



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 работа

На тему «Динамика загрязненности малых рек Санкт-Петербурга»

Исполнитель Ефремова Элеонора Александровна  
(фамилия, имя отчество)

Руководитель кандидат географических наук,  
(ученая степень, ученое звание)

Урусова Елена Сергеевна  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
Заведующий кафедрой кандидат географических наук, доцент  
(подпись)

кандидат географических наук, доцент  
(ученая степень, ученое звание)

Алексеев Денис Константинович  
(фамилия, имя, отчество)

«19» 06 2025г.

Санкт-Петербург

2025

## **Содержание**

Введение.....	3
1. Характеристика объектов исследования .....	5
1.1 Характеристика реки Славянка .....	10
1.2 Характеристика реки Ижора.....	12
1.3 Характеристика реки Ждановка .....	15
1.4 Характеристика Черной речки.....	17
2. Описание исследуемых показателей.....	20
3. Оценка загрязненности малых рек г. Санкт-Петербурга .....	29
3.1 Характеристика исходных данных.....	29
3.2 Оценка загрязненности реки Славянка.....	31
3.3 Оценка загрязненности реки Ижора .....	34
3.4 Оценка загрязненности реки Ждановка.....	36
3.5 Оценка загрязненности Черной речки .....	38
4. Сравнительная характеристика загрязненности городских рек.....	42
Заключение .....	51
Список источников .....	53
Приложение А .....	58
Приложение Б .....	67

## **Введение**

В условиях быстрого роста городов и активного использования природных ресурсов проблема загрязнения водоемов становится все более актуальной. Малые реки Санкт-Петербурга, как важные компоненты городской экосистемы, испытывают значительное антропогенное влияние. Загрязнение воды в этих реках может привести к серьезным последствиям – как для окружающей среды, так и для здоровья людей. Поэтому исследование динамики загрязненности малых рек Санкт-Петербурга представляет собой важную задачу, позволяющую понять их текущее состояние и определить меры по их сохранению и восстановлению.

Целью является исследование изменений уровня загрязненности таких рек, как Славянка, Ижора, Ждановка и Черная речка по гидрохимическим показателям. В рамках работы будут рассмотрены основные характеристики этих водных объектов, их хозяйственное использование, а также оценено состояние загрязненности по ключевым показателям: растворенный кислород, содержание хлоридов, сульфатов, аммония, нитритов, железа общего, нефтепродуктов, фенола, АСПАВ, соединений меди, цинка, никеля, свинца, кадмия и марганца, окисляемость бихроматная, биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>).

Для достижения вышеуказанной цели поставлены следующие задачи:

- охарактеризовать объекты исследования, включая общие сведения о них, их притоках и степени загрязненности по удельному комбинаторному индексу загрязненности воды (УКИЗВ);
- рассмотреть исследуемые показатели и привести их предельно допустимые концентрации;
- оценить уровень загрязнения малых рек Санкт-Петербурга на основе имеющихся данных;
- сравнить степень загрязненности исследуемых водных объектов и выявить наиболее и наименее загрязненные из них.

В качестве исходных данных были использованы данные наблюдений за качеством поверхностных вод на реках Ижора, Славянка, Ждановка и Черная Речка за период с 2010 по 2023 годы по гидрохимическим показателям.

Таким образом, работа носит как научный, так и практический характер, способствуя более глубокому пониманию проблемы загрязнения водных объектов и необходимости их защиты.

## 1. Характеристика объектов исследования

Речные сети исследуемых водных объектов принадлежат бассейну Балтийского моря. Кarta-схема водосборов реки Невы представлена на рисунке 1.1. [1]



Рисунок 1.1 – Карта-схема водосборов основных притоков р. Нева [1]

Климат данного региона является переходным – от морского к континентальному, что обуславливает его умеренно холодный характер. Основным климатообразующим фактором является циркуляция воздушных масс в северо-западной части Ленинградской области. Преобладающие юго-западные и западные ветра приносят атмосферный воздух атлантического происхождения. В связи с циклонической активностью, которая сопровождается ветреной и пасмурной погодой, зимой отмечаются относительно теплые температуры, а

летом более прохладные. Высокая циклонность, характерная для Русской равнины, объясняется пересечением путей западных и южных циклонов.

Среднегодовая температура воздуха составляет  $6,3^{\circ}\text{C}$ . Самый холодный месяц в году – январь, со среднемесячной температурой  $-4,8^{\circ}\text{C}$ , а самый теплый – июль, со средней температурой  $19,1^{\circ}\text{C}$  [2] (см. таблицу 1.1 и рисунок 1.2).

Таблица 1.1 – Температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$  [2]

Месяц	Средний минимум	Средняя	Средний максимум
январь	-7,2	-4,8	-2,5
февраль	-7,6	-5,0	-2,4
март	-4,0	-1,0	2,3
апрель	1,7	5,2	9,5
май	7,2	11,5	16,3
июнь	12,2	16,1	20,5
июль	15,3	19,1	23,3
август	13,9	17,4	21,4
сентябрь	9,4	12,4	15,9
октябрь	4,1	6,2	8,7
ноябрь	-0,9	0,9	2,8
декабрь	-4,5	-2,5	-0,5
год	3,3	6,3	9,6

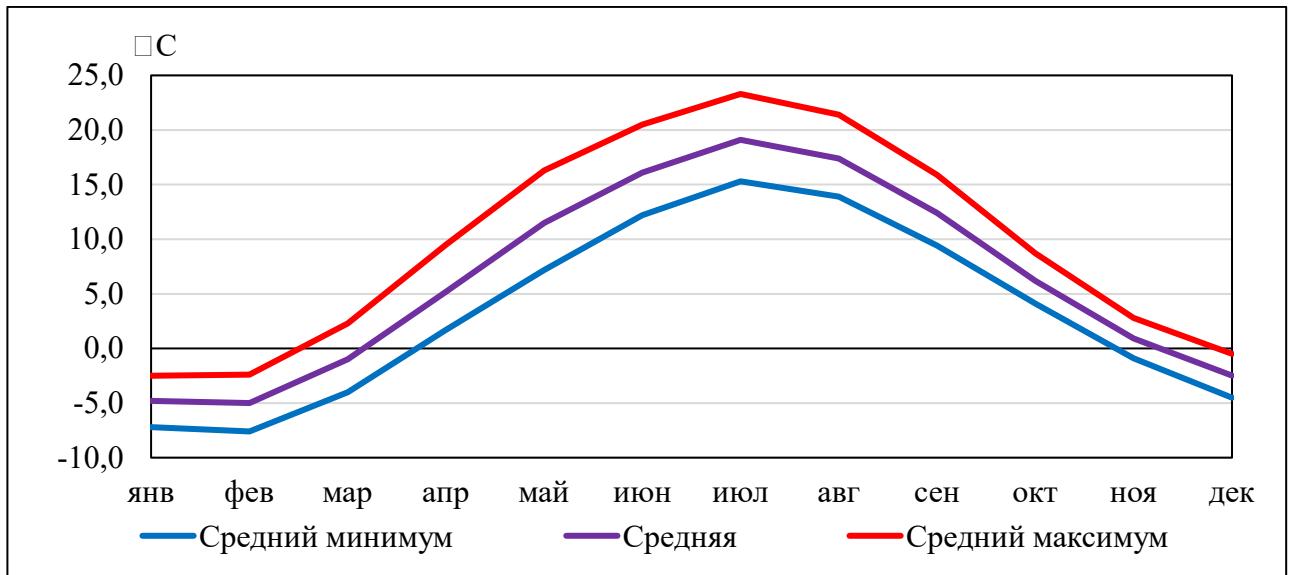


Рисунок 1.2 – Динамика среднемесячной температуры в течение года

Начало весны ознаменуется моментом, когда среднесуточная температура достигает 0 °C, что, как правило, происходит приблизительно 27 марта. В среднем, дни с температурой выше 0 °C продолжаются 236 дней, а промежуток между переходом через 0 °C и началом таяния снега занимает 7-10 дней. Весну отличает цикличность возвращения холодов и возможные кратковременные снегопады.

Летний период начинается, когда температура превышает +10 °C, примерно с 15 мая, и длится около 132 дней. В этот период, с начала июня по конец августа, среднесуточная температура обычно свыше +15 °C.

Осень, как правило, наступает 24 сентября и длится около двух месяцев. Зима начинается в декабре, характеризуясь преобладанием дождливых и снежных дней. В этот сезон среднесуточная температура опускается ниже -5 °C примерно на два месяца.

Относительная влажность воздуха колеблется в зависимости от физических и географических условий региона. Среднегодовое парциальное давление водяного пара составляет 7,8 гПа [2], а его значения в течение года варьируются от 3,2 гПа до 14,6 гПа. Среднегодовая относительная влажность воздуха достигает 78%.

