



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра ПО и КУПЗ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

«Современное состояние прибрежных вод Финского залива Курортного
района»

Исполнитель: Семенихина Анастасия Юрьевна

Руководитель: к.г.н., Хаймина Ольга Владимировна

Консультант: инженер ЭКЦ ВШТЭ СПбГУПТД, Барххуев Халид

Османович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна

(фамилия, имя, отчество)

«10» 06 2025 г.

г. Санкт-Петербург

2025

Оглавление

Введение.....	3
1. Описание района исследования.....	5
1.1 Физико–географическая характеристика района.....	5
1.2 Особенности гидролого-гидрохимического режима водных объектов 7	
1.3 Прибрежные территории Финского залива, береговая зона	8
2. Материалы и методы	12
2.1 Район исследования	12
2.2 Характеристика данных	16
2.3 Методы исследования.....	17
3. Оценка современного состояние прибрежной зоны ВЧФЗ Курортного района	21
3.1 Изменчивость температуры воздуха.....	21
3.2 Изменение гидрохимических характеристик	26
3.3 Гидрохимические характеристики вод как индикатор устойчивого развития Курортного района	49
Заключение	53
Список литературы	55

Введение

Проблема загрязнения Финского залива очень важна, уже сейчас она рассматривается как одна из главных тем международных симпозиумов по экологии Балтики, ведь в Балтийском море Финский залив имеет статус одной из самых эвтрофированных акваторий.

Актуальность рассмотрения экологического состояния прибрежных зон и приморских территорий Восточной части Финского залива обусловлена рядом факторов, среди которых возникающая угроза для морской экосистемы и ухудшение экономического благополучия в следствии увеличения загрязненности территории Курортного района г. Санкт-Петербурга.

Целью работы является оценка качества состояния вод прибрежных зон и приморских территорий по результатам проведения гидрологического и гидрохимического анализа прибрежных вод Финского залива Курортного района и формирование представления о возможности перехода района исследования к устойчивому развитию.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- дать физико-географическое описание мелководного подрайона Финского залива в пределах Курортного района г. Санкт-Петербурга;
- подготовить массивы данных гидрохимических наблюдений на основе полевых исследования Биос-клуба и экспедиционных измерений из архива ICES;
- провести статистический анализ рядов метеорологических параметров и ТПО по данным реанализов NOAA OISST, CDAS– 1 и натурных данных их архива "Расписание Погоды", для выявления долгопериодных тенденций;
- выполнить сравнительный анализ изменчивости значений гидрохимических характеристик для зон впадения малых водотоков в

прибрежной зоне и более открытых участков акватории мелководного подрайона ВЧФЗ;

– рассмотреть гидрохимические характеристики вод как индикатор устойчивого развития Курортного района.

Объектом исследования в данной работе выступает Восточная часть Финского залива, а именно воды прибрежной зоны, относящиеся к Курортному району г. Санкт-Петербурга. Предметом исследования являлась изменчивость гидрохимических характеристик вод.

1. Описание района исследования

1.1 Физико–географическая характеристика района

На рисунке 1.1а представлена схема деления Восточной части Финского залива на подрайоны. Схема включена в исследование для уточнения классификации исследуемого района. Изучаемая акватория относится к участку II – мелководный подрайон. Район исследования (рисунок 1.1б) расположен в северо-западной части города Санкт-Петербурга на северо-восточном побережье Финского залива полосой средней ширины 15,6–2,6 км и длиной 44 км. Общая территория района составляет 26791,77 га.

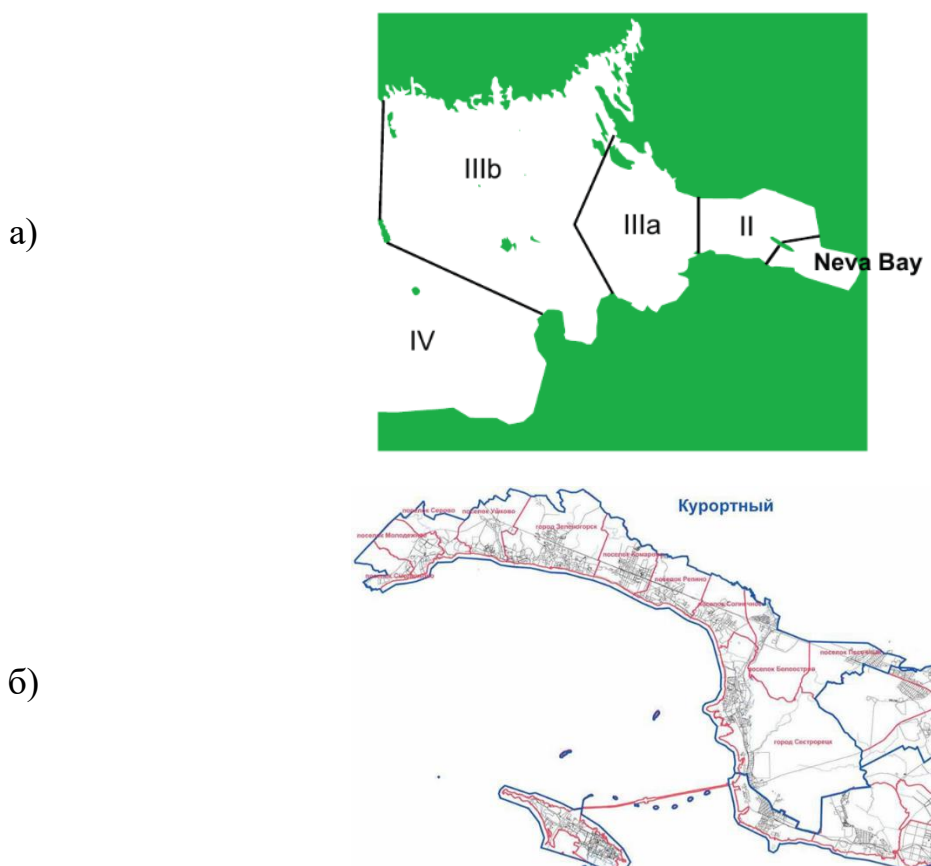


Рисунок 1.1 Районирование Восточной части Финского залива(а) [1]и

карта Курортного района города Санкт-Петербург(б) [2]

К подрайонам Восточной части Финского залива, согласно [1] можно отнести участки II, IIIa и IIIb — мелководная, переходная и глубоководная зоны, соответственно.

Курортный район города Санкт – Петербурга граничит с Выборгским и Приморским районами Санкт-Петербурга, а также с Выборгским и Всеволожским районами Ленинградской области. Район богат поверхностными водными ресурсами и подземными запасами воды.

В состав Курортного района входят: города Сестрорецк и Зеленогорск, посёлки — Белоостров, Комарово, Солнечное, Смолячково, Серово, Песочный, Репино, Ушково, Молодёжное [2].

Климат Курортного района Санкт-Петербурга относится к умеренно-континентальному с морским влиянием, обусловленным близким расположением Финского залива и его мелководной восточной части.

Среднегодовая температура составляет около $+5^{\circ}\text{C}$, с холодной зимой (средняя температура января $-7...-9^{\circ}\text{C}$) и прохладным, влажным летом (средняя температура июля $+17...+19^{\circ}\text{C}$ [4].

Климат региона характеризуется достаточно высокими значениями влажности воздуха $\sim 75-85\%$, частыми ветрами западного и северо-западного направлений. Наличие частой повторяемости ветров приводит к активному воздухообмену на рассматриваемой территории.

Количество осадков над Финским заливом достаточно характерное для его умеренно-континентального климата с морским влиянием. Количество выпадающих осадков в течении года обычно составляет около 650 мм, при этом наибольшая часть осадков приходится в промежуток с мая по октябрь [5]. На территории района наблюдается высокий коэффициент увлажнения почвы, а в течении года можно отметить достаточно низкие значения коэффициента испарения. Такая зависимость приводит к достаточно активному заболачиванию территорий, что особенно характерно для

низменностей.

Характерные климатические особенности оказывают достаточно сильное влияние на гидрологический режим: уровень воды в Финском заливе изменяется под действием ветровых и нагонных явлений [6].

Территория района расположена на террасированной равнине, окружающей Финский залив. Вдоль побережья залива простирается нижняя приморская терраса шириной до 9 километров, с высотами от 0 до 8 метров. От Тарховки до Курорта и далее на северо-запад вдоль моря тянется непрерывная полоса дюн с полого-холмистой поверхностью, достигающей высоты 15–20 метров [7].

К югу от озера Сестрорецкий Разлив, восточнее поселка Александровская, находится обширная слабовсхолмленная озерно-ледниковая равнина, изрезанная замкнутыми понижениями, большинство из которых заболочены. Севернее озера Разлив находится большой болотный массив Сестрорецкое болото.

1.2 Особенности гидролого-гидрохимического режима водных объектов

Рассмотрим основные черты гидролого-гидрохимического режима водных объектов исследуемого района.

Водные объекты исследуемого района представлены прибрежной зоной Финского залива, включая акваторию восточной его части с мелководными участками. В пределах Курортного района протекают реки: Сестра, Чёрная речка, Смоленка, Глухарка, Приморка и Каменка. Есть озера и озерные системы, они представлены озером Разлив, а также небольшими прудами и старицами в районе Зеленогорска и Сестрорецка. На территории также расположено Сестрорецкое водохранилище-важный регулирующий гидротехнический объект, влияющий на водный баланс региона.

И гидрологический, и гидрохимический режимы для Сестрорецкого

водохранилища формируются под действием не только природных, но и антропогенных факторов[8]. Однако о такой динамике можно говорить не только для водохранилища, но и для рек, ручьев и озер, располагающихся в прибрежной зоне ВЧФЗ.

Основную роль в динамике концентраций элементов занимают сезонные изменения акватории: образование и таяние льда, паводки и половодье, влияние метеорологических условий и речной сток малых рек: Сестра, Смоленка, Чёрная речка и другие.

При описании изменений гидрохимических показателей важным пунктом также стало упоминание наличия сезонных колебаний ионов: Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} [9].

Наиболее высокие концентрации наблюдаются весной, во время паводка, и в конце лета, когда становится возможным наблюдение за процессами усиления биологической продуктивности наряду с разложением органических соединений.

Приток загрязняющих веществ в большей степени осуществляется через поверхностный склоновый сток с городской территории и территорий городской инфраструктуры, также влияют атмосферные осадки и сброс ливневых вод[10].

Изменение характеристик атмосферных осадков показывает среднегодовую минерализацию по территории со значениями, в пределах 20—60 мг/л. В теплый период года она обычно ниже, чем в холодный. [11]

Наибольшие значения минерализации и поступления ионов наблюдаются неподалеку от наличия промышленно развитых районов центра европейской части России, куда также относится исследуемый район. [11]

1.3 Прибрежные территории Финского залива, береговая зона

Под береговой зоной понимается естественно организованный «геоблок», представляющий собой зону современного взаимодействия суши

абразионно – аккумулятивные типы.

Таблица 1.1 Типы берегов ВЧФЗ [12]

№ пункта на рисунке 1.2	Группа, подгруппа	Тип	Подтип
1	I. Берега, сформированные субаэральными и тектоническими процессами и мало измененные морем	Шхерный	–
2	II. Берега, формирующиеся преимущественно под воздействием неволновых факторов (Потамогенные)	Берега аллювиальных равнин	Аккумулятивный песчаный приустьевой
3	III. Берега, формирующиеся преимущественно волновыми процессами А. Выравнивающиеся	Абразионно-аккумулятивный бухтовый	Абразионный валунный (моренный) с локальными песчаными пляжами в бухтах
4		Абразионно-аккумулятивный валунный (моренный)	С песчаными пляжами в вогнутостях берега
5	Б. Выровненные	Абразионный	Абразионный валунный (моренный)
6		Аккумулятивный	Аккумулятивный песчаный
7	В. Вторично расчлененные	Абразионно-аккумулятивный бухтовый	Абразионно-аккумулятивный песчаный
8	IV. Техногенные	Техногенный	Набережные, насыпные территории, гидротехнические сооружения

Помимо этого, данная прибрежная территория подвергается

длительному комплексному антропогенному воздействию, что приводит к формированию природно-техногенных и полностью техногенных береговых участков, примеры которых представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 Примеры техногенных абразионных берегов в Курортном районе г. Санкт-Петербург [14].

Начиная с 2010-х годов в докладах об экологической ситуации в Санкт-Петербурге стали выделяться главы с рассмотрением влияющих техногенных процессов на береговые части территорий, в том числе сюда относится прибрежная зона Курортного района. За период исследования авторы устанавливали станции постоянных наблюдений и реперные посты, также начали вести фотоотчеты для исследования динамики образования берегов таких типов как абразионный, аккумулятивный или абразионно-аккумулятивный.

Рассмотренные особенности ВЧФЗ позволяют давать более качественное определение изменению измеряемых характеристик, а также формировать представление о протекающих процессах.

2. Материалы и методы

2.1 Район исследования

В рамках данного исследования рассматривались три участка прибрежной зоны Финского залива в районе впадения следующих водотоков: реки Приветная (рисунок 2.1), Смолячкого ручья (рисунок 2.2), ручья Ржавая Канава и реки Малая Сестра (рисунок 2.3), а также в прибрежной зоне Финского залива (рисунок 2.4 и рисунок 2.5). Работы на трех участках проводились экологическим клубом аспирантов, студентов и школьников Балтийско – Ладожского региона в рамках сезонных выездов с 2010 по 2024 годы. В акватории Финского залива рассматривалось два участка станций, первый (рисунок 2.4) представляют собой данные из архива экспедиционных наблюдений ICES [15] за август 2012 – 2021 годы, второй участок рассматривался для оценки изменения температурного режима района, данные были взяты из архива реанализа NOAA NCDC OISST с 1981 по 2024 годы [16]. В качестве дополнительного пункта проводилось исследование изменений характеристик в Сестрорецком водохранилище.



