



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**  
(бакалаврская работа)

**На тему: «Экологическое состояние реки Охта и её левых притоков в  
районе муниципального образования «Токсовское городское поселение»**

**Исполнитель** \_\_\_\_\_ Глазов Алексей Игоревич  
(Фамилия, имя, отчество)

**Руководитель** \_\_\_\_\_ Кандидат технических наук, доцент  
(Учёная степень, учёное звание)

\_\_\_\_\_ Королькова Светлана Витальевна  
(Фамилия, имя, отчество)

**«К защите допускаю»**  
**Заведующий кафедрой** \_\_\_\_\_ *Скор*  
(подпись)

\_\_\_\_\_ Кандидат технических наук, доцент  
(учёная степень, учёное звание)

\_\_\_\_\_ Королькова Светлана Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

« 03 » июня 20 22 г.

Санкт-Петербург, 2022

## Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Общее физико-географическое и гидрологическое описание объектов исследования.....	5
1.1. Физико-географическое описание реки Охта.....	5
1.1.1. Гидрографическое описание бассейна реки.....	5
1.1.2. Климатические условия.....	6
1.1.3. Рельеф, почвенный покров, растительность.....	6
1.1.4. Характеристика гидрологического режима.....	7
1.1.5. Гидрохимическая характеристика.....	8
1.2. Физико-географическое описание территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение».....	9
1.2.1. Географическое положение.....	9
1.2.2. Климатические условия.....	11
1.2.3. Геологическое строение и рельеф.....	11
1.2.4. Почвы, растительность, животный мир.....	12
1.3. Физико-географическое описание объектов исследования на территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение».....	13
1.3.1. Река Охта.....	13
1.3.2. Река Токса.....	13
Глава 2. Материалы и методы исследования.....	15
2.1. Определение растворённого кислорода.....	15
Глава 3. Исследование и анализ экологического состояния рек Охта, Токса на территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение».....	16
3.1. Хозяйственное использование и основные источники загрязнения объектов исследования.....	16
3.2. Перспективы хозяйственного освоения рек на территории поселения.....	23
3.3. Гидрохимическая характеристика объектов исследования.....	24
3.3.1. Водородный показатель.....	25
3.3.2. Кальций, магний, общая жёсткость.....	27
3.3.3. Железо общее.....	28
3.3.4. Окисляемость перманганатная.....	29
3.3.5. Растворённый кислород.....	30
3.3.6. Аммоний-ион.....	31
3.3.7. Марганец.....	32
3.3.8. Алюминий.....	33
3.3.9. Нитраты.....	35
3.4. Органолептическая характеристика объектов исследования.....	36
3.5. Состояние атмосферного воздуха в бассейнах рек на территории Токсовского городского поселения.....	39
3.6. Радиационный фон в бассейнах рек на территории Токсовского городского поселения.....	41
3.7. Гидробиологическая характеристика исследуемых рек.....	43
Глава 4. Основные проблемы, связанные с экологическим состоянием объектов исследования на	

территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение» и пути решения этих проблем.....	45
4.1. Основные проблемы, связанные с экологическим состоянием рек Охта и Токса.....	45
4.2. Мероприятия, необходимые для обеспечения благоприятного экологического состояния исследуемых рек.....	46
<b>ВЫВОДЫ</b> .....	49
Заключение .....	51
Список использованных источников .....	52

## Введение

На протяжении последних нескольких лет всё чаще поднимается вопрос о исследовании загрязнения малых рек и водотоков. Так как Санкт-Петербург и Ленинградская область являются одними из наиболее крупных и развитых регионов России, водные объекты, расположенные на их территории, подвергаются сильному антропогенному воздействию, которое нередко носит комплексный характер. Это связано с использованием водных ресурсов для обеспечения водоснабжения населения, для осуществления производственной деятельности различных предприятий, сбросом в водные объекты промышленных, поверхностных и хозяйственно-бытовых сточных вод, негативным воздействием бытовых и промышленных отходов, рекреационной нагрузкой. Последний пункт особенно актуален для Ленинградской области, так как реки региона часто используются для отдыха и туризма не только местными жителями, но и приезжим населением Санкт-Петербурга.

Все эти факторы воздействия влияют на ухудшение качества вод, уменьшение видового разнообразия в самих водных объектах и прилегающих территориях, ведут к загрязнению и засорению берегов, ухудшению эстетического состояния, и в целом, к ухудшению экологической обстановки водных объектов.

*Актуальность* работы обусловлена высокой степенью загрязнённости реки Охта, а также высоким антропогенным воздействием на неё как в черте города Санкт-Петербург, так и за её пределами. При этом большая часть исследований направлена на изучение состояния реки в черте города, при этом река Охта и её притоки испытывают значительное антропогенное воздействие в пригородах Санкт-Петербурга и сельской местности.

*Целью* работы является изучение экологического состояния рек Охта и Токса, факторов воздействия на их экологическое состояние, выделение основных проблем и поиск путей их решения на территории

Муниципального образования «Токсовское городское население».

Для достижения цели работы ставятся следующие *задачи*:

1. Составить физико-географическое описание территории исследования, а также рек Охта и Токса на этой территории, определить факторы влияния на исследуемые реки;
2. Провести комплексный анализ состояния рек Охта и Токса на территории МО «Токсовское городское поселение» по химическим и физическим показателям;
3. Определить основные экологические проблемы исследуемых рек и пути их решения на территории МО «Токсовское городское поселение».

*Объектом* исследования в работе выступают реки Охта и Токса на территории МО «Токсовское городское поселение».

*Предмет* исследования – экологическое состояние рек Охта и Токса в границах Муниципального образования «Токсовское городское поселение».

*Практическая ценность* работы состоит в возможности использовать ее материалы в образовательном процессе на экологическом факультете для преподавания учебных дисциплин по природопользованию и охране окружающей среды.

*Структура работы*. Выпускная квалификационная работа на 54 стр. включает в себя введение, выводы и заключение, 4 главы и 34 подглав, и список литературы из 27 источников.

## Глава 1. Общее физико-географическое и гидрологическое описание объектов исследования

### 1.1. Физико-географическое описание реки Охта

#### 1.1.1. Гидрографическое описание бассейна реки

Бассейн реки Охта относится к Балтийскому бассейновому округу, к речному бассейну реки Нева. Река берёт начало в 5 километрах к северо-востоку от урочища Термолово. Общее падение реки на всём протяжении составляет около 140 м, средний уклон 1,6‰, общий уклон 1,43 м/км. Впадает в Неву справа в 12 км от устья. Длина реки около 90 км, площадь водосбора составляет 768 км<sup>2</sup>. Коэффициент извилистости реки 2,2. На северо-западе и западе водосборный бассейн Охты граничит с водосборным бассейном восточного побережья Финского залива и водосбором реки Сестра, на северо-востоке с бассейнами рек, впадающими в Ладожское озеро, такими, как Авлога и Морье. Густота речной сети водосборной территории составляет 1,29 км/км<sup>2</sup>. На реке расположены два водохранилища: Елизаветинское водохранилище в верхнем течении у деревни Елизаветинка (площадь 0,3 км<sup>2</sup>) и Охтинское, расположенное в нижнем течении на территории Красногвардейского района (площадь 1,1 км<sup>2</sup>) Санкт-Петербурга [15].

Главными притоками реки Охта в верхнем течении являются река Харвази, впадающая в Охту у деревни Агалатово, и река Пипполовка, впадающая в 2 км выше по течению от деревни Рапполово.

В среднем течении Охты расположены следующие населенные пункты: посёлки Вартемяги, Токсово, деревни Аудио, Варкалово, Сярги, Энколово, Новое Девяткино, Капитолово, Лаврики, город Мурино, на территории которых в реку впадают несколько небольших ручьёв и малых рек (Токса, Каменный ручей, Капральев ручей), а также более мелкие протоки, канавы и ручьи.

Далее река течёт по территории города Санкт-Петербург. У деревни

Новая в реку впадает Муринский ручей, являющийся первым крупным притоком в черте города. Ниже по течению Охта принимает такие крупные притоки, как Лубья (26 км), Жерновка (10 км), Оккервиль (18 км) [15].

### *1.1.2. Климатические условия*

Водосборный бассейн реки расположен на территории Ленинградской области, в поясе умеренного климата. Наиболее заметное влияние на климатические особенности региона оказывают морские атлантические и континентальные воздушные массы. Бассейн реки расположен в зоне умеренного климата, увлажнение равномерное, и относится к ландшафтно-климатической зоне южной тайги. Также для территории характерно переувлажнение территории, относительно небольшое испарение при значительном количестве осадков (до 750 мм в год) и значительная влажность воздуха [3].

Бассейн реки находится между двумя крупными водными объектами – Финского залива и Ладожского озера. Эти водные объекты оказывают смягчающее влияние на климат территории: Финский залив, благодаря мелководности, относительно быстро прогревается и согревает воздушные массы над территорией бассейна. Более глубокое и холодное Ладожское озеро, напротив, значительную часть года может способствовать охлаждению воздушных масс [3].

### *1.1.3. Рельеф, почвенный покров, растительность*

Территория бассейна реки Охта относится к группе озерно-ледниковых песчаных ландшафтов. Ландшафты преимущественно равнинные, в верхнем течении река протекает по северной части Лемболовской равнины с отметками высот 100-140 метров, далее на юг отметки высот уменьшаются. В центральной и южной частях бассейна рельеф более равнинный, уклон реки

более пологий [20]. Долина Охты хорошо разработана, имеет ширину около 50-80 метров. Грунты в верхней части бассейна реки, в основном песчаные, в нижней глинистые и суглинистые.

В почвенно-геоморфологическом отношении бассейн реки Охта входит в район Карельского перешейка, где прослеживаются несколько ярко выраженных структур: на севере это кристаллические массивы Балтийского щита, в центре — моренная возвышенность и на побережье — террасированная равнина с гляциальными и флювиогляциальными отложениями. Почвообразующие породы, в основном, представлены моренными и водно-ледниковыми супесями, также озёрно-ледниковыми отложениями. В бассейне реки преобладают подзолистые, подзолистые иллювиально-железистые и дерново-подзолистые почвы, характерные также для большей части Карельского перешейка. В заболоченных понижениях торфяные болотные верховые почвы [19].

Бассейн реки расположен в области хвойных лесов южно-таёжной подзоны, с постепенным переходом в подзону средней тайги. Встречаются широколиственные элементы растительности более южных подзон. Большую часть берегов реки занимают ельники с подлеском из мелколиственных пород деревьев – осины, рябины, клёна, берёзы. На песчаных и супесчаных породах господствуют сосновые леса. Еловые леса преобладают, главным образом, на суглинистых или глинистых отложениях и на моренных супесчаных наносах. Распространены также вторичные травянистые леса — сосново-берёзовые, берёзовые, осиновые. Залесённость бассейна реки составляет 37 % [20].