Объем осадков в исследуемом районе характерен для зоны избыточного увлажнения, что обусловлено низкими температурами и активной циклонической деятельностью, характерной для этого времени года. В Санкт-Петербурге в среднем выпадает около 669 мм осадков ежегодно. Максимальное количество – 864 мм (2016 год), минимальное – 308 мм (1853 год) (см. таблицу 1.2 и рисунок 1.3) [2]

Максимальные месячные осадки были зафиксированы в июне 1742 года – 199 мм, а в январе 1836 года – 0 мм. Максимальный суточный уровень осадков достигал 76 мм 8 августа 1947 года. [2]

Таблица 1.2 – Количество осадков, мм [2]

Месяц	Норма	Месячный минимум	Месячный максимум	Суточный максимум
январь	46	0.0 (1836)	82 (2011)	23 (1955)
февраль	36	3 (1886)	92 (1990)	24 (2024)
март	35	0.9 (1923)	83 (1971)	26 (1971)
апрель	37	2 (1850)	99 (1764)	29 (1991)
май	47	2 (1842)	138 (2021)	56 (1916)
июнь	69	5 (1853)	199 (1742)	44 (2004)
июль	83	6 (1973)	166 (1979)	69 (2002)
август	86	2 (1955)	197 (1869)	76 (1947)
сентябрь	57	2 (1851)	190 (1767)	34 (1912)
октябрь	63	5 (1987)	150 (1984)	37 (2003)
ноябрь	56	2 (1862)	118 (2010)	31 (2010)
декабрь	51	4 (1852)	112 (1981)	28 (2009)
год	669	308 (1853)	864 (2016)	76 (1947)

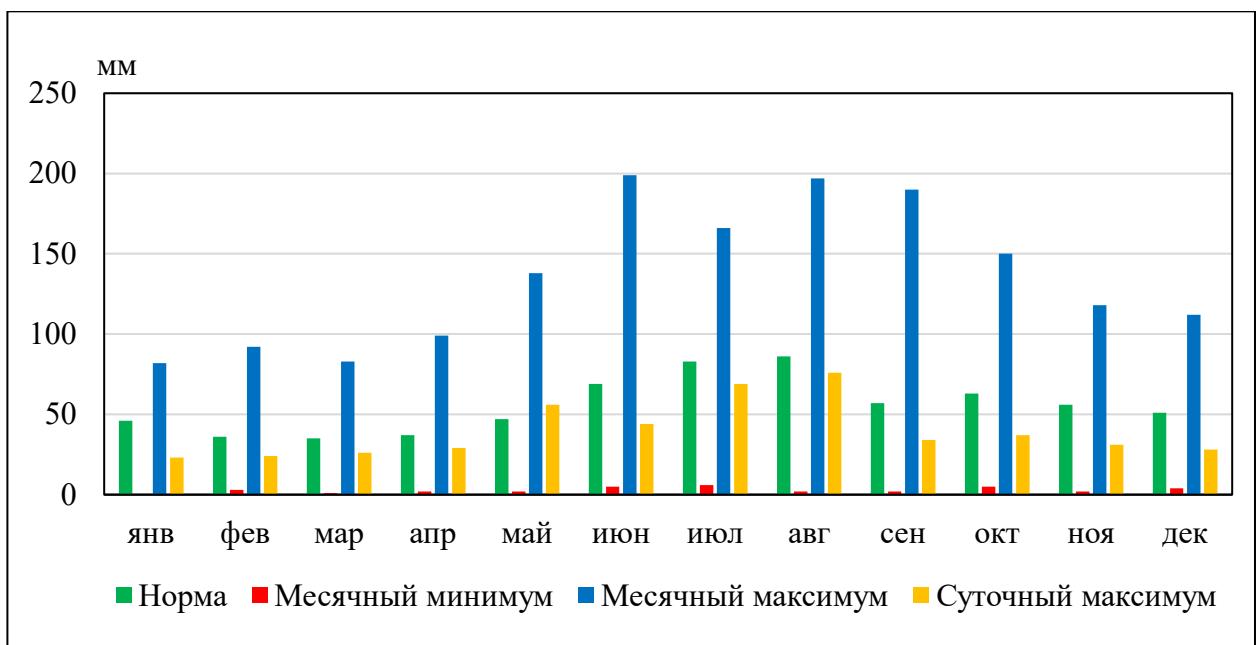


Рисунок 1.3 – Количество осадков

Снежный покров является одним из основных факторов, играющих важную роль в климате региона. Из-за короткого светового дня зимой и высокой отражательной способности снега температура воздуха у поверхности понижается значительно. Снег, будучи плохим проводником тепла, служит

защитой почвы от глубокого промерзания. Условия образования снежного покрова зависят от сроков его появления и таяния, высоты и устойчивости, а также количества дней со снежным покрытием. В среднем твердые осадки начинают выпадать в начале ноября, однако устойчивый снежный покров формируется в начале декабря и сохраняется до конца марта. Полное таяние снега происходит в середине апреля. Максимальная толщина снега достигает 19 см, а средняя – около 10,2 см. В среднем, число дней со снежным покровом составляет 118. [2]

Ветровой режим определяется общей атмосферной циркуляцией и зависит от расположения центров давления. Атмосферное давление показывает значительные сезонные колебания: в холодные месяцы оно снижается, а летом формируется зона высокого давления над Северным морем, что влияет на циркуляцию воздуха. Средняя скорость ветра – 2,2 м/с, при этом максимальные показатели фиксируются в осенне-зимний период, особенно с ноября по январь, когда средняя скорость достигает 2,6 м/с (см. рисунок 1.4). Максимальная зарегистрированная скорость ветра – 10 м/с, порывы достигают 24 м/с. [2]

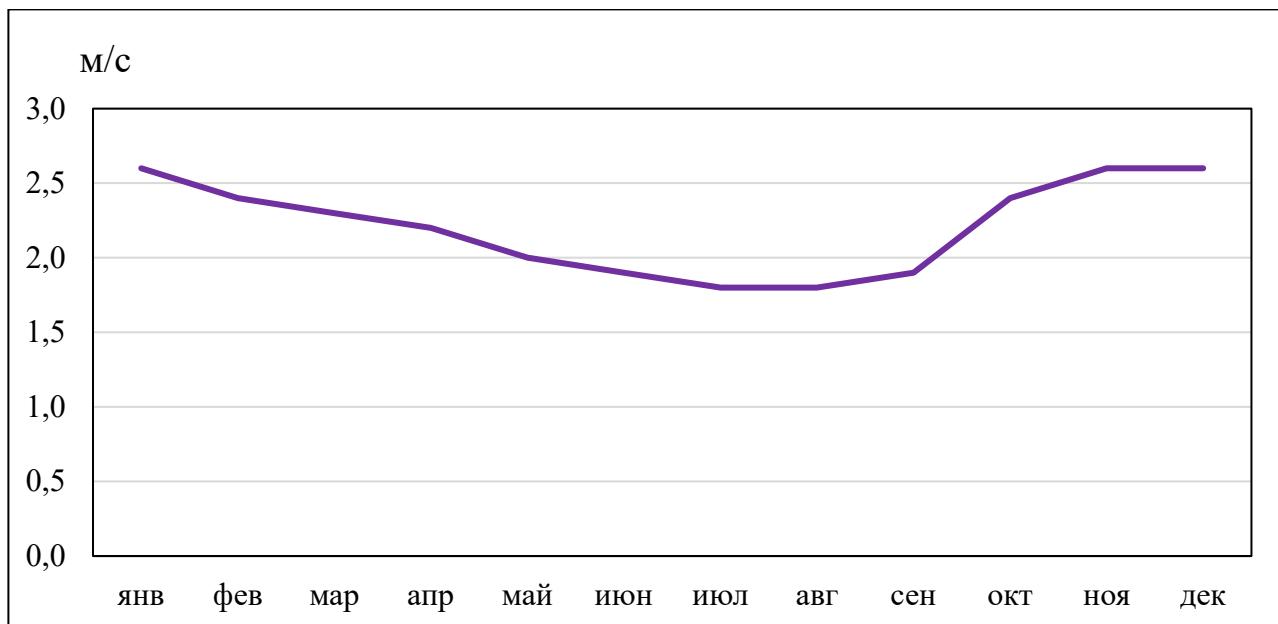


Рисунок 1.4 – Среднемесячная скорость ветра, м/с

## 1.1 Характеристика реки Славянка

Река Славянка протекает по Прибалтийской низменности, начинаясь, примерно в 9 километрах на юго-запад от Павловска, от мелких каналов в заболоченной местности. В верховьях, выше Павловска, долина узкая и извилиста, ширина русла составляет около 3-4 метров, течение здесь быстрое. Далее долина расширяется, и ширина русла достигает 12-15 метров, при этом течение замедляется. В Павловске река обводняет пруды дворцово-паркового комплекса, используется для водоснабжения и рекреации. В пределах Санкт-Петербурга Славянка также замедляет течение и плавно меандрирует, что характерно для многих небольших речек в городской черте. [3]



Рисунок 1.5 – Река Славянка [4]

Славянка является левым притоком реки Невы и впадает в нее в районе Рыбацкого моста Санкт-Петербурга, находясь примерно в 27 километрах от устья Невы. Общая длина реки составляет 39 км, а площадь водосборного бассейна – 249 км<sup>2</sup>.