Рисунок 2.1 Прибрежная зона Финского залива в районе впадения реки Приветная (зеленые точки – места выполнения наблюдений)

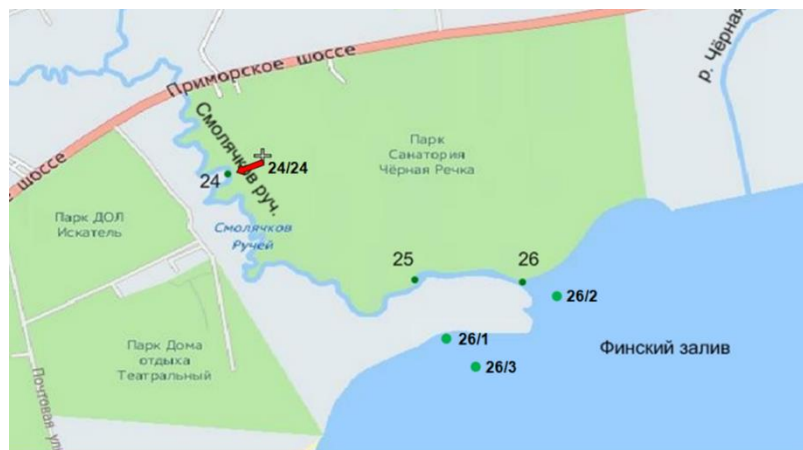


Рисунок 2.2 Прибрежная зона Финского залива в районе впадения ручья Смолячков (зеленые точки – места выполнения наблюдений)

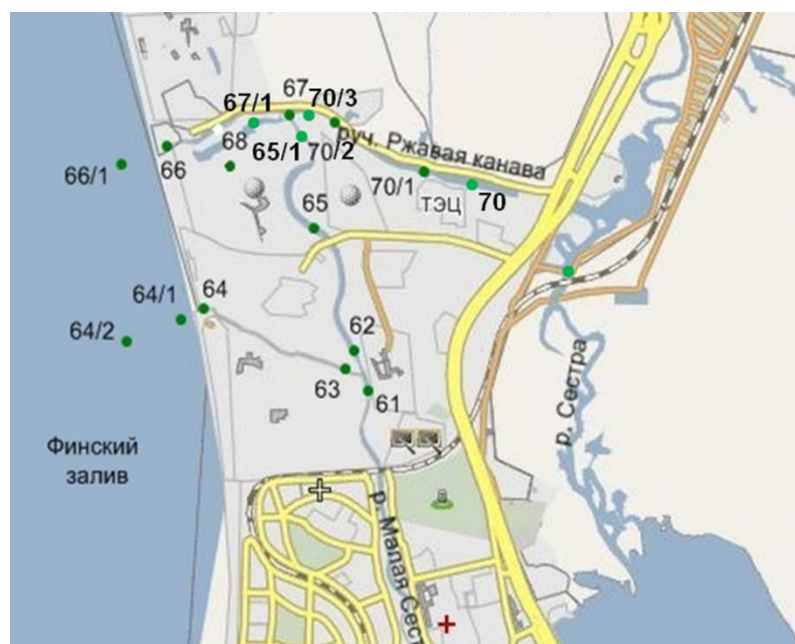


Рисунок 2.3 Прибрежная зона Финского залива в районе впадения ручья Ржавая Канава и реки Малая Сестра (зеленые точки – места выполнения наблюдений)

Все выбранные станции представляют особый интерес для изучения, так как являются зонами контакта речной и морской воды.

Первое место отбора (рисунок 2.1) характеризуется наличием 4 основных точек, это станции под номерами: 17, 18, 19 и 20. В зависимости от разных погодных условий и уровня оснащения группы, участвующей в полевых работах, в отдельные года проводились измерения на дополнительных точках: 18/1, 19/1, 19/2, 19/2 и 21.

Точка 17 располагается вблизи Приморского шоссе, у станции Приморская, к югу от посёлка Приветинское. По расположению точки вблизи к железной дороге и шоссе можно судить о наличии антропогенного воздействия в результате смыва загрязняющих веществ с указанных инфраструктурных объектов.

Точка 18 находится вблизи рекреационных объектов, таких как пансионат «Восток - б» и детский оздоровительный лагерь «Дзержинец». Здесь возможен бытовой сток, а также влияние канализации на показатели, рассматриваемые при гидрохимическом анализе.

Точка 19 расположена на участке впадения реки Приветная в акваторию Финского залива. Может быть подвержена влиянию склонового поверхностного стока с территории посёлка, особенно в паводковый период. Также важна для оценки поступления загрязняющих веществ из городской среды.

Ближайшей к открытой водной акватории на данном участке является точка 20. Её расположение поодаль от впадения реки при анализе по гидрохимическим показателям позволяло рассматривать её в качестве контрольной, менее подверженной антропогенной нагрузке.

Как и в случае прибрежной зоны расположения первого участка отбора выделялись дополнительные и основные точки, измерения на которых происходили ежегодно, это станции: 24, 25 и 26.

Точка 24 расположена в верховьях Смоляцкого ручья, вблизи Приморского шоссе. Зона характеризуется слабым антропогенным влиянием: рядом находятся объекты отдыха, возможно наличие склонового поверхностного стока с дорог.

Точка 25 находится ниже по течению ручья, располагаясь на большем удалении от основных источников загрязнения.

Точка 26 находится в устьевой зоне, где Смолячков ручей впадает в Финский залив. Представляет интерес как переходный участок между пресными речными и морскими водами. Может наблюдаться смешение вод с изменением химических параметров, включая солёность, pH и содержание ионов.

Все точки, на которых проводился пробоотбор, в рамках третьего участка станций, расположены у города Сестрорецк (рисунок 2.3), т.е. находятся в наиболее урбанизированной зоне из трех выбранных участков. Точки 70, 70/1, 70/2, 70/3, 66 – 67 расположены по ручью Ржавая Канава. Точки 61 – 65 по реке Малая Сестра.

Точки 64, 64/1, 64/2 расположены в акватории Финского залива. Являются прибрежными станциями, предназначенными для отслеживания морского фона и влияния речного стока. Точка 64/2 — наиболее удалённая от берега, использовалась как контрольная для оценки естественного фона Финского залива, измерения на станции 64/2 проводились не каждый год.

Точки 67, 67/1, 68 расположены рядом с промышленной зоной, включая территорию рядом с ТЭЦ. Возможны техногенные воздействия, включая сбросы охлаждающей воды, загрязнение нефтепродуктами и тяжёлыми металлами. Эти точки важны для мониторинга промышленного загрязнения.

В рамках исследования из данных судовых наблюдений с 2012 по 2021 год, опубликованных архивом ICES [15], в качестве фоновых, выбирались точки с условными номерами 1, 2 и 3 (рисунок 2.4), наиболее близко располагающиеся к районам наблюдения экологического клуба.

Для изучения особенностей температурного режима с помощью архива NOAA NDCP OISST [16] Колумбийского университета рассматривались станции N3, N2 и N1 (рисунок 2.4).

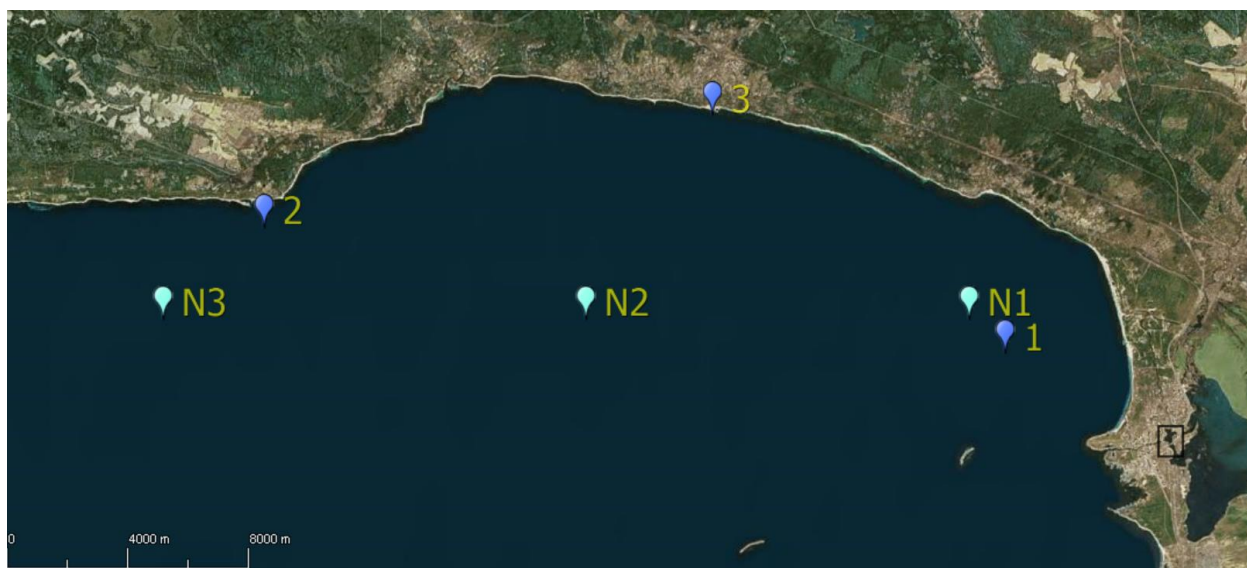


Рисунок 2.4 Станции наблюдений в мелководном подрайоне Восточной части Финского залива по данным ICES, 2012 – 2021 годы и узлы сетки реанализа NOAA NCDC OISST с 1981 по 2024 годы

Точки 1, 2 и 3 располагаются в восточном секторе Финского залива, на мелководье, в них возможны колебания концентраций взвешенных веществ и биогенных элементов из-за расположения вблизи влияния берегового склонового стока.

2.2 Характеристика данных

Для анализа современного состояния вод северного побережья мелководного подрайона ВЧФЗ и впадающих водотоков были использованы данные полевых наблюдений «Биос клуба» в летний сезон с 2010 по 2024 год и данные экспедиционных наблюдений из архива ICES с 2012 по 2021 год.

Наблюдения Биос-клуба включали результаты определения следующих показателей: водородный показатель pH, ионы железа Fe^{3+} , хлорид-ионы Cl^- , сульфат-ионы SO_4^{2-} , нитрит-ионы NO_2^- , ионы аммония NH_4^+ , фосфат-ионы PO_4^{3-} , растворенный кислород O_2 , также рассматривали бентос и считали индексы Шеннона и сапробности. Начиная с 2018 года в экологическом

клубе также добавились результаты биоиндикации, отображающие токсичность по биоиндикаторам.

Результаты экспедиционных наблюдений были представлены данными из архива ICES, значения представлены с 2012 по 2021 годы. Из архива бралась информация о содержании водородного показателя pH, нитрит ионов NO_2^- , ионов аммиака NH_4^+ , фосфат анионов PO_4^{3-} , растворенного кислорода O_2 , нитратов NO_3^- .

Для общей характеристики климатических условий рассматриваемого района были привлечены данные о температуре воздуха и атмосферном давлении из архива «Расписания Погоды» [17] за летний период с 2008 по 2024 годы по станции в городе Ломоносов, а также данные о температуре подстилающей поверхности за период с января 1974 по декабрь 2024 года на участке с координатами $59 - 60^\circ$ с. ш. и $28 - 29^\circ$ в. д. из архива NOAA NCDC OISST version2p1 AVHRR sst Daily sea surface temperature data. Для анализа взяты точки с координатами: 29.375° в. д. 60.125° с. ш. (точка 1), 29.625° в. д. 60.125° с. ш. (точка 2), 29.875° в. д. 60.125° с. ш. (точка 3), [16](рисунок 2.4).

Также использовался другой архив с данными по температуре поверхности океана в 3 точках сетки реанализа NOAA NCDC OISST version2p1 AVHRR sst Daily sea surface temperature data. Для анализа взяты точки с координатами: 29.375° в. д. 60.125° с. ш. (точка 1), 29.625° в. д. 60.125° с. ш. (точка 2), 29.875° в. д. 60.125° с. ш. (точка 3), [16](рисунок 2.4).

2.3 Методы исследования

Методы гидрохимического анализа, использованные при полевых наблюдениях, представлены в таблице 2.1. Все представленные характеристики измеряются в условиях полевой лаборатории (рисунок 2.5) после отбора на станциях.