#### *1.1.4. Характеристика гидрологического режима*

Гидрологический режим р. Охты изучен с достаточной подробностью. На реке в посёлке Новое Девяткино действует гидрологический пост первого разряда. В формировании речного стока главную роль играют атмосферные



осадки. Среднемноголетний расход воды на гидропосту Новое Девяткино (период наблюдений 1947–1965 гг.) 3,3 м<sup>3</sup>/с (объём стока 0,104 км<sup>3</sup>/год). Большая часть стока реки Охта приходится на весеннее половодье. Усреднённая дата начала половодья – 30 марта, конца половодья – 20 мая. Максимальные расходы воды чаще всего наблюдаются либо в период весеннего половодья, либо в период осенне-зимних паводков [15].

#### 1.1.5. Гидрохимическая характеристика

Основными факторами, определяющими гидрохимический режим реки Охта, являются климатические условия, геологическое и геоморфологическое строение, характер почв и растительного покрова территории. Важную роль в формировании химического состава и качества вод будут играть переувлажнённые на протяжении всего года почвогрунты, расположенные в пределах водосборного бассейна [15].

Подзолистые и болотные почвы территории способствуют сильному обогащению речных вод органическими веществами и кислотами, в то же время почвы характеризуются малым содержанием сульфатов и хлоридов, поэтому обогащение этими веществами будет происходить слабо. В таких условиях формируются гидрокарбонатные воды с малой и средней минерализацией.

Болота и переувлажнённые участки на рассматриваемой территории встречаются отдельными пятнами, разбросанными по всему району. Такие условия формирования химического состава воды обуславливают повышенное содержание органических веществ (по ХПК) до 1,5 ПДК, соединений железа до 15 ПДК [11].

Воды реки Охта относят к слабоминерализованным водам, величина общей минерализации варьируется от 30 мг/л в период наибольшей водности до 450 мг/л во время наименьших расходов воды. В среднем, величина общей минерализации составляет 40-50 мг/л [11].

В нижнем течении, вблизи Санкт-Петербурга и в его пределах, на гидрохимический режим реки оказывают большое влияние сточные и ливневые воды, поступающие с набережных и автомобильных, железнодорожных и пешеходных мостов.

1.2. Физико-географическое описание территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение»

### *1.2.1. Географическое положение*

Муниципальное образование «Токсовское городское поселение» (сокр. МО «ТГП») входит в состав Всеволожского муниципального района Ленинградской области. Административным центром муниципального образования является городской посёлок Токсово. В границах территории муниципального образования расположены посёлки Токсово, Новое Токсово, деревни Аудио, Кавголово и Рапполово [20]. Территория Токсовского городского поселения и район исследования представлены на рисунке 1.1.

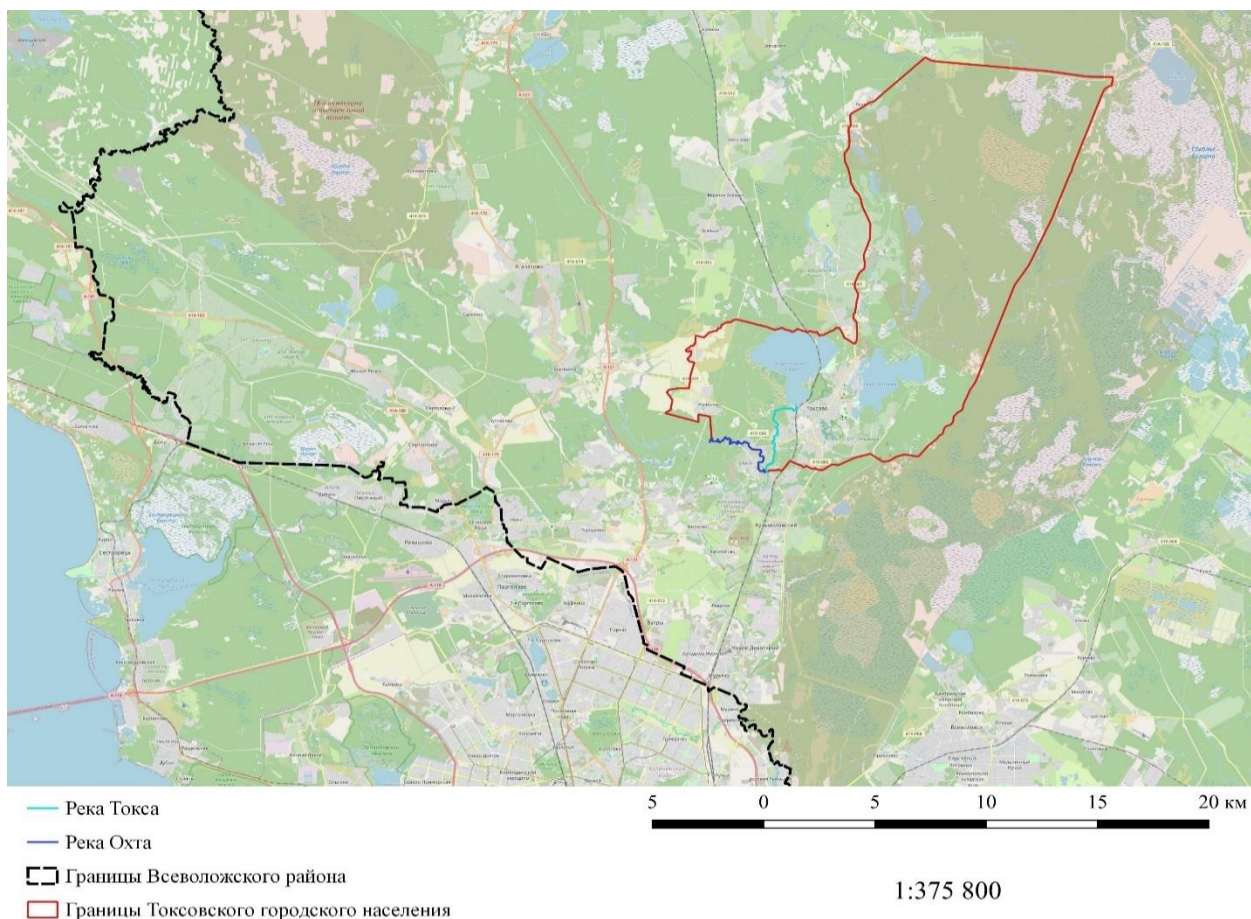


Рисунок 1.1 – Расположение Токсовского городского поселения и район исследования [1]

Токсовское городское поселение относится к ближнему пригороду Санкт-Петербурга, жители которого круглогодично используют эту территорию в туристических и рекреационных целях. Такой функции в системе пригородного расселения способствует богатый природно-ландшафтный потенциал территории поселения, которая хорошо подходит для занятий зимними и летними видами спорта: лыжного спорта, легкоатлетических кроссов, гребного и других водных видов спорта, экологического туризма, пляжного отдыха и семейного времяпровождения на природе.

### 1.2.2. Климатические условия

Климат района носит черты морского влажного климата с умеренно холодной продолжительной зимой, умеренно тёплым летом и неустойчивым режимом погоды.

Наиболее тёплый месяц года – июль, средняя температура 16,7 °С. Наиболее холодный месяц февраль, средняя температура –8,9 °С. Продолжительность безморозного периода 150-160 дней в году. Среднее годовое количество осадков 619 мм. Снежный покров лежит 4 месяца и достигает наибольшей высоты 50-60 см, доходя в лесах в понижениях до 80 см [20].

В зимнее время господствуют ветра западного и юго-западного направления, в летнее время – северные и северо-восточные. Среднемесячная скорость ветра колеблется от 3,4 м/с в августе до 4,8 м/с в январе и декабре. Сильные ветры более 15 м/сек отмечаются 8 дней за год [20].

### 1.2.3. Геологическое строение и рельеф

Токсовское городское поселение занимает территорию Токсовской возвышенности – одной из наиболее живописных местностей во Всеволожском районе и Ленинградской области, в целом. Она представляет собой камовый ландшафт с чередованием округлых камовых холмов, сложенных мощными песками с гравием и галькой, котловин, часто заболоченных или занятых озёрами ледникового происхождения, и участков волнистых песчаных равнин. Максимальные абсолютные высоты достигают 110-120 м на моренных возвышенностях, склоны часто круты, имеют относительные превышения до 40 м и чрезвычайно живописны. Ландшафт территории богат озёрами ледникового происхождения, расположенными в затопленных межкамовых понижениях [20].

#### 1.2.4. Почвы, растительность, животный мир

Почвы территории поселения относятся к южно-таежной подзоне дерново-подзолистых почв. Они сформировались в результате трёх основных почвообразовательных процессов: подзолообразования, дернообразования и заболачивания. Почвенный покров района достаточно разнообразен. Преобладающим типом почв являются подзолистые. Встречаются почвы следующих типов: подзолистые (подтип дерново-подзолистые), болотно-подзолистые, торфяные болотные, пойменные, нарушенные [20].

Преобладающая растительность на территории поселения – вторичные берёзовые, еловые и осиновые леса, реже – сосновые. На крупных болотных массивах большая часть территорий – чистые, лишенные древостоя участки с угнетёнными соснами и берёзами, на многих встречаются низкостелетные сосна и береза.

Луговая растительность состоит из сомкнутого травостоя с преобладанием лисохвоста лугового. На лесных полянах сформированы щучковые и разнотравно-мелкозлаковые луга из полевицы тонкой с участием разнотравья и бобовых. На насыпных валах значительно участие сорно-рудеральных растений [20].

На территории Токсовского городского поселения встречаются несколько видов растений, включенных в Красную Книгу Ленинградской области: полушник озерный, лобелия Дортмана, ситник растопыренный [9].

Животный мир типичен для европейской части южной тайги. Из крупных копытных животных встречаются в больших количествах кабаны и лоси. Из хищников наиболее часто встречается лисица, рысь, волк. Из грызунов широко распространены белки, и различные виды мышей и крыс. На территории поселения обитает трёхпалый дятел, занесённый в Красную книгу Ленинградской области.

1.3. Физико-географическое описание объектов исследования на территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение»

#### 1.3.1. Река Охта

Река Охта на территории Токсовского городского поселения протекает по его южной границе, образуя местами глубоко врезанное русло с крутыми склонами по берегам, достигающими высот до 6-7 метров, по берегам в некоторых местах идёт разгрузка грунтовых вод, образующая родники и ключи, используемые для нужд населения. Примерно в середине течения река выходит на относительно равнинный участок, где берега более пологие. Здесь же имеются искусственно возведённые, сильно разрушенные каменные плотины. Течение спокойное, скорость 0,2-0,3 м/сек, русло слабоизвилистое. Водоток имеет рыбохозяйственное значение и относится ко второй рыбохозяйственной категории.

