

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

Кафедра прикладной и системной экологии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(Бакалаврская)

На тему «Оценка загрязненности реки Охта»

**Исполнитель: Орлова Татьяна Викторовна**

(фамилия, имя, отчество)

**Руководитель: к.г.н., доц. каф. прикладной и системной экологии**

(ученая степень, ученое звание)

**Урсова Елена Сергеевна**

(фамилия, имя, отчество)

  
(подпись)

*к. г. н., доцент*

(ученая степень, ученое звание)

  
*Алексеев Денис Константинович*

(фамилия, имя, отчество)

*«3» июля* 2023

Санкт-Петербург

2023

## РЕФЕРАТ

Отчет содержит 48 страниц, 2 рисунка, 12 таблиц, 8 графиков, 21 источник. Работа включает содержание, введение, три главы, заключение и список использованных источников.

Ключевые слова: мониторинг, концентрация, содержание, оценка, анализ.

Целью данной работы является оценка загрязнённости вод в реке Охте, основываясь на данных гидрохимических и гидробиологических показателей за период с 2016 по 2022 гг. Объектом исследования являются концентрации веществ в реке Охта.

Основная часть содержит характеристику объекта исследования (физико-географическую, гидрографическую, а также описание качества воды по литературным данным), характеристику исследуемых показателей (материалы и методы исследования), а также сама пространственно-временная динамика загрязненности реки Охта.

Результаты данного исследования могут использоваться в рамках планирования хозяйственной деятельности и определения допустимой нагрузки на водную экосистему.

## **ABSTRACT**

The report contains 48 pages, 2 pictures, 12 tables, 8 graphs, 21 sources. The work includes a content, an introduction, three chapters, a conclusion and a list of sources used.

**Keywords:** monitoring, concentration, content, evaluation, analysis.

The purpose of this work is to assess the pollution of the waters of the Okhta River according to hydrochemical and hydrobiological indicators for 2016-2022. The object of the study is the concentration of substances in the Okhta River.

The main part contains the characteristics of the object of study (physical, geographical, hydrographic, as well as a description of water quality according to literature data), the characteristics of the studied indicators (materials and research methods), as well as the spatial and temporal dynamics of pollution of the Okhta River itself.

The results of this study can be used to plan economic activities and determine the permissible load on the aquatic ecosystem.

## ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Гидрографическое описание — это описание водных объектов и отдельных частей водоёмов.

БПК (Биохимическое потребление кислорода) — это количество кислорода, которое расходуется на разложение нестойких органических соединений, которые содержатся в исследуемой воде, а также аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов.

БПК<sub>5</sub> - это биохимическое потребление кислорода бактериями, содержащимися в сточной воде, за 5 суток при  $t = 20^{\circ}\text{C}$ .

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
1.1 Физико-географическая характеристика района исследования.....	8
1.2 Гидрографическое описание реки Охта .....	12
1.3 Качество вод реки Охта по литературным данным.....	13
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	17
2.3 Материалы исследуемых показателей .....	17
2.4 Методы определения растворенного кислорода в воде Титрование по Винклеру (Winkler). Титриметрический метод.....	18
2.5 Электрод Кларка. Электрохимический или полярографический метод .....	19
2.6 Методики определения концентрации растворенного кислорода и биологического потребления кислорода (БПК <sub>5</sub> ) в поверхностных водах .....	21
2.7 Методики определения содержания нитритного азота, аммонийного азота.....	21
3 ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ ОХТА .....	23
3.3 Динамика концентрации кислорода.....	23
3.4 Динамика концентрации БПК <sub>5</sub> .....	26
3.5 Динамика концентрации азота аммонийного .....	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	43
Приложение 1. Проверка на уникальность текста .....	47

## **ВВЕДЕНИЕ**

Оснащённость территории водными ресурсами является основным фактором для любого поселения. От сельских поселений до мегаполисов, это относится к числу главных составляющих жизни.

Обеспечение водой населенного пункта представляется важным, особенно если речь идет о современном темпе жизни и уровне комфорта.

Стремительное развитие мегаполисов и переезды в них населения из посёлков, усиливает влияние на всю инфраструктуру города, что в свою очередь приводит к увеличению антропогенной нагрузки как на водную экосистему города, так и на все сопутствующие экологические показатели. Такие проблемы, как нарушение баланса в водной экосистеме, а также возможность её разрушения являются неминуемыми последствиями отсутствия качественного мониторинга показателей водных ресурсов. Такое отношение может привести к нарушениям, которые затронут связанные с водными ресурсами экосистемы, вплоть до жизни города в целом.

В течение последних 20 лет наблюдается динамичное развитие Санкт-Петербурга и Ленинградской области, в следствие чего численность населения также неуклонно растёт.

Последние 13 лет стремительными темпами развивается город Мурино, граничащий с Санкт-Петербургом и Всеволожским районом Ленинградской области. Река Охта является основным водным источником города. С 2010 года население города Мурино показывает стремительное увеличение и составило 104 тысячи человек на 1 января 2023 года. На фоне столь активного увеличения города стоит принять во внимание и возрастающую антропогенную нагрузку на водные ресурсы в районе города. [19]

Тематика выпускной квалификационной работы обусловлена активной урбанизацией г. Мурино, что является причиной необходимости отслеживания динамики загрязнённости реки Охты с целью предотвращения

критических загрязнений и как следствие, необратимых экологических изменений.

Целью выпускной квалификационной работы является оценка загрязнённости вод реки Охты по данным гидрохимических показателей за 2016–2022 гг.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Исследовать характеристику реки Охты;
2. Проанализировать исследуемые показатели реки Охты;
3. Изучить пространственно-временную динамику загрязнённости реки Охты;
4. Сформировать вывод на основе полученных результатов.

Научная новизна данной работы обусловлена тем, что комплексная оценка качества вод на исследуемом участке р. Охты позволит актуализировать данные о степени её загрязнения.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена упрощением процесса определения допустимых пределов нагрузки на водные ресурсы, а также планирования хозяйственной деятельности в рамках этих ограничений.

## **1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ**

Оценка загрязнённости проведена в среднем участке реки Охта от г. Мурино до водохранилища (Санкт-Петербург) и после него. Соответственно необходимо представить физико-географическую характеристику реки и данного района исследования.

### **1.1 Физико-географическая характеристика района исследования**

Санкт-Петербург – один из самых важных промышленных, научных и культурных центров Российской Федерации, крупнейший транспортный узел, а также морской порт. Расположен на северо-западе страны на побережье Невской губы Финского залива, в устье реки Невы и на островах её дельты.

Общая площадь Санкт-Петербурга - 606 км<sup>2</sup>. Зона пригорода общей площадью 15000 км<sup>2</sup>. В Санкт-Петербурге и его окрестностях проживает более 5,7 миллионов человек. Общая протяжённость всех водотоков на территории Санкт-Петербурга достигает 282 км, а их водная поверхность составляет около 7 % всей площади города.

Основные районы в городе: дельтовый, южный (левобережный) и северный (правобережный).

Правобережье – это более высокая часть города – отличающаяся обилием прудов, озёр, растительностью, а также пересечённостью рельефа и общей красочностью ландшафта. Менее благоугодный для освоения является восточная часть берега, на которой находятся крупные площади заторфованных земель.

Левобережный район в основном состоит из плоской однообразной равнины, которая простирается на юг вплоть до Пулковских высот и водотока Фонтанка (протока дельты реки Невы, пересекающая центральную часть города). На пустых площадях этой территории почти отсутствует растительность, а также мало водотоков. В зоне южного побережья Финского

залива некоторые участки уступа приморской террасы являются исключением.

Острова невской дельты – район старого освоения, значительная часть которого уже застроена или занята парками. Неосвоенными здесь остались только болотистые участки в прибрежных низинах. Районы дельты, которые масштабно распахнуты в сторону моря и водных пространств Невы, выделяются эстетичностью. Центр Санкт-Петербурга планировалось разместить именно на Васильевском острове, но растущая роль Адмиралтейства как промышленного центра, а также затрудненная доступность в связи с отсутствием мостов через Неву и трудности с переправой строительных ресурсов на остров привели к преобладающему росту города на левом берегу Невы.

Леса и болота преобладали в естественной части города. Сейчас лесная растительность осталась только в лесопарках районов новой застройки и в пригородной зоне.

Современный ландшафт города и его окрестностей складывался в течение нескольких геологических эпох. Ключевые, базовые элементы сформировались ещё в дочетвертичное время. Впоследствии, под влиянием ледников, их вод, а также обширных морских и озёрных бассейнов изменялся и рельеф. Колебания суши в зоне балтийского щита привели к изменению уровней этих бассейнов. Итогом модификации водоёмов стала разноуровневая система древних береговых валов, уступов и террас. Такие образования отчетливо выражаются на территории города. Однозначно вырисовывается уступ самой низкой и молодой приморской террасы. От парка Лесотехнической академии им. С.М. Кирова до северной части района Коломяг проходит дугообразная линия данного уступа, далее движется на левобережье Невы, затем на Автово и вдоль южного берега Невской губы до южных границ города. Уступ приморской террасы приподнимается над уровнем моря всего на 3-4 м на левом берегу Невы. Но это значительно

важный природный рубеж, ведь при особенно грозных нагонных наводнениях граница затопления города проходит вдоль его гребня.

Значительная доля территории Санкт-Петербурга находится на высоте, не превышающей 2-3 м над уровнем моря.

Окрестности Санкт-Петербурга олицетворяют собой ступенчатую равнину, высота которой не превышает 50-100 м над уровнем моря. На территории вышесказанной местности, несмотря на сравнительно не большую площадь, находится ряд видов ландшафтных районов, среди которых: побережье Финского залива, моренный холмистый (камовый) район, Ордовикское (Ижорское) плато, Приневскую низину и.

Богатое разнообразие почвенных покровов района наблюдается благодаря разделенности рельефа. 11 почвенных районов, обладающих разновидностями геологического строения крупных массивов, рельефа, гидрологических условий и растительности в окрестностях Санкт-Петербурга. Разнообразно распространены типы почв, многообразен характер и степень освоенности земель. Самыми распространенными почвами на данной территории являются подзолистые.

В окрестностях Санкт-Петербурга распространены заболоченные и болотные почвы. В совокупности они являются одной третью общего почвенного покрова зоны. Непроходимые, зыбучие болота охватывали чуть ли не всю его площадь, на период основания города. Под застройку чаще всего выбирались участки с заболоченными, а иногда и заторфованными грунтами и плавунами.

В районах пригорода Санкт-Петербурга в основном вырастают ели, берёзы, осины, сосны, ольха серая и чёрная. Из имеющихся пород деревьев в лесном массиве частота встречаемости хвойных пород деревьев около 61%, берёзы – 28%, осины – 8%, ольхи – 3%.

Важную значение в развитии города играет река Нева. Данный водный объект оказывает влияние на формирование климатических особенностей. Данный водный объект оказывает влияние на формирование климатических

особенностей района Санкт-Петербурга и на народнохозяйственную деятельность в пределах города.