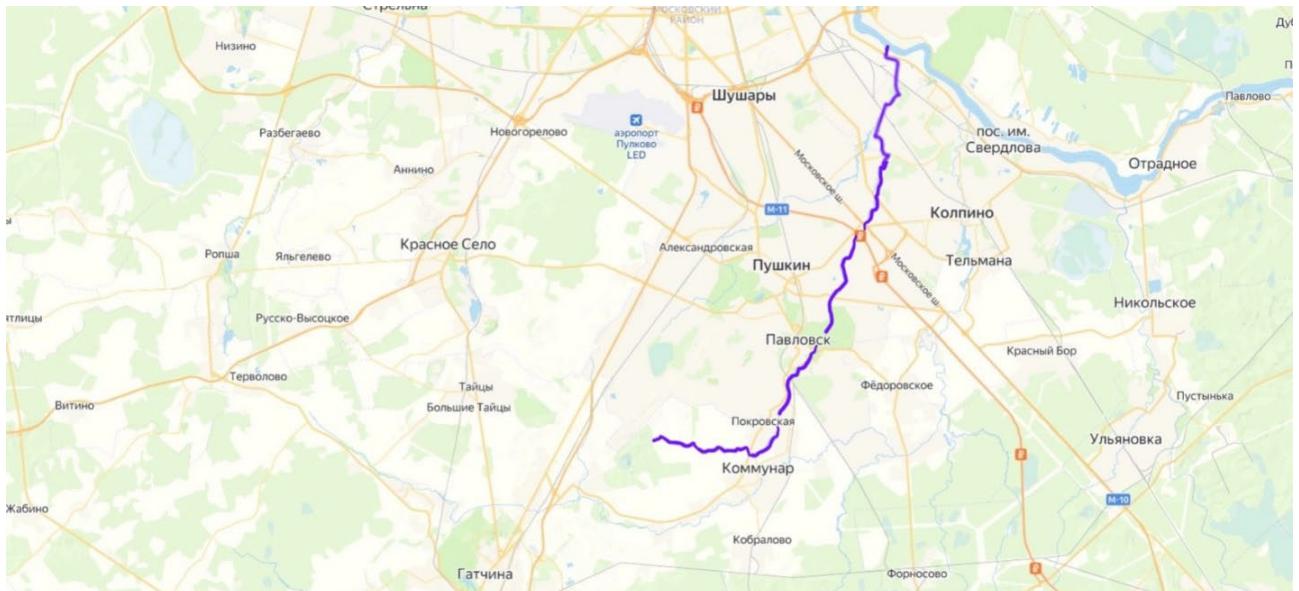


Рисунок 1.6 – Географическое расположение реки Славянка

Вблизи реки располагаются населенные пункты: в среднем течении – поселки Боровинка, Остров и Бор; в нижнем – Земляничное, Красный Сокол и Славянское. На территории Санкт-Петербурга река протекает через промышленные зоны, такие как «Рыбацкое» и «Ижорские заводы», и впадает в Неву в районе Рыбацкого моста.

Основными притоками Славянки являются река Кузьминка (слева) – около 5,4 км от устья, ручей Тярлевский (также слева), у которого есть приток Вангази, река Тызва (слева) и река Поповка (слева). [5]

Как и другие реки Санкт-Петербурга и Ленинградской области, Славянка относится к восточноевропейскому типу водного режима: весной происходит резкое повышение уровня воды – половодье, летом и осенью – межень, иногда прерываемая дождовыми паводками, особенно осенью, а зимой уровень воды низкий. Питание реки происходит за счет атмосферных осадков: дождя и снега. Замерзает река обычно в декабре, вскрывается в апреле, в зависимости от зимних условий и наступления весенней оттепели. Среднемесячный расход воды в устье составляет около  $1,8 \text{ м}^3/\text{с}$ , коэффициент извилистости – 1,25. [6]

Ранее в реке Славянка обитали колюшка трехглазая, окунь и щука, а иногда в нее заходила форель из Невы для нереста. В настоящее время в водоеме наблюдается мало рыбы.

Качество воды. В 2023 году качество воды реки ухудшилось с третьего класса «а» до четвертого. В воде фиксируются загрязнения соединениями меди, железа, цинка, марганца, а также органическими веществами (по ХПК). Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ не превышали 10 ПДК, за исключением меди до 16 ПДК, марганца до 31 ПДК, нитритного азота до 12 ПДК. В отдельных пробах выявляли соединения кадмия до 1,9 ПДК. [7]

## **1.2 Характеристика реки Ижора**

Река Ижора относится к бассейну Балтийского моря и является левым притоком реки Нева. Она протекает через Гатчинский, Тосненский районы Ленинградской области и Колпинский район Санкт-Петербурга. Эта река относится к водоемам второй категории водопользования, то есть используется для культурно-бытовых нужд. [4] Кроме того, Ижора является внутренним водным путем федерального значения. [7]



Рисунок 1.7 – Река Ижора [8]

В Гатчинском районе вдоль берегов реки расположены поселки Алапурская, Скворицы, Мыза-Ивановка, Ивановка, Петрово, а также населенные пункты Коммунар и садовое товарищество Заречное. В Тосненском районе – Войсково, Пионер и Аннолово; на территории Колпинского района находятся города Колпино, Металлострой и Усть-Ижора.

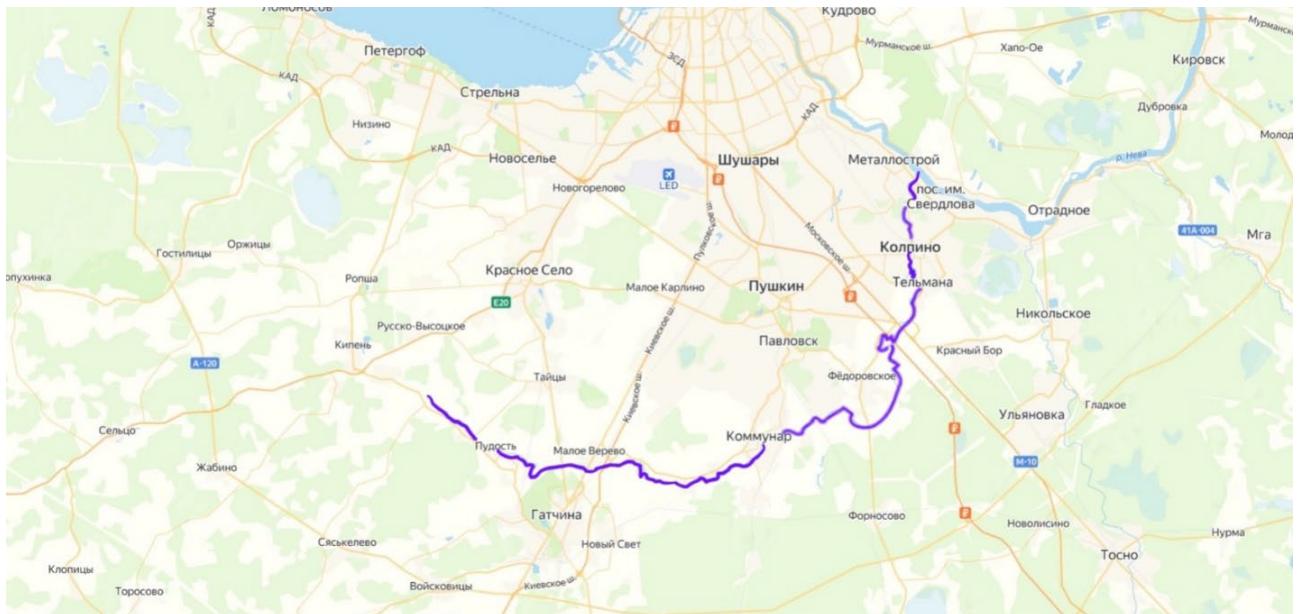


Рисунок 1.8 – Географическое расположение реки Ижора

Река начинается у родника близ села Скворица и впадает в Неву с восточного берега, примерно в 34 км от устья, недалеко от поселка Усть-Ижора. Длина Ижоры составляет 76 км, а средний уклон – 1,25 %. Площадь водосбора около 1000 км<sup>2</sup>, при этом лесистость региона достигает 56 %, а озерность менее 2 %, болот в водосборе нет. Прямое расстояние от источника до устья – примерно 40,5 км. Коэффициент извилистости реки равен 1,88. Общий уклон составляет 93 метра. Густота речной сети в бассейне Ижоры – 0,96 м/км. Средняя глубина равняется 1,5-2 метрам, максимальная глубина у устья – около 4 метров, а в ширину река достигает 60 метров в наиболее широких местах. [9]