Таблица 2.1. Применяемые методы гидрохимического анализа в рамках исследования

Показатель	Метод выполнения измерения	Шифр методики	Определение в пределе
pH	Потенциометрический метод, pH-метр-иономер	РД 52.24.495-2017	В диапазоне от 4 до 10
O ₂	Йодометрический метод	РД 52.24.419-2005	в диапазоне от 1,0 до 15,0 мг/дм ³
NO ₂ ⁻	Потенциометрический метод с ионоселективным электродом	РД 52.24.367-2010.	в диапазоне от 0,03 до 70,0 мг/дм ³
NH ₄ ⁺	Измерения фотометрическим (колориметрическим) методом С реактивом Несслера	РД 52.24.486-2009	в диапазоне концентраций от 0,05 до 4,0 мг/дм ³
PO ₄ ³⁻	Определение фотометрическим методом	РД 52.24.382-2006	в диапазоне концентраций от 0,1 до 30,0 мг/дм ³
Fe ³⁺	Определение фотометрическим методом с 1,10-фенантролином	РД 52.24.358-2019	От 0,02 до 50,0 мг/дм ³
SO ₄ ²⁻	Методика измерений турбидиметрическим методом (определение интенсивности света определенной длины волны)	РД 52.24.405-2018	От 2,0 до 40,0 мг/дм ³
Cl ⁻	Методика измерений меркуриметрическим методом	РД 52.24.402-2011	От 1,0 до 50,0 мг/дм ³
Биоиндикация	Использование методов биотестирования Воды и донных отложений Водотоков и водоемов	РД 52.24-868-2017	



Рисунок 2.5 фото передвижной биос-лаборатории

Методы статистического анализа. В исследовании помимо гидрохимического анализа применялись также графический и статистический методы анализа.

Графический анализ заключается в представлении полученных данных в графическом виде: графики, диаграммы. Данный метод позволяет не только наглядно отобразить изменения рассматриваемых величин, но и упрощает анализ для данных из разных источников.

Для обработки результатов наблюдений применялись методы описательной статистики [19], а конкретно нахождение среднего значения и дисперсии для отдельных станций наблюдений и районов в целом.

Для числового подтверждения наличия изменений в измеряемых характеристиках был проведен тренд-анализ [19], а конкретно построение линейного тренда. После выделения линейного тренда была проведена оценка значимости получившегося тренда. Для оценки значимости длинных рядов применялись критерии Стьюдента, для коротких рядов оценка проводилась при помощи критерия Спирмена.

Для отображения характерных особенностей распределения некоторых гидрохимических характеристик за период с 2021 по 2024 годы применялся метод картирования результатов с помощью пакетов программы ArcMAP и

Surfer.

В программе ArcMAP возможно отображать и изучать наборы ГИС – данных требуемой области. При добавлении базового слоя для работы можно назначать условные обозначения, создавать различные слои и компоновки карты.

Surfer это программа используется для удобного визуального представления полученных значений. В программе можно выполнять такие функции, как моделирования местности, батиметрического моделирования, визуализации ландшафта, анализа поверхности, картографирования контуров, водораздела и трёхмерного картографирования поверхностей, создания сетей и объёмных моделей.

Для определения факторов воздействия на Курортный район города Санкт – Петербург, который представляет важное рекреационное значение применялась диаграмма причинно – следственной связи Исикавы «рыбья кость». Диаграмма представляет собой графический способ исследования и определения наиболее значимых причинно–следственных связей между факторами и последствиями в исследуемой ситуации или проблеме.

3. Оценка современного состояния прибрежной зоны ВЧФЗ Курортного района

3.1 Изменчивость температуры воздуха

При анализе, результаты которого представлены в таблице 3.1, изменения температуры подстилающей поверхности можно отметить, что за два 24 – летних интервала практически в каждом месяце наблюдалось повышение температуры, причем наибольший рост температуры, 2.31 °С, произошел в октябре, в то время как понижение температуры было в марте, там температура во втором временном интервале упала на 0.41°С.

Выбор 24-летних временных интервалов для анализа значений температуры подстилающей поверхности выбирался с учетом наличия данных практических выездов Биос-клуба, работа которого началась в 2000 году.

Представленный на рисунке 3.1 график изменения температуры подстилающей поверхности показывает внутригодовой ход температуры за 2 выбранных временных интервала. Из построенного значения разницы среднегодовых температур двух периодов можно отметить рост показателя, причем наиболее существенные изменения температуры подстилающей поверхности наблюдаются с июля по декабрь, и достигают 1.2 °С.

Для того чтобы наиболее подробно рассмотреть в каких районах температура подстилающей поверхности увеличилась наибольшим образом с помощью программы Surfer были созданы графики, с нанесенными изотермами (рисунок 3.2)

Во втором временном интервале с 1999 по 2024 годы отчётливо наблюдается общий рост температуры подстилающей поверхности на всей территории. Если ранее, в значениях с временного промежутка с 1974 по 1998 годы изотермы в большинстве участков лежали в пределах значений

14,6–15,1 °С, то в последнем периоде значения увеличились до 15,4–16,2 °С.

Таблица 3.1. Изменение температуры подстилающей поверхности за 2 временных интервала

Месяц	T (74-98), °С	T (99-24), °С	Разница температур, оС
Январь	-9.81	-9.22	0.59
Февраль	-9.43	-8.35	1.08
Март	-3.91	-4.31	-0.41
Апрель	2.30	2.44	0.13
Май	10.67	10.89	0.21
Июнь	15.88	16.78	0.89
Июль	17.77	19.30	1.52
Август	15.53	17.01	1.48
Сентябрь	9.59	11.23	1.64
Октябрь	1.17	3.48	2.30
Ноябрь	-4.59	-2.66	1.92
Декабрь	-8.64	-6.65	1.99
Средняя	3.04	4.16	1.11

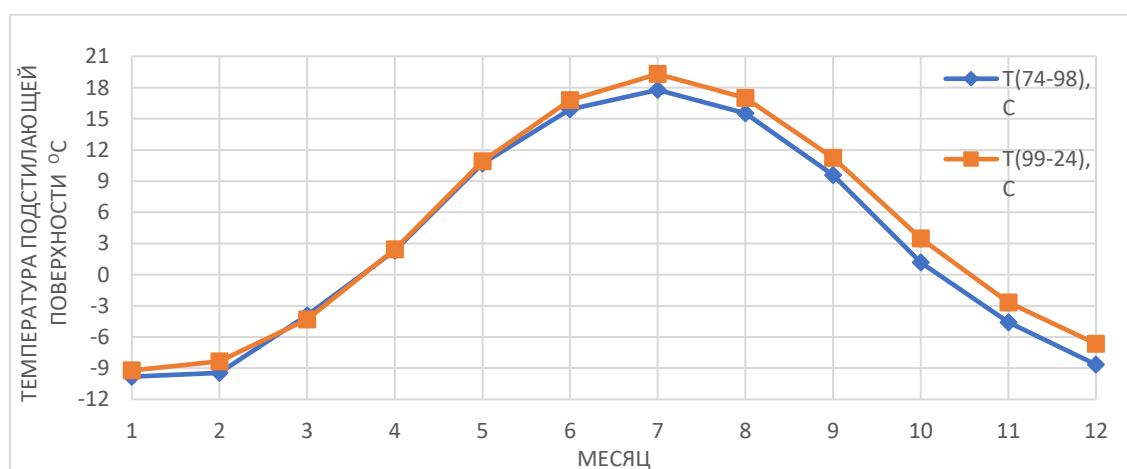


Рисунок 3.1 Изменение температуры подстилающей поверхности за два

климатических периода, с 1974 по 2024 годы

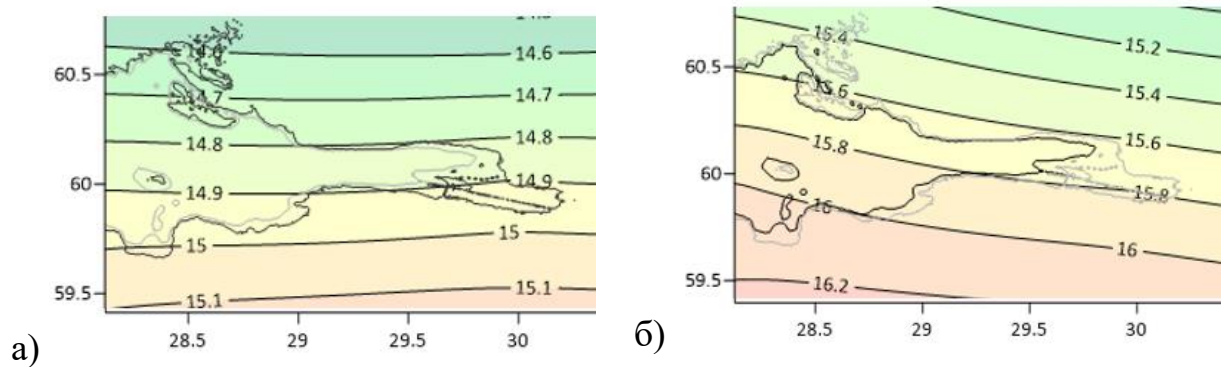


Рисунок 3.2 Изменение температуры подстилающей поверхности (в °С) за два климатических периода, с 1974 по 2024 годы (по данным архива [18])

Особенно выражен прогрев в южной части залива и вдоль побережья, где изотерма 16.0–16.2 °С заменила прежние значения около 15.0–15.1 °С.

Анализ данных архива Расписания Погоды [18] за август, начиная с 2008 года по 2024 год для станции Ломоносов показал, на рисунке 3.3 представлено изменение приповерхностной температуры воздуха. Рисунок 3.4 отображает значения атмосферного давления, измерения снимались метеостанцией в городе Ломоносов с 2008 по 2024 год.

Анализ тренда по значениям коэффициента корреляции показал, что коэффициент для значений атмосферного давления, приведенном на рисунке 3.3, не является значимым, так как коэффициент составил 0,23. В тоже время значения тренда для изменения температуры воздуха также не оказались значимыми. При уровне значимости 0.05 коэффициент корреляции составил 0.47, что относится к умеренно положительной корреляции.

Средние значения температуры в августе, за период с 2008 по 2024 года в пункте г. Ломоносов составили 17,4 °С. Минимальные значения характеристики наблюдались в 2008 году, составляли 15,7 °С. Наибольшее значение температуры воздуха составило 19,8 °С было в августе 2022 года.

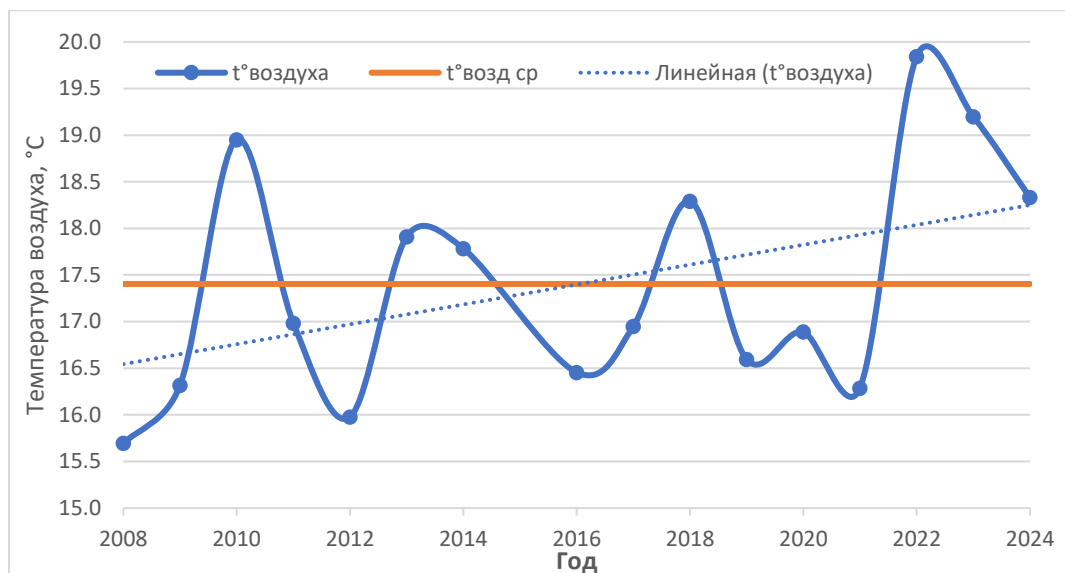


Рисунок 3.3 Изменение температуры воздуха в пункте Ломоносов с 2008 по 2024 годы

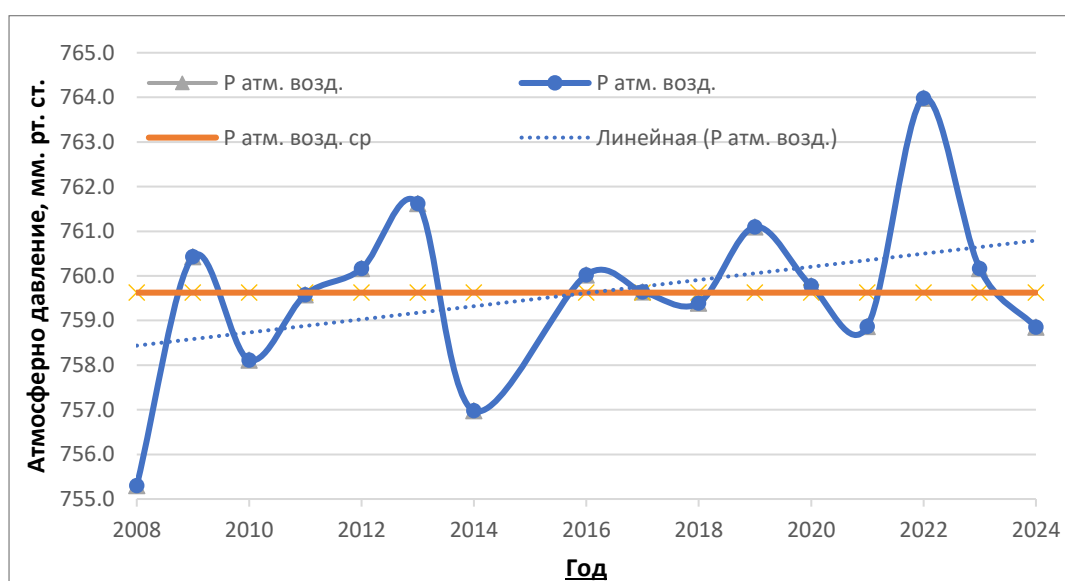


Рисунок 3.4 Изменение атмосферного давления в пункте Ломоносов с 2008 по 2024 годы

Рисунок 3.4 отображает динамику атмосферного давления в пункте город Ломоносов за период с 2008 по 2024 год, демонстрируя устойчивое повышение значений за август. Минимальное значение давления было отмечено в 2008 году и составило 755,3 мм.рт.ст., максимальное значение

было в 2022 году, составило 764,0 мм. рт. Ст.