Санкт-Петербург занимает одно из первых мест в мире по многообразию вод: от всей площади города (в том числе побережье Финского залива), водная поверхность составляет целых 10%. В эти 10% входят 86 рек и каналов общей длиной около 300 километров.

Река Нева – довольно глубокая и широкая, с весьма сильным течением, судоходная на всём пути. Самая распространённая глубина реки 8-11 м, наибольшая глубина составляет 24 м (у Литейного моста). У реки большая площадь водосбора, она составляет 281 тыс. км<sup>2</sup> при длине всего в 74 км. В дельте её ширина составляет от 1000 до 1250 м, а скорость течения 0,8-3 м/с.

Уровень воды в устье реки Невы, поднимаясь выше, чем на 150 см над ординаром водомерного поста «Горный институт», приводит к наводнениям. В период с 1703 по 1980 года было выделено 144 года, в которые наводнения не происходили. Но за эти 278 лет, было зарегистрировано 249 случаев наводнений, в какие-то года они наблюдались по несколько раз:

- 1752 г. – пять раз (три раза более 2 м);
- 1863 г. – восемь раз (один раз более 2 м);
- 1874 г. – семь раз (два раза более 2 м);
- 1975г. – пять раз (два раза более 2 м);
- 1978г. – четыре раза (три раза около 2 м).

Опасный уровень воды для города, составляет 2 метра и более. В таком случае происходит затопление улиц, парков и жилых кварталов города. Критически опасными, наводнения были в 1777 г. (3м 10 см), 1824 г. (4 м 10 см) и 1924 г. (3м 69 см).

В течение всего года, регистрируются все возможные случаи наводнения, однако в период осени, с сентября по ноябрь, приходится наибольшее их количество (около 70% от общего числа случаев).

Все превышения уровня воды в устье реки Невы делят на 3 группы:

1. Подъёмы уровня воды происходит из-за ветрового нагона в восточной части Финского залива, это когда вода вгоняется в устье реки Невы. В такой ситуации, станции наблюдения на Балтийском море и Финском заливе не фиксируют важных подъёмов уровня воды, если изначальный уровень не значителен. Но, при высоком изначальном уровне воды, ветровые нагоны могут превышать высоту в 2 метра.

2. Подъёмы, которые вызываются сейшевыми колебаниями уровня Балтийского моря. Такие увеличения уровня воды на всех станциях Балтийского моря и Финского залива происходят в одно время. Сейшевые колебания в устье реки Невы обычно не больше 1 м, но при влиянии на сейшу западного ветра, превышение воды может достигнуть отметки в 1,5 метра и всего в нескольких случаях может превысить её и привести к наводнениям.

3. Подъёмы, из-за длинных волн Балтийского моря, входящих в Финский залив – именно такие волны объясняют все значимые превышения уровня воды в устье реки Невы, включая наводнения. [5, 7, 8]

## **1.2 Гидрографическое описание реки Охта**

Название — ср. карел. Uhtuo — «протока», «река».

Исток реки происходит в р-не Лемболовских высот, Всеволожского района Ленинградской области. Направление течения реки происходит с севера на юг. Река Охта впадает в Неву в 12,5 км от её устья. Верхняя часть, до впадения левобережного притока (реки Оккервиль) иногда называется Большая Охта.

Река Охта входит бассейн Балтийского моря: р.Охта —> р.Нева —> Невская губа —> Финский залив. Длина составляет 90 км, ширина 10-50 м, глубина 0,5-5,5 м, площадь водосбора 768 км<sup>2</sup>, средний уклон реки — 1,4 %, средний уклон водосбора — 12,3 %. Густота речной сети бассейна Охты равна 1,29 км/км<sup>2</sup>. Бассейн р. Охты с северо-запада и запада граничит с бассейнами рек восточного побережья Финского залива (Сестра), с северо-востока — с

бассейнами рек Ладожского озера (река Морье) и с востока — с верхними притоками Невы. Истоки р.Охты находятся на склоне водораздельной северной возвышенности на высоте около 130 м над уровнем моря. Началом реки считается соединение двух ручьёв, ниже слияния, которых долина хорошо разработана, имеет ширину порядка 50-80 м. Рельеф центральной и южной частей бассейна равнинный; в северной части расположены холмы, которые чередуются с грядами и котловинами, зачастую заболоченными.

Долина реки неясно выражена, пойма отсутствует. Русло реки хорошо врезанное, слабоизвилистое, шириной в нижнем течении 40-60 м. Берега крутые, высотой 4-5 м над уровнем воды в межень. Дно ровное, сложено суглинками, илистое.

Грунты:

в верхней части бассейна преимущественно песчаные;

в нижней — суглинистые и глинистые;

на болотах — торфянистые;

залесённость бассейна — 37 %, наибольшее количество лесов сосредоточено в верхней части бассейна;

заболоченность — 9 %;

озёрность — 1 %. [16, 17, 18, 21]

### **1.3 Качество вод реки Охта по литературным данным**

Под качеством воды подразумевается пригодность её использования в различных видах деятельности, которые определяются свойствами и составом воды. Качество воды нормируется различными документами. Наивысшее качество вод свойственно для рыбохозяйственных вод, так как гидробионты существуют в воде в течение всей жизни, а также предрасположены к накоплению таких видов веществ, которые могут быть токсичными для представителей следующих звеньев пищевой цепи.

На данный момент качество вод регламентирует законодательство РФ, а именно: СанПиН 2.1.3684-21, а также Приказ Минсельхоза России от

13.12.2016 № 552, регламентирующий качество вод рыбохозяйственного значения.

При рассмотрении темы качества вод стоит затронуть темы загрязнения и загрязняющих веществ, являющихся основной причиной загрязнения водных ресурсов.

Загрязнением является процесс привнесения в водную среду загрязняющих веществ или образование загрязняющих веществ в самой воде.

Существуют различные типы загрязнений, такие как:

- Физическое, включающее в себя тепловое загрязнение;
- химическое, представляющее собой загрязнение различными химическими веществами;
- биологическое загрязнение, которое является процессом привнесения в воду вирусов, простейших, бактерий, патогенных микроорганизмов, ухудшающих качество воды. Они также могут быть причиной отравления людей и животных;
- радиационное загрязнение – попадание в воды веществ, обладающих радиоактивностью. Стоит отличать природную (естественную) и антропогенную радиоактивности;
- механическое загрязнение – это ситуация, при которой в воде находятся твердые частицы, а также различные виды мусора. Например, залесенность реки относится к механическому загрязнению.

Источники загрязнения делятся на точечные и диффузные. Точечные представляют собой те источники, у которых четко определяются места выпуска загрязняющих веществ. Например, сливные трубы предприятий или канализации. Диффузные источники относятся к сельскохозяйственным, ливневым стокам и т.д. Диффузные или неточечные источники являются основной причиной загрязнения окружающей среды, в отличие от точечных, но возникают определенные трудности с контролем таких источников,

поскольку очень непросто, а иногда и вовсе невозможно определить, кто является ответственным за загрязнение.

Основной проблемой для реки Охты является сброс коммунально-бытовых и промышленных вод. Так, на участке Охты на территории Ленинградской области и, непосредственно в городе Мурино треть всех сбросов производится промышленными предприятиями, в общей сложности на данной территории сбросы в реку осуществляют 24 предприятия.

Принимая во внимание информацию, которая предоставлена официальным сайтом ПАО «ТГК-1», об обновлении системы очистки вод, загрязнение вод на участке р. Охта, где расположена ТЭЦ-21 (Северная), тяжелыми металлами составляет 31-78 %. [9, 10]

С учётом информации, которую предоставляет Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности г. Санкт-Петербурга, в 2020 г. в пробах воды р. Охты на исследуемой территории наблюдалось большое превышение ПДК марганца и составило, в среднем, 0,36 мг/дм<sup>3</sup> (36,0 ПДК). Помимо этого, в 2019–2020 гг. р. Охта относилась к классу 4-а или «загрязненная». Исследование в 2020г. донных отложений р. Охты с помощью метода биотестирования и использованию в качестве тест-объекта инфузории (*Paramecium caudatum* Ehrenberg) определило высокую степень токсичности отложений, однако при десятикратном разбавлении вытяжки – как допустимую, то есть I группа токсичности. При использовании тестобъекта хлореллы (*Chlorella vulgaris* Beijer) в 2020 г. отмечалась высокая степень токсичности вод р. Охты, но допустимая – при десятикратном разбавлении вытяжки, аналогично со случаем тест-объекта инфузории. Таким образом на 2020 г. донные отложения р. Охты можно было отнести к V и IV классам опасности.

По данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды на 2018 г. в водах р. Охты соединения меди составили 8,0 ПДК (максимальное содержание составило 22,0 ПДК), железа – 8,0 ПДК,

соединения цинка – 4,0 ПДК, органические вещества (по ХПК) – 33,6 мг/дм<sup>3</sup> легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>) – 2,78 мг/дм<sup>3</sup>. Также в единичных пробах воды в створе на территории г. Мурино отмечалось превышение ПДК соединений никеля в 2 раза. В летний период концентрация растворенного кислорода в водах было снижено до 2,1 мгО<sub>2</sub>/л [9], что также не соответствует норме. Воды реки были отнесены 4 классу качества, разряду «а», т.е. «загрязненные».

В общем, за период 2016–2020 гг. стоит отметить стабильный дефицит растворенного кислорода в водах реки и превышенные показатели ПДК биологического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>). Постоянное и повсеместное превышение ПДК содержания железа в водах является типичным для исследуемой реки и определяется геохимическими особенностями Карельского перешейка.

Соответственно, основываясь на Данных, полученных из различных литературных и электронных источников, следует сделать вывод, что качество вод реки Охты является низким. Это связано с хозяйственным использованием реки, а также со сбросами загрязненных сточных вод ресурсоснабжающими компаниями и т.д. Однако, на данный момент известно, что ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» завершило строительство Охтинского тоннельного канализационного коллектора и уже ввело его в эксплуатацию. В своем ежегодном отчете за 2020 г. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» сообщает о том, что в начале 2021 г. на Охтинский коллектор переключено 19 выпусков без очистки. Это позволяет предположить возможность улучшения качества вод р. Охты. [6, 9, 13, 15]

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

### 2.3 Материалы исследуемых показателей

В процессе полевых работ получены и проанализированы показатели содержания различных веществ в воде. Также проведён химический анализ и биотестирование, результаты которого проанализированы и представлены в рамках выпускной квалификационной работы. Карта с расположением точек сбора представлена на рисунках 1 и 2.