В бассейне Ижоры насчитывается более двухсот притоков, из которых всего девять длиной более 10 км. Основные притоки с левой стороны – Веревка, с правой – Черная река, Парица, Винокурка и Большая Ижорка. Восточные притоки Ижоры – реки Лиговка и Попова Ижорка. На западе выделяют реку Теплая и ручей Корделовский. [5]

Режим питания реки смешанный, с преобладанием снеговых осадков. Весной уровень воды высокий, а летом и осенью низкий. Зимой река обычно замерзает в конце ноября – начале декабря, а вскрывается в конце марта – начале апреля. Питание осуществляется за счет атмосферных осадков, в основном дождей и снега, а также карстовых дождей, проникающих в почву. [5]

Почвы восточного побережья реки в основном аллювиальные луговые, а в верхней части встречаются содово-известняковые, образовавшиеся на известняках западного берега. На дне ручья встречаются аллювиальные почвы, иногда сменяющиеся торфяными. Западный берег Ижоры более крутой и высокий. [5]

Большая часть территории водосбора представлена лугами, сельскохозяйственными землями и кустарниками. Лесов вдоль реки практически нет. Рыбный состав реки включает щуку, окуня и другую рыбу. [5]

По качеству воды река Ижора относится к 4-му классу, разряду «а», то есть грязная. В воде обнаружены соединения меди, железа, цинка, органические вещества (по ХПК), нитритный азот. Среднегодовые концентрации не

превышают 10 ПДК, однако иногда фиксируют превышения: меди до 16 ПДК, марганца до 31 ПДК, нитритного азота до 12 ПДК. В отдельных пробах обнаружены нефтепродукты до 2-4 ПДК. [6]

### 1.3 Характеристика реки Ждановка

Река Ждановка представляет собой водоток, расположенный на территории города Санкт-Петербург и являющийся притоком Невской дельты. Она берет начало из Малой Невы и впадает в Малую Невку. Набережные реки Ждановки – это Ждановская набережная, которая тянется от Большого проспекта Петроградской стороны до Ждановской улицы у дома 35, а также Ждановская улица, идущая от Офицерского переулка до Новоладожской улицы. [9]

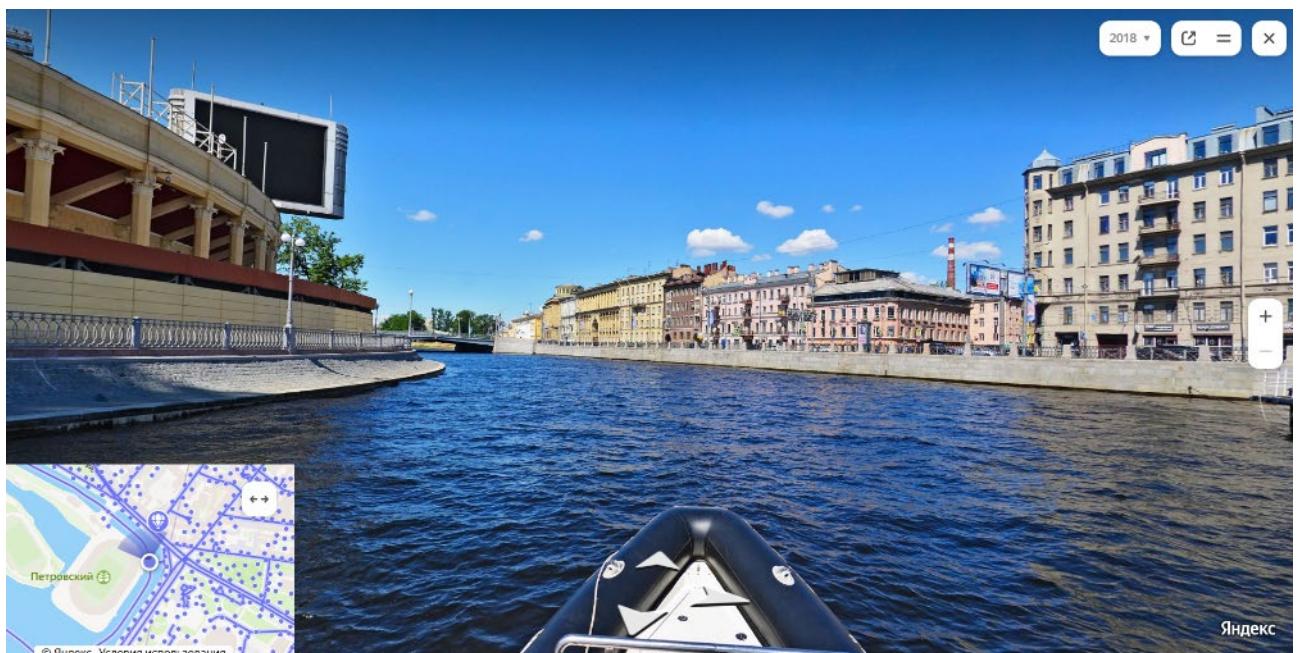


Рисунок 1.9 – Река Ждановка [10]

Река относится к водоемам второй категории водопользования, то есть служит объектом культурно-бытового назначения. Кроме того, Ждановка является внутренним водным путем регионального значения. [7]

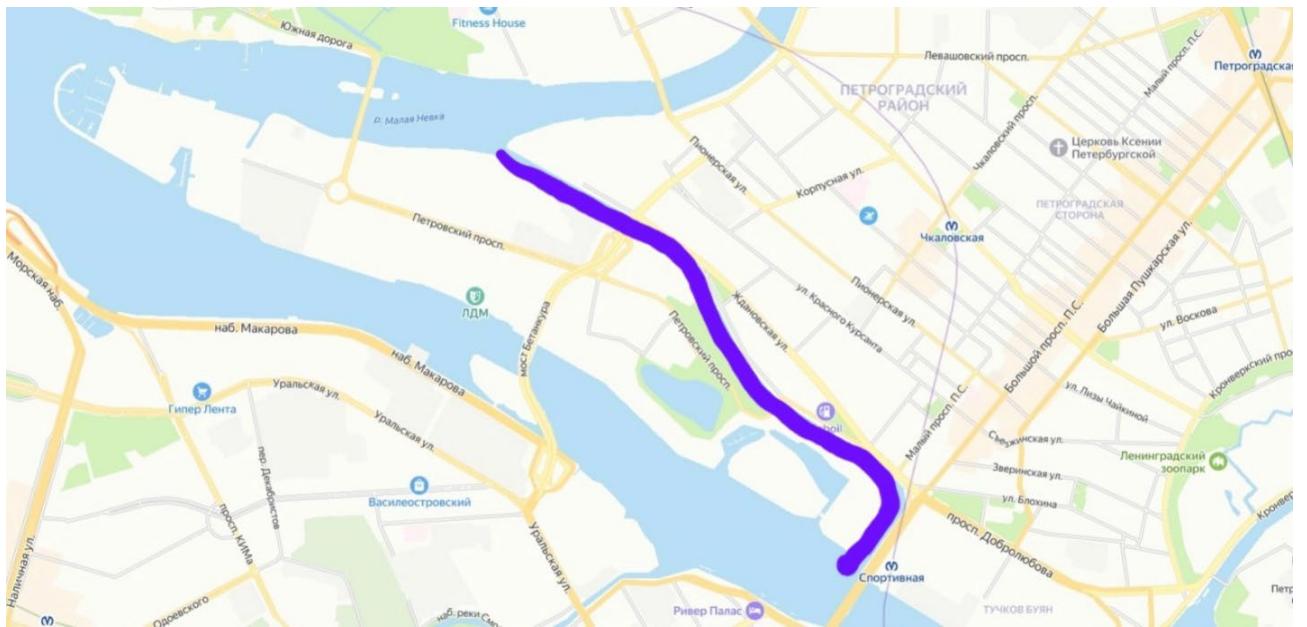


Рисунок 1.10 – Географическое расположение реки Ждановка

Течет река в северо-западном направлении. Ее ширина варьируется от 35 до 65 метров, глубина – от 2,2 до 4 метров, а длина составляет около 2,2 километра. В истоке средний многолетний расход воды равен  $14 \text{ м}^3/\text{с}$ . [11]

Берега и прибрежная зона Леонтьевского мыса состоят из техногенных грунтов. На левом берегу установлено деревянное свайное укрепление. На некоторых участках оно уже пришло в негодность или почти полностью разрушено. Правый берег оформлен бечевником, покрытым отмосткой из крупных валунов, гальки, гравия и строительного мусора. Здесь расположены многочисленные пирсы и причалы.