Далее для определения динамики изменения температуры поверхности океана (ТПО) рассматривались 3 точки на узлах сетки архива NOAAOISTSST. Изменение ТПО представлено на рисунке 3.5.

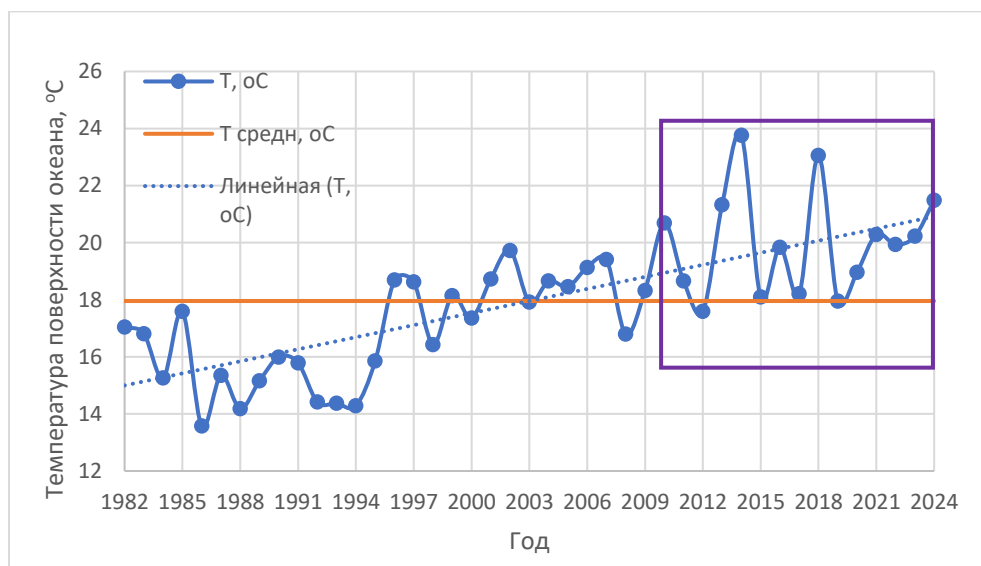


Рисунок 3.5 Изменение ТПО в точках по данным архива NOAA с 1982 по 2024 годы

Оценка значимости линейного тренда проводится на основе оценки значимости коэффициента a_1 по критерию Стьюдента и постановке нулевой гипотезы. Уравнение для линейного тренда (1)

$$\text{ТПО} = 0.14 * t + 14.857 + \varepsilon. \quad (1)$$

Критерий Стьюдента t ($t=7,27$) оказался больше критического значения ($t^*=2,02$) критерия Стьюдента, нулевая гипотеза отвергается, коэффициент тренда значим, значит линейный тренд присутствует и значим, изменение характеристики составляет $\sim 1,5^\circ\text{C}$ за 10 лет.

На рисунке 3.5 выделен временной интервал, которому в работе было уделено особое внимание, в период с 2010 по 2024 годы, были

выполнены наиболее детальные гидрохимические съемки Биос клуба. Можно отметить, что наблюдения клуба пришлись на более теплый период (рисунки 3.2 и 3.5).

Несмотря на то, что повышение температуры воздуха может способствовать расширению интервала времени использования рекреационной зоны, оно также нарушает стабильность экотопов, этот процесс может привести к ухудшению состояния приморских территорий и прибрежной зоны, а также к уменьшению биологического разнообразия.

3.2 Изменение гидрохимических характеристик

Анализ изменчивости гидрохимических характеристик выполнялся для выбранных трех участков впадения водотоков в прибрежную зону Финского залива в пределах Курортного района и более мористой акватории.

Изменение водородного показателя рН представлено на рисунках 3.6– 3.9, значения минимумов и максимумов характеристики представлено в таблицах 3.2 – 3. 5.

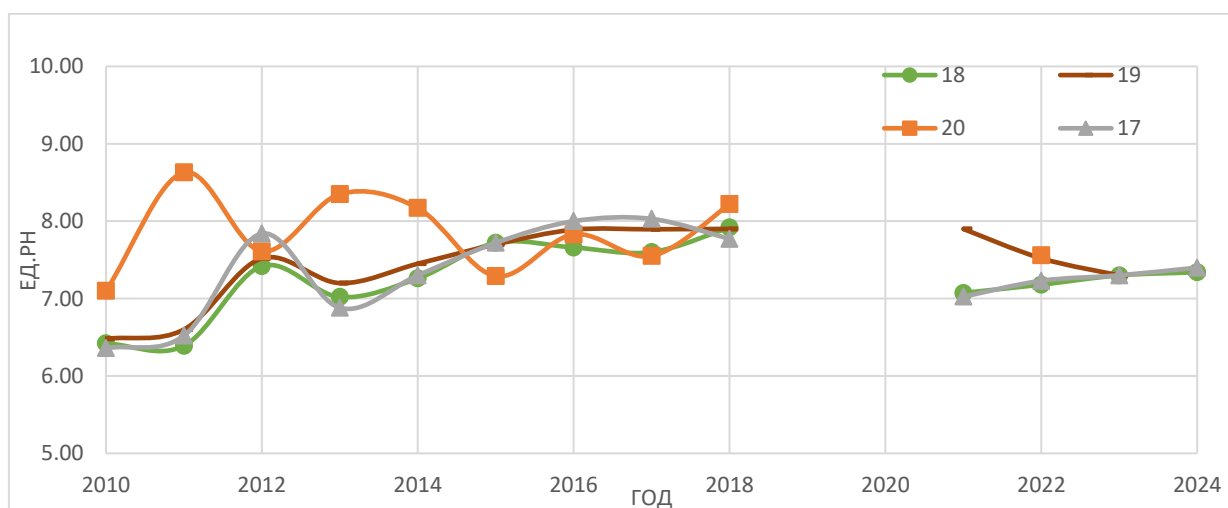


Рисунок 3.6 Изменение водородного показателя в первом районе исследования

Таблица 3.2 Значения водородного показателя в первом районе исследования

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	ед.рН	ед.рН	ед.рН	ед.рН
17	6.4	8.0	7.3	0.29
18	6.4	7.9	7.3	0.21
19	6.5	7.9	7.4	0.24
20	7.1	8.6	7.8	0.24

Значения водородного показателя для первого района (рисунок 3.6, таблица 3.2) в поверхностном слое воды варьировались от 6,36 до 8,63 за весь период измерений. При этом наименьшие значения рН для станций 17, 18 и 19 наблюдались в 2010 и в 2011 годах, а наибольшие в 2016 и 2017. Значения в точке 20 имеют несколько другую динамику. Наибольшие значения для этой точки наблюдались в 2011 и 2013 годах, в то время как минимальное было зафиксировано в 2010 году и составило 7.1 ед. рН.

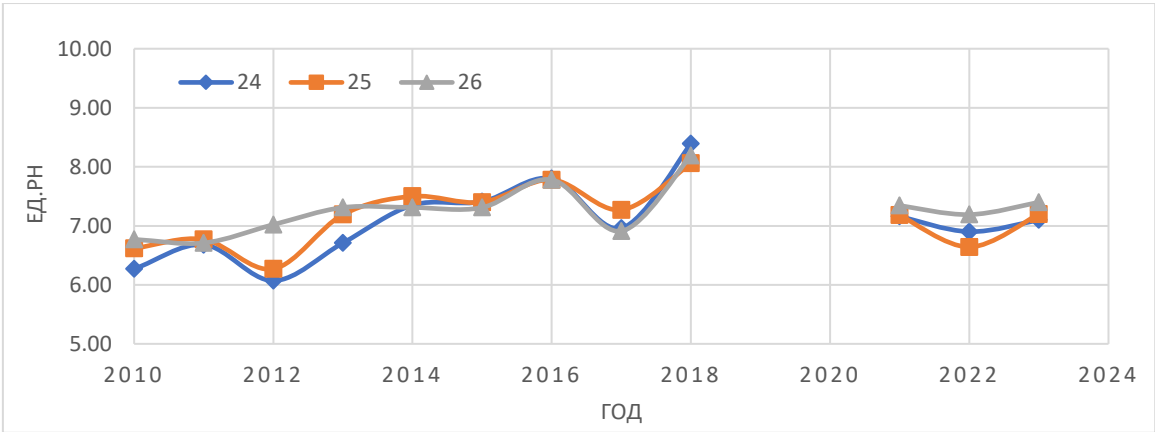


Рисунок 3.7 Изменение водородного показателя во втором районе исследования

Таблица 3.3 Значения водородного показателя во втором районе исследования

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	ед.рН	ед.рН	ед.рН	ед.рН
24	6.1	8.4	7.1	0.40
25	6.3	8.1	7.2	0.26
26	6.7	8.2	7.3	0.17

Во втором районе проведения работ значения рН(рисунок 3.7, таблица 3.3)оставалось достаточно стабильным, во всех точка наблюдалась одинаковая динамика изменения значений. В промежуток с 2010 по 2016 годы можно отметить рост рассматриваемого показателя на точках 24, 25 и 26, после чего в 2017 наблюдалось резкое понижение значений. Минимальные значения для точек 24 и 25 были отмечены в 2012 году, в то время как для точка 26 минимум был отмечен в 2010 году. Для всех трех точек максимальные значения при проведении измерений были в 2018 году, после чего к 2023 году значения рН снизились.

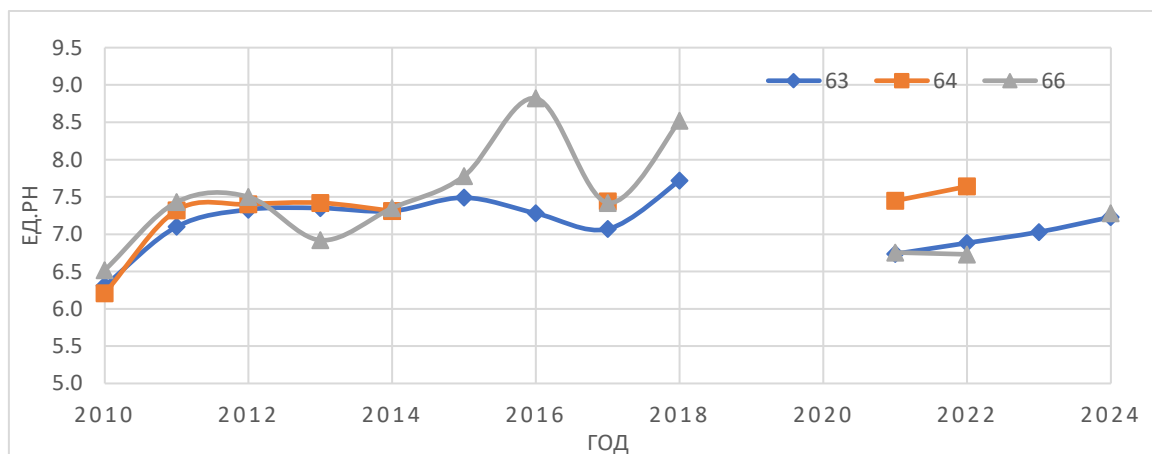


Рисунок 3.8 Изменение рН в третьем районе исследования

Таблица 3.4 Значения водородного показателя в третьем районе исследования

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	ед.рН	ед.рН	ед.рН	ед.рН
63	6.3	7.7	7.1	0.13
64	6.2	7.6	7.3	0.19
66	6.5	8.8	2.9	0.48

Значения водородного показателя в данной точках 63, 64 и 66 (рисунок 3.8, таблица 3.4) показывают схожую динамику изменения со вторым участком. Минимальные значения для всех точек были отмечены в 2010 году, в то время как максимальные наблюдались в разные года. Для точки 66 максимальные значения были отмечены в 2016 году, в то время как для точки 64 максимум был в 2022 году, для 63 точки в 2024 году.