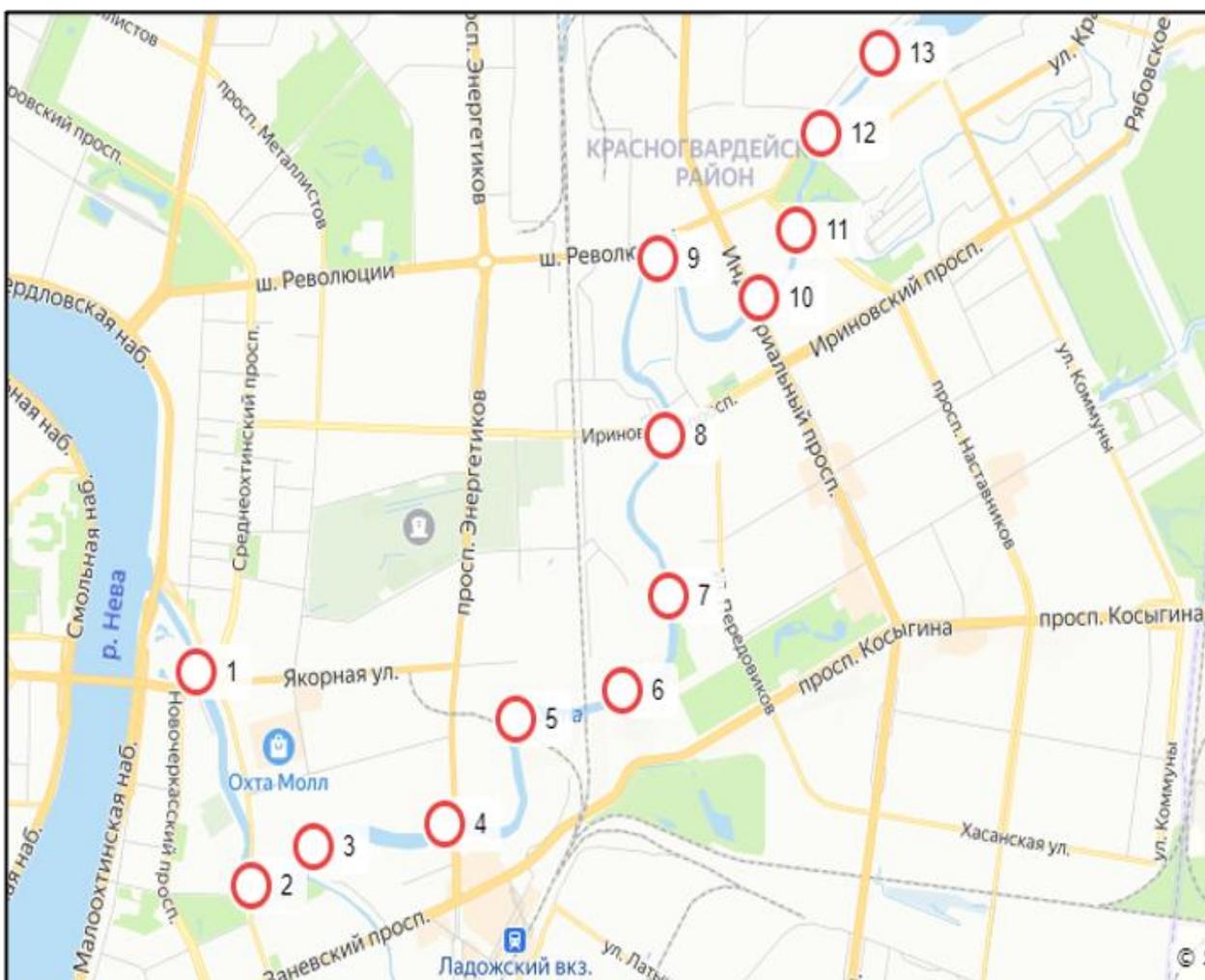


Рисунок 1 – Места проведения исследования

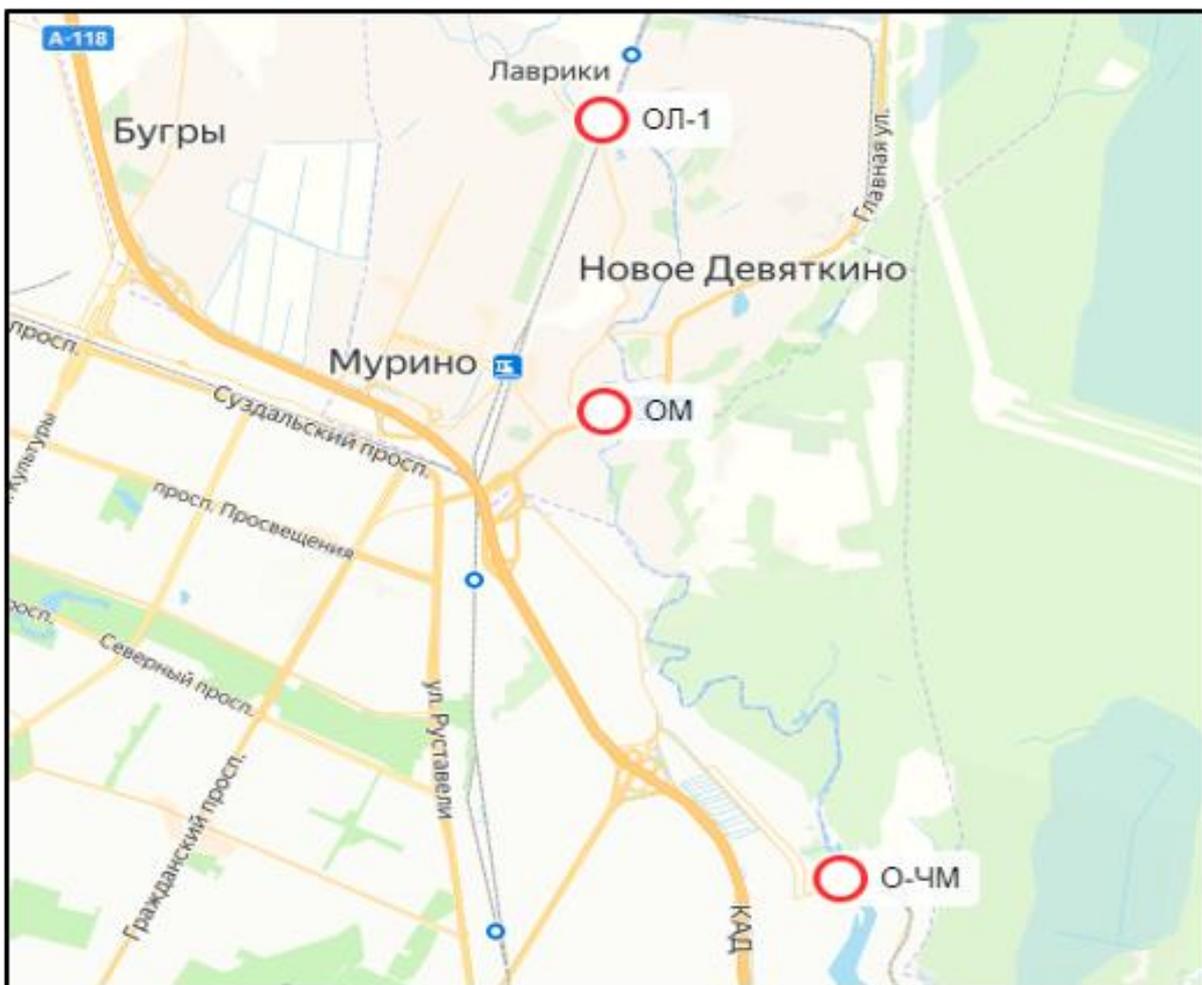


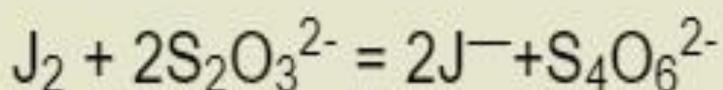
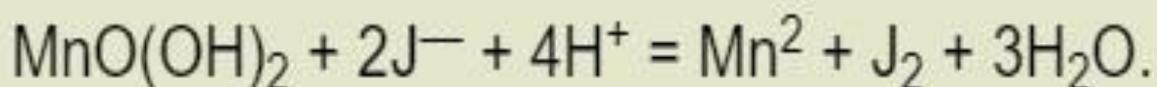
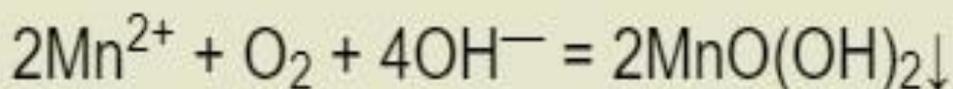
Рисунок 2 - Места проведения исследования

#### 2.4 Методика определения концентрации растворённого кислорода в воде. Титрование по Винклеру (Winkler). Титриметрический метод

Первым методом, который позволяет провести определение концентрации кислорода в воде является процедура титрования.

Полученные в ходе сбора образцы вода проходят процесс обработки гидроксидом калия, сульфатом марганца, и йодидом калия, в результате чего образуется гидроксид марганца ( $Mn(OH)_2$ ). Растворённый в воде кислород вступает в реакцию с  $Mn(II)$ , вследствие чего образуется  $Mn(III)$ . Затем  $Mn(III)$  взаимодействует следующей молекулой  $O_2$ , образуя уже  $Mn(IV)$ . Для стабилизации реакции в раствор добавляется сильная кислота, например, соляная или серная, в результате чего  $MnO(OH)_2$  переходит в сульфат

марганца. При этом  $MnO(OH)_2$  является окисляющим агентом на йод ( $I_2$ ). Такой йод является стехиометрическим эквивалентом к растворенному в образце кислороду. Его титруют с помощью тиосульфата натрия или фениларсиноксида с крахмалом. Наличие крахмала необходимо для увеличения точности определения окончания реакции.



$I_2$  + крахмал  $\rightarrow$  синее окрашивание

Данная методика включает в себя различные погрешности, вносимые ионами нитрита, 2-х и 3-хвалентными ионами железа, а также органикой и взвешенными частицами. Она отображает завышенные показатели растворенного в аноксической среде кислорода и пониженные показатели в рамках гипероксичной среды, так как часть реагентов и проб воды испаряются в процессе исследования.

## **2.5 Электрод Кларка. Электрохимический или полярографический метод**

С целью измерения показателей растворённого кислорода в воде зачастую используется датчик, состоящий из амперометрического сенсора и мембраны, которая его покрывает. В ноябре 1959 года изобретатель Кларк получил патент, «Электрохимическое устройство для химического анализа».

Внутри пластмассового цилиндрического корпуса располагаются отверстия. В этих отверстиях находятся проводники с платиновым и

серебряным электродами для сравнения. Их концы покрыты пастой, состоящей из хлорида серебра. Нижняя часть корпуса обтянута газопроницаемой полимерной мембраной, состоящей из фторопласта или схожих по свойствам материалов, таких как тефлон, полиэтилен или целлофан. Мембрана фиксируется на корпусе благодаря резиновому кольцу. В свободном пространстве находится водный раствор хлорида кальция. В наружной части мембрана контактирует с контролируемой средой являющаяся, например, жидкостью или газом.