Левый береговой склон зарос деревьями и кустарниками, так же, как и правый берег, покрытый аналогичной растительностью.

В 2023 году река Ждановка была оценена как «слабо загрязненная», с характерными загрязняющими веществами, такими как железо, медь, цинк и органические вещества (по ХПК). [6]

## 1.4 Характеристика Черной речки

Черная речка – это водоток, расположенный на территории города Санкт-Петербург, который является правым притоком реки Большая Невка, а также рукавом невской дельты.

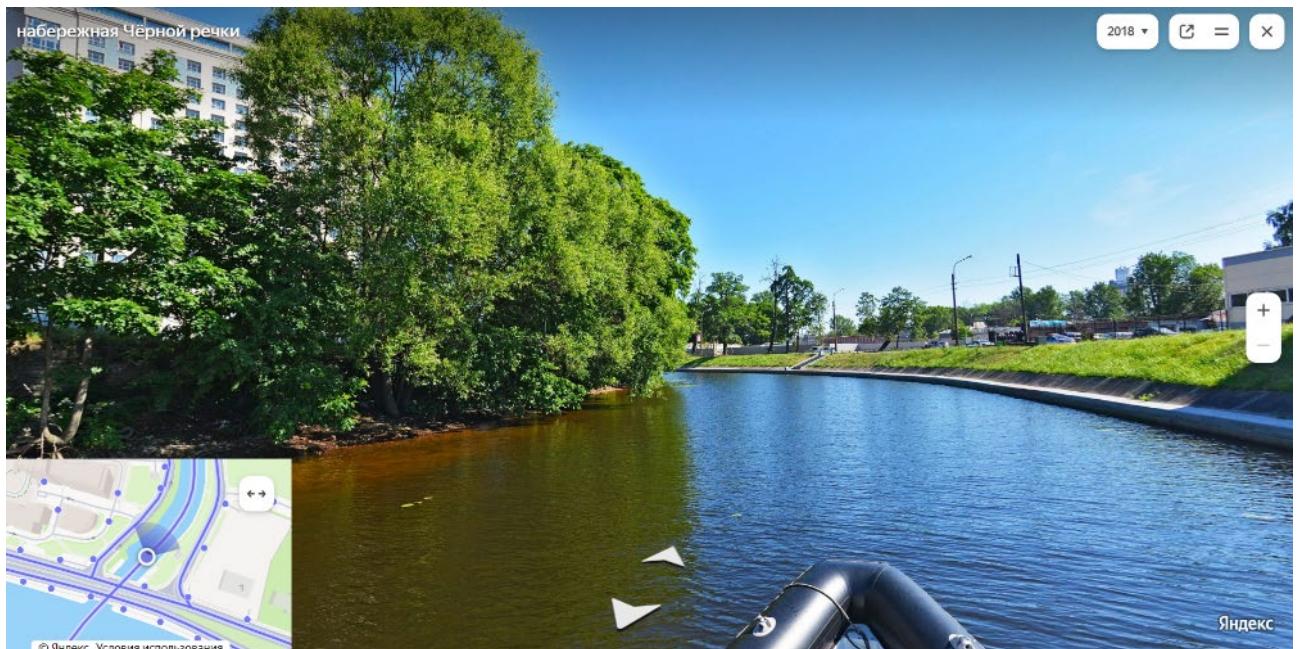


Рисунок 1.11 – Река Черная речка [12]

Протяженность Черной речки составляет чуть больше 8 км, ширина ее доходит до 20 м в самых низовьях. Глубина реки колеблется от 1 метра до 3.

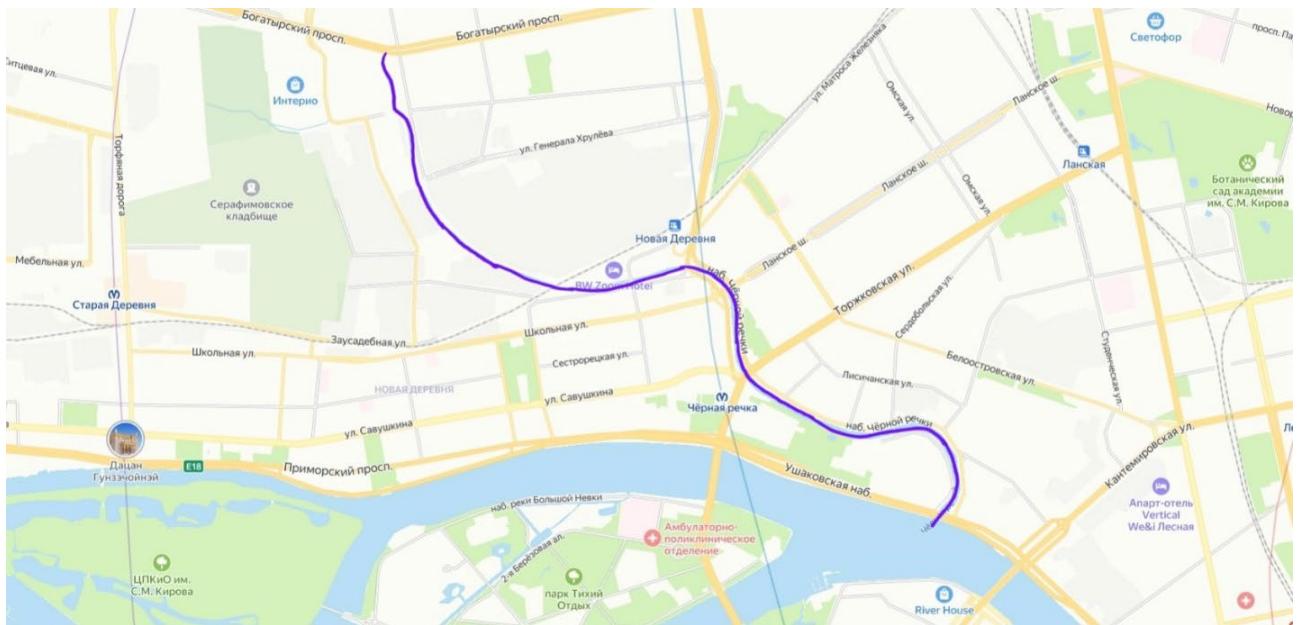


Рисунок 1.12 – Географическое расположение реки Черная речка

До начала широкомасштабных градостроительных работ в Приморском районе в 1980-е годы Черная Речка брала исток из обширного болота, окаймлявшего с юга озеро Долгое. Бассейн озера Долгого площадью 5,7 км<sup>2</sup> составлял примерно половину водосбора Черной речки. Ее длина в естественном состоянии равнялась примерно 6,5 км. На этом протяжении Черная речка принимала многочисленные малые водотоки и дренажные канавы, проложенные по заболоченной местности. Бассейн речки изобиловал родниками и выходами напорных грунтовых вод.

В настоящее время верхняя часть русла Черной речки либо заведена в подземные коллекторы, либо стала элементом подземного дренажа. Кроме обустроенных площадок нескольких крупных магазинов, водосбор Черной речки подвергся (и продолжает подвергаться) интенсивным строительным работам.

В нижнем течении Черная Речка сохранила черты, сформировавшиеся ко второй половине XX века, и впадает в Большую Невку. Протяженность сохранившегося участка Черной Речки составляет около 4 км, то есть более 60% общей длины реки в естественном состоянии. Устьевой участок реки в маловодные сезоны года находится в подпоре от Большой Невки и временами

превращается в узкий залив. Уровенный режим Черной речки ниже Чернореченского моста (Торжковская ул.) в летнее время практически соответствует ходу уровней Большой Невки.

Среднемноголетний уровень воды Черной речки в нижнем течении равен 14 см БС. Норма годового расхода реки в устье по состоянию до 1988 года составляла 100 л/с. Черной речке присвоена вторая категория рыбохозяйственных водных объектов. [13]

В 2023 году качество воды реки Черная речка улучшилось с третьего класса разряда «а» до второго. В воде выявлено 4-6 видов загрязняющих веществ, среди которых характерными были соединения железа, меди и органические вещества по ХПК. [6]

## **2. Описание исследуемых показателей**

**Растворенный кислород.** Кислород – это важнейший элемент, который постоянно присутствует в поверхностных водах в растворенном виде. Он создает условия для дыхания гидробионтов, поэтому должен содержаться в достаточных количествах. Кислород также участвует в процессах самоочищения водоема, окисляя органические и другие примеси, а также разлагая отмершие организмы. Когда концентрация растворенного кислорода снижается, это говорит о нарушениях в биологических процессах внутри водоема и о его загрязнении биохимически активными веществами, в первую очередь органическими. Определение уровня кислорода входит во все программы наблюдения и контроля состояния водных объектов [14]. В летний период содержание растворенного кислорода должно быть не менее 6 мг/дм<sup>3</sup>, а зимой — не менее 4 мг/дм<sup>3</sup> [15].