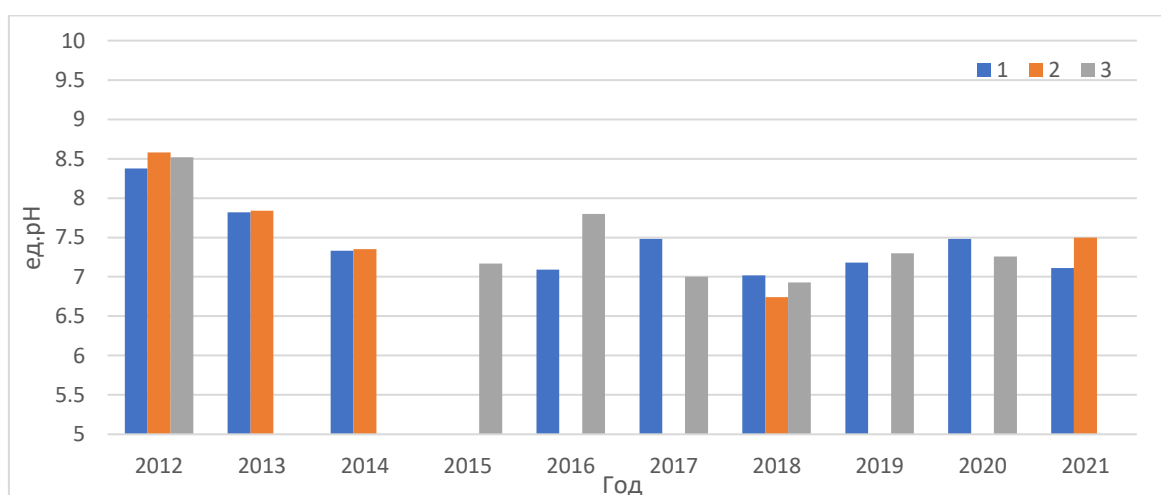


Рисунок 3.9 Изменение водородного показателя по данным судовых наблюдений в прибрежной зоне мелководного подрайона ВЧФЗ

Таблица 3.5 Значения водородного показателя в районе с данными судовых наблюдений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	ед.рН	ед.рН	ед.рН	ед.рН
1	7.0	8.4	7.4	0.19
2	6.7	8.6	7.6	0.46
3	6.9	8.5	7.4	0.31

Динамика изменения водородного показателя рН для прибрежной зоны Финского залива (рисунок 3.9, таблица 3.5) показывает плавное снижение максимального значения в точке 2 с 8,58 в 2012 году до 6,74ед. рН в 2021 году. Данные за некоторые годы отсутствуют, но общий тренд указывает на устойчивое уменьшение рН воды.

Различия между станциями могут объясняться их расположением: станции 1–3 находятся в Финском заливе, где влияние речного стока минимально, поэтому изменения рН, вероятно, связаны с естественными процессами или атмосферными осадками.

На рисунках 3.10 – 3.13 представлена динамика изменения концентрации растворенного кислорода. В таблицах 3.6 – 3.9 представлены значения минимумов, максимумов и дисперсии значений концентрации растворенного кислорода.

Концентрация растворенного кислорода на первом месте проведения отборов изменялась от 5,1 до 13,5мгО₂/л, демонстрируя значительные колебания в течение периода наблюдений с 2010 по 2024 годы.

Наибольшие концентрации растворенного кислорода наблюдались в 2013 году для 20 станции, в 2011 году для 17 станции, в 2012 году для 18 станции

и в 2018 для станции 19.

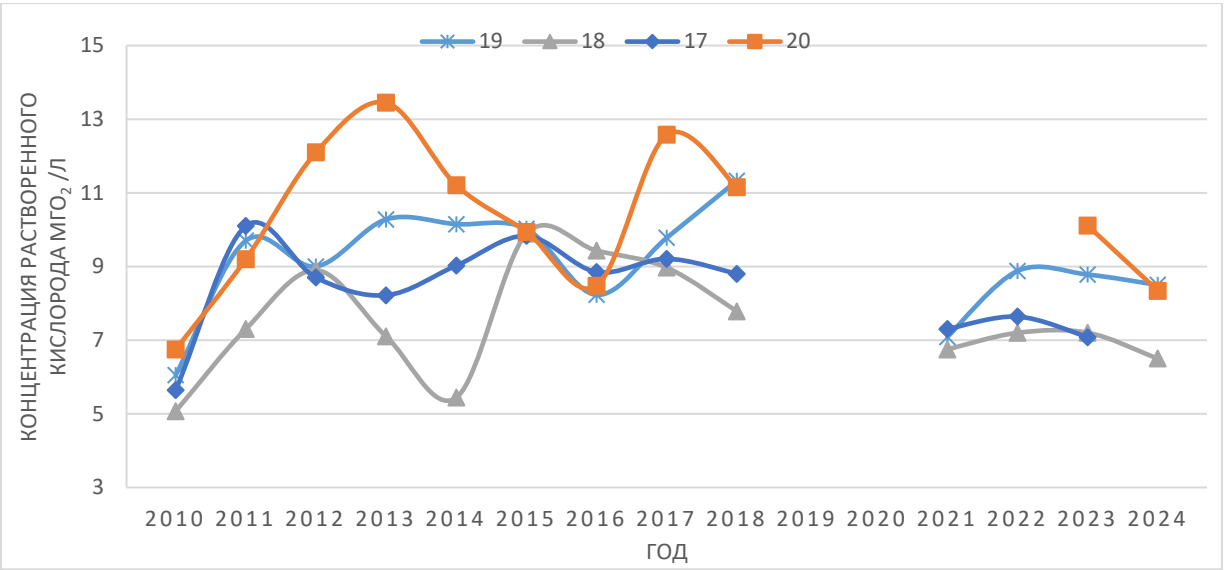


Рисунок 3.10 Изменение растворенного кислорода в прибрежной зоне Финского залива, первый район

Таблица 3.6 Содержания растворенного кислорода в первом районе измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л
17	5.6	10.1	8.4	1.60
18	5.1	9.9	7.5	2.14
19	6.1	11.3	9.1	1.98
20	6.8	13.5	10.3	4.10

Изменение концентраций растворенного кислорода во втором районе (рисунок 3.11, таблица 3.7) проведения работ показывает снижение значений во всех точках в период с 2012 по 2018 год. Для все точек характерен скачек значений в 2012 году, данный скачек можно обосновать полноводностью

реки в 2012 году.

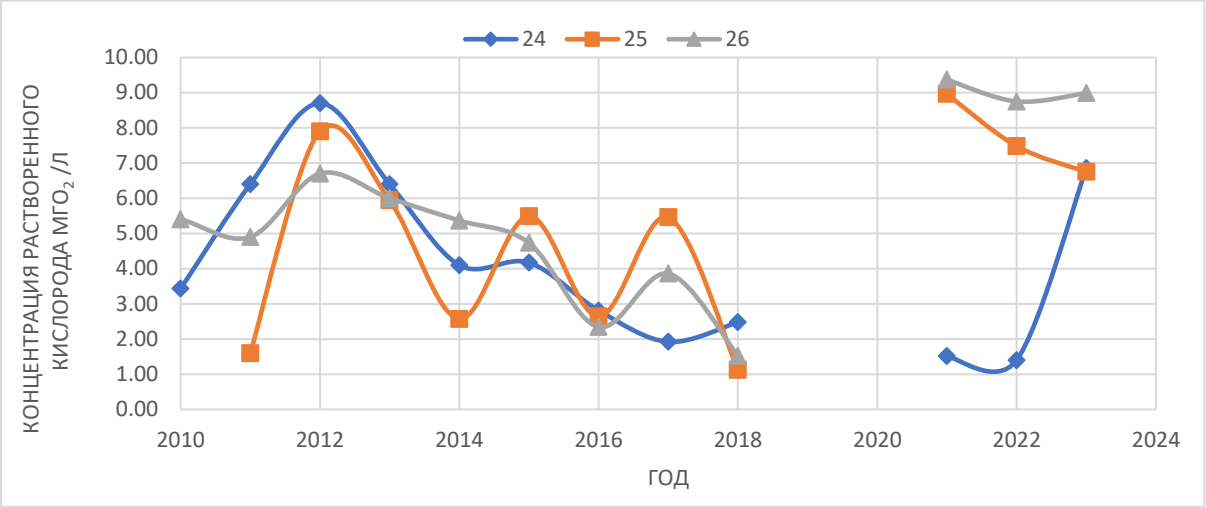


Рисунок 3.11 Изменение растворенного кислорода в прибрежной зоне Финского залива, второй район

Таблица 3.7Содержания растворенного кислорода во втором районе измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л
24	1.4	8.7	4.2	5.70
25	1.1	9.0	5.1	7.27
26	1.5	9.4	5.7	6.24

График демонстрирует динамику изменения концентрации растворённого кислорода в поверхностных водах с 2010 по 2024 год.

В точке 63 (рисунок 3.12, таблица 3.8) зафиксирован рост значений с 2010 по 2015 год, а далее резкое снижение к 2017 году до минимального значения 1.7мгО₂ /л. В точке 66 с начала измерений в 2010 году замечен рост концентрации растворенного кислорода с 3.1 мгО₂ /л до 6.56мгО₂ /л в 2015 году, а далее понижение значений к 2018 году до минимальных 3.4 мгО₂ /л.

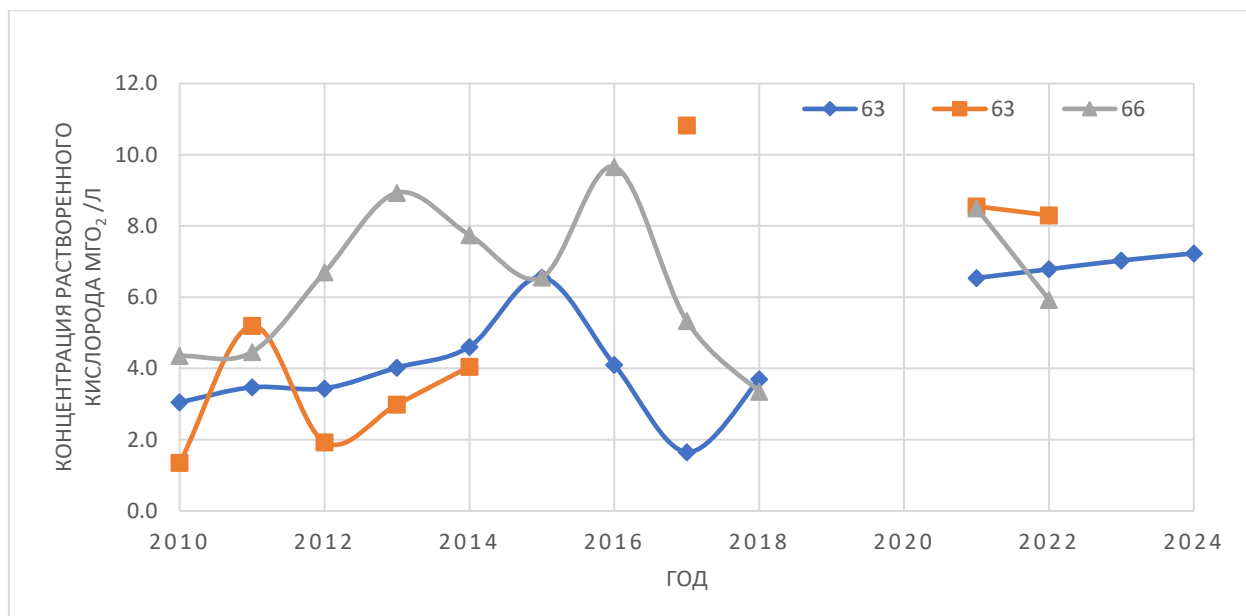


Рисунок 3.12 Изменение растворенного кислорода в прибрежной зоне Финского залива, третий район

Таблица 3.8 Содержания растворенного кислорода в третьем районе проведения измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л
63	1.7	7.2	4.8	3.32
64	1.4	10.8	5.4	11.97
66	3.4	9.7	6.5	4.19

Значений концентрации растворенного кислорода (рисунок 3.13, таблица 3.9), полученных в ходе судовых наблюдений с 2012 по 2024 на поверхности не много, однако даже такое количество значений показывает общую динамику изменения рассматриваемого соединения. Для точки 3, с 2012 года по 2017 год можно заметить уменьшение концентрации растворенного кислорода от максимальный 7.9мгО₂ /л до минимальных

6.1мгО₂ /л. Для точек 2 и 1 можно отметить небольшие колебания показателя растворенного кислорода, однако за имеющиеся данные с 2012 по 2018 год особой динамики к росту или уменьшению показателя не наблюдалось.

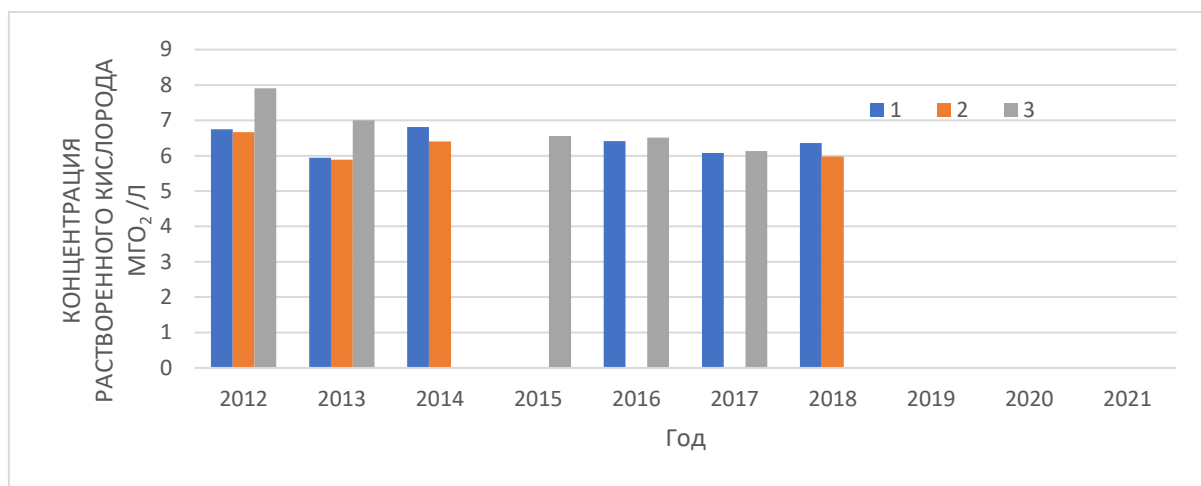


Рисунок 3.13 Изменение концентрации растворенного кислорода по данным судовых наблюдений в прибрежной зоне мелководного подрайона ВЧФЗ

Таблица 3.9 Концентрации растворенного кислорода по району судовых измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л	мгО ₂ /л
1	5.9	6.8	6.4	0.12
2	5.9	6.7	6.2	0.13
3	6.1	7.9	6.8	0.47

Рисунки 3.14 – 3.17 отображают динамику изменения концентраций фосфат-ионов в исследуемых точках.