Установившийся стационарный ток между анодом и рабочим электродом имеет довольно слабые показатели при отсутствии кислорода в контролируемой среде. Молекулы кислорода диффундируют сквозь мембрану и раствор при их наличии кислорода внутри контролируемой среды. При достижении молекулами индикаторного электрода происходит реакция восстановления благодаря каталитическим свойствам пластины:

$O_2 + 4e^- + 4H^+ = 2H_2O$ , благодаря чему возрастает значение тока через электрохимический элемент.

Показатели стационарного тока линейно зависимы от значений концентрации кислорода в границах контролируемой среды.

Появляется возможность построения амперометрических сенсоров подобной конструкции для определения иных видов содержащихся в воде веществ благодаря подбору материалов электродов состава внутреннего электролита, а также различного электронного напряжения.

Для получения максимально точных результатов необходимо поддержание достаточного потока свежей воды в виду потребления некоторого количества кислорода катодом, а также необходимости диффузии молекул кислорода через мембрану. К искажению результатов и снижению диффузии приводят загрязнения воды маслами и подобными полимерами. Из-за этого через некоторый промежуток времени разрушится мембрана, электролит станет грязным. [20]

## **2.6 Методика определения концентрации биологического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) в поверхностных водах**

Регламент методики расчёта концентрации БПК<sub>5</sub> представлен в РД 52.24.420–2019 «Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами». Расчёты такого типа аналогичны методике определения растворенного кислорода. Отличие от метода определения концентрации кислорода в воде заключается в том, что заполненную пробой воды склянку с гидрозатвором и хранят в термостате в течение пяти дней с отсутствием фиксации показателей концентрации кислорода на месте сбора проб. Кислород фиксируется непосредственно в лаборатории после извлечения из термостата, и по истечении времени осаждения продуктов реакции со связанным кислородом производится титрование. Проведение расчётов проводится с помощью установления биологического потребления кислорода за указанное время выдержки. Расчёт выполняется по следующей формуле:

$$\text{БПК}_5 = X_{\text{H}} - X_{\text{K}}, \quad (1)$$

где  $X_{\text{H}}$  является массовой концентрацией кислорода, растворённого во взятой на пробу воды до инкубации, мг/дм<sup>3</sup>;  $X_{\text{K}}$  является массовой концентрацией кислорода, растворённого во взятой на пробу воды после 5 суток инкубации, мг/дм<sup>3</sup>

## **2.7 Методики определения содержания нитритного и аммонийного азотов**

Методики, сформированные для определения содержания нитритного и аммонийного азотов имеют некоторые сходства, так как для определения содержания в обоих случаях используется спектрофотометр благодаря измерению оптической плотности раствора в анализируемой пробе. Методику

определения концентрации аммонийного азота регламентирует ПНДФ 14.1:2:4.262-10 «Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера», а нитритного азота РД 52.24.381–2017 «Массовая концентрация нитритного азота в водах».

При анализе проб воды следом за определением оптической плотности с помощью спектрофотометра, идёт процесс расчёта массовой концентрации азота нитритного (3), или азота аммонийного (4).

$$X = X_{гр} * \frac{100}{V} \quad (3)$$

где  $X_{гр}$  представляет собой массовую концентрацию необходимого вещества в разбавленной пробе, которая найдена благодаря градуировочной зависимости, мг/дм<sup>3</sup>; число 100 – это объем мерной колбы, см<sup>3</sup>; а  $V$  – аликвота анализируемой пробы воды, см<sup>3</sup>;  $\eta$  – кратность разбавления.

$$X = \frac{C * 50 * n}{V} \quad (4)$$

где  $C$  является количественным содержанием ионов аммония, найденных с помощью калибровочного графика мг;  $V$  – объем пробы, которая взята на анализ, см<sup>3</sup>;  $n=1$  в случае прямого определения ионов аммония ( $n=10$  в случае определения с предварительной отгонкой аммиака). [3, 14]

### 3 ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РЕКИ ОХТА

В рамках выпускной квалификационной работы проведён анализ гидрохимических показателей воды, взятой из исследуемой реки Охты. Полученные результаты проанализированы и сформулированы вывод о оценке качества реки Охты в рамках исследуемой территории.

#### 3.1 Динамика концентрации кислорода

В таблице 1 приведены результаты наблюдения за показателем уровня растворённого кислорода в воде.

Таблица 1 - концентрация кислорода в воде

среднее	минимум	максимум	ПДК
4,71	2,70	6,30	6
4,06	1,40	6,03	6
3,60	1,20	5,07	6
3,77	1,40	6,60	6
3,51	1,38	4,72	6
3,52	2,01	4,92	6
3,86	2,50	4,79	6
4,17	2,50	5,55	6
4,33	3,10	5,71	6
5,30	4,40	7,20	6
5,42	4,50	7,80	6
5,44	4,04	7,50	6
6,63	4,80	8,40	6
2,42	1,00	4,20	6
5,84	4,40	6,70	6

Проанализировав результаты следует сделать вывод, что 2017 и 2019 года обусловлены пониженным содержанием кислорода в воде.

Уменьшение количественного содержания кислорода в воде приводит к таким последствиям как: замедления процессов роста и развития животных, проблемам репродуктивное и, в конечном итоге, к вымиранию видов. Полное отсутствие в воде кислорода приводит к критическим последствиям, таким как повышение содержания в воде таких токсичных веществ, как ядовитый сероводород и пр.

Степень растворимости в воде кислорода напрямую зависит от её температуры. Чем выше температура воды, тем меньше в ней содержание кислорода. Вдобавок ко всему в условиях повышенной температуры воды страдают и её обитатели: у них ускоряется метаболизм, что приводит к ещё большему потреблению кислорода.

Помимо температуры на количественное содержание кислорода в воде оказывает влияние концентрация питательных веществ и микроорганизмов, которые также потребляют кислород и питаются органикой, растворённой в воде. Из-за сбросов в воду различных типов жидких отходов происходит перенасыщение воды органикой, которая является пищей бактерий, потребляющих кислород.

Соответственно, в этот период происходило особо интенсивное загрязнение реки Охта.

В 2021 и 2022 годах наоборот показатель содержания кислорода в реке находился выше нормы.

Для наглядности представления данных результаты из таблицы 1 проиллюстрированы в виде графиков 1 и 2.

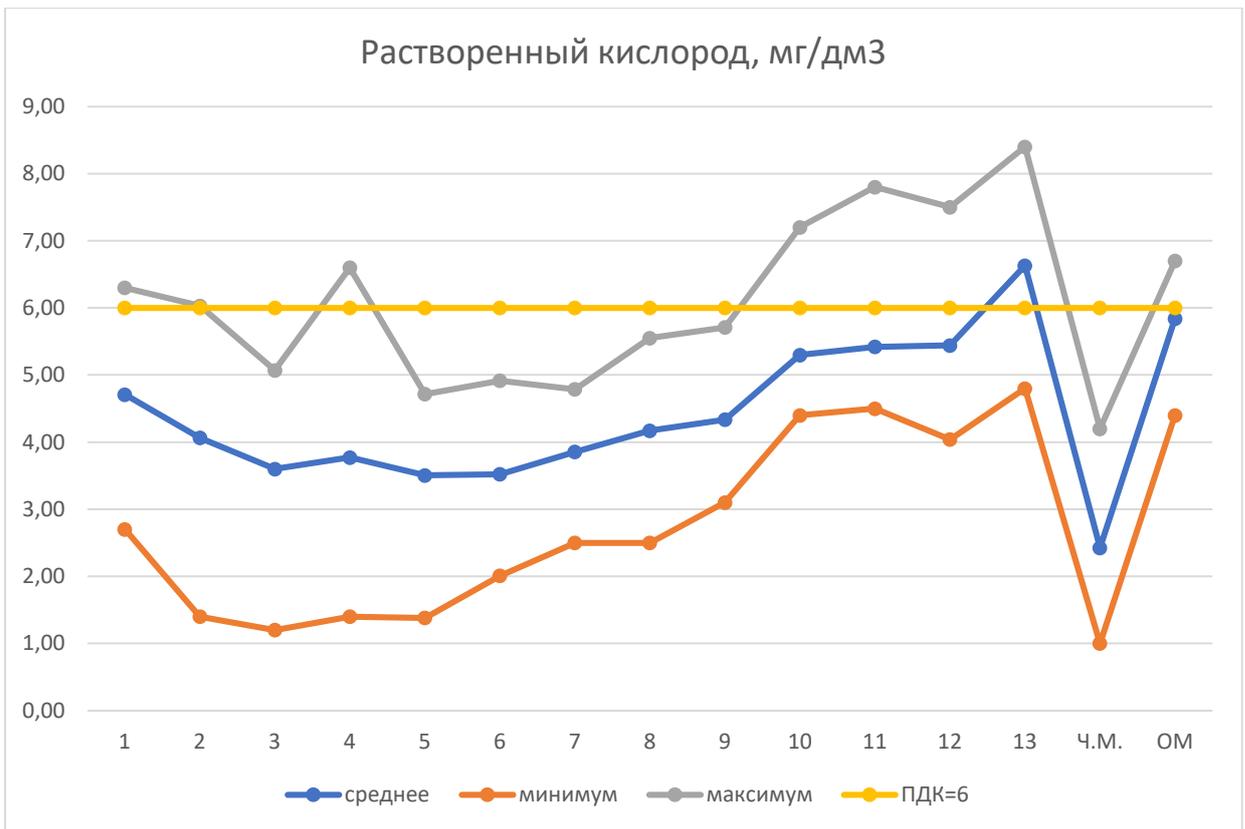


График 1 - Растворенный кислород в каждой точке сбора



График 2 - Растворенный кислород за каждый промежуток времени

График 1 отображает данные показателей содержания кислорода в воде на каждом из участков сбора. Желтая линия отображает данные ПДК; белая, синяя и красная линии описывают максимальное, среднее и минимальное значение соответственно. Из рисунка видно, что больше всего кислорода в воде реки содержится на станции 13, которая расположена сразу после плотины водохранилища. Меньше всего кислорода на станции ОЧ (Челябинский мост), которая расположена у начала водохранилища.

В графике 2 представлена информация о результатах измерения содержания кислорода в реке Охта за каждый год в рамках исследования. Как было отмечено выше, наиболее благоприятная ситуация наблюдалась в 2021 и 2022 годах, что видно на рисунке.

### **3.2 Динамика концентрации БПК5**

Биохимическое потребление кислорода (БПК) является показателем загрязнения, характеризуемым количеством кислорода (в мг), которое расходуется за определённый промежуток времени на процессы окисления загрязнителей воды, содержащихся в единице объема (зачастую в 1 литре) при температуре 20°C. Чаще всего БПК определяется в течение 5 суток (БПК5).

Предельно допустимая концентрация БПК5 не более 2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> установлена министерством сельского хозяйства. В рамках проведённого химического анализа, результаты которого представлены в таблице 2, количественный показатель БПК5 не соответствует норме во многих точках сбора в 2018 и 2020 годах.