Большая часть береговой линии реки занята дачными участками, остальная часть покрыта еловыми лесами с примесью мелколиственных пород.

Через реку на территории поселения возведено 2 автомобильных и 2 пешеходных моста. На территории поселения Охта принимает в себя несколько небольших притоков, наибольшие из которых река Токса и ручей Смородинка.

#### 1.3.2. Река Токса

Река Токса берёт своё начало из озера Кавголовского и относится к категории малых рек. Длина реки около 5 км. На всём своём протяжении от истока до впадения в Охту река протекает по территории Токсовского городского поселения. Пойма реки, преимущественно, отсутствует или встречается на отдельных небольших участках в среднем течении, которые

могут затапливаться во время весеннего половодья или дождевых паводков. Половодье невысокое, часто растянуто по времени [4].

Дно реки ровное, песчаные участки русла чередуются с каменистыми и щебнистыми, присутствуют естественные и искусственные пороги. Глубина реки не превышает 1 метра.

В месте вытекания реки из озера Кавголовского сооружён железобетонный водослив, позволяющий регулировать уровень воды в озере на отметках, обеспечивающих нормальное водоснабжение прибрежных поселков. Уровень воды в реке также зависит от водослива и может искусственно выравниваться в течение года.

Берега реки пологие, сложены подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами. В немногочисленных участках поймы преобладают дерновые почвы на аллювиальных отложениях. Берега частично заболочены, покрыты смешанными и хвойными еловыми лесами с примесью мелколиственных пород [20]. Также большая часть прибрежной зоны занята дачными участками. На участках реки с более крутыми берегами присутствуют выходы грунтовых вод, оборудованные силами местного населения для сбора воды на питьевые нужды.

Через реку переброшено большое количество железобетонных и металлических пешеходных мостов, а также один асфальтобетонный автомобильный мост в створе улицы Гагарина.

## Глава 2. Материалы и методы исследования

Для исследования гидрохимического состояния рек Охта и Токса на территории поселения были отобраны пробы воды в точках Т-2 и Т-3 на реке Токса и в точке О-3 на реке Охта. Отобранные пробы были проанализированы в лаборатории на содержание растворённого кислорода. Далее представлена методика определения растворённого кислорода, использовавшаяся при анализе.

### 2.1. Определение растворённого кислорода

Для определения растворенного кислорода в исследуемых пробах был применён йодометрический метод (метод Винклера).

Восстановителем служит  $Mn(OH)_2$ , который, окисляясь, связывает растворенный в воде кислород. Гидроксид марганца окисляется растворённым кислородом и превращается в гидрат окиси марганца бурого цвета [17].

Окислителем служит  $KI + NaOH$ . В кислой среде гидрат окиси марганца взаимодействует с ионами  $I^-$ , окисляя их до свободного иода [17].

Кислота растворяет осадок, а крахмал необходим для лучшего определения момента окончания титрования (окрашивание в синий цвет), поскольку обесцвечивание данной окраски – окончание титрования.

Фиксация растворенного кислорода необходима для количественного связывания растворенного кислорода в пробе. Она проходит в тёмном месте, чтобы исключить попадание солнечных лучей и протекания процесса фотосинтеза. Готовность пробы определяется, когда осадок скапливается на дне склянки [17].

Необходимо было также провести определение поправочного коэффициента нормальности раствора  $Na_2S_2O_3$ .



### Глава 3. Исследование и анализ экологического состояния рек Охта, Токса на территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение»

#### 3.1. Хозяйственное использование и основные источники загрязнения объектов исследования

На территории Токсовского городского поселения отсутствуют крупные промышленные производства и иные крупные водопользователи и водопотребители, осуществляющие водозабор речных вод для своих нужд. Водозабор для хозяйственно-питьевого водопользования населения осуществляется из озера Кавголовского.

На рисунке 3.1 указаны основные объекты негативного воздействия на реки Охта и Токса, а также места выпуска сточных вод и селитебные зоны по берегам рек.

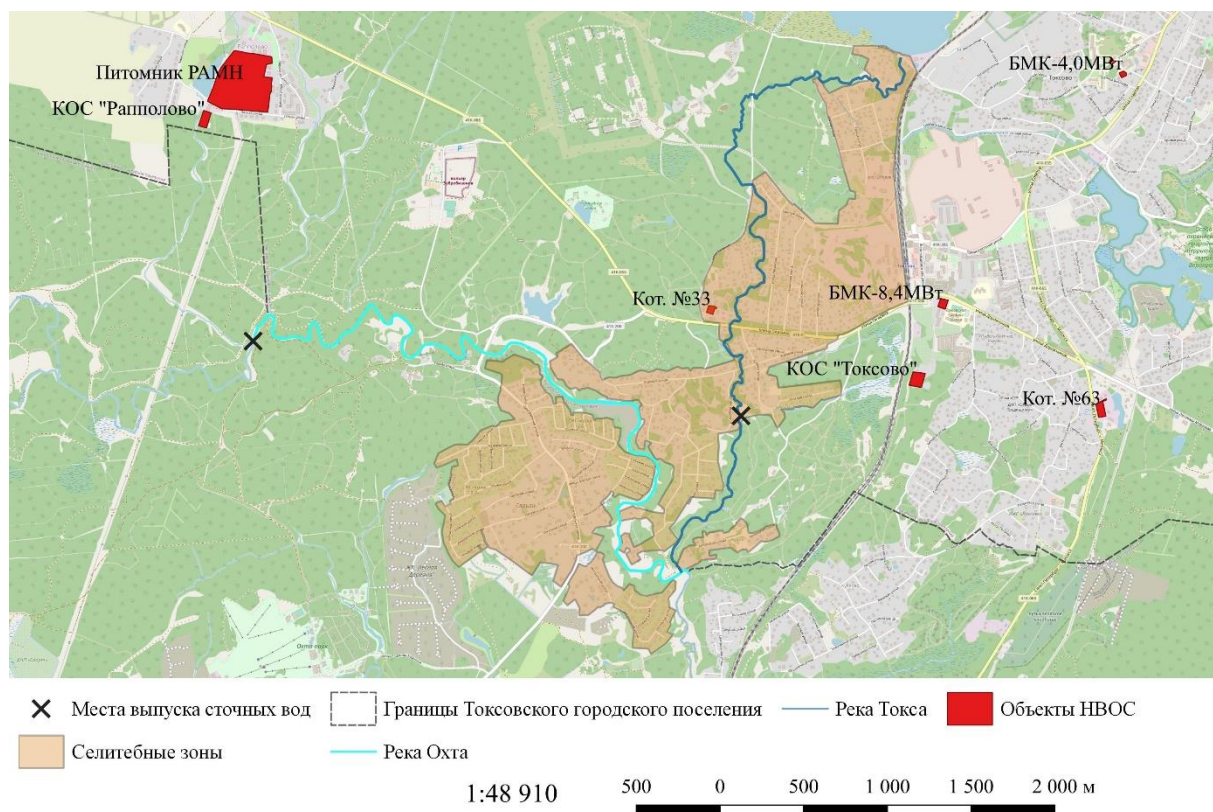


Рисунок 3.1 – Объекты негативного воздействия на реки Охта и Токса [1]

Основными объектами воздействия на воды рек Охта и Токса на территории Токсовского городского поселения являются поступающие на местные комплексы очистных сооружений сточные воды жилых домов, мелких коммерческих предприятий и производств, дачные участки, рекреационная нагрузка, а также поверхностно-ливневые сточные воды. Комплексы очистных сооружений входят в централизованные системы водоотведения [2].

На территории Токсовского городского поселения действуют две централизованные системы водоотведения, действующие в следующих населённых пунктах:

1. Система централизованного водоотведения посёлка Токсово;
2. Система централизованного водоотведения деревни Рапполово.

В других населённых пунктах, расположенных в границах Муниципального образования, такие системы отсутствуют. Балансы сточных вод, по данным ресурсоснабжающей организации приведен в таблице 3.1 [2].

Таблица 3.1 – Общий баланс сточных вод за 2020 год, тыс. м<sup>3</sup>:

Токсовское городское поселение 2020 год	
Принято сточных вод всего, м <sup>3</sup>	302,52
Объём сточных вод, прошедших очистку, м <sup>3</sup> , всего, в том числе:	302,52
С нормативной степенью очистки	90,76
Недостаточно очищенной	211,76

Централизованные системы водоотведения поселения представляют собой два отдельных комплекса инженерных сооружений, расположенных в деревне Рапполово и посёлке Токсово. Системы обеспечивают сбор и отведение сточных вод на комплексы очистных сооружений за пределами

населённых пунктов и их дальнейшую очистку, обезвреживание и обеззараживание перед сбросом в водные объекты.

На всей территории муниципального образования, организацией, оказывающей услуги централизованного водоотведения, является муниципальное предприятие «Токсовский энергетический коммунальный комплекс». На территории Токсовского городского поселения установлена единая зона эксплуатационной ответственности муниципального предприятия «Токсовский энергетический коммунальный комплекс» (далее – МП «ТЭКК») на оказание услуг по водоотведению сточных вод от всех потребителей [2].

Объектами, подключенными к системе централизованного водоотведения, являются жилой фонд и объекты социального назначения.

Основным объектом, оказывающим воздействие на реку Охта на территории Токсовского городского поселения, является комплекс очистных сооружений, расположенный в деревне Рапполово.

Комплекс очистных сооружений обслуживает деревню Рапполово, многоквартирные жилые дома и частный сектор. Сточные воды собираются со всей территории деревни по системе самотечных коллекторов подаются на канализационную насосную станцию. На станцию водоочистки сточные воды закачиваются канализационной насосной станцией (КНС), где производится первичная очистка путём отстаивания сточных вод. Далее вода поступает в аэротенки – резервуары прямоугольного сечения, по которому протекает сточная вода, смешанная с активным илом, где происходит биохимическая очистка сточной воды. На этом этапе на станции очистки происходит контроль содержания активного ила, для чего отбирается проба на содержание активного ила. Отбор производится в мерный химический цилиндр объёмом 100 мл, затем проба отстаивается 30-40 минут для осаждения ила. Количество активного ила в пробе должно быть 40-50 мл. Проба иловой смеси в аэротенках-вытеснителях отбирается в сборных каналах аэротенков или на водосливах, то есть перед поступлением вод во

вторичные отстойники; в конце аэротенков – 0,5-1,5 м от перелива с противоположной стороны от зоны подачи воздуха (только в случае безопасного прохода).

Далее происходит обеззараживание воды с использованием гипохлорита натрия, после чего вода поступает в отстойники. После отстойников идёт сброс очищенных сточных вод в ручей Смородинка, являющийся притоком Охты первого порядка.

Силами МП «ТЭКК» совместно с аккредитованной Госстандартом РФ комплексной химической лабораторией проводятся регулярные отборы проб и анализ поступающих и сбрасываемых сточных вод. На КОС «Рапполово» отборы проб проводятся на приёме сточных вод на очистные сооружения и выходе очищенной воды, а также в ручье Смородинка в 50 метрах выше и ниже по течению от места сброса воды с очистных сооружений [2].