Рисунок 3.14 и таблица 3.11 демонстрируют общую тенденцию

изменения концентрации фосфатов, при этом можно заметить пиковые значения концентраций для точки 18 в 2013 году и для точки 20 в 2016 году со значениями 13,34 и 1,93 мгР/л соответственно. В точках 17 и 19 концентрации фосфат ионов по результатам исследования колебались слабо, выраженных пиков, как в случае с точками 20 и 18 нет.

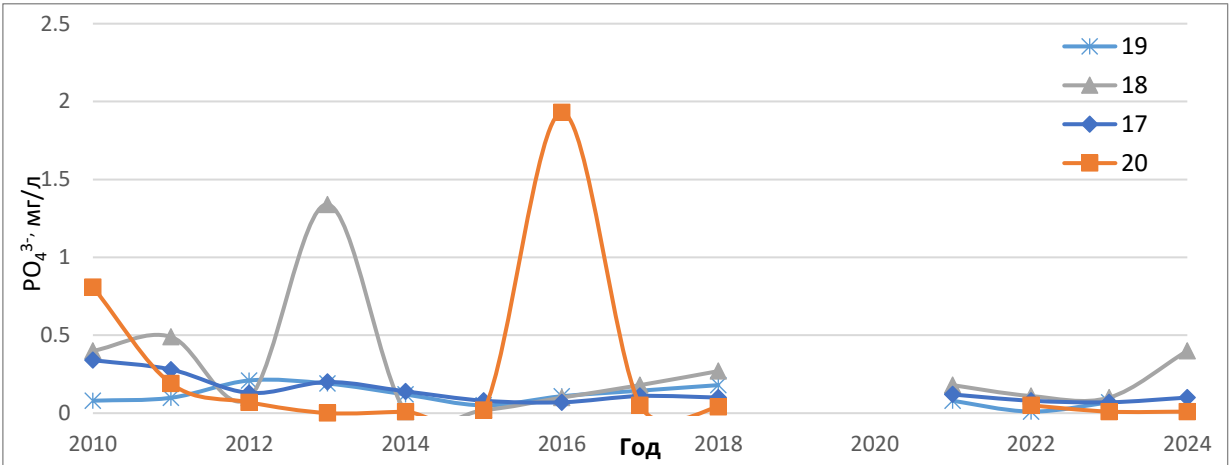


Рисунок 3.14 Изменение концентрации фосфат анионов на первом участке

Таблица 3.11 Концентрации фосфат аниона в первом районе проведения измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгР/л	мгР/л	мгР/л	мгР/л
17	0.1	0.3	0.1	0.01
18	0.0	1.3	0.3	0.12
19	0.0	0.5	0.1	0.03
20	0.0	1.9	0.3	0.33

На рисунке 3.15 и в таблице 3.12 наблюдается выраженная динамика с пиковыми значениями в период с 2010 по 2014 год. Самые большие изменения можно наблюдать для концентраций фосфат анионов в точке 25,

значения показателя достигают максимальных концентраций около 4,6 мгР/л в 2011 году и 4.9мгР/л в 2014 году.

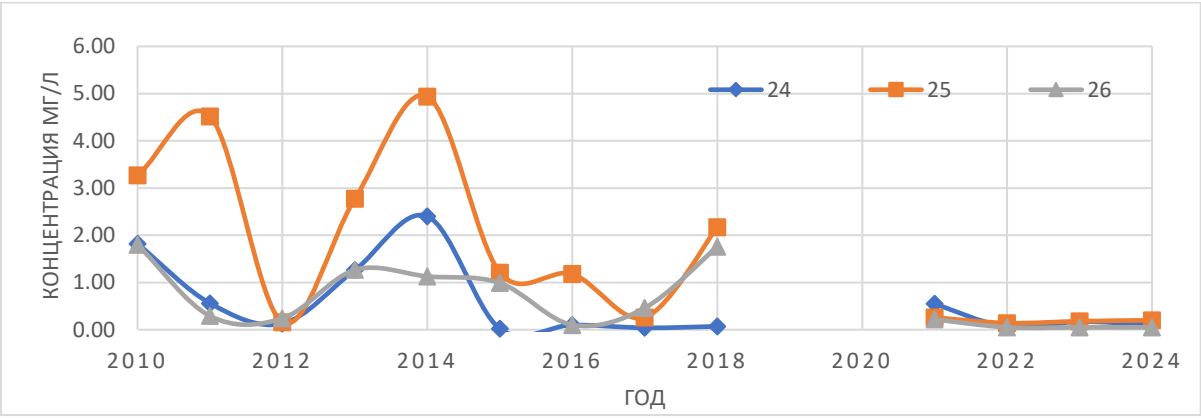


Рисунок 3.15 Изменение концентрации фосфат анионов на втором участке

Таблица 3.12 Концентрации фосфат аниона во втором районе проведения измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгР/л	мгР/л	мгР/л	мгР/л
24	0.0	2.4	0.6	0.6
25	0.1	4.9	1.6	3.0
26	0.1	1.8	0.6	0.3

Рисунок 3.16 и таблица 3.13, представляющие значения фосфат анионов, по сравнению с рисунками 3.14 и 3.15 демонстрируют иную картину, характеризуются резкими, но единичными повышениями концентраций на фоне низких значений в течении большего промежутка времени.

Самый большой пик концентрации фосфат анионов (таблица 3.13) зафиксирован в точке 63 в 2014 году, где концентрация составила

почти 5,0 мгР/л, что указывает на возможное крупное разовое поступление загрязнителя.

Также достаточно значимый пик можно отметить в точке 64, там пиковое значение отмечалось в 2013 году и составило 4,1 мгР/л

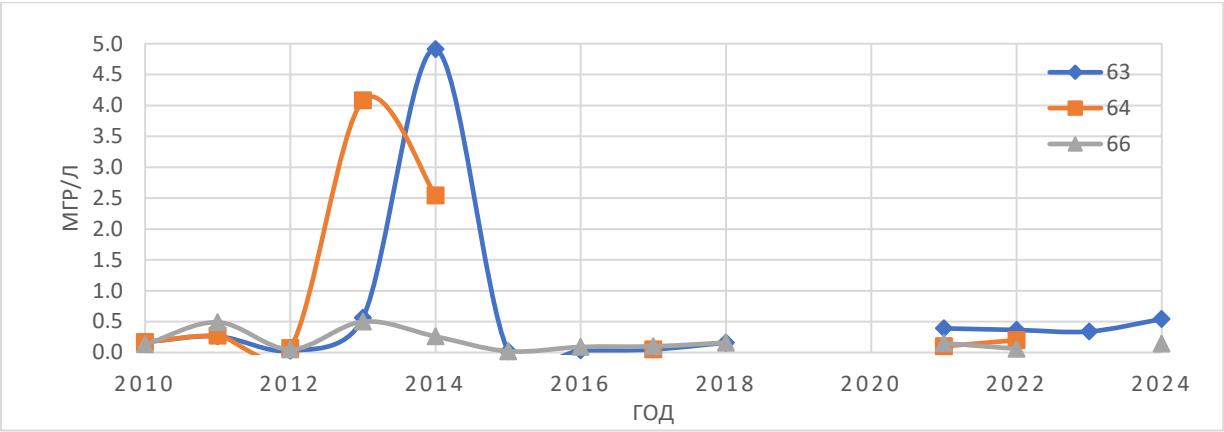


Рисунок 3.16 Изменение концентрации фосфат анионов на третьем участке

Таблица 3.13 Концентрации фосфат аниона по третьему участку отбора

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгР/л	мгР/л	мгР/л	мгР/л
63	0.02	4.91	0.60	1.71
64	0.05	4.08	0.94	2.32
66	0.02	0.50	0.18	0.03

Значения концентраций фосфат ионов, показанные на рисунке 3.17 и в таблице 3.14 кардинально отличаются от предыдущих по масштабу концентраций, которые по результатам судовых наблюдений, оказываются на порядок выше и достигают 19,2 мгР/л в отдельные годы.

В отличие от других графиков, здесь нет синхронных пиков,

наблюдаемых как на рисунках 3.14 – 3.16, что может указывать на наличие нескольких независимых и постоянно действующих источников поступления фосфатов.

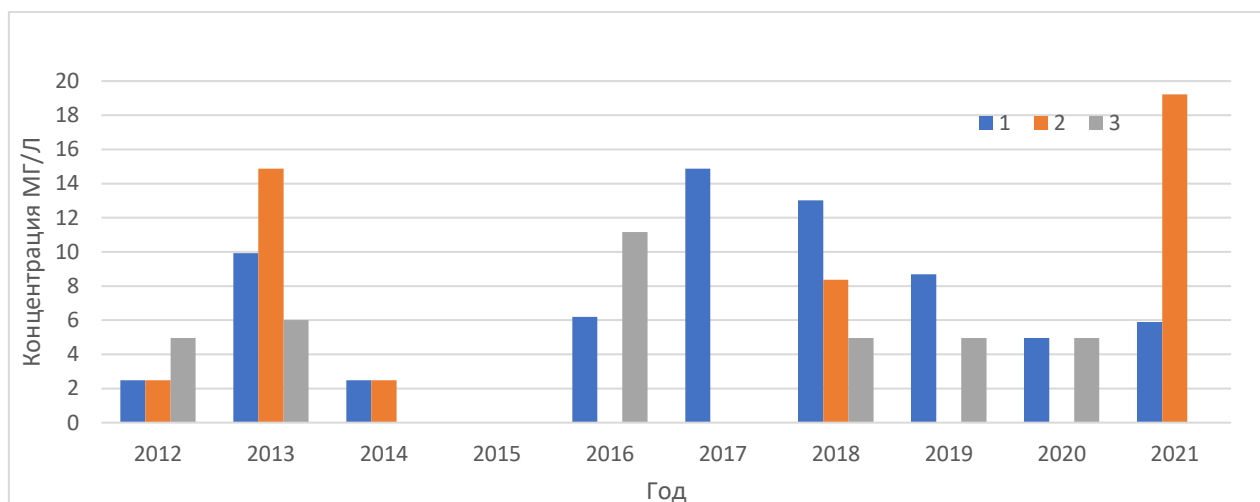


Рисунок 3.17 Изменение концентрации фосфат анионов по данным судовых наблюдений в прибрежной зоне мелководного подрайона ВЧФЗ

Таблица 3.14 Концентрации фосфат аниона по результатам судовых наблюдений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгР/л	мгР/л	мгР/л	мгР/л
1	2.5	14.9	7.6	19.2
2	2.5	19.2	9.5	55.8
3	5.0	11.2	6.4	5.6

На рисунке 3.18и в таблице 3.12 представлена динамика изменения нитрит анионов, показывает достаточно низкие значения, за исключением одного значительного пика для точки 17 в 2017 году, где концентрация возросла до 1,7 мгN/л, а в точке 18-0,9 мгN/л. Остальные значения

демонстрируют лишь незначительное повышение нитрит анионов. В остальные периоды, особенно после 2018 года, концентрации остаются на уровне, близком к 0 мгN/л, что свидетельствует об отсутствии постоянного сильнодействующего источника загрязнения.

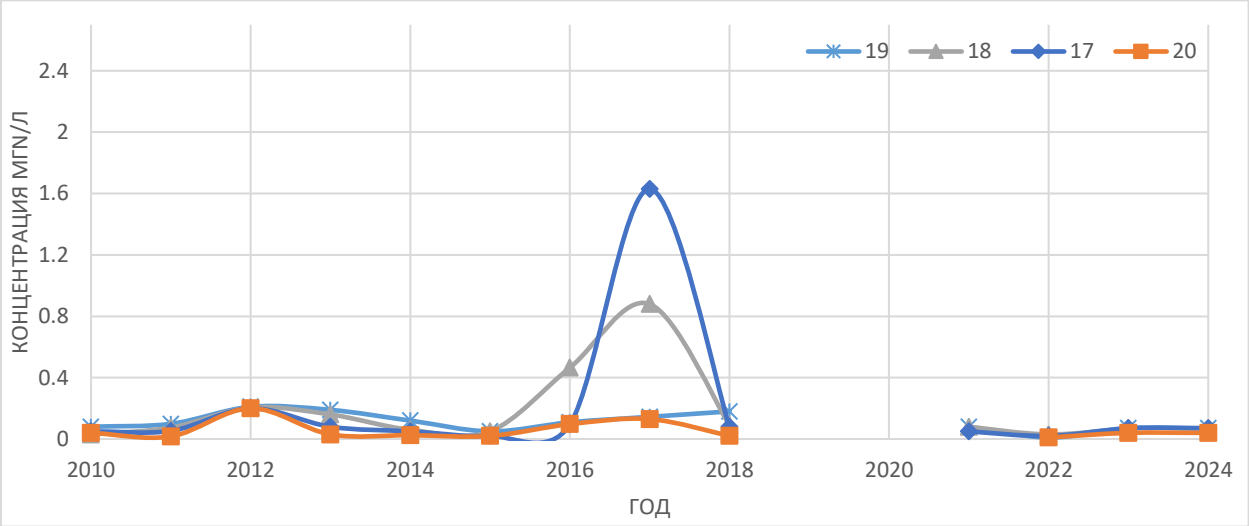


Рисунок 3.18 Изменение концентрации нитрит анионов на первом участке

Таблица 3.12 Концентрации нитрит анионов в первом участке отбора

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
17	0.02	1.63	0.19	0.19
18	0.03	0.88	0.18	0.06
19	0.01	0.21	0.11	0.00
20	0.01	0.20	0.06	0.00

На рисунке 3.18 и в таблице 3.13 представлены изменения концентраций нитрит анионов на втором участке отбора проб. Рисунок 3.18 демонстрирует похожую с рисунком 3.17 динамику, но значение пиковых концентраций нитрит анионов больше. Здесь также отмечается пик 2017 года, однако его

значения значительно больше: концентрация в 26 точке достигает 2.6 мгN/л, а в точке 25 – 2.0 мгN/л.