Таблица 2 - Показатель БПК5

среднее	минимум	максимум	ПДК
3,46	2,6	6,19	2,1
3,80	2,3	4,99	2,1
3,97	2,58	5,6	2,1
4,07	2,4	7,91	2,1
3,91	1,75	8,23	2,1
5,01	3,1	7,85	2,1
3,64	1,88	6,02	2,1
3,36	0,98	6,2	2,1
3,54	1,2	6,1	2,1
4,07	1,73	6,2	2,1
4,20	1,04	6,6	2,1
4,67	1,84	8	2,1
4,58	1,68	8,1	2,1
4,80	2,65	8,39	2,1
6,61	5,24	8,1	2,1

Исследовав графическую интерпретацию полученных результатов (график 3 и 4), можно сделать вывод о четкой закономерности пространственного изменения концентраций БПК5. Так наибольшие среднемноголетние значения концентраций наблюдаются в районе Мурино и Челябинской улицы. Далее мы видим снижение значений до точки 7. В точке 6 происходит резкий скачок, а затем опять снижение.

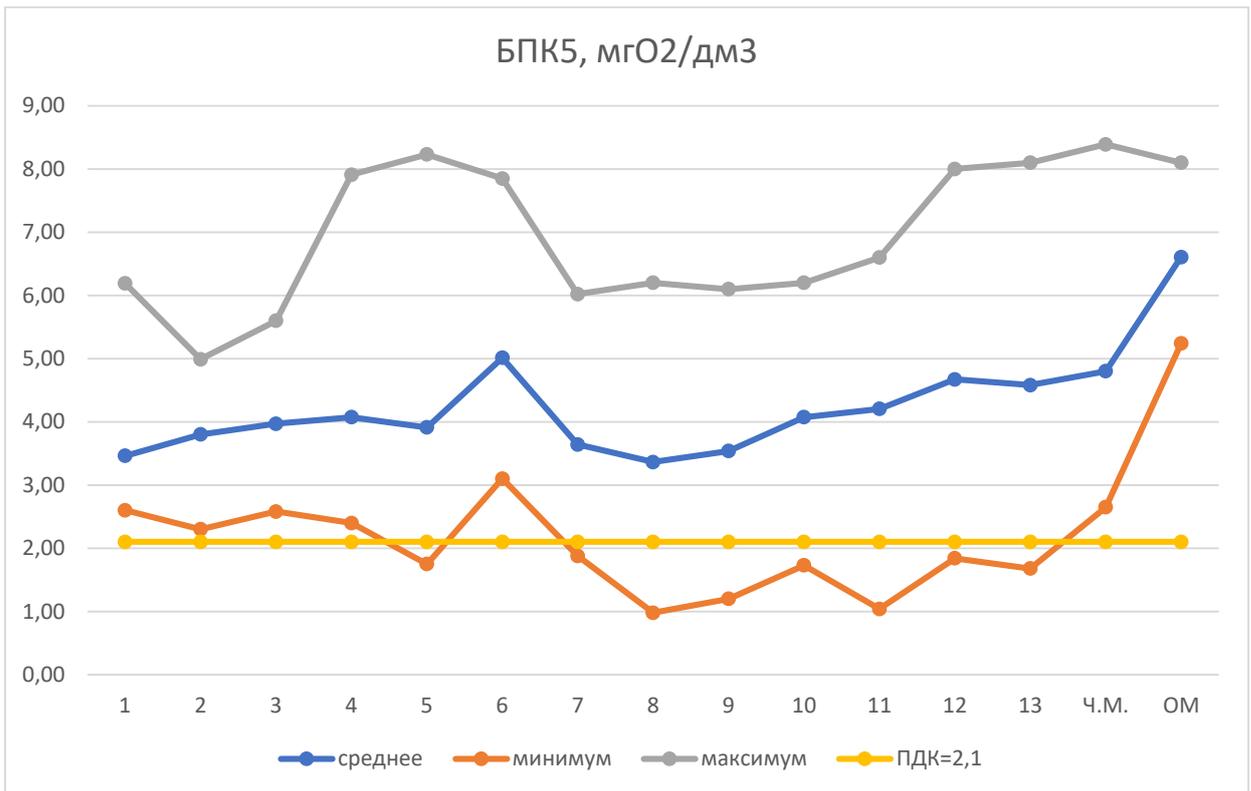


График 3 - БПК5 в каждой точке сбора

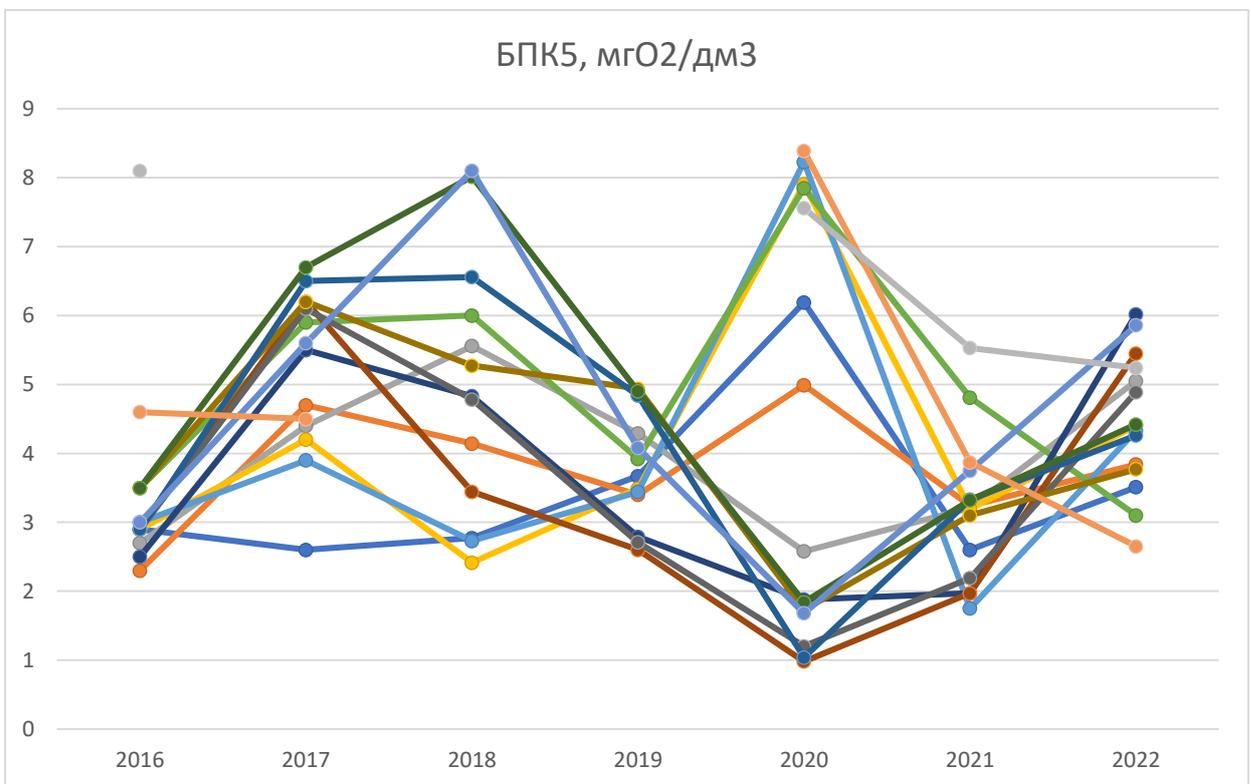


График 4 - БПК5 за каждый промежуток времени

### 3.3 Динамика концентрации азота аммонийного

Аммонийный азот ( $\text{NH}_4^+$ ) относится к биогенным элементам, которые участвуют в процессе биогидроценоза. Данное вещество находится в большинстве вод. Его концентрация различается в зависимости от времени года и внешних факторов, например, деятельностью предприятий, выделяющих различные загрязнители. Зачастую концентрация данного вещества снижается весной и повышается к лету.

Зачастую это происходит из-за бактериального разложения органических веществ. В случаях повышения содержания аммония состояние водоёмов резко ухудшается.

Для определения концентрации аммонийного и иных типов азота в воде зачастую используется визуальная и фотометрическая колориметрия. Благодаря фотометрии получается добиться максимально точных данных за счет технологий и использования электронных устройств, таких как спектрофотометр. С помощью таких устройств появляется возможность максимально точно и быстро выявлять необходимые показатели, поскольку процесс сравнения окраски во взятых на пробу водах из колбы с реактивом осуществляется автоматически. Также для измерения концентраций азота в различных видах вод используются ионоселективные электроды, входящие в состав многопараметрических датчиков.

Результаты измерений представлены в таблице 3, а также на графиках 5 и 6.

Таблица 3 - Показатель азота аммонийного

среднее	минимум	максимум	ПДК
1,57	0,86	1,92	0,4
1,85	1,3	2,8	0,4
1,75	0,98	2,77	0,4
1,44	0,9	2,325	0,4
1,72	1,03	2,354	0,4
1,66	0,93	2,245	0,4
1,53	0,85	2,087	0,4
1,49	0,84	2,087	0,4
1,67	0,87	2,43	0,4
2,07	1,02	4,11	0,4
1,75	1,2	2,4	0,4
1,87	0,85	3,09	0,4
1,54	0,83	2,126	0,4
3,16	1,01	4,69	0,4
2,15	0,65	3,167	0,4