Во время производственной практики в период июнь-июль 2021 года мною был совершён ознакомительный выезд на комплекс очистных сооружений посёлка Рапполово, в ходе которого были отобраны пробы воды, а также была взята проба на активный ил, пробы представлены на рисунке 3.2



Рисунок 3.2 – Пробы воды, отобранные на станции водоочистки. Слева – неочищенная вода, в центре – вода после очистки, справа – проба на активный ил (фото автора)

Как видно из рисунка, количество активного ила в пробе не соответствует необходимому уровню. Это объясняется тем, что на станции водоочистки периодически происходит залив аэротенков фекальными отходами от близлежащих предприятий, поступление которых не предусмотрено и не должно производиться. Это приводит к гибели активного ила.

В таблице 3.1.1 представлены результаты лабораторных исследований сточных вод КОС «Рапполово».

Таблица 3.1.1 – Результаты лабораторных исследований сточных вод КОС «Рапполово»:

Дата	21.01.2020	
Точка отбора	КОС п. Рапполово, приём	КОС п. Рапполово, выход
Компонент		
рН, ед. рН	7,3±0,2	6,9±0,2
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	32±4	6,5±0,8
Взвешенные в-ва, мг/дм <sup>3</sup>	251±25	10±2
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	2,8±0,7	0,10±0,04
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	130±19	71±14
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,44±0,10	350±32
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	1,14±0,18	0,067±0,024

На воды реки Охта также оказывают негативное воздействие частная жилая застройка и дачные участки, расположенные вдоль береговой линии. Так как часть домов не подключена к существующей сети водоотведения городского поселения, для водоотведения местными жителями используются индивидуальные накопители сточных вод – септики или выгребные ямы [2]. При этом сточные воды, часто не проходя достаточную степень очистки, могут сбрасываться напрямую в реку, вызывая её загрязнение

физиологическими выделениями людей и животных, взвешенными веществами, отходами и отбросами, получающимися при мытье продуктов питания, кухонной посуды, стирке белья, мытье помещений и поливке улиц.

Поверхностно-ливневые сточные воды с территории населенных пунктов Токсовского городского поселения не отводятся. Эти стоки оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду и ухудшают экологическое состояние реки и территории поселения в целом [2].

Основным объектом, оказывающим воздействие на реку Токса на территории Токсовского городского поселения, является комплекс очистных сооружений посёлка Токсово. При этом, мощность очистных сооружений посёлка Токсово и объём поступления сточных вод в несколько раз превышает мощность очистных сооружений деревни Рапполово, что создаёт увеличенную хозяйственную нагрузку на водный объект.

Стоит отметить, что на 2021 год очистные сооружения сточных вод в поселке Токсово находятся в неудовлетворительном состоянии, физически и морально устарели, так как проектировались несколько десятилетий назад и не было рассчитаны на нынешнее количество поступления сточных вод. Предполагается выполнить реконструкцию и модернизацию очистных сооружений с увеличением мощности очистных сооружений и увеличением степени очистки, что повысит степень очистки сточных вод и уменьшит негативное воздействие на реку Токса [2].

В соответствии с Генеральным планом развития поселения, предполагается незначительное увеличение численности населения до 44,8 тыс. человек, при этом предполагается развитие социальной инфраструктуры населенных пунктов. При этом прогнозируется увеличение объёмов поступления сточных вод на очистные сооружения поселения. В таблице 3.1.2 приведены прогнозные балансы водоотведения Токсовского городского поселения [20].

Таблица 3.1.2 – Прогнозные балансы сточных вод Токсовского городского поселения, тыс. м<sup>3</sup> [2]:

Токсовское городское поселение	Принято сточных вод, тыс. м <sup>3</sup> /год
2023 год	306,3
2024 год	307,5
2025 год	308,7
2026 год	310,0
2026-2031 годы	316,2
2031-2036 годы	322,3

Таким образом, планируется постепенное увеличение поступления объёмов сточных вод на очистные сооружения. На данный момент установленная мощность существующих очистных сооружений позволяет обеспечить отвод сточных вод на период 2031-2036 годы.

Другие источники загрязнения реки Токса, в целом, аналогичны источникам загрязнения реки Охта. Этими источниками являются частный сектор жилой застройки и поверхностно-ливневые сточные воды.

Так как река Токса берёт своё начало из озера Кавголовского, на её экологическое состояние может влиять загрязнение озера. Кавголовское озеро испытывает интенсивное антропогенное воздействие, выражающееся в антропогенной и хозяйственной нагрузке. Следует отметить, что в прибрежной зоне Кавголовского озера расположены следующие объекты: база УТЦ «Кавголово» НГУ имени П. Ф. Лесгафта, учебная база «Кавголово» Горного Университета, частные жилые дома. Все вышеуказанные объекты находятся в границе второго пояса зоны санитарной охраны ВОС г. п. Токсово.

Также, ещё несколько лет назад нередко отмечались случаи мытья легковых машин местным и приезжим населением в непосредственной близости от уреза воды озера. Это приводило к загрязнению водоёма

поверхностно-активными веществами и нефтепродуктами. Сейчас, благодаря ограничению подъездов к берегам, повышению экологической культуры населения и доступности автомобильных моек эта проблема практически исчезла.

Обе реки активно используются местным населением и приезжими туристами в целях рекреации, рыболовства и туризма. В весенне-летний период наблюдается резкое повышение численности местного населения за счёт приезжающих, так как в г. п. Токсово и соседних поселениях располагаются большие дачные массивы и садоводства. За счёт приезжающих население Токсовского городского поселения может увеличиваться в 5-7 раз, соответственно, увеличивается антропогенная нагрузка на природу, в том числе, на водные объекты [20].

Одной из проблем, связанных с загрязнением береговой линии и лесных массивов по берегам рек, является создание незаконных свалок. Как правило, свалки организовываются в лесах и лесопарках, куда имеет возможность заехать автомобильная техника, в том числе большегрузная. Основную часть отходов таких свалок составляет строительный мусор и прочие отходы, не относящиеся к ТКО. При этом, отходы могут свозиться в леса не только с территории Токсовского городского поселения и ближайших поселений, но и из других муниципальных районов, и из Санкт-Петербурга.

Так же проблему отходов усугубляют иногда сами местные жители, создавая стихийные свалки в местах отдыха по берегам рек и выбрасывая в воду различный мусор.

### 3.2. Перспективы хозяйственного освоения рек на территории поселения

Перспективы развития Токсовского городского поселения тесно связаны с расширением такого крупного города, как Санкт-Петербург. В связи с растущей численностью населения, обладающий богатыми природно-



рекреационными ресурсами поселок Токсово в ближайшее время должен получить значительное развитие, как место проживания и отдыха многих петербуржцев и как зона рекреационно-туристического назначения. Прогнозируется значительное увеличение численности постоянного населения МО «ТГП» до 18 тыс. человек, в том числе пгт. Токсово – до 13,5 тыс. человек, что будет способствовать увеличению объёма поступления сточных и ливневых вод с территории поселения, росту туристической нагрузки [2].

Также предусматривается реконструкция дорожно-транспортной сети поселения. В настоящее время через территорию поселения проходит 2 основных магистрали: дорога Скотное-Рапполово-Токсово и шоссе Санкт-Петербург-Матокса. Обе дороги двухполосные, с одной полосой в каждом направлении. Планируется уширение проезжей части до четырёх полос, с двумя полосами в каждом направлении [20].

В данный момент на территории Токсовского городского поселения наблюдается постепенное увеличение интенсивности движения автотранспорта, в том числе большегрузного, по вышеуказанным дорогам. Реконструкция дорожной сети позволит увеличить пропускную способность дорог, но, вместе с этим, увеличит поток автотранспорта, что приведёт к увеличению выбросов в атмосферный воздух, повышение уровня шума на прилегающих территориях, а также, в силу отсутствия на территории поселения ливневой канализации, увеличению поступления загрязняющих веществ в поверхностный сток.

### 3.3. Гидрохимическая характеристика объектов исследования

В ходе написания работы для более полного изучения экологического состояния рек был проведён анализ результатов исследований проб воды из рек, результаты проб были предоставлены местными жителями. Места отбора проб расположены Т-2, Т-3 на реке Токса и в точках О-1, О-3 на реке

Охта. Точки отбора проб представлены на рисунке 3.3.

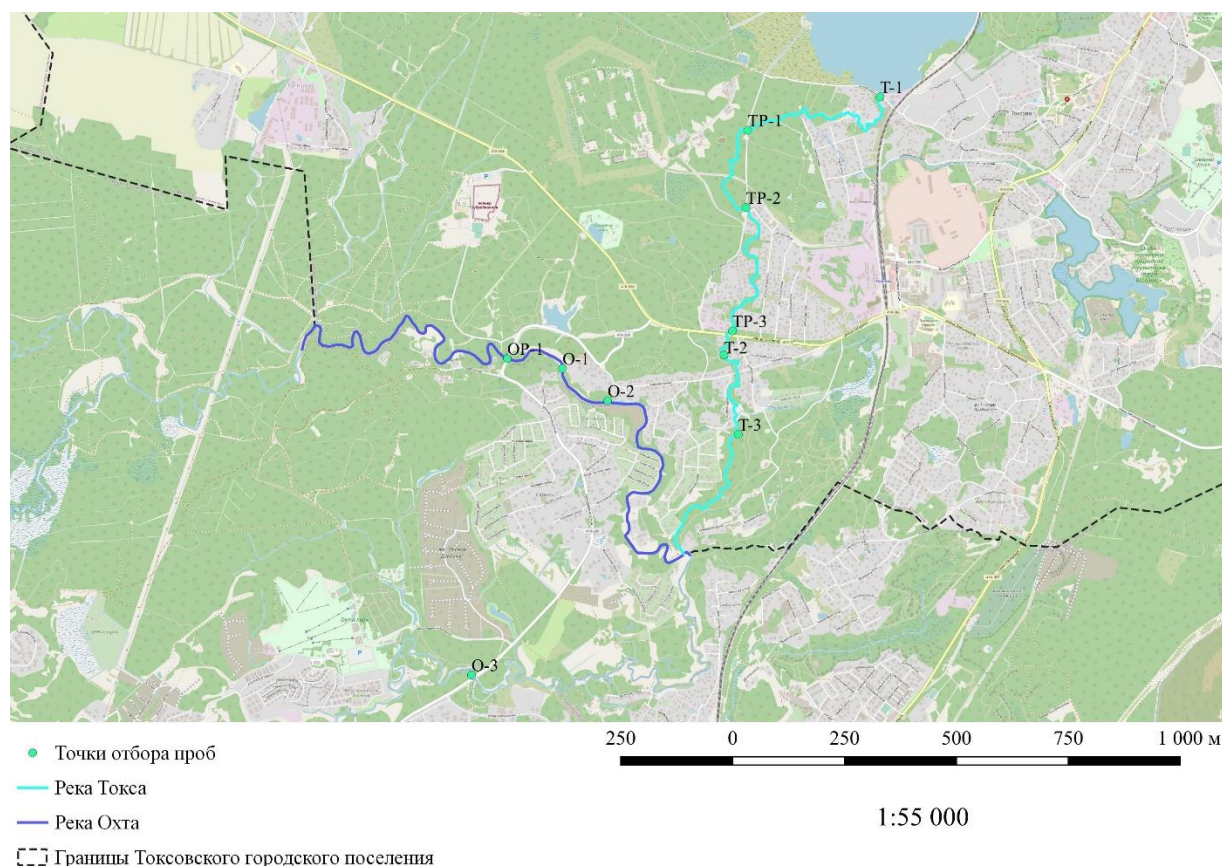


Рисунок 3.3 – Точки отбора проб на реках Охта и Токса (карта взята из [1])

Точки отбора были расположены таким образом, чтобы наиболее полно отражать картину полученных результатов. Места отбора проб на реке Токса были выбраны выше и ниже места выпуска сточных вод в реку, места отбора проб на реке Охта были выбраны до начала жилой застройки берегов и после. Также выбор точек был частично продиктован природными условиями и расположением различных построек на территории поселения (в основном, жилых массивов), так как к рекам не везде можно подойти ввиду крутизны берегов, их застройки, заболоченности или сильной залесённости и труднопроходимости.

