl.ru/media/uploads/userfiles/2019/07/23/ПТР_Волховский_МР.pdf) (дата обращения 04.03.2023).

15. Крылова Ю.В., Курашов Е.А., Пономаренко А.М. и др. Оценка экологического состояния литоральной зоны Ладожского озера по результатам исследований 2019 года // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 6. С. 102–120.

16. Курашов Е.А., Барбашова М.А., Дудакова Д.С. и др. Экосистема Ладожского озера: современное состояние и тенденции ее изменения в конце XX – начале XXI в. // Биосфера. 2018 Т. 10 № 2. С.66–121.

17. Ладога / под ред. С.А. Кондратьева, В.А. Румянцева. Санкт-Петербург : ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН, 2013. 560 с.
18. Ладога / Лоция Ладожского озера [Электронный ресурс]. URL: <https://ladoga-lake.ru/pages/artcl-ladoga-sailing-05.php> (дата обращения 04.03.2023).
19. Ладожское озеро — геостратегический водный объект Северо-Запада России и его зоны экологического риска [Электронный ресурс] / Ш.Р. Поздняков, С.А. Кондратьев, А.М. Расулова, К.Д. Коробченкова // Гидрометеорология и экология : электронный журнал. 2021. URL: <https://notes.rshu.ru/wp-content/uploads/2021/03/maket-62-el-139-161.pdf> (дата обращения 20.02.2023).
20. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. Атлас / ред. В.А. Румянцев. Санкт-Петербург : Нестор-История, 2015. 200с.
21. Ладожское озеро: общая характеристика, экологическое состояние [Электронный ресурс] // Общество, среда, развитие. URL: [https://terrahumana.ru/arhiv/10\\_02/10\\_02\\_39.pdf](https://terrahumana.ru/arhiv/10_02/10_02_39.pdf) (дата обращения: 4.05.2023).
22. Литвенкова И.А. Гидроэкология : Электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]. 2011. URL: <https://rep.vsu.by/bitstream/123456789/2306/5/Гидроэкология.pdf> (дата обращения 10.05.2023).
23. Науменко М.А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ : Учебное пособие. Санкт-Петербург: изд. РГГМУ, 2007. 100 с.
24. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург, 2001. 444 с.
25. Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга. Региональный норматив. Санкт-Петербург, 1996. 20 с.
26. Официальный сайт Волховского филиала АО «Апатит» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.phosagro.ru/about/holding\\_volkhov/](https://www.phosagro.ru/about/holding_volkhov/) (дата обращения: 15.04.2023).

27. Официальный сайт Сясьского ЦБК [Электронный ресурс]. URL: <https://syas.ru/about-us/> (дата обращения: 15.04.2023)
28. Пестряков В.К. Почвы Ленинградской области. Ленинград : Лениздат, 1973. 344 с.
29. Петрова Н.А., Иофина И.В., Капустина Л.Л. и др. Антропогенное эвтрофирование Ладожского озера (этапы трансформации экосистемы, 1975–2004 гг.) // Экологическая химия. 2005. 14(4). С. 209-234.
30. Петростат. Численность населения Ленинградской области в разрезе муниципальных образований по состоянию на 1 января 2022 года [Электронный ресурс]. URL: <https://petrostat.gks.ru/storage/mediabank/Числ.ЛО%20на%2001.01.2022.pdf> (дата обращения 02.12.2022).
31. Правовое регулирование промышленного водопользования в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Киберленинка. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovoe-regulirovanie-promyshlennogo-vodopolzovaniya-v-rossiyskoj-federatsii/viewer> (дата обращения: 30.04.2023).
32. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 декабря 2016 г. N 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71586774/> (дата обращения: 30.04.2023).
33. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги [Электронный ресурс] // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. URL: <https://waterjournal.ru/files/wj/1572249538.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).
34. РД 52.24.309-2016. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ГХИ, 2016. 100 с.

35. Совет депутатов Волховского муниципального района [Электронный ресурс] / Официальный сайт Волховского муниципального района Ленинградской области. URL: <https://volsov.ru/rajon/> (дата обращения 02.12.2022).

36. Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата: монография / под общей ред. С.А. Кондратьева, В.А. Румянцева. – Санкт-Петербург: ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН, 2021. 641 с.

37. Современное состояние и проблемы мониторинга поверхностных водных объектов России (обзор) [Электронный ресурс] // Теоретическая и прикладная экология. URL: <http://envjournal.ru/ari/v2021/v2/21202.pdf> (дата обращения: 01.05.2023).

38. Соколов А.А. Гидрология СССР. Ленинград : Гидрометеиздат, 1952. 287 с.

39. Экология человека: учеб. пособие / под ред. В.П. Иванова. Санкт-Петербург, 1997.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Волховская губа Ладожского озера на карте