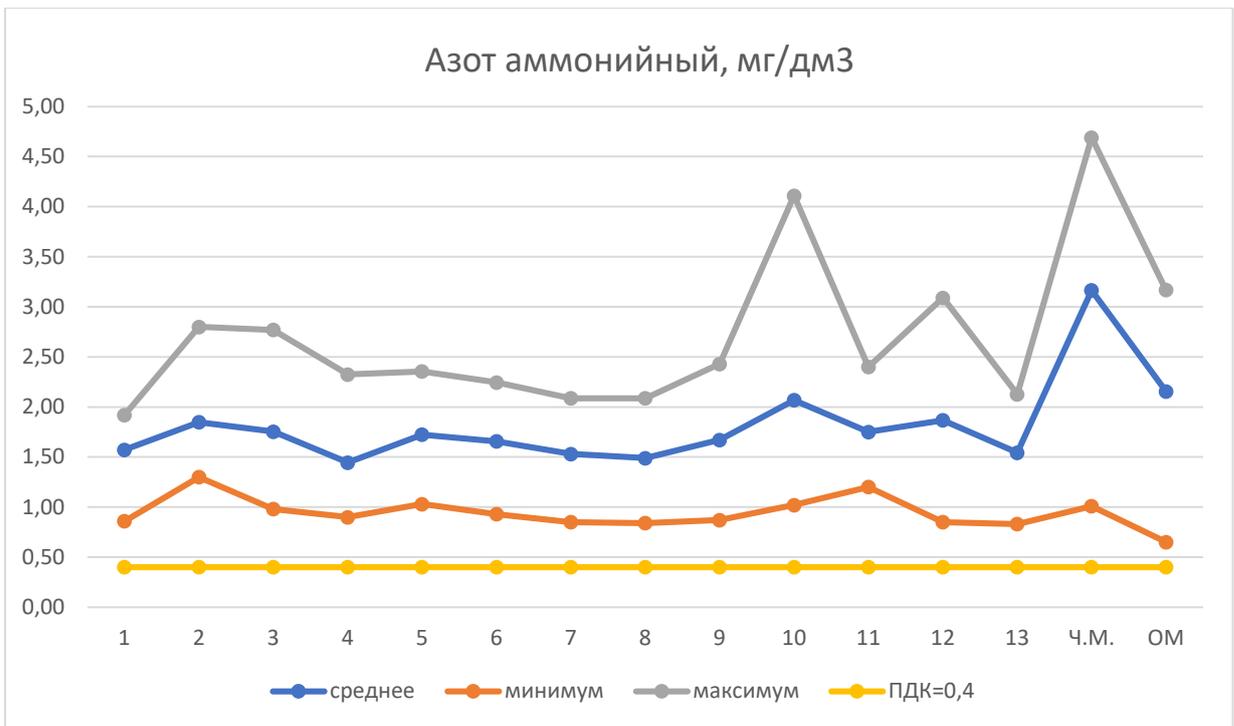


График 5 - Показатель азота аммонийного в каждой точке сбора

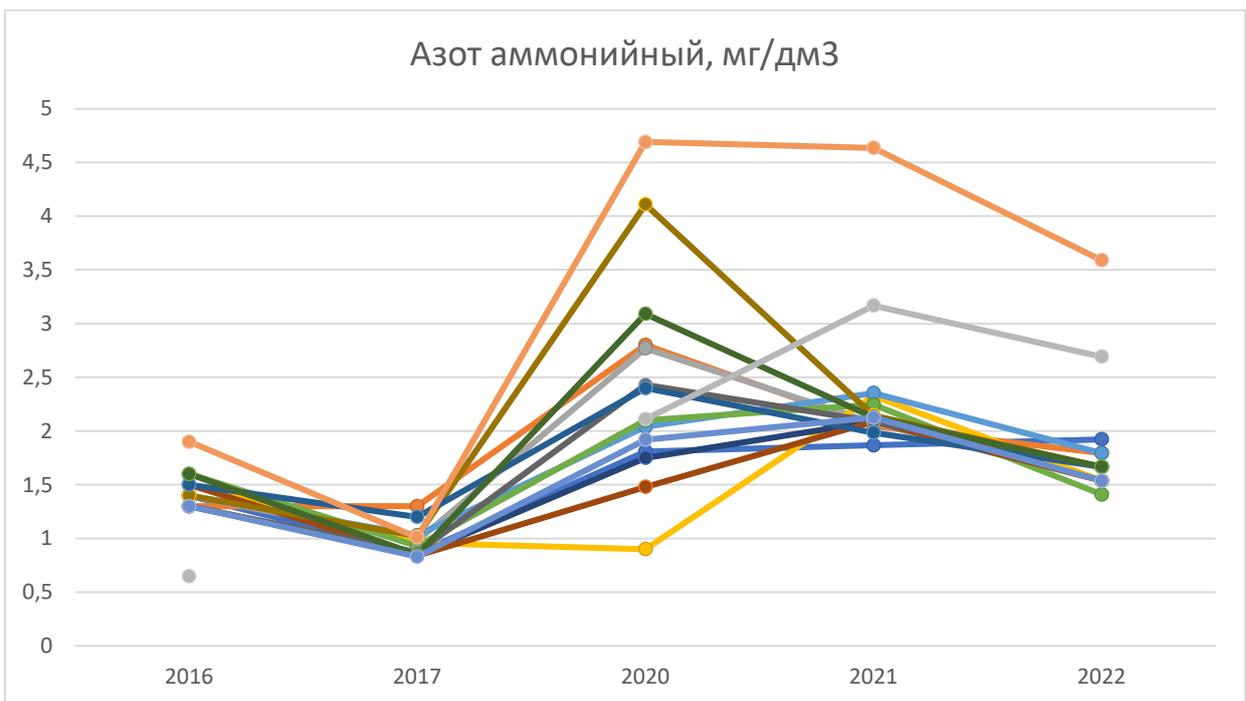


График 6 - Показатель азота аммонийного за каждый промежуток времени

Следовательно, благодаря проведённому анализу содержания элементов азотной группы в реке Охта, следует сделать вывод, что в воде недостаточно растворённого кислорода для проведения рыбохозяйственной деятельности. Также наблюдаются превышения ПДК аммонийного азота. Невозможно точно назвать определить причину таких результатов, поскольку на содержание данных веществ влияет большое количество различных факторов. Однако, с учётом превышения ПДК по некоторым показателям в несколько раз, можно сделать однозначный вывод, что такое загрязнение невозможно в естественных условиях. А ускорение разложения органических веществ при дефиците кислорода может объяснить наличие сбрасываемых сточных вод, не проходящих необходимую очистку.

Проанализировав полученные результаты следует вывод о том, что разница в концентрации ионов аммония не велика, соответственно, следует предположить некоторую вероятность закономерности между значениями данного промежутка времени. В случае с нитритами теория закономерностей не актуальна, поскольку различия между кратностью превышения ПДК в рамках исследуемого временного промежутка слишком велики. Для более детального представления результатов анализа представлены графики пространственного распределения соединений азотной группы в водах реки Охты в рамках исследуемой территории. Однако полученные результаты сигнализируют о вероятном сильном загрязнении водного объекта. [2, 4]

Таблица 4 - Показатель азота нитритного

среднее	минимум	максимум	ПДК
0,11	0,020	0,28	0,02
0,10	0,024	0,17	0,02
0,13	0,034	0,27	0,02
0,13	0,044	0,27	0,02
0,12	0,038	0,26	0,02
0,12	0,038	0,26	0,02
0,13	0,032	0,26	0,02
0,13	0,045	0,27	0,02
0,13	0,043	0,28	0,02
0,12	0,038	0,25	0,02
0,12	0,026	0,24	0,02
0,12	0,037	0,23	0,02
0,11	0,026	0,23	0,02
0,16	0,075	0,27	0,02
0,13	0,057	0,14	0,02