### 3.3.1. Водородный показатель

Одним из важнейших показателей, определяющих качество воды,

является водородный показатель (рН) среды, который оказывает существенное влияние не только на жизнь рыб в водоёме, но и на состояние всего биоценоза. Нормальное протекание жизненных процессов у большинства водных организмов происходит при нейтральной или слабощелочной реакции среды [21].

Величина водородного показателя рН для речных вод должна находиться в пределах 6,5 —8,5; воды с более низким рН характерны для северных рек, а с более высоким — для южных [10].

В зависимости от рН природные условно делят на семь групп, представленных в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Группы природных вод в зависимости от величины рН [17]:

Группа	рН
Сильнокислые воды	< 3,0
Кислые воды	3,0-5,0
Слабокислые воды	5,0-6,5
Нейтральные воды	6,5-7,5
Слабощелочные воды	7,5-8,5
Щелочные воды	8,5-9,5
Сильнощелочные воды	> 9,5

В ходе анализов отобранных проб были получены значения рН, представленные в таблице 3.3.1

Таблица 3.3.1 – Полученные в ходе анализа значения рН для рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Величина рН	6,7	6,6	6,7	6,6

Из таблицы видно, что величина водородного показателя в обеих реках практически не отличается, максимальное значение составило 6,7. Для водоисточников хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования в СанПиН 1.2.3685-21 установлено значения рН в пределах 6,0-9,0, по этому показателю вода исследуемых рек соответствует нормативам и соответствует группе нейтральных вод.

### 3.3.2. Кальций, магний, общая жёсткость

При использовании в быту излишне жёсткая вода может вызывать нежелательные явления. При кипячении такой воды может выпадать карбонаты кальция и магния в виде осадка. Жёсткая вода плохо подходит для приготовления пищи, требуется повышенный расход моющих средства, теряются вкусовые качества напитков [17].

Результаты анализов на содержание кальция, магния и общую жёсткость представлены в таблице 3.3.2

Таблица 3.3.2 – Содержание кальция, магния и общая жёсткость в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Кальций, мг/л	15,1	16,7	18,5	17,8
Магний, мг/л	2,0	2,3	2,4	2,1
Ж <sub>общ</sub> , мг-экв/л	0,65	0,80	0,85	0,70

По классификации О. А. Алёкина (1953) по степени общей жёсткости воды обеих рек относятся к категории очень мягких (до 1,5 мг/экв-л).

Предельно допустимая концентрация кальция и магния в водах водных объектов рыбохозяйственного значения составляют 180 мг/л и 40 мг/л соответственно [22]. По этим показателям воды в обеих реках во всех

четырёх точках соответствуют нормативным показателям.

Стоит отметить увеличение концентраций магния и кальция, а также повышение жёсткости в реке Токса в точке Т-3 по сравнению с точкой Т-2.

### 3.3.3. Железо общее

Железо является важным питательным элементом для водорослей, высших водных растений и многих других представителей гидробионтов. Недостаточное содержание железа может быть одним из лимитирующих факторов развития фитопланктона [7]. Повышенная концентрация железа в воде негативно влияет на органолептические свойства вод.

В поверхностных водах железо, как примесь, содержится главным образом в органических комплексах (гуматы), а также образует коллоидные и высокодисперсные взвеси [10].

В результате анализа были получены значения концентраций железа общего в водах исследуемых рек, представленные в таблице 3.3.3.

Таблица 3.3.3 – Содержание железа общего в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Железо общее, мг/л	13,5	12,8	11,9	13,1

Содержание железа в водных объектах рыбохозяйственного значения, которым является река Охта, устанавливается на уровне 0,1 мг/л [22]. Как видно из таблицы, содержание железа общего в реке Охта в точках О-1 и О-3 превышает предельно допустимую концентрацию в 119 и 131 раз. Так как железо в природных водах является веществом IV класса опасности, результаты позволяют сделать вывод о случае экстремально высокого загрязнения железом вод реки Охта [16].

В водах поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и

культурно-бытового водопользования величина предельно допустимой концентрации железа составляет 0,3 мг/л. Содержание железа в реке Токса, которая относится к водному объекту культурно-бытового водопользования, превышает ПДК в 45 раз в точке Т-2 и в 42 раза в точке Т-3, что позволяет сделать вывод о случае высокого загрязнения воды этим веществом.

### 3.3.4. Окисляемость перманганатная

Величина перманганатной окисляемости широко используется для оценки содержания органических веществ в природных водах. Принято, что 1 мг кислорода перманганатной окисляемости примерно соответствует 1 мг углерода органических веществ. При этом для вод разных водных объектов это соотношение может колебаться в диапазоне от 0,65 до 1,1, поэтому данный показатель чаще всего используется для ориентировочной оценки загрязнения [17].

В настоящее время перманганатная окисляемость нормируется в питьевой воде, в том числе в воде, расфасованной в ёмкости, а также в водах аквапарков. Норматив перманганатной окисляемости для питьевой воды составляет 5,0 мгО/л.

В ходе анализов были получены величины перманганатной окисляемости, результаты представлены в таблице 3.3.4.

Таблица 3.3.4 – Величина перманганатной окисляемости в водах рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Окисляемость перманганатная, мгО/л	9,8	9,5	9,1	9,9

Как видно из таблицы, во всех точках отбора проб наблюдается превышение норматива по перманганатной окисляемости, в среднем, на 4,6

мгО\л.

Превышение значений окисляемости над нормативными само по себе не даёт информации о точном составе воды, однако, это может указывать на повышенное содержание веществ, вызывающих повышение перманганатной окисляемости. В данном случае причиной превышения над нормативами могут быть как антропогенное воздействие (сброс недостаточно очищенных вод), так и естественные факторы (органические кислоты, поступающие в реки).

### 3.3.5. Растворённый кислород

Определение содержания (концентрации) растворённого кислорода в поверхностных водах проводится с целью оценки условий обитания гидробионтов, а также как косвенная характеристика оценки качества поверхностных вод и регулирования процесса очистки сточных вод. Присутствие растворённого кислорода определяет степень аэрированности природной воды. Содержание компонента колеблется обычно от 0 до 14 мг/л, в поверхностных слоях может наблюдаться перенасыщение этим газом и отмечаться концентрации более 30 мг/л [17].

Как сильный окислитель, кислород влияет на скорость минерализации органических остатков и санитарно-гигиенической обстановке водоёма.

ПДК для водных объектов хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования должна быть не меньше 4,0 мг/л, для рыбохозяйственных водных объектов второй категории – 4,0 мг/л [22].

Концентрация растворённого кислорода в реках Охта и Токса представлена в таблице 3.3.5.

Таблица 3.3.5 – Концентрация растворённого кислорода в водах рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Раств. кислород, мгО <sub>2</sub> /л	5,16	4,11	5,67	5,88

Как видно из таблицы, концентрации растворённого кислорода во всех точках соответствуют нормативным значениям.

### 3.3.6. Аммоний-ион

В природных водах накапливается при растворении в воде газа – аммиака (NH<sub>3</sub>), образующегося при биохимическом распаде азотсодержащих органических соединений. Растворенный аммиак (аммоний-ион) поступает в водоем с поверхностным и подземным стоком, атмосферными осадками, а также со сточными водами промышленных предприятий. Также аммонийные соединения в больших количествах могут присутствовать в нечистотах, стоках с сельскохозяйственных угодий, пастбищ и мест скопления скота. Концентрации аммония в речных водах колеблются в пределах сотых и десятых долей миллиграмма на литр. В загрязнённых водах концентрация аммония резко возрастает [10].

При отмирании водных организмов, в осенние и зимние периоды, может происходить увеличение концентрации ионов аммония. Весной и летом, в связи с активным поглощением аммония растениями, происходит уменьшение концентрации компонента. Прогрессирующее повышение концентрации аммоний-иона в воде может указывать на ухудшение санитарного состояния водоёма [10].

Для поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования аммоний-ион нормируется по органолептическому показателю вредности, для вод водных объектов



рыбохозяйственного значения по токсикологическому признаку вредности.

Содержание аммония в реках вод Охта и Токса представлено в таблице 3.3.6.

Таблица 3.3.6 – Содержание аммоний-иона в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Аммоний-ион, мг/л	0,09	0,13	0,1	0,11

ПДК аммоний-иона для вод поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 1,5 мг/л [18]. По этому показателю все полученные результаты соответствуют нормативам.

Для вод водных объектов рыбохозяйственного значения ПДК аммоний-иона составляет 0,5 мг/л [22]. Полученные значения концентраций аммония также соответствуют этому нормативу.

Стоит отметить увеличение концентрации аммоний-иона в реке Токса в точке Т-3, после сброса вод с комплекса очистных сооружений г. п. Токсово, по сравнению с точкой Т-2 на 44 %, это может быть связано с недостаточной очисткой сточных вод на КОС «Токсово».

### 3.3.7. Марганец

Марганец принадлежит к числу важных питательных элементов для растений и животных. Марганец в природные воды поступает из марганецсодержащих руд, минералов, также со сточными водами марганцевых обогатительных фабрик, металлургических заводов, предприятий химической промышленности и шахтными водами. Значительные количества марганца образуются в процессе отмирания и разложения гидробионтов, в особенности сине-зелёных и диатомовых

водорослей, а также высших водных растений [10].