**Хлориды.** Одной из составляющих естественного солевого фона природных вод являются хлорид-ионы. Как правило, их содержание в поверхностных водах небольшое, так как высокие концентрации хлоридов геологического происхождения – явление редкое. Исходя из этого обнаружение повышенного содержания хлорид-ионов служит одним из признаков загрязнения воды промышленными сбросами или бытовыми стоками. Постепенное увеличение концентрации хлоридов в водном объекте может свидетельствовать о его загрязнении сточными водами. [16] Предельно допустимая концентрация (далее – ПДК) для рыбохозяйственных целей составляет 300 мг/дм<sup>3</sup>, санитарно-токсикологический лимитирующий показатель вредности (далее – ЛПВ), а класс опасности – 4Э. [17]

**Сульфаты.** Сульфаты – это важные компоненты, входящие в химический состав поверхностных и подземных вод. В поверхностных водах их поступление связано в основном с химическим выветриванием и растворением минералов, таких как гипс и ангидрит, а также с окислением сульфидных минералов и серы. Значительные количества сульфатов попадают в воду при разложении

организмов и окислении растительных и животных веществ, а также с бытовыми и промышленными сточными водами. От гидрологического режима водоема зависят внутригодовые изменения концентрации сульфатов. При повышенном содержании сульфатов ухудшается органолептические свойства воды. [18] В природных водах содержание сульфатов нормируется — ПДК для вод рыбохозяйственного значения составляет 100 мг/дм<sup>3</sup>, при этом ЛПВ — санитарно-токсикологический. [19]

**Окисляемость бихроматная.** Химическое потребление кислорода, или ХПК, — это показатель содержания органики в воде, показывающий затраты кислорода (или другого окислителя) необходимые для окисления органических веществ в пробе. Различают перманганатную и бихроматную окисляемость. Для чистых, малозагрязненных водных объектов обычно используют перманганатную окисляемость, а при повышенной загрязненности — бихроматную (ХПК). Факторы, от которых зависит показатель ХПК, определяются источниками сбросов: бытовыми, сельскохозяйственными или промышленными. Повышение ХПК говорит о большом количестве органики в стоках. А значит, в воде присутствуют примеси, которые либо не окисляются вовсе, либо окисляются очень слабо, относящиеся к токсичным веществам, отравляющим воду и наносящими вред гидробионтам. Такие вещества нарушают жизнь флоры и фауны, отравляют воду и почву, делая землю непригодной для сельхозработ. Легкая органика вытягивает из воды кислород, и это может привести к гибели живых организмов. [18] Согласно нормативам, ПДК ХПК для водоемов, где водится рыба, — не более 15 мг О/дм<sup>3</sup>. [19]

**БПК<sub>5</sub>.** Это показатель потребления кислорода в процессе биохимической деградации органики — то есть, сколько кислорода за 5 суток при 20 °C расходуется на разложение органических веществ в воде. В среднем считается, что за 5 дней окисляется около 70% органики, за 10 суток — около 90%, а за 20 — 99%. Но эти цифры — приблизительные, и в реальности все зависит от условий. Для практики используют стандартные параметры: инкубация 5 суток при температуре 20±1 °C, без доступа света и воздуха. Тогда показатель называется

БПК<sub>5</sub> и определяется как разница между содержанием кислорода в воде до и после инкубации. Этот показатель помогает понять степень загрязнения воды органическими веществами. [18] Для водоемов рыбохозяйственного назначения ПДК составляет 2,1 мг/дм<sup>3</sup>. [15]

**Аммоний.** Аммоний – это соединение азота и водорода. В природных водоемах он появляется из разлагающихся организмов, так как в последних есть аминокислоты, распадающиеся до простых соединений азота. Основными источниками аммония в природных водах являются сточные воды фермерских хозяйств, сельских участков и промышленных предприятий. В водоемах вблизи канализационных систем и выгребных ям концентрация аммония очень высокая. Аммоний распадается и превращается в аммиак, который в воде образует соединения с другими элементами и становится очень токсичным. Избыток аммония вызывает неприятный запах, напоминающий нашатырь, и привкус в воде, а также нарушает кислотно-щелочной баланс в организме. Аммиак повреждает слизистые и глаза, вызывает отеки, тошноту, трепет, удушье и спутанность сознания и т.д. В рыбном хозяйстве и аквариумистике вода с высоким содержанием аммония губительна для рыб – они могут задохнуться и погибнуть. В промышленности аммоний ускоряет коррозию оборудования. [20] Согласно нормативам, концентрация аммонийного азота не должна превышать 0,4 мг/дм<sup>3</sup>, класс опасности — 4, токсикологический ЛПВ. [15]

**Нитриты.** Соли азотистой кислоты широко распространены в окружающей среде, в частности в водных экосистемах. К основным источникам поступления нитритов в природные воды относятся недостаточная очистка сточных вод, отходы животноводства, атмосферные выбросы промышленных предприятий и азотсодержащие удобрения, используемые в сельском хозяйстве. После вымывания этих удобрений из почвы нитриты попадают в реки, озера, моря и подземные воды. Микроорганизмы способны перерабатывать нитрит-ионы, однако при превышении «природных норм» бактерии уже не справляются с избытком. Сезонные колебания сильно влияют на уровень нитритов: весной, из-за талых вод и разложения органики, их концентрация достигает максимума,

а зимой – минимальна. Превышение допустимых норм нитритов опасно для здоровья человека. Высокий уровень нитритов вызывает расширение сосудов и снижение способности крови переносить кислород. В кислых средах, особенно в желудке, нитрит-ионы образуют токсичные и канцерогенные N-нитрозосоединения, что увеличивает риск раковых заболеваний. [21] Согласно нормативам, предельно допустимая концентрация нитритов — 0,02 мг/дм<sup>3</sup>, при этом лимитирующий показатель — токсикологический, класс опасности 4Э. [15]

**Железо общее.** Это один из самых распространенных элементов в земной коре, и потому постоянно присутствует в природных водах. Основные источники поступления железа в природные воды – процессы химического выветривания горных пород и растворение их минералов, а также подземный сток. Часть железа попадает в воду через вынос со сточными водами горнодобывающей, металлургической и химической промышленности. Железо играет важную роль в биохимических процессах – его недостаток может быть лимитирующим фактором в развитии водной растительности, потому его относят к биогенным элементам. [22] По нормативам, ПДК железа – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а лимитирующий показатель вредности токсикологический, класс опасности 4. [15]

**Медь.** Медь входит в состав множества минералов и является распространенным элементом земной коры. В природные воды она поступает в основном за счет химического выветривания горных пород и минералов, с их растворением, а также со сточными водами различных отраслей промышленности – горнодобывающей, металлургической и химической. Значительные объемы меди могут попадать с сельскохозяйственными удобрениями, особенно в регионах с развитым садоводством и виноградарством. В водах медь встречается как в растворенной, так и в взвешенной форме. Медь – это важный микроэлемент, участвующий в ферментных процессах и обмене веществ, однако повышенные концентрации токсичны для гидробионтов. [23] Поэтому ее содержание в воде строго нормируют: ПДК растворенных форм меди – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, класс опасности – 3, ЛПВ – токсикологический. [15]

**Цинк.** Цинк является одним из распространенных элементов в земной коре и входит в состав множества минералов. В природные воды цинк поступает со сточными водами промышленности (горнодобывающей, металлургической, химической), а также в результате процессов химического выветривания горных пород и минералов, сопровождающиеся их растворением. Соединения цинка могут присутствовать в водах как в растворенной, так и в взвешенной формах. Более высокие концентрации растворенных форм наблюдаются в районах, где залегают соответствующие руды, а также при наличии значительного количества гуминовых и фульвокислот в воде. Цинк является физиологически активным микроэлементом, входящим в состав ряда важных ферментов и участвующим в процессах синтеза и обмена белков, жиров и углеводов. Однако повышенные концентрации цинка могут быть токсичными для гидробионтов, что делает необходимым нормирование его содержания в поверхностных водах. [23] Предельно допустимая концентрация (ПДК) растворенных форм цинка в водоемах рыбохозяйственного назначения составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, лимитирующий показатель вредности – токсикологический, класс опасности – 3. [15]