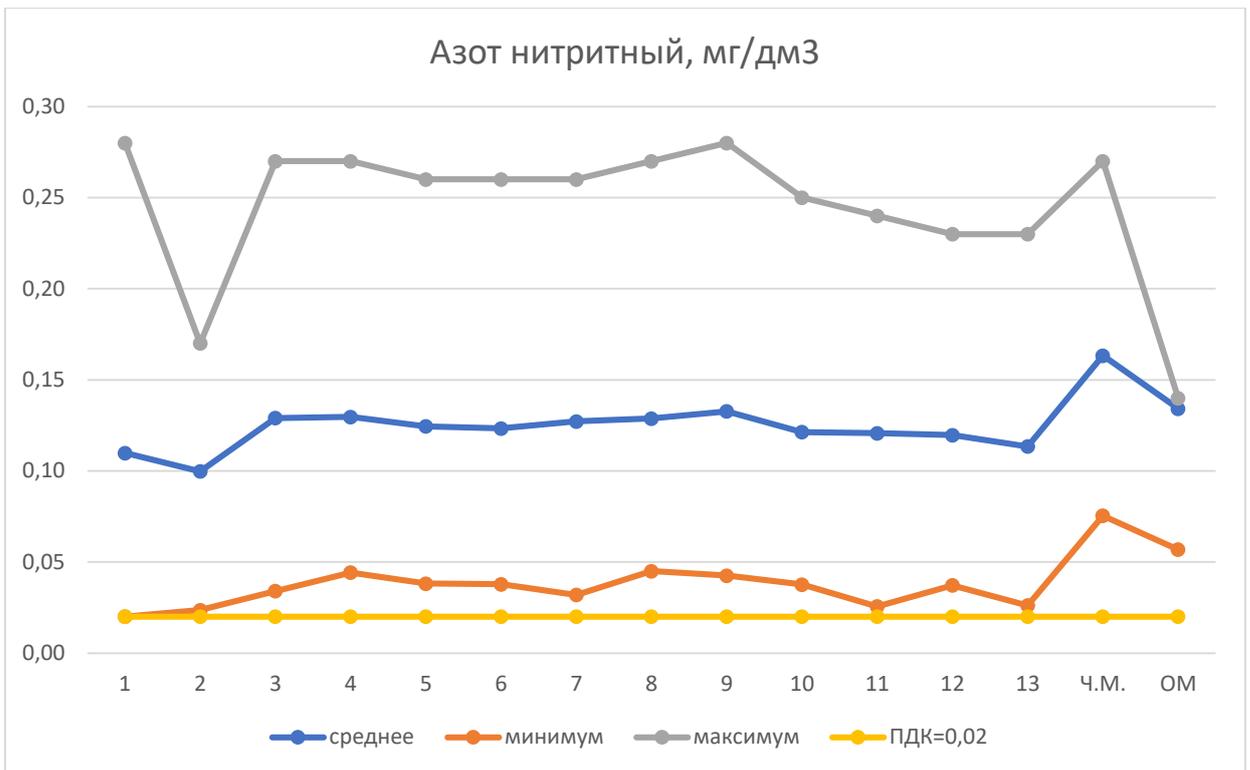


График 7 - Показатель азота нитритного в каждой точке сбора

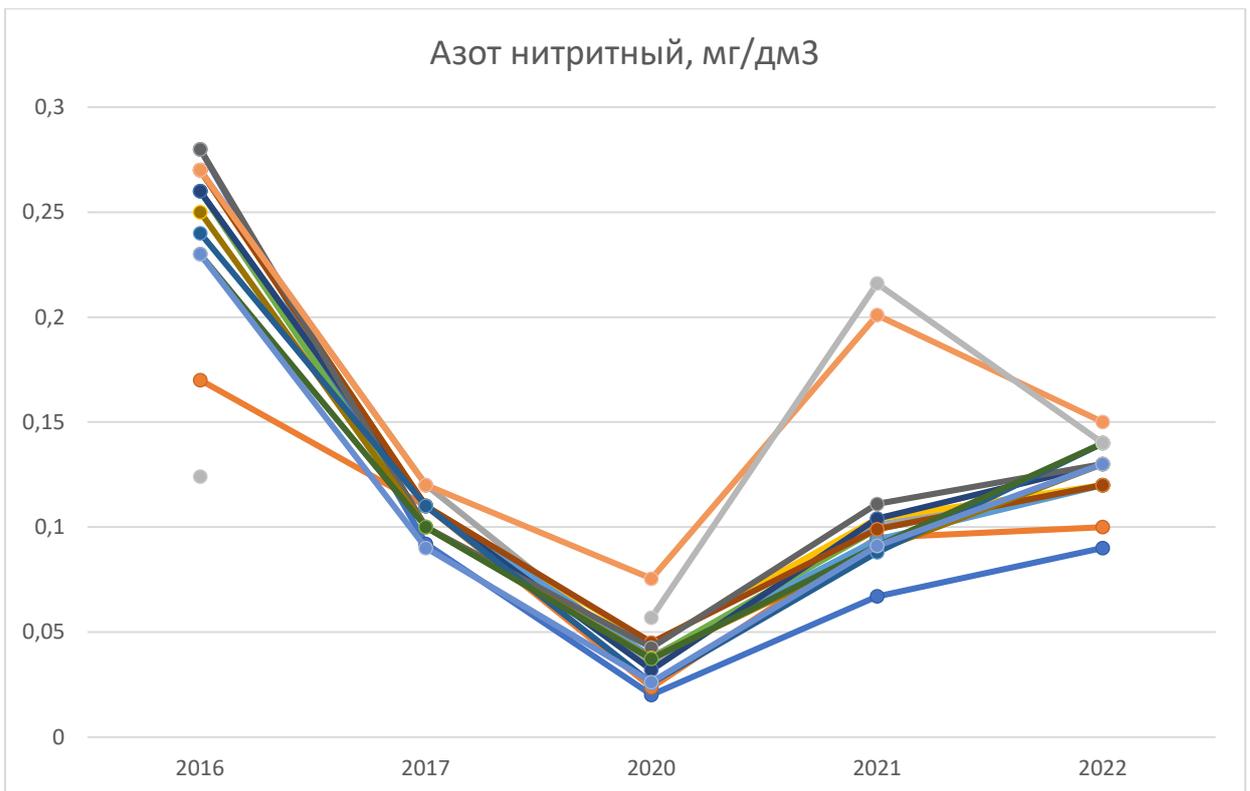


График 8 - Показатель азота нитритного за каждый промежуток времени

Проанализировав графическую интерпретацию полученных результатов (график 7 и 8), можно сделать вывод о ярко выраженной закономерности пространственного изменения концентраций азота нитритного. Так наибольшие среднемноголетние значения концентраций наблюдаются в районе точки сборки №9. Далее мы видим снижение значений до точки 2. В точках 3 и 4 происходит подъём показателей, а затем незначительное снижение.

Исходные данные, собираемые в системе социально-гигиенического мониторинга, в дальнейшем подвергаются обработке и анализу с целью принятия управленческих решений по охране здоровья населения.

Для оценки состояния окружающей среды необходимо определить, высокий или низкий уровень загрязнённости проявляется по выбранным показателям. Для этого необходимо с каждым из результатов наблюдений или рассчитываемый по совокупности данных показатель сравнить с некоторым критерием. Такими критериями могут выступать, например, уровни загрязнения в других мониторинговых точках или населенных пунктах, средние арифметические значения показателей за предыдущие периоды мониторинга или непосредственно санитарно-гигиенические нормативы качества воздуха, воды, почвы, продуктов питания.

Региональные исходные базы данных показателей состояния окружающей среды системы социально-гигиенического мониторинга, в которых содержится информация о результате каждого лабораторного анализа уровня загрязнения атмосферного воздуха, питьевой воды, почвы, с целью обобщения информации подвергаются статистической обработке.

Для значений, превышающих предельно допустимую концентрацию, была рассчитана кратность ПДК по следующей формуле:

$$K_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

где:

$K_i$  – показатель кратности превышения ПДК;

$C_i$  – концентрация  $i$ -того ингредиента в воде водного объекта, мг/л.

Значения, превышающие ПДК по рассматриваемым показателям (исключением являются показатели концентрации кислорода, т.к. его превышение говорит о положительной динамике. Соответственно, для кислорода высчитываются значения, которые будут ниже ПДК), выделены красным в таблицах 5, 7, 9 и 11. Результаты расчетов кратности ПДК по каждому из показателей отражены в таблицах 6, 8, 10 и 12.

Таблица 5 - Концентрация кислорода в воде

ПДК=6	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Номер точки	O <sub>2</sub> раствор., мг/дм <sup>3</sup>						
1	4,8	2,70	5,2	3,15	5,1	6,3	5,71
2	5,3	1,40	4,5	4,19	2	5	6,03
3	4	1,20	4,4	1,88	4,2	4,4	5,07
4	4,3	1,40	3,5	1,47	4	6,6	5,15
5	4,10	1,80	4,72	1,38	3,50	4,70	4,34
6	4	2,20	4,9	2,01	3	4,1	4,42
7	4,6	2,90	4,8	2,76	2,5	4,7	4,74
8	4,8	2,50	4,5	2,9	4,2	4,7	5,55
9	4,3	3,10	5,3	3,39	4,4	4,1	5,71
10	4,6	4,70	6,0	4,51	4,4	7,2	5,7
11	4,5	4,70	5,7	4,6	5	7,8	5,63
12	4,5	4,60	6,6	4,04	4,6	7,5	6,27
13	4,8	4,90	7,3	5,08	8,4	7,8	8,12
Ч.М.	3	1,00	2,9	1,36	4,2	1,9	2,65
ОМ	6,7		5,4		6,5	4,4	6,19

Таблица 6 - Кратность ПДК по кислороду

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	0,80	0,45	0,87	0,53	0,85		0,95
2	0,88	0,23	0,75	0,70	0,33	0,83	
3	0,67	0,20	0,74	0,31	0,70	0,73	0,85
4	0,72	0,23	0,58	0,25	0,67		0,86
5	0,68	0,30	0,79	0,23	0,58	0,78	0,72
6	0,67	0,37	0,82	0,34	0,50	0,68	0,74
7	0,77	0,48	0,80	0,46	0,42	0,78	0,79
8	0,80	0,42	0,76	0,48	0,70	0,78	0,93
9	0,72	0,52	0,89	0,57	0,73	0,68	0,95
10	0,77	0,78		0,75	0,73		0,95
11	0,75	0,78	0,95	0,77	0,83		0,94
12	0,75	0,77		0,67	0,77		
13	0,80	0,77		0,85			
Ч.М.	0,50	0,17	0,48	0,23	0,70	0,32	0,44
ОМ			0,90			0,73	

ПДК
6

Кратность понижения ПДК по кислороду была наименьшей на станции Ч.М. в 2017 году.

Таблица 7 - Показатель БПК5

ПДК=2, 1	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Номер точки	БПК5, мгО2/дм3						
1	2,9	2,60	2,8	3,67	6,19	2,6	3,51
2	2,3	4,70	4,1	3,4	4,99	3,24	3,84
3	2,7	4,40	5,6	4,29	2,58	3,21	5,05
4	2,9	4,20	2,4	3,49	7,91	3,2	4,4
5	3	3,90	2,7	3,44	8,23	1,75	4,33
6	3,5	5,90	6,0	3,92	7,85	4,81	3,1
7	2,5	5,50	4,8	2,79	1,88	1,97	6,02
8	2,9	6,20	3,4	2,6	0,98	1,97	5,45
9	2,9	6,10	4,8	2,71	1,2	2,19	4,89
10	3,5	6,20	5,3	4,94	1,73	3,1	3,77
11	2,9	6,50	6,6	4,84	1,04	3,33	4,26
12	3,5	6,70	8,0	4,9	1,84	3,32	4,42
13	3	5,60	8,1	4,08	1,68	3,75	5,86
Ч.М.	4,6	4,50			8,39	3,87	2,65
ОМ	8,1				7,56	5,53	5,24

Таблица 8 – Кратность ПДК по БПК5

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	1,38	1,24	1,32	1,75	2,95	1,24	1,67
2	1,10	2,24	1,97	1,62	2,38	1,54	1,83
3	1,29	2,10	2,65	2,04	1,23	1,53	2,40
4	1,38	2,00	1,15	1,66	3,77	1,52	2,10
5	1,43	1,86	1,30	1,64	3,92		2,06
6	1,67	2,81	2,86	1,87	3,74	2,29	1,48
7	1,19	2,62	2,30	1,33			2,87
8	1,38	2,95	1,64	1,24			2,60
9	1,38	2,90	2,28	1,29		1,04	2,33
10	1,67	2,95	2,51	2,35		1,48	1,80
11	1,38	3,10	3,12	2,30		1,59	2,03
12	1,67	3,19	3,82	2,33		1,58	2,10
13	1,43	2,67	3,86	1,94		1,79	2,79
Ч.М.	2,19	2,14			4,00	1,84	1,26
ОМ	3,86				3,60	2,63	2,50

ПДК
2,1

Кратность превышения ПДК по БПК5 была наибольшей на станции Ч.М.(Челябинском мосту) в 2020 году.

Таблица 9 - Показатель азота аммонийного

ПДК=0,4	2016	2017	2020	2021	2022
Номер точки	Азот аммонийный (N-NH <sub>4</sub> )				
1	1,4	0,86	1,81	1,868	1,92
2	1,3	1,30	2,8	2,047	1,79
3	1,4	0,98	2,77	2,077	1,54
4	1,5	0,96	0,9	2,325	1,54
5	1,4	1,03	2,04	2,354	1,79
6	1,6	0,93	2,1	2,245	1,41
7	1,3	0,85	1,75	2,087	1,67
8	1,5	0,84	1,48	2,087	1,54
9	1,3	0,87	2,43	2,087	1,67
10	1,4	1,02	4,11	2,146	1,67
11	1,5	1,20	2,4	1,985	1,67
12	1,6	0,85	3,09	2,126	1,67
13	1,3	0,83	1,92	2,126	1,54
Ч.М.	1,9	1,01	4,69	4,635	3,59
ОМ	0,65		2,11	3,167	2,69

Таблица 10 - Кратность ПДК по азоту аммонийному

	2016	2017	2020	2021	2022
1	3,50	2,15	4,53	4,67	4,81
2	3,25	3,25	7,00	5,12	4,49
3	3,50	2,45	6,93	5,19	3,85
4	3,75	2,40	2,25	5,81	3,85
5	3,50	2,58	5,10	5,89	4,49
6	4,00	2,33	5,25	5,61	3,53
7	3,25	2,13	4,38	5,22	4,17
8	3,75	2,10	3,70	5,22	3,85
9	3,25	2,18	6,08	5,22	4,17
10	3,50	2,55	10,28	5,37	4,17
11	3,75	3,00	6,00	4,96	4,17
12	4,00	2,13	7,73	5,32	4,17
13	3,25	2,08	4,80	5,32	3,85
Ч.М.	4,75	2,53	11,73	11,59	8,97
ОМ	1,63		5,28	7,92	6,73

ПДК
0,4

Кратность превышения ПДК по азоту аммонийному была наибольшей на станции Ч.М. в 2020 году, также как и превышения кратности ПДК по БПК5.