Содержание марганца в реках вод Охта и Токса представлено в таблице 3.3.7.

Таблица 3.3.7 – Содержание марганца в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Марганец, мг/л	0,59	0,74	0,65	0,61

Для вод поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования предельно допустимая концентрация марганца установлена на уровне 0,1 мг/л [18]. По результатам анализа, для вод реки Токса выявлено превышение ПДК марганца в 5,9 и 7,4 раза для точек Т-2 и Т-3 соответственно.

Для вод водных объектов рыбохозяйственного значения ПДК марганца составляет 0,01 мг/л [22]. Для вод реки Охта концентрации марганца превышают допустимые в 65 раз для точки О-1 и 61 раз для точки О-3, что позволяет сделать вывод о случае экстремально высокого загрязнения [16] вод марганцем, так как это вещество относится к IV классу опасности.

Высокие концентрации марганца в водах рек можно объяснить тем, что бассейны этих рек занимают территорию, которая сильно заболочена. На заболоченных почвах при кислой реакции интенсивно протекают процессы микробиологического восстановления марганца до двухвалентного, в результате чего подвижность марганца повышается, особенно в виде органоминеральных комплексов [10].

### 3.3.8. Алюминий

Алюминий попадает в природные воды естественным путем, при частичном растворении глин и алюмосиликатов, а также со стоками

отдельных производств (электротехническая, авиационная, химическая и нефтеперерабатывающая промышленность, машиностроение, строительство), с атмосферными осадками или сточными водами городской канализации [10].

Для гидробионтов наиболее токсичны растворённые и особенно свободные ионные формы металлов, в том числе алюминия, поэтому в водных объектах рыбохозяйственного назначения нормируется содержание именно растворенных форм металлов [17].

Содержание алюминия в водах рек Охта и Токса представлено в таблице 3.3.8.

Таблица 3.3.8 – Содержание алюминия в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Алюминий, мг/л	0,074	0,082	0,077	0,081

В водах поверхностных водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования ПДК алюминия составляет 0,2 мг/л [18].

В водах водных объектов рыбохозяйственного значения ПДК алюминия составляет 0,04 мг/л [22].

Река Токса относится к водным объектам культурно-бытового водопользования, величины концентраций в точках Т-2 и Т-3 составили 0,074 и 0,082 мг/л соответственно, что не превышает предельно допустимую концентрацию для этого типа водных объектов.

Река Охта относится ко второй категории водных объектов рыбохозяйственного значения, величины концентраций в точках О-1 и О-3 составили 0,077 и 0,081 мг/л соответственно. По результатам исследований выявлены превышения над ПДК в точке О-1 на 0,037 мг/л, в точке О-3 на 0,041 мг/л.

Превышение концентрации алюминия в водах исследуемых рек может быть показателем применения неверно рассчитанных концентраций коагулянта на очистных сооружениях, так как на обоих комплексах очистных сооружений в качестве коагулянта для осветления воды используется сульфат алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ .

### 3.3.9. Нитраты

Нитраты поступают в природные воды из, главным образом, почвенного покрова территорий, небольшое количество может поступать с атмосферными осадками. В пресных водоёмах нитраты активно используются растениями. Их содержание в водоёмах будет определяться соотношением между поступлением и потреблением растительными организмами [10].

В последнее время большое значение приобретает поступление нитратов с промышленными и бытовыми сточными водами. Высокие концентрации нитратов в природных водах часто создаются в результате их загрязнения неорганическими удобрениями, смываемых с сельскохозяйственных угодий поверхностными стоками [10].

ПДК нитратов для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования составляет 45,0 мг/л [18], для водоёмов рыбохозяйственного значения ПДК нитратов установлен на уровне 40,0 мг/л [22].

Концентрации нитратов в воде рек представлены в таблице 3.3.9.

Таблица 3.3.9 – Содержание нитратов в воде рек Охта и Токса:

Точка	Река Токса		Река Охта	
	Т-2	Т-3	О-1	О-3
Нитраты, мг/л	0,08	0,12	0,11	0,10

По результатам исследований, величина концентраций нитратов во

всех точках отбора проб не превышает нормативные уровни. Стоит отметить увеличение концентрации нитратов на 50 % в точке Т-3, после сброса сточных вод с КОС г. п. Токсово.

### 3.4. Органолептическая характеристика объектов исследования

Органолептические свойства воды — признаки, которые воспринимаются органами чувств человека и оцениваются по интенсивности восприятия [14].

Органолептические качества исследуемых вод обусловлены физическими характеристиками и наличием в ней определенных химических веществ (органических, минеральных солей, газов). Именно они и придают воде запах, вкус, привкус, окраску, мутность и т. п.

Органолептические свойства воды характеризуются показателями двух подгрупп: физико-органолептическими, представляющими собой совокупность органолептических признаков, воспринимаемых органами чувств, и химико-органолептическими, свидетельствующими о содержании определенных химических веществ, способных раздражать соответствующие анализаторы и обуславливать то или иное ощущение [14].

Часто отмечаются случаи, когда примеси в питьевой воде не являются непосредственной причиной негативных последствий для здоровья людей, однако оказывают опосредованное негативное воздействие на здоровье, ухудшая органолептические свойства воды.

В ходе работы был проведён анализ следующих органолептических показателей: запах при 20 °С, цветность, вкус, цвет. Отбор проб производился в точках Т-1, Т-2, Т-3, О-1, О-2, О-3. Результаты органолептического анализа представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты органолептического анализа вод в точках отбора проб:

Точка	Цветность, град. цветности	Запах, балл	Вкус, балл	Цвет воды
Т-1	*	2	2	Жёлтый
Т-2	35	1	2	Жёлтый
Т-3	34	2	2	Жёлтый
О-1	33	3	3	Жёлтый
О-2	*	3	2	Жёлтый
О-3	36	3	2	Жёлтый

\* - означает, что анализ не проводился.

Также, на рисунке 3.4 представлено сравнение отобранных проб с точек Т-1, Т-2, Т-3 и О-1.

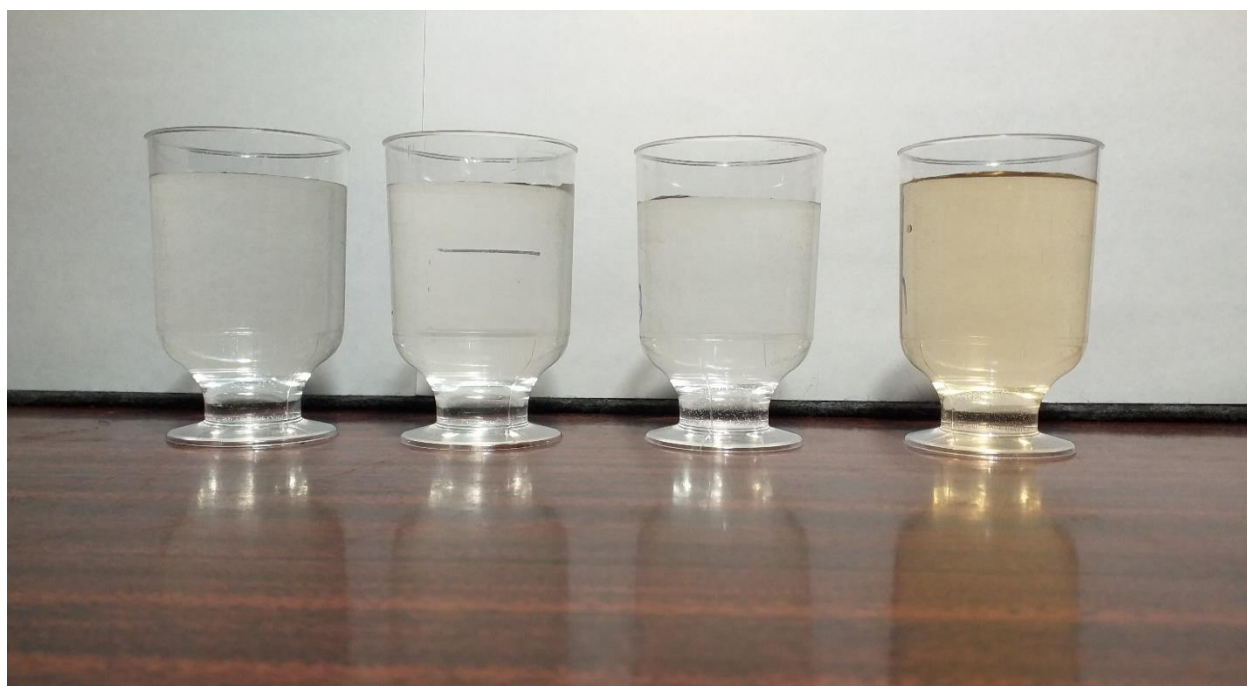


Рисунок 3.4 – Сравнение отобранных проб, слева направо – точки Т-1, Т-2, Т-3, О-1 (фото автора)

Как видно из рисунка, цвет воды в реке Охта (точка О-1), намного темнее воды в реке Токса.

Характер запаха воды в реке Токса в точках Т-3 и Т-2 гнилостный, примерный род запаха фекальный, сточный. В точке Т-1 характер запаха болотный, примерный род запаха – илистый, тинистый. Гнилостный запах в реке может объясняться попаданием недостаточно очищенных сточных вод в реку от комплекса очистных сооружений посёлка Токсово, а также от частной жилой застройки.

Характер вкуса воды в реке Токса во всех трёх точках горький, характер привкуса болотный. Такие результаты можно объяснить природными условиями, в которых протекает река.

Характер запаха воды в реке Охта во всех трёх точках болотный, примерный род запаха – илистый, тинистый. Такой запах так же можно объяснить природными особенностями, так как река протекает по заболоченной местности, вследствие этого, в неё поступает большое количество органических веществ.

Характер вкуса воды в реке Охта во всех трёх точках также, как и в реке Токса, горький, однако отличается большей интенсивностью, что также можно объяснить природными особенностями данной реки.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», норматив по показателю запаха для водоисточников хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования составляет не более 2 баллов. По этому показателю, вода реки Охта во всех трёх точках не соответствует нормативам.

По показателю цветности во всех проанализированных пробах выявлено превышение нормативов. Для воды питьевой централизованного водоснабжения и воды плавательных бассейнов норматив составляет 20 градусов, для воды питьевой нецентрализованного водоснабжения 30 градусов, для воды аквапарков 5 градусов. При этом, воды рек Охта и Токса не используются в водоснабжении населения, централизованное водоснабжение осуществляется из озера Кавголовского, нецентрализованное,

как правило, из родников и личных скважин. Также воды рек не используются в плавательных бассейнах и аквапарках.

Так как воды рек не используются для питьевого водоснабжения, оценка по органолептическим показателям больше показывает пригодность воды рек для целей рекреации и технического водопользования.