В 24 точке также наблюдается пик в 2017 году, но с меньшей амплитудой, значения достигают 0.75 мгN/л.

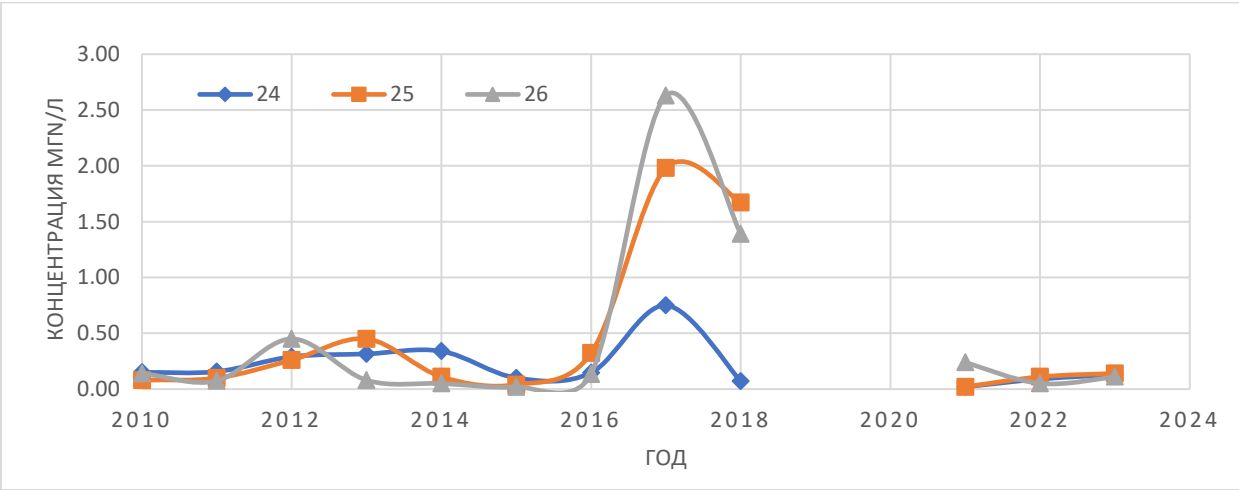


Рисунок 3.18 Изменение концентрации нитрит анионов на втором участке

Таблица 3.13 Концентрации нитрит анионов на втором участке измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
24	0.0	0.8	0.2	0.04
25	0.0	2.0	0.4	0.44
26	0.0	2.6	0.5	0.67

Рисунок 3.19 и таблица 3.14 отображают изменения концентраций нитрит анионов на третьем участке отбора проб. В точке 17 в 2017 году концентрация возросла до пиковых значений 0.65 мгN/л, что совпадает с динамикой изменения концентрации на рисунках 3.15 и 3.16.

На других станциях отбора значения концентрации нитрит анионов

достигают своих максимумов в иные годы: точка 64 с пиком в 2012 году 0.18 мгN/л, а в точке 63 пик был в 2014 со значениями 0,22 мгN/л. Наличие разных годов максимальных значений указывает на наличие нескольких источников загрязнения, которые воздействуют на водный объект в разное время.

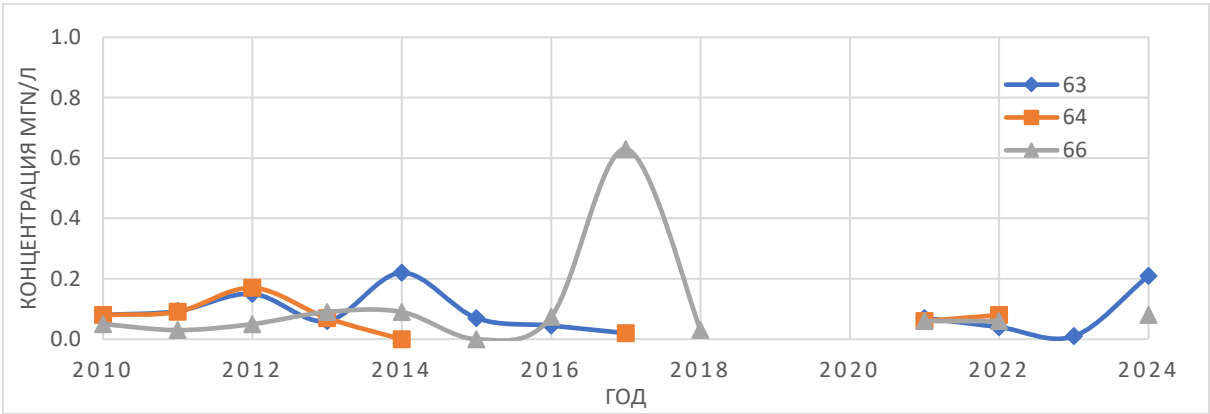


Рисунок 3.19 Изменение концентрации нитрит анионов на третьем участке

Таблица 3.14 Концентрации нитрит анионов на третьем участке измерений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
63	0.01	0.22	0.09	0.00
64	0.01	0.17	0.07	0.00
66	0.03	0.63	0.11	0.03

Рисунок 3.20 и таблица 3.15, на которых представлены изменения концентраций анионов нитратов на станциях 1, 2 и 3 значительно отличается от предыдущих станций наблюдений. В первую очередь, большими концентраций, которые достигают максимума 15.94мгN/л в точке 3 в

2015 году. Также значительно отличаются и средние значения концентраций NO_2^- на станциях отбора, представленных на рисунках 3.15 – 3.17 средние значения изменяются в пределах 0.06 – 0.5 мгN/л, в то время как для данных судовых наблюдений, представленных на рисунке 3.20 средние значения показателя, изменяются от 4.5 до 7.8 мгN/л.

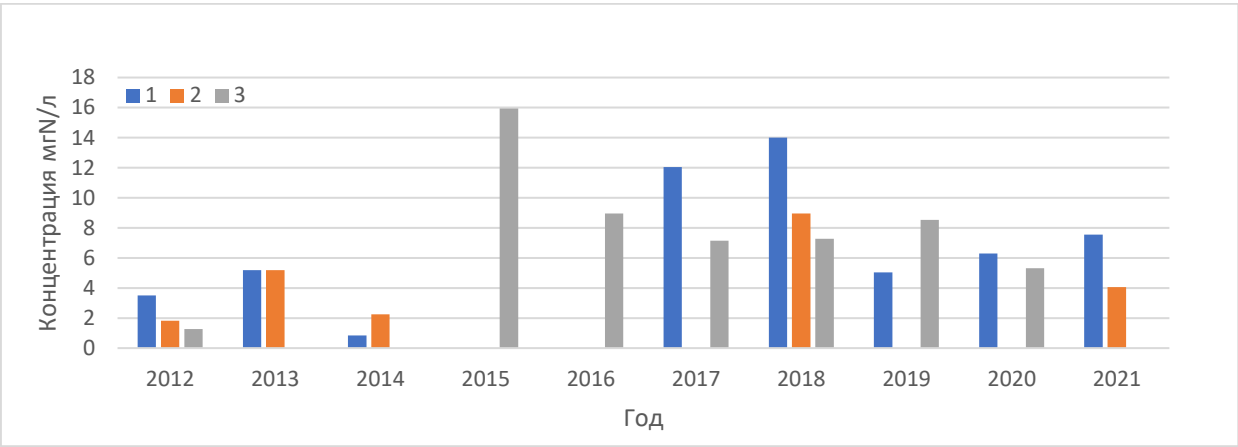


Рисунок 3.20 Изменение концентрации нитрит анионов по данным судовых наблюдений в прибрежной зоне мелководного подрайона ВЧФЗ

Таблица 3.15 Концентрации нитрит анионов на станции по данным судовых наблюдений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
1	0.8	14.0	6.8	18.9
2	1.8	9.0	4.5	8.2
3	1.3	15.9	7.8	19.6

На рисунке 3.21и в таблице 3.16 представлена динамика изменения концентрации аммонийных катионов NH_4^+ в поверхностных водах за период с 2010 по 2024 год.

Значения NH_4^+ колеблются в диапазоне от 0.02 до 3.72 мг/л, с заметными пиками в отдельные годы. Наибольшие концентрации наблюдаются в 2014 и 2018 годах, что может быть связано с антропогенной нагрузкой, например применение удобрений вблизи водоёмов.

Минимальные значения аммонийного иона были зафиксированы в 2013 и 2021годах. Динамика изменения концентраций катионов аммония в первом участке отбора проб во всех точках с 2010 по 2018 год похожа – видны повышения концентраций в 2012, 2014 и 2018 годах, а также понижения значений в 2013, 2016 и 2021 годах.

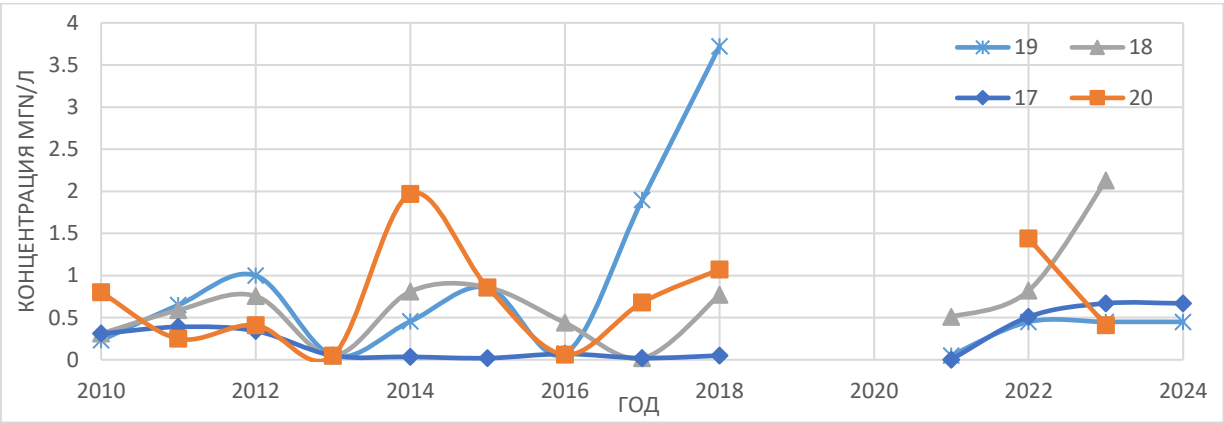


Рисунок 3.21 Изменение концентрации катионов аммония на первом участке

Таблица 3.16 Концентрации ионов аммония на первом участке отбора проб

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
17	0.00	0.67	0.24	0.06
18	0.02	2.13	0.67	0.30
19	0.05	3.72	0.79	1.02
20	0.05	1.97	0.73	0.35

Рисунок 3.22 показывает и таблица 3.17 показывают изменения концентраций аммонийного иона на втором участке отбора, что в течении всего периода измерений в одной точке 25 наблюдалось сильное повышение концентрации аммонийных катионов, значения ионов аммиака в 2014 году достигало 8.4мгN/л, что может свидетельствовать о сбросе загрязняющих веществ.