Таблица 11 - Показатель азота нитритного

ПДК=0,0 2	2016	2017	2020	2021	2022
Номер точки	Азот нитритный N/NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>				
1	0,28	0,092	0,020	0,067	0,09
2	0,17	0,11	0,024	0,095	0,1
3	0,27	0,12	0,034	0,101	0,12
4	0,27	0,11	0,044	0,104	0,12
5	0,26	0,11	0,038	0,094	0,12
6	0,26	0,10	0,038	0,099	0,12
7	0,26	0,11	0,032	0,104	0,13
8	0,27	0,11	0,045	0,099	0,12
9	0,28	0,10	0,043	0,111	0,13
10	0,25	0,10	0,038	0,089	0,13
11	0,24	0,11	0,026	0,088	0,14
12	0,23	0,10	0,037	0,091	0,14
13	0,23	0,09	0,026	0,091	0,13
Ч.М.	0,27	0,12	0,075	0,201	0,15
ОМ	0,124		0,057	0,216	0,14

Таблица 12 - Кратность ПДК по азоту нитритному

	2016	2017	2020	2021	2022
1	14	4,6		3,35	4,5
2	8,5	5,5	1,18	4,75	5
3	13,5	6	1,703	5,05	6
4	13,5	5,5	2,2115	5,2	6
5	13	5,5	1,9105	4,7	6
6	13	5	1,8905	4,95	6
7	13	5,5	1,5995	5,2	6,5
8	13,5	5,5	2,251	4,95	6
9	14	5	2,1275	5,55	6,5
10	12,5	5	1,881	4,45	6,5
11	12	5,5	1,2835	4,4	7
12	11,5	5	1,861	4,55	7
13	11,5	4,5	1,3085	4,55	6,5
Ч.М.	13,5	6	3,7715	10,05	7,5
ОМ	6,2		2,8435	10,8	7

ПДК
0,02

Кратность превышения ПДК по азоту нитритному была наибольшей на всех страницах 2016 года, кроме 2 и ОМ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водные ресурсы реки Охты активно используются в различных целях населением Ленинградской области. Среди них стоит выделить коммунально-бытовое и питьевое назначение, а также воды реки используются в различных сельскохозяйственных комплексах и промышленных предприятиях. Учитывая значительный рост населения города Мурино, объемы сточных вод, которых сбрасываются в р. Охту, являются одной из причин сильного износа оборудования и впоследствии возможной необходимостью его замены. Соответственно, необходимость процесса оценивания качества вод реки Охты является актуальным в рамках данной ситуации. Благодаря анализу литературных источников удалось сформировать первичные выводы, связанные с качеством вод реки Охты. В результате можно прийти к выводу о том, что для данной реки характерно значительно сниженные показатели содержания таких веществ, как растворенный кислород, нитритного и аммонийного азотов, а также превышение ПДК. Помимо этих показателей превышены значения биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>). Это, в свою очередь, говорит о том, что водный объект загрязнен, что также подтверждено ежегодными отчетами комитета по природопользованию г. Санкт-Петербурга и иной литературой. В данных источниках река Охта относится к классу 4-а, что означает «загрязненная». Результаты, полученные в рамках выпускной квалификационной работы, подтвердили данные, полученные в ходе исследования литературы: допустимые концентрации различных веществ значительно превышены. Самыми значительными оказались превышения норм в концентрациях БПК<sub>5</sub>, биогенных элементов (соединения азотной группы). Значительное снижение зафиксировано в содержании растворенного кислорода в воде, что является пагубным для воды.

В результате исследования можно сделать вывод, что речные воды явно загрязнены.

Выводы:

1. Благодаря знаниям, полученным в ходе изучения литературы, следует сделать вывод, что река Охта является одной из самых загрязненных в городе Санкт-Петербурге;

2. в рамках исследуемого участка реки Охты показатели ПДК превышены по следующим критериям: как соединения азотной группы и БПК<sub>5</sub>. Концентрации растворенного кислорода значительно ниже относительно нормы;

3. Степень токсичности в рамках исследуемого участка расценивается как допустимая.

Подводя итоги, следует сделать вывод, что вода в реке Охте в значительной степени загрязнена различными веществами. Данная ситуация обусловлена антропогенной нагрузкой при отсутствии грамотной очистки сточных вод. Данное исследование может быть полезно при регулировании нагрузки на водную экосистему, а также при планировании хозяйственных мероприятий.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Актуализации схемы водоснабжения и водоотведения МО «Муринское городское поселение» — [текст]: утверждено главой администрации МО «Муринское городское поселение» Всеволожского муниципального районе Ленинградской области, Беловым А.Ю., 2020 г. // СПб. – 468 с. (дата обращения 22.01.2023 г.)

2. Аналитическая записка (Государственный контракт №0008-16-17 от 19.06.2017 г.) [Электронный ресурс]: Государственный контракт №0008-16-17 от 19.06.2017 г. «Выполнение работ по мониторингу состояния и использования земель на территории Мурманской, Вологодской, Новгородской и Ленинградской областей» // URL: [https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0\\_%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf](https://rosreestr.gov.ru/upload/Doc/16upr/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%B0_%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%BD%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8C.pdf) (дата обращения: 26.03.2022 г.).

3. Белякова А.М., Зуева Н.В. Оценка качества воды городской реки по гидрохимическим индексам (река Охта, Санкт-Петербург) [Электронный ресурс]: Труды КарНЦ РАН. 2021. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-vody-gorodskoy-reki-pogidrohimicheskim-indeksam-reka-ohhta-sankt-peterburg> (дата обращения: 26.03.2022 г.).

4. Водоканал Санкт-Петербурга. Годовой отчет 2020 [Электронный ресурс]: Водоканал Санкт-Петербурга // URL: [http://www.vodokanal.spb.ru/files/documents/press/otchet/go\\_2020.pdf](http://www.vodokanal.spb.ru/files/documents/press/otchet/go_2020.pdf) (дата обращения 08.04.2023 г.).

5. Геологическое строение Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]: Энциклопедический справочник «Санкт-Петербург». АКАДЕМИК // URL:

[https://sankt\\_peterburg.academic.ru/2561/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5\\_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82-%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B0](https://sankt_peterburg.academic.ru/2561/%D0%93%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82-%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B0) (дата обращения 12.02.2023 г.).

6. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2020 году/Под редакцией Д.С. Беляева, И.А. Серебрицкого – Ижевск.: ООО «ПРИНТ», 2021. – 253 с. ([https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021/10/19/01/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4\\_%D0%B7%D0%B0\\_2020.pdf](https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2021/10/19/01/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%B7%D0%B0_2020.pdf)). (дата обращения 17.03.2023 г.)

7. Долина реки Охты и ее притоков. [Электронный ресурс]: ООПТ России // URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/%D0%94%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%B8%D0%9E%D1%85%D1%82%D1%8B-%D0%B8-%D0%B5%D0%B5-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2> (дата обращения: 25.04.2023 г.).

8. Ивлев В.В. Всеволожский район Ленинградской области: Историкогеографический справочник [текст] / Ивлев В.В. – СПб: ТТП «Петрополь», 1994. – 228 с. (дата обращения 02.04.2023 г.)

9. Качество поверхностных вод российской федерации. Ежегодник 2018 / Глав. ред. к.б.н., М.М. Трофимчук. – Ростов-на-Дону, 2019. – с. 561. (дата обращения 08.04.2023 г.)

10. Климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области [Электронный ресурс]: ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» // URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=2> (дата обращения 15.03.2023 г.).

11. Охта [Электронный ресурс]: Все реки. Информационный сайт о реках России // URL: <http://vsereki.ru/atlanticheskij-ocean/bassejn-baltijskogomorya/neva/oxta> (дата обращения: 22.04.2023 г.).

12. Охта [Электронный ресурс]: Научно-популярная энциклопедия «Вода России» // URL: [https://waterrf.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/3329/%D0%9E%D1%85%D1%82%D0%B0](https://waterrf.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/3329/%D0%9E%D1%85%D1%82%D0%B0) (дата обращения: 12.05.2023 г.).

13. Охтинское водохранилище [Электронный ресурс]: Water Resources. Справочник водных ресурсов // URL: <https://waterresources.ru/vodohranilische/ohtinskoe-vodohranilische/> (дата обращения 28.04.2023 г.).

14. Проект «Нормативы допустимого воздействия по бассейну р. Нева». В 3-х книгах. Книга 2: Пояснительная записка к сводному тому нормативов допустимого воздействия по частному бассейну р.Нева (от истока до устья) [Электронный ресурс]: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации федеральное агентство водных ресурсов; НевскоЛадожское БВУ, 2012. // URL: [https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2012/11/19/NDV\\_Kniga\\_2\\_Pojasnitelnaja-zapiska\\_.pdf](https://www.gov.spb.ru/static/writable/ckeditor/uploads/2012/11/19/NDV_Kniga_2_Pojasnitelnaja-zapiska_.pdf) (дата обращения: 28.04.2023 г.).

15. Ресурсы поверхностных вод. В 20 т. [текст] / под ред. И.М. Жила, Н.М. Алюшинской. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 333 с. – 3 т. (дата обращения 14.04.2023 г.)

16. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева. В 6 книгах. Книга 1: Общая характеристика речного бассейна реки Нева. [Электронный ресурс]: Федеральное агентство водных ресурсов Невско-Ладожское БВУ, 2015. // URL: [http://www.nordwestwater.ru/upload/information\\_system\\_18/3/2/8/item\\_32845/information\\_items\\_property\\_7374.pdf](http://www.nordwestwater.ru/upload/information_system_18/3/2/8/item_32845/information_items_property_7374.pdf) (дата обращения 18.04.2023 г.).

17. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева. В 6 книгах. Книга 2: Оценка экологического состояния и ключевые проблемы речного бассейна. [Электронный ресурс]: Федеральное агентство водных ресурсов Невско-Ладожское БВУ, 2015. // URL: [http://www.nordwestwater.ru/upload/information\\_system\\_18/3/2/8/item\\_32845/information\\_items\\_property\\_7375.pdf](http://www.nordwestwater.ru/upload/information_system_18/3/2/8/item_32845/information_items_property_7375.pdf) (дата обращения 22.05.2023 г.).

18. Характеристика климата Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]: Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности // URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=1091> (дата обращения 18.03.2023 г.)

19. Численность населения [Электронный ресурс]: Муниципальное образование «Муринское городское поселение», официальный сайт // URL: [https://администрациямурино.рф/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2190&Itemid=509](https://администрациямурино.рф/index.php?option=com_content&view=article&id=2190&Itemid=509) (дата обращения: 28.04.2023 г.).

20. Определение кислорода в воде. — Текст: электронный //aquavitro.org: [сайт]. — URL: [https://aquavitro.org/2017/11/11/opredelenie-kisloroda-v-vode/#Титрование\\_по\\_Винклеру\\_Winkler\\_Титриметрический\\_метод](https://aquavitro.org/2017/11/11/opredelenie-kisloroda-v-vode/#Титрование_по_Винклеру_Winkler_Титриметрический_метод) (дата обращения: 02.05.2023);

21. Охта (приток Невы) — Текст: электронный // water resources: [сайт]. — URL: <https://waterresources.ru/reki/ohta-pritok-nevy/> (дата обращения: 02.02.2023);