### 3.5. Состояние атмосферного воздуха в бассейнах рек на территории Токсовского городского поселения

Как уже отмечалось ранее, на территории Токсовского городского поселения отсутствуют какие-либо крупные предприятия, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду своими выбросами. Вместе с тем, основную долю загрязнения составляют выбросы от источников тепловой энергии. Реестр источников тепловой энергии представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Реестр источников тепловой энергии МО «Токсовское городское поселение» [25]:

Источник	Мощность, Гкал/час	Топливо	Темп. режим, град
БМК-4,0МВт	3,44	Природный газ	95/70
БМК-8,4МВт	7,22	Природный газ	95/70
Котельная № 33	2,06	Уголь	95/70
Котельная № 63	1,20	Уголь	95/70
Котельная № 31	6,01	Мазут М-100	95/70

Также на атмосферный воздух оказывает воздействие индивидуальное отопление частного сектора поселения и пункт перевалки угля вблизи ж/д станции Токсово.

При сжигании угля на ТЭЦ или в котельных выделяются диоксид



азота, оксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен, диоксид серы, неорганическая пыль и сажа. Так как угольные котельные расположены в непосредственной близости от жилых домов, при возникновении неблагоприятных метеорологических условий (штили, туман, инверсия) могут происходить застойные явления и накопление загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

В настоящее время оборудование котельных №33, №63, №31 находится в неудовлетворительном состоянии, поэтому, существуют планы по выводу их из эксплуатации с заменой на блочно-модульные котельные, работающие на природном газе [25]. Эти меры позволят сократить перечень загрязняющих веществ в выбросах объектов теплоснабжения.

В последние несколько лет на территории городского поселения наблюдается увеличение интенсивности движения автотранспорта, особенно транзитного и большегрузного. В связи с планами по реконструкции основных шоссейных дорог на территории поселения количество автотранспорта будет увеличиваться ещё сильнее. Это создаст дополнительное загрязнение воздуха вблизи исследуемых рек, так как через каждую из них перекинуты действующие автодорожные мосты.

На территории поселения отсутствуют станции контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха, отборы проб воздуха не проводятся, поэтому, определить точные концентрации загрязняющих веществ и примесей, а также проследить динамику загрязнения атмосферы не представляется возможным.

Также, на территории Токсовского городского поселения находятся большие лесные массивы, по большей части, нивелирующие негативное воздействие на атмосферу, благодаря этому, состояние атмосферного воздуха в бассейнах рек Охта и Токса можно считать удовлетворительным.

### 3.6. Радиационный фон в бассейнах рек на территории Токсовского городского поселения

На территории Токсовского городского поселения отсутствуют техногенные источники радиации. Ведущий вклад в формирование радиационного фона на территории поселения в бассейнах исследуемых рек по-прежнему вносится природными источниками ионизирующего излучения (главным образом, за счёт облучения радоном и его дочерними продуктами распада, а также природного внешнего гамма-излучения).

В то же время, в нескольких километрах севернее, на территории посёлка Кузьмоловский расположена база научно-исследовательского комплекса Российского научного центра «Прикладная химия» и АО «СПб «Изотоп», являющееся предприятием государственной корпорации "Росатом" и специализирующееся на транспортировке и экспедировании радиоактивных веществ и ядерных материалов.

Для получения информации о радиационной обстановке в бассейнах исследуемых рек были проведены измерения радиационного фона на территории Токсовского городского поселения. Результаты представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Значения мощности дозы облучения в бассейнах рек Охта и Токса:

Река Токса		Река Охта	
Точка	Мощность дозы, мкЗв/ч	Точка	Мощность дозы, мкЗв/ч
Т-1	0,11	О-3	0,09
Т-2	0,10	О-1	0,10
Т-3	0,09	О-2	0,09
ТР-1	0,10	ОР-1	0,14
ТР-2	0,09		
ТР-3	0,09		

На рисунке 3.5 представлено сравнение мощностей доз в бассейнах обеих рек.

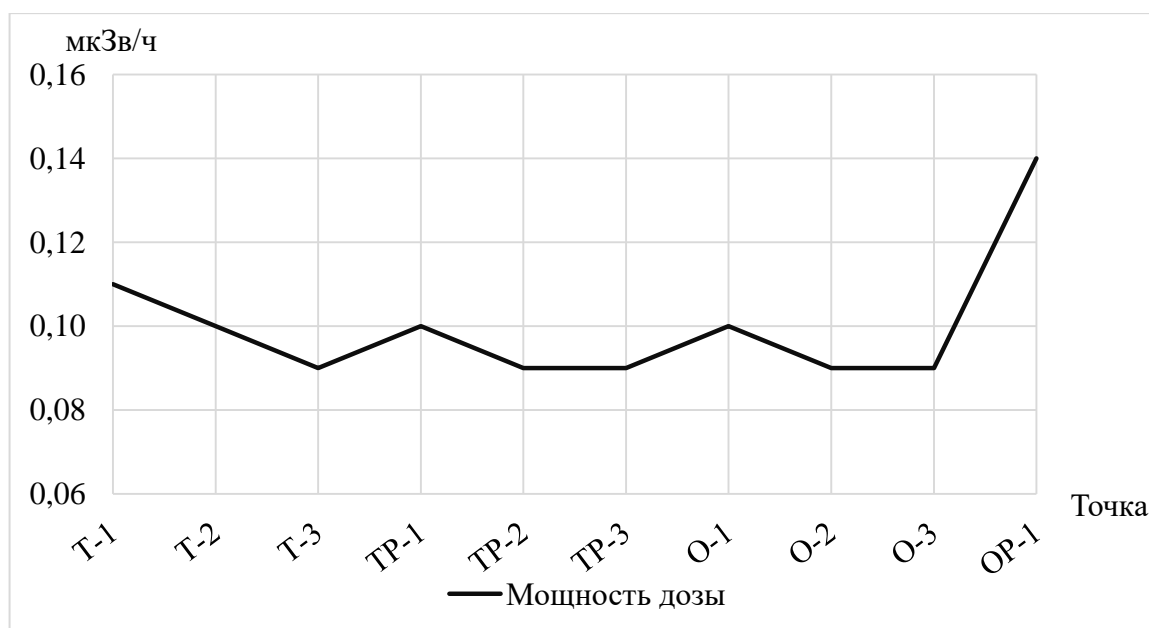


Рисунок 3.5 – Сравнение мощностей доз в точках наблюдений

Как видно из рисунка, радиационный фон в бассейнах рек Охта и Токса в период измерений находился в пределах 0,09-0,14 мкЗв/ч, что соответствует многолетним естественным значениям радиационного фона в Ленинградской

области [12].

### 3.7. Гидробиологическая характеристика исследуемых рек

Видовое разнообразие исследуемых рек в целом, типично для малых рек Карельского перешейка. При этом, реки Охта и Токса очень похожи между собой в плане видового состава. Ихтиофауна обеих рек представлена такими видами рыб, как плотва обыкновенная (*Rutilus rutilus*), краснопёрка (*Scardinius erythrophthalmus*), речной окунь (*Perca fluviatilis*), обыкновенная уклейка (*Alburnus alburnus*), серебряный карась (*Carassius gibelio*).

Из земноводных наиболее распространены 2 вида – обыкновенная жаба (*Bufo bufo*) и травяная лягушка (*Rana temporaria*).

Насекомые представлены, в основном, такими видами, как красотка-девушка (*Calopteryx virgo*), блестящая красотка (*Calopteryx splendens*), водомерка прудовая (*Gerris lacustris*), а также некоторыми видами ручейников (*Trichoptera*) [24].

Орнитофауна чаще всего представлена такими видами, как зарянка (*Erithacus rubecula*), деревенская ласточка (*Hirundo rustica*), белая трясогузка (*Motacilla alba*), сойка (*Garrulus glandarius*), полевой воробей (*Passer montanus*) [24]. Отмечаются большие популяции кряквы (*Anas platyrhynchos*), которые часто гнездятся в непосредственной близости от воды и выводят потомство. В зимнее время эти птицы, в основном, собираются стаями у истока реки Токса (рисунок 3.6), так как находящийся там водосброс не позволяет воде замерзнуть даже в сильные морозы.



Рисунок 3.6 – Стая крякв у истока реки Токса (фото автора)

В 70-х годах прошлого века местным обществом охотников были предприняты попытки заселения в реку Охта нескольких семейств бобров, которые позже прижились. Однако сейчас данных об обитании бобров в реке не существует.

Также, со слов местных жителей, примерно в это же время в реке Охта произошла массовая гибель рыбы, предположительно, связанная с неправильным использованием удобрений на полях учхоза Ленинградского ветеринарного института, расположенных выше по течению, в деревне Вартемяги. Обильные дожди привели к смыву удобрений в реку, что вызвало массовую гибель рыб.

## Глава 4. Основные проблемы, связанные с экологическим состоянием объектов исследования на территории Муниципального образования «Токсовское городское поселение» и пути решения этих проблем

### 4.1. Основные проблемы, связанные с экологическим состоянием рек Охта и Токса

Основными проблемами, связанными с экологическим состоянием исследуемых рек на территории МО «Токсовское городское население», являются:

1. Недостаточная степень очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых с территории поселения на комплексы очистных сооружений и последующих сброс таких вод в водный объект. Стоит отметить, что сброс сточных вод с КОС «Токсово» происходит сначала в ручей Мустаоя, по которому сточная вода попадает в реку Токса. Недостаточно очищенная сточная вода вызывает резкий канализационный запах в ручье, а так как ручей протекает по частному жилому сектору, это вызывает жалобы местных жителей на постоянный резкий запах от водного объекта;
2. Замусоренность русел и берегов рек на территории поселения строительными, бытовыми отходами, что ухудшает экологическое состояние почвы, атмосферного воздуха и речных вод при разложении и разрушении отходов, а также портит общую картину местности и уменьшает рекреационный потенциал местности;
3. Отсутствие поверхностно-ливневой канализации и локальных очистных сооружений для очистки поверхностного стока от нефтепродуктов, взвешенных веществ и других загрязнителей, и препятствования их попаданию в водные объекты;
4. Частичная застройка водоохраных зон хозяйственными и иными объектами, не имеющими сооружений, обеспечивающих охрану водных объектов от загрязнения, засорения, заиления и истощения вод. Также,

часто такие сооружения не имеют и предусмотренных Водным кодексом РФ приёмников, изготовленных из водонепроницаемых материалов, предотвращающих поступление загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в окружающую среду [26];

5. Будущее увеличение численности постоянного населения, что приведёт к появлению дополнительной нагрузки во всех сферах антропогенного воздействия на реки Охта и Токса;
6. Резкое повышение численности временного населения в весенне-летний период за счёт приезжающих на временное проживание и туристов. В этот период особенно увеличивается рекреационная нагрузка на реки;