**Никель.** Никель является сравнительно малораспространенным элементом земной коры. В водные объекты он может поступать как в следствие процессов химического выветривания горных пород и почв, так и со сточными водами и атмосферными осадками, несущими в себе выбросы различных отраслей промышленности. Соединения никеля в воде не подвергаются биоразложению, поэтому они взаимодействуют с компонентами экосистемы и перераспределяются между ними. При поступлении в биосистемы в повышенных концентрациях тяжелые металлы способны нарушать жизненные процессы и вызывать патологические изменения в биохимических структурах организмов. [24] Согласно установленным нормативам, предельно допустимая концентрация растворенных форм никеля в воде водных объектов рыбохозяйственного назначения составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, при этом

лимитирующий показатель вредности – токсикологический, а класс опасности 3. [15]

**Свинец.** Как правило, в водоемы свинец попадает со сточными водами и атмосферными выбросами промышленности, а также в результате процессов химического выветривания горных пород и почв, сопровождающихся их растворением. В отличие от органических веществ, соединения свинца в водной среде не поддаются биоразложению, а перераспределяются между ее компонентами, взаимодействуя с ними. При попадании в живые организмы в повышенных концентрациях свинец нарушает процессы жизнедеятельности и может вызывать патологические изменения в биохимических структурах. [24] Согласно нормативным документам, свинец относится ко второму классу опасности, ПДК в водных объектах для рыбохозяйственного использования составляет  $0,006 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , а ЛПВ – токсикологический. [15]

**Кадмий.** В природной среде соединения кадмия распространяются за счет их переноса в водных системах, а также перемещения воздушных масс и осадков. В основном кадмий попадает в поверхностные воды с промышленными сточными водами, а также в результате химического выветривания почв и горных пород. Соединения кадмия в водной среде взаимодействуют с ее компонентами и перераспределяются между ними. Накапливаясь в телах кадмий наносит вред гидробионтам, нарушая их жизненно важные процессы и вызывая патологические изменения. В сильно загрязненных водоемах, особенно там, где залегают рудные месторождения или осуществляется сброс сточных вод металлургических и перерабатывающих предприятий, концентрации кадмия, включая растворенные формы, могут значительно превышать допустимые уровни. [24] Согласно нормативам, предельно допустимая концентрация кадмия в водных объектах составляет  $0,005 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , второй класс опасности и токсикологический ЛПВ. [15]

**Марганец.** Основным естественным источником поступления марганца в водоемы являются процессы химического выветривания горных пород и почв. Антропогенные источники загрязнения водных объектов марганцем включают

сточные воды и атмосферные выбросы от различных отраслей промышленности. В водной среде соединения марганца, как и другие металлы, не подвергаются биоразложению, а лишь перераспределяются между компонентами водной системы и взаимодействуют с ними. При попадании в живые организмы в повышенных концентрациях может нарушать физиологические процессы и вызывать патологические изменения в биохимических структурах. Концентрации различных форм марганца в поверхностных водах, таких как реки, зачастую колеблются в широком диапазоне — от единиц до сотен и даже тысяч микрограммов на кубический дециметр в зависимости от сезона. [24] ПДК растворенных форм марганца в воде, предназначенней для рыбного хозяйства, составляет 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Соединения марганца относятся к четвертому классу опасности, а лимитирующий показатель вредности — санитарно-токсикологический. [15]

**Нефтепродукты.** Одними из самых распространенных типов загрязняющих веществ являются нефтепродукты. В водные объекты они подают со сточными водами промышленных предприятий, в результате возникновения аварийных ситуаций с разливами при транспортировке и хранении, с выхлопными газами транспорта, а также с хозяйствственно-бытовыми стоками. Дополнительный вклад в загрязнение водоемов вносят продукты биосинтеза живых организмов и преобразование неуглеводородных соединений в составе биомассы отмерших организмов. Нефтепродукты служат универсальным индикатором общего количества углеводородов различных классов в воде. Многие компоненты нефти и нефтепродуктов обладают высокой токсичностью, могут проявлять мутагенные и канцерогенные свойства, что негативно влияет на состояние гидробиологических сообществ. Именно поэтому в природных водах предъявляются строгие требования к содержанию нефтепродуктов. [25] Для водных объектов, предназначенных для рыбного хозяйства, установлена предельно допустимая концентрация нефти и нефтепродуктов в растворенном и эмульгированном виде — 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, ЛПВ — токсикологический, класс опасности — 3. [15]

**АСПАВ.** Синтетически поверхностно-активные вещества (СПАВ) широко применяются как в промышленности, так и в быту, что обуславливает их широкое распространение. Их классификация основывается на способности образовывать в водных растворах ионы: анионы, катионы, неионогенные и амфотерные соединения. К числу наиболее распространенных относятся анионные СПАВ (АСПАВ), представляющие собой соли органических сульфокислот и сернокислых эфиров спиртов. В числе популярных – лаурилсульфат натрия и лауретсульфат натрия, которые часто входят в состав моющих средств и бытовой химии. В водные объекты АСПАВ попадают со сточными водами и негативно влияют на органолептические свойства воды, главным образом благодаря своей способности к пенообразованию: пена, образующаяся на поверхности воды, может концентрировать АСПАВ, другие загрязнители и микроорганизмы, включая патогенны, а также пена ухудшает аэрацию воды, из-за чего процессы ее естественного самоочищения замедляются и подавляется деятельность гидробионтов. [26] Для водных объектов рыбохозяйственного назначения установлена предельно допустимая суммарная массовая концентрация АСПАВ, не превышающая 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. [15] Уменьшение концентрации происходит за счет сорбции на взвешенных частицах, седиментации, аккумулирования в донных отложениях или биохимического окисления. В чистых природных водах АСПАВ отсутствуют, однако при поступлении со сточными водами их концентрации могут значительно повышаться, особенно в маловодных реках или водоемах. [26]

**Фенол.** Фенолы – это производные бензола, содержащие одну или несколько гидроксильных групп (или другие заместители) в бензольном кольце. Особое значение в экологическом аспекте имеют так называемые «летучие фенолы», которые представляют собой моногидроксипроизводные бензола, способные перегоняться с водяным паром. Распространение фенолов в природных водах происходит за счет их попадания из различных источников: сточные воды, биохимический распад и трансформация органических веществ, метаболизм гидробионтов. В водных объектах фенолы могут находиться как в

растворенном виде в виде фенолят-ионов, так и в виде нейтральных молекул. Повышение концентраций фенолов служит индикатором загрязнения воды. Эти вещества неустойчивы и легко окисляются, а также подвергаются биохимической деградации. В загрязненных водах фенолы могут сохраняться в значительных концентрациях при нехватке кислорода, низких температурах и отсутствии бактерий, разлагающих фенолы. Их попадание в природные воды негативно влияет на гидрохимический режим: снижается содержание кислорода, возрастают цветность и окисляемость. В ходе химической и биохимической деградации могут образовываться более токсичные соединения. При высоких концентрациях фенолы проявляют токсическое действие, что становится опасным для гидробионтов. Регулярное загрязнение воды фенолами, даже в низких концентрациях, может привести к появлению у рыб характерного фенольного привкуса, что делает их непригодными для употребления. [27] Согласно нормативам, предельно допустимая концентрация фенола в водах рыбохозяйственных объектов составляет 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, соответствует третьему классу опасности, ЛПВ – рыбохозяйственный. [15]

## **Заключение**

На основе проведенного исследования динамики уровня загрязнения малых рек Санкт-Петербурга, можно сделать вывод о текущем состоянии этих водных объектов. В ходе работы было установлено, что исследуемые реки, такие как Ижора, Славянка, Ждановка и Черная речка, подвергаются значительному антропогенному воздействию, что проявляется в повышенных концентрациях ключевых загрязнителей.

Наиболее важными для мониторинга состояния водных объектов являются показатели окисляемости бихроматной и концентрации соединений меди. Увеличение этих параметров свидетельствует об ухудшении качества воды в исследуемых реках и, как следствие, о возможной гибели гидробионтов. Наиболее благоприятная динамика наблюдается по таким показателям, как уровень общего железа, содержание нефтепродуктов и соединений свинца. Для рек Ждановка и Черная речка особое значение имеют показатели концентрации хлоридов и значения БПК<sub>5</sub>, также демонстрирующие динамику на снижение их значений.

Анализ данных за период с 2010 по 2023 годы позволил выявить тенденции изменения уровня загрязненности, а также определить наиболее и наименее загрязненные водные объекты. В результате было установлено, что реки Ижора и Славянка, протекающие в юго-восточной части города Санкт-Петербург и в его пригородах, демонстрируют наиболее высокий уровень загрязнения, что требует принятия мер по их восстановлению и защите. В то же время, Ждановка и Черная речка, расположенные в северо-западной части города, несмотря на наличие загрязнений, сохраняют относительно более благоприятное экологическое состояние.