4.2. Мероприятия, необходимые для обеспечения благоприятного экологического состояния исследуемых рек

В качестве мер по решению вышеизложенных проблем предлагается осуществить следующие мероприятия:

1. Провести реконструкцию и модернизацию комплекса очистных сооружений посёлка Токсово для обеспечения нормативной очистки сточных вод посёлка Токсово и исключения загрязнения водных объектов. В ходе реконструкции также необходимо предусмотреть комплекс мер для утилизации осадков сточных вод;
2. Так же, в качестве дополнительных мер при реконструкции водоочистных сооружений предлагается соорудить водоотвод сбрасываемых сточных вод. Это позволит уменьшить эрозию и загрязнение почвы, устранил жалобы местных жителей на неприятный запах. В качестве материала предлагается использовать трубы канализационные гофрированные, изготовленные из ПНД или ПВХ.
3. Для предотвращения загрязнения водоохранной зоны рек и русел перекрыть некоторые автомобильные проезды, установить шлагбаумы на въездах в лесные массивы для ограничения доступа большегрузной

техники в лесопарки. Эти меры не позволят создавать незаконные свалки в глубине лесных массивов, где их будет трудно обнаружить и ликвидировать;

4. Организация волонтерских и добровольных экопатрулей в лесных массивах, по берегам рек для своевременного выявления незаконных свалок и обнаружения нарушителей для дальнейшего привлечения их к ответственности. Для осуществления этих мер целесообразно налаживать сотрудничество с местными общественными организациями, созданными местными жителями. Сейчас для выявления незаконных свалок и пресечения деятельности по складированию отходов в не предназначенных для этого местах на территории Токсовского городского поселения действует один из немногих в России конных экопатрулей;
5. Строительство сетей ливневой канализации и локальных очистных сооружений для очистки поверхностно-ливневых вод от загрязняющих веществ, в том числе, техногенных. Стоит отметить, что планы по строительству сетей ливневой канализации заложены местной администрацией на период, начиная с 2026 года;
6. Организация и проведение мероприятий по экологическому просвещению, популяризация среди местных жителей и приезжающих бережного и ответственного отношения к природе, формирование экологической культуры среди населения. Для этих осуществления этих мер также целесообразно налаживать сотрудничество органов местного самоуправления и местным населением, общественными организациями. Это позволит более эффективно организовывать мероприятия, наладить взаимодействие между органами власти и населением, создаст положительный облик Токсовского городского поселения в глазах туристов, городского населения.

Все эти меры, при должном уровне осуществления, помогут сохранить безопасную санитарно-эпидемиологическую и экологическую обстановку



для блага жителей, а также статус поселения как одного из самых привлекательных с точки зрения туризма и рекреации мест Всеволожского района.

## ВЫВОДЫ

В конце работы предлагается дать следующие выводы:

1. Дано общее описание реки Охта и её левого притока – реки Токсы в границах г. Санкт-Петербурга, Ленинградской области и Токсовского городского поселения в частности. Установлено, что территория бассейнов исследуемых рек хорошо освоена и застроена, продолжается её активное освоение. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в воды рек являются комплексы очистных сооружений поселения, основными источниками загрязнения территории бассейнов рек являются незаконные свалки и большая антропогенная нагрузка.

2. В ходе работы на основе результатов анализа проб воды выявлены превышения концентраций в водах рек по таким показателям, как железо общее, перманганатная окисляемость, марганец, алюминий.

3. Выявлены превышения показателей по органолептическим признакам в воде реки Охта. В воде реки Токса превышения по органолептическим признакам не обнаружено.

4. Основное воздействие на атмосферный воздух оказывается источниками тепловой энергии. Благодаря удалённости источников друг от друга, их относительно небольшой мощности и наличию большого количества зелёных зон в бассейнах они оказывают на атмосферный воздух в бассейнах рек незначительное влияние.

5. Радиационный фон в бассейнах исследуемых рек соответствует многолетним естественным значениям радиационного фона в Ленинградской области;

6. Определены ключевые проблемы бассейнов рек Токсы и Охты на исследуемой территории:

- недостаточная степень очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых с территории поселения на комплексы очистных сооружений и последующих сброс таких вод в водный объект,

- замусоренность русел и берегов рек на территории поселения строительными, бытовыми отходами;

- отсутствие поверхностно-ливневой канализации и локальных очистных сооружений для очистки поверхностного стока от нефтепродуктов, взвешенных веществ и других загрязнителей;

- будущее увеличение численности постоянного населения, что приведёт к появлению дополнительной нагрузки во всех сферах антропогенного воздействия на реки Охта и Токса;

-резкое повышение численности временного населения в весенне-летний период за счёт приезжающих на временное проживание и туристов;

- частичная застройка водоохраных зон хозяйственными и иными объектами, не имеющими сооружений, обеспечивающих охрану водных объектов от загрязнения

7. Даны рекомендации для решения проблем. Предложены мероприятия, необходимые для обеспечения благоприятного экологического состояния исследуемых рек.

## Заключение

При написании работы были выполнены все поставленные задачи.

Реки Охта и Токса на территории Токсовского городского поселения находятся под комплексной антропогенной нагрузкой, интенсивность которой будет, в дальнейшем, увеличиваться. Основными негативными факторами будут оставаться сбросы сточных вод и рекреационная нагрузка от местного и приезжего населения. Особенно эти факторы проявляются в весенне-летний период. Для обеспечения благоприятного санитарно-эпидемиологического и экологического состояния исследуемых рек необходимо комплексное рассмотрение существующих проблем и разработка мер, направленных на сохранение благоприятной экологической обстановки.

Токсовское городское поселение является одним из наиболее популярных мест отдыха для жителей близлежащих населённых пунктов, и, в особенности, города Санкт-Петербург, в связи с этим, сохранение благоприятной экологической обстановки на территории поселения в целом и в бассейнах рек Охта и Токса, в частности, является важной задачей как для органов местного самоуправления, так и для местных жителей, которые активно участвуют в жизни поселения, создают местные общественные организации, занимающиеся, в том числе, вопросами экологического характера, такими как борьба с незаконными свалками, незаконной вырубкой лесов, берегозахватами водных объектов, экологического просвещения и т. д. Поэтому, для снижения негативного воздействия и сохранения природной среды на территории поселения необходимо взаимодействие, налаживание диалога и взаимопомощь между местной властью, населением, приезжающими туристами и отдыхающими, экоактивистами. Все эти меры, в будущем, помогут сохранить привлекательный статус поселения для отдыхающих, местных жителей, благоприятную экологическую, санитарно-эпидемиологическую обстановку на территории г. п. Токсово и близлежащих поселений.

## Список использованных источников

1. Администрация МО «Токсовское городское поселение». Официальный сайт [Электронный ресурс]: URL – <https://toksovo-lo.ru/> (Дата обращения 15.03.2022);
2. Актуализация Схемы водоснабжения и водоотведения Токсовского городского поселения на период 2021-2036 годов [Текст] / СПб., 2021. – 66 с.
3. Выполнение работ по мониторингу состояния использования земель на территории Мурманской, Вологодской, Новгородской и Ленинградской областей [Текст]. – М.: ООО ИТЦ «СКАНЭКС», 2017. – 129 с.
4. Гидрографические характеристики рек [Электронный ресурс]: URL – <https://infopedia.su/17x8823.html> (Дата обращения 18.03.2022);
5. ГОСТ Р 57164-2016. – Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности [Электронный ресурс]: URL – <https://docs.cntd.ru/document/1200140391> (Дата обращения 19.02.2022);
6. Государственный водный реестр. Река Охта [Электронный ресурс]: URL – <http://verum.wiki/index.php?item=gvr:46952> (Дата обращения 28.03.2022);
7. Железо в воде [Электронный ресурс]: URL – <http://cgon.rospotrebnadzor.ru/content/shkola-gramotnogo-potrebatelya/2140> (Дата обращения 20.02.2022);
8. Ивлев, В. В. Всеволожский район Ленинградской области. Историко-географический справочник / В. В. Ивлев. – М.: «КомКнига», 1994. – 231 с.
9. Красная книга Ленинградской области. Животные [Текст] / СПб.: Папирус, 2018. – 560 с.
10. Никаноров, А. М. Гидрохимия [Текст]: учебник / А. М. Никаноров. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. – 444 с.
11. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2017 году

- [Текст]. – СПб.: Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2018. – 123 с.
12. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2018 году [Текст]. – СПб.: Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2019. – 143 с.
13. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2019 году [Текст]. – СПб.: Комитет по природным ресурсам Ленинградской области, 2020. – 174 с.
14. Органолептические свойства воды [Электронный ресурс]: URL – <https://studfile.net/preview/5785093/page/5/> (Дата обращения 20.02.2022);
15. Охта – все реки [Электронный ресурс]: URL – <http://vsereki.ru/atlanticheskij-okean/bassejn-baltijskogo-morya/neva/oxta> (Дата обращения 27.03.2022);
16. Перечень и критерии экстремально высокого загрязнения [Электронный ресурс]: URL – <http://www.meteorb.ru/monitoring/perechen-i-kriterii-ekslremalno-visokogo-zagryazneniya> (Дата обращения 25.04.2022);
17. Позднякова, А. И. Практическое руководство по проведению гидрохимического анализа [Текст]: учебно-методическое пособие для вузов / А. И. Позднякова. – СПб.: РГГМУ, 2019. – 112 с.
18. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации №2 от 28 января 2021 года об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Текст] / М., 2021. – 469 с.
19. Почвы Ленинградской области [Текст] / под. ред. В. К. Пестрякова. – Ленинград: Лениздат, 1973. – 344 с.
20. Пояснительная записка к Генеральному плану Муниципального образования «Токсовское городское поселение» [Текст] / СПб.: ФГУП Российский государственный научно-исследовательский и проектный

институт Урбанистики, 2007. – 21 с.

21. Привезенцев, Ю. А. Интенсивное прудовое рыбоводство [Текст]: учебник для вузов / Ю. А. Привезенцев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 368 с.
22. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации №552 от 13 декабря 2016 года «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [Текст] / М., 2016.
23. Санитарные правила и нормы СанПин 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» [Электронный ресурс]: URL – <https://docs.cntd.ru/document/902170553?marker=6560IO> (Дата обращения 18.03.2022);
24. Сообщество натуралистов INaturalist [Электронный ресурс]: URL – <https://www.inaturalist.org/> (Дата обращения 20.03.2022);
25. Схема теплоснабжения муниципального образования «Токсовское городское поселение» на период до 2030 г. [Текст] / Т. 1. – СПб: ООО «СиЭнергия», 2020. – 66 с.
26. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.04.2022) «Водный кодекс Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ. – 03.06.2006. – № 23. – ст. 2380.
27. Индикатор радиоактивности Радэкс РД 1706 [Текст]: руководство по эксплуатации / ООО «КВАРТА-РАД». - М.: 2019. – 44 с.