Полученные результаты подчеркивают необходимость комплексного подхода к охране водных ресурсов, включающего регулярный мониторинг, внедрение современных технологий очистки сточных вод, а также развитие экологически ориентированного городского планирования. Малые реки,

несмотря на их ограниченные размеры, играют важную роль в поддержании экологического баланса городской среды, и их сохранение является неотъемлемой частью устойчивого развития мегаполиса.

Таким образом, поставленная цель была достигнута, задачи реализованы, а полученные выводы могут быть использованы в дальнейшем для разработки рекомендаций по улучшению экологического состояния водных объектов Санкт-Петербурга.

## **Список источников**

1. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева, 2015. Книга 1. Общая характеристика речного бассейна. // Невско-Ладожское Бассейновое Водное Управление Федерального агентства водных ресурсов . URL: [https://nord-west-water.ru/upload/information\\_system\\_18/3/2/8/item\\_32845/information\\_items\\_property\\_7374.pdf?ysclid=majrgpli0894563635](https://nord-west-water.ru/upload/information_system_18/3/2/8/item_32845/information_items_property_7374.pdf?ysclid=majrgpli0894563635) (дата обращения: 22.01.2025).
2. Климат Санкт-Петербурга // Погода и климат. URL: [www.pogodaiklimat.ru/climate/26063.htm](http://www.pogodaiklimat.ru/climate/26063.htm) (дата обращения: 25.01.2025).
3. Справочник водных ресурсов. URL: <https://waterresources.ru/reki/> (дата обращения: 9.11.2024).
4. Славянская улица // Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/-/CHSLm2Yg> (дата обращения: 26.04.2025).
5. Все реки. Информационный сайт о реках России. URL: <https://vsereki.ru/> (дата обращения: 14.01.2025).
6. Ежегодник. Качество поверхностных вод Российской Федерации, 2023 г. // Гидрохимический институт Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <https://gidrohim.com/sites/default/files/%D0%95%D0%B6%D0%B5%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%202023.pdf> (дата обращения: 21.01.2025).
7. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении перечня внутренних водных путей Российской Федерации» от 19.12.2002 № 1800-р. — с изм. и допол. в ред. от 14.10.2024.
8. Нижняя Ижорская улица // Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/-/CHSLmZ7~> (дата обращения: 26.04.2025).
9. Нежиховский Р. А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. — Л. : Гидрометеоиздат, 1988. — 224 с.

10. Ждановская набережная // Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/-/CHSLi0O1> (дата обращения: 26.04.2025).
11. Нежиховский Р. А. Река Нева и Невская губа. — Л. : Гидрометеоиздат, 1981. — 112 с.
12. Набережная Черной речки // Яндекс Карты. URL: <https://yandex.ru/maps/-/CHSLaL-d> (дата обращения: 26.04.2025).
13. Рыба в черной речке лен обл // Река и озеро. Множество озер и рек. URL: <https://voda.detektorpoligraf.ru/ryba-v-chernoy-rechke-len-obl/> (дата обращения: 2.05.2025).
14. Толкачев, А. Е. Определение содержания растворенного кислорода и окисляемости в водах природных водоемов / А. Е. Толкачев, К. А. Трофимова, А. М. Брежнев // Актуальные вопросы фундаментальных и прикладных научных исследований : Сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции, Уфа, 25 июня 2024 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2024. – С. 18-21. – EDN NBWBXX.
15. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 13.12.2016 № 552. — с изм. и допол. в ред. от 13.06.2024.
16. Телегина, Е. В. Проточно-инжекционное потенциометрическое определение микроконцентраций хлорид-ионов в слабоминерализованных природных водах / Е. В. Телегина, А. Л. Москвин, А. В. Мозжухин // Журнал аналитической химии. – 2010. – Т. 65, № 10. – С. 1065-1068. – EDN MVSIUP.
17. Руководящий документ «Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика измерений титrimетрическим методом с хлоридом бария» от 11.09.2018 № РД 52.24.406-2018.

18. ХПК, что это такое? // Полезная информация: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Чувашской Республике-Чувашии». URL: <https://www.cge21.ru/info/7682> (дата обращения: 13.04.2025).

19. Санитарные правила и нормы «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» от 22.06.2000 № СанПиН 2.1.5.980-00 // КонсультантПлюс. — 2017 г. — с изм. и допол. в ред. от 04.02.2011, 25.09.2014.

20. Аммонийные соединения в воде // Полезная информация: ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Чувашской Республике-Чувашии». URL: <https://www.cge21.ru/info/6563> (дата обращения: 14.04.2025).

21. Хамзина, Е. И. Вольтамперометрическое определение нитрит-ионов в природных водах / Е. И. Хамзина, М. А. Бухаринова // Экологическая безопасность в техносферном пространстве : сборник материалов Третьей Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 09 июня 2020 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2020. – С. 176-179. – EDN GPTJMV.

22. Руководящий документ «Массовая концентрация железа общего и железа валового в водах. Методика измерений фотометрическим методом с 1,10-фенантролином» от 15.03.2019 № РД 52.24.358-2019.

23. Руководящий документ «Массовая концентрация меди и цинка в водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом из одной пробы » от 24.11.2022 № РД 52.24.516-2022.

24. Руководящий документ «Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика измерений атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией проб » от 14.04.2021 № РД 52.24.377-2021.

25. Руководящий документ «Массовая концентрация нефтепродуктов в водах. Методика измерений ИК-фотометрическим методом» от 23.12.2022 № РД 52.24.476-2022.

26. Руководящий документ «Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом» от 15.02.2021 № РД 52.24.368-2021.

27. Руководящий документ «суммарная массовая концентрация фенолов в водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом с 4-аминоантипирином» от 10.02.2022 № РД 52.24.480-2022.

28. Форма 9. «Список пунктов гидрохимических наблюдений на реках, ручьях, каналах по УГМС» от 2021 // УГМС: Северо-Западное УГМС.

29. Качество вод поверхностных водных объектов в апреле // ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Официальный сайт. URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=1772> (дата обращения: 20.11.2024).

30. Высокое загрязнение природной среды // ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Официальный сайт. URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=815> (дата обращения: 15.04.2025).

31. В Петербурге запустили движение по мосту, закрытому последние 20 лет // Последние новости Санкт-Петербурга и Ленинградской области сегодня - события и происшествия на РБК. URL: [https://www.rbc.ru/spb\\_sz/27/10/2023/653baf779a79476ae815b7a0](https://www.rbc.ru/spb_sz/27/10/2023/653baf779a79476ae815b7a0) (дата обращения: 18.05.2025).

32. Экстремально высокое загрязнение природной среды // ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Официальный сайт. URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/index.php?id=816> (дата обращения: 15.04.2025).

33. Росприроднадзор и Правительство Ленинградской области держат на особом контроле ситуацию с загрязнением реки Ижоры // Северо-Западное

межрегиональное управление Росприроднадзора (официальный сайт). URL: [https://rpn.gov.ru/regions/78/news/rosprirodnadzor\\_i\\_pravitelstvo\\_leningradskoy\\_obraсти\\_derzhat\\_na\\_osobom\\_kontrole\\_situatsiyu\\_s\\_zagryaz-72243.html](https://rpn.gov.ru/regions/78/news/rosprirodnadzor_i_pravitelstvo_leningradskoy_obraсти_derzhat_na_osobom_kontrole_situatsiyu_s_zagryaz-72243.html) (дата обращения: 21.05.2025).

34. В Санкт-Петербурге возбужден ряд административных дел по фактам загрязнения рек Ижора и Славянка // PortNews. URL: <https://portnews.ru/news/57951/> (дата обращения: 21.05.2025).

35. Выбираем новостройку: элитная Петроградка // Большой портал недвижимости. URL: <http://www.bpn.ru/publications/62267> (дата обращения: 21.05.2025).

36. На Черной речке построили три жилые 20-этажные пластины Riverside // Викиновости. URL: [https://ru.wikinews.org/wiki/На\\_Черной\\_речке\\_построили\\_три\\_жилые\\_20-этажные\\_пластины\\_Riverside](https://ru.wikinews.org/wiki/На_Черной_речке_построили_три_жилые_20-этажные_пластины_Riverside) (дата обращения: 21.05.2025).

37. Карельский мост // Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение «Мостотрест» (официальный сайт). URL: <https://mostotrest-spb.ru/bridges/karelskij-most-424?ysclid=mbhz4631om576688510> (дата обращения: 21.05.2025).