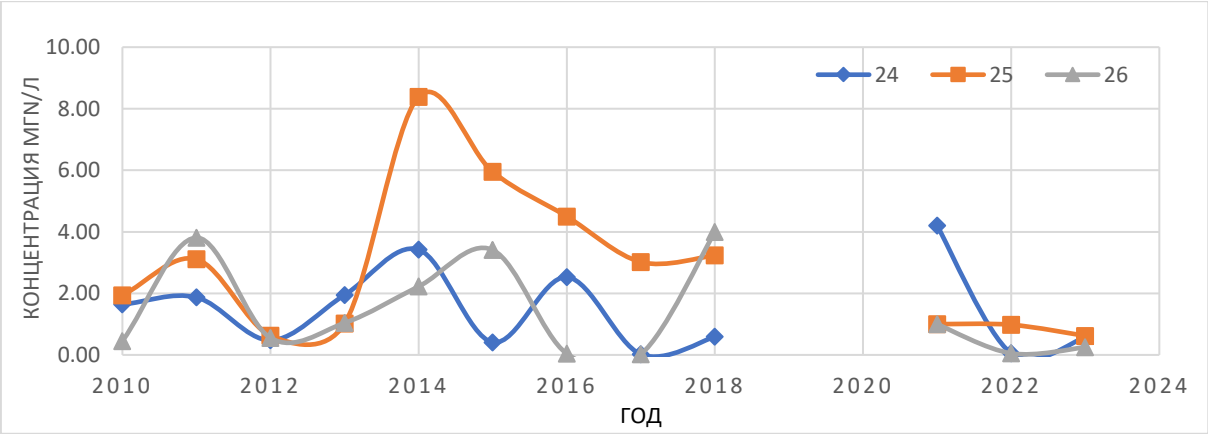


Рисунок 3.22 Изменение концентрации катионов аммония на втором участке

Таблица 3.17 Концентрации аммиак катионов на втором участке
пробоотбора

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
24	0.02	4.2	1.5	1.87
25	0.6	8.4	2.9	5.84
26	0.02	4.0	1.5	2.51

Рассматривая значения концентрации ионов аммиака в точках 24 и 26, можно отметить наличие пиков концентраций в 2014 и в 2015 годах

соответственно. В целом, рассматривая динамику изменения содержания аммиак катионов можно заметить, что концентрации изменялись в точках с сообщаемой динамикой, особенно это заметно для данных с 2010 по 2018 годы.

Рисунок 3.23 и таблица 3.18 демонстрируют, что наиболее заметные максимумы концентрации катионов аммония наблюдаются в точке 63 в 2012 году 2.1 мгN/л, в точке 64 в 2014 году со значениями 1.3 мгN/л, а в точке 66 в 2016 и 2021 годах значения 1.6 и 2.5 мг/л соответственно. Такая динамика может показывать наличие нескольких источников загрязнения, действующих на все точки, располагающиеся во втором участке пробоотбора.

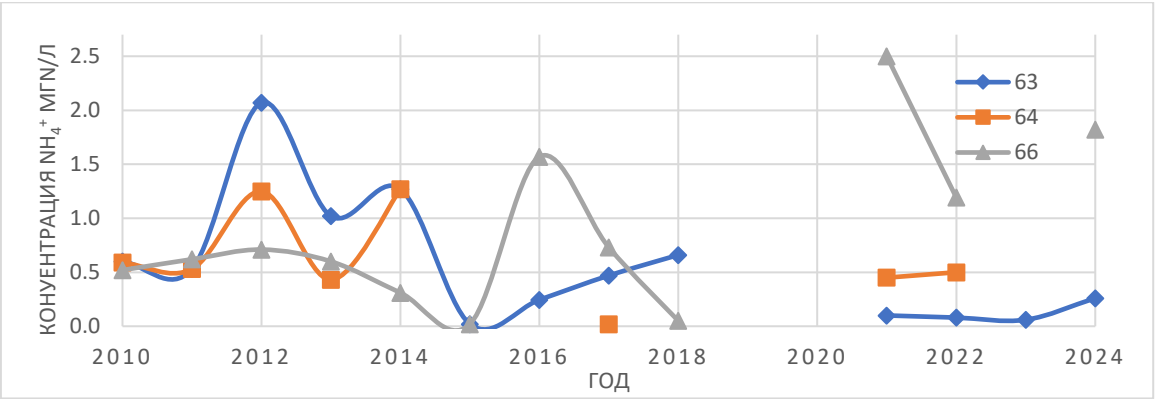


Рисунок 3.23 Изменение концентрации катионов аммония на втором участке

Таблица 3.18 Концентрации аммиак катионов на третьем участке отбора проб

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
63	0.02	2.07	0.57	0.35
64	0.02	1.27	0.63	0.18
66	0.02	2.50	0.89	0.56

На рисунке 3.24 и в таблице 3.19 показаны изменения концентраций аммонийных ионов на станциях 1,2 и 3 мелководного подрайона ВЧФЗ. Рассматривая динамику изменения концентраций, можно отметить, что наименьшие значения наблюдались на всех трех станциях в 2012 году, причем самые меньшие значения были на станции 2 и составили 7мгN/л. Интересно отметить, что в 2013 году наблюдался рост концентрации аммонийных катионов. Наибольшие концентрации наблюдались в точке 2 в 2018 году и составили 33,6мгN/л.

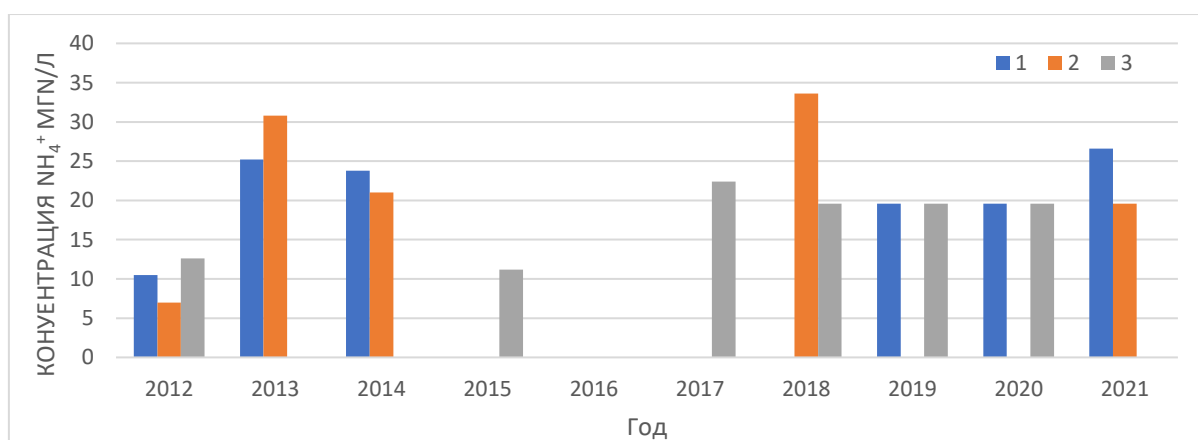


Рисунок 3.24 Изменение концентрации аммонийных анионов по данным судовых наблюдений в прибрежной зоне мелководного подрайона ВЧФЗ

Таблица 3.19 Концентрации аммонийных катионов на участке отборов проб с судовых наблюдений

Точка	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Дисперсия
	мгN/л	мгN/л	мгN/л	мгN/л
1	10.5	26.6	20.9	34.19
2	7.0	33.6	22.4	110.74
3	11.2	22.4	17.5	20.19

Следует отметить, что концентраций гидрохимических показателей в

открытой части мелководного подрайона ВЧФЗ, значительно превышали концентрации, наблюдаемые в зонах впадения рек и ручьев. Это свидетельствует о незначительном влиянии стока малых водотоков на общее содержание исследованных характеристик, нежели их поступление из сопредельной Невской губы. Например, это хорошо прослеживается по распределению индекса загрязненности вод (ИЗВ) мелководного подрайона Восточной части Финского залива в поверхностном слое, в 2016 году (рисунок 3.25) [20].

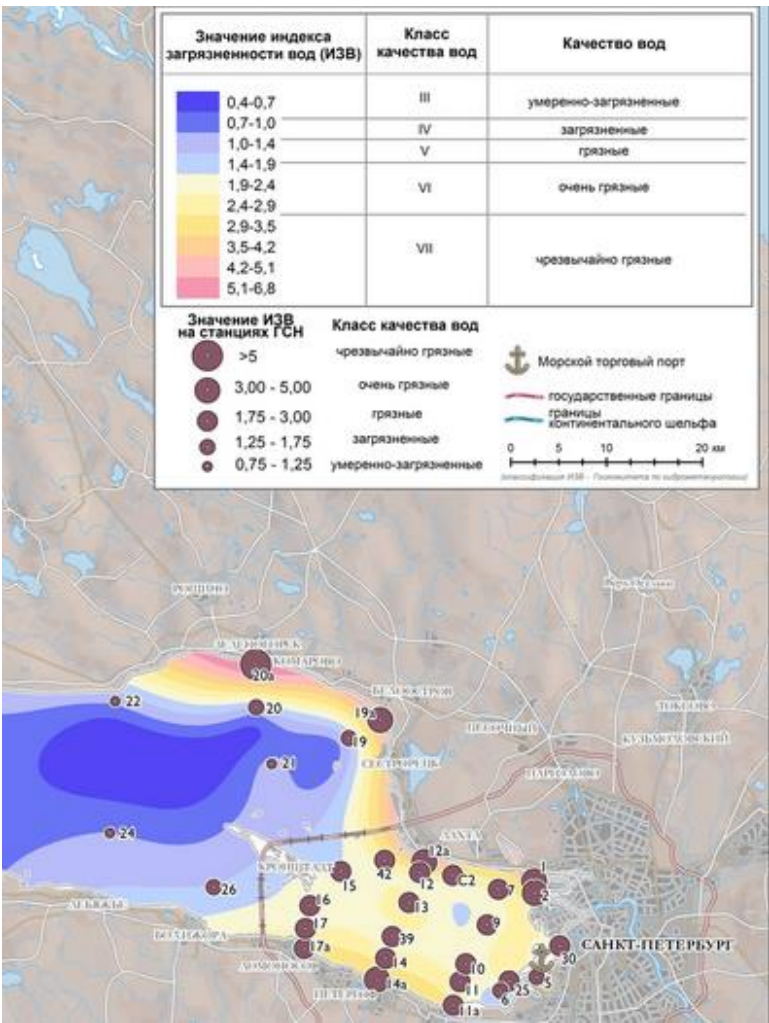


Рисунок 3.25 Фрагмент карты Загрязнение Восточной части Финского залива, поверхностный слой, осень 2016 [20].

Как и упоминалось ранее, на территории Курортного района города

Санкт-Петербург есть Сестрорецкое водохранилище, важный регулирующий гидротехнический объект, влияющий на водный баланс региона.

Для описания общих характеристик изменчивости качества вод в представленном водном объекте были рассмотрены такие показатели как острая и хроническая токсичность. Оба показателя представлены на рисунке 3.26 и определялись методом биотестирования с применением в качестве тест-объекта дафний.

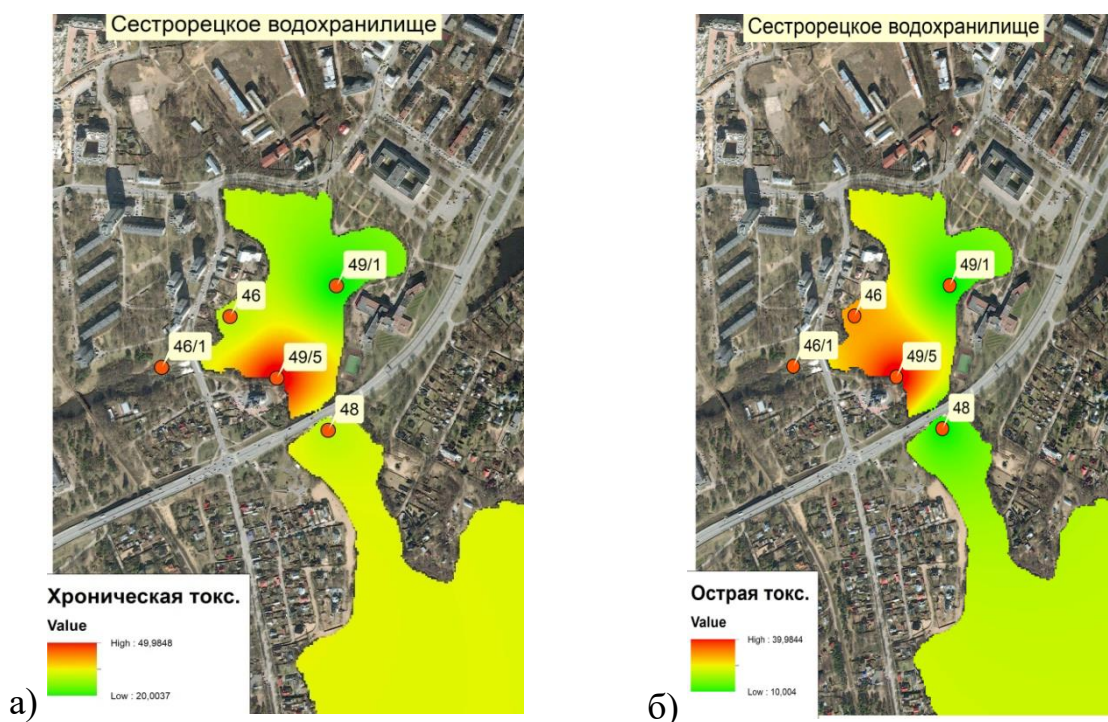


Рисунок 3.26 Результаты оценки хронической (а) и острой (б) токсичности вод в Сестрорецком водохранилище по результатам исследования в 2022 году

Данные, полученные в 2022 году, отображают типовое распределение значений острой и хронической токсичности. В результате работы с программой ArcMAP и составления базы данных выявлено, что в точке 49/5, расположенной в непосредственной близости от шоссе, наблюдалась острая токсичность (гибель более 50% тест объектов в течении 24 часов).

Острая токсичность, графическое изображение которой представлено

на рисунке 3.26б, выражается в гибели отравленного организма за короткий промежуток времени-от нескольких секунд до 48 часов. Реализация опытов на определение острой токсичности позволяют выяснить как среда с конкретными параметрами будет влиять на тест-объекты.

Хроническая токсичность, также представленная на 3.26а рисунке, проявляется через некоторое время в виде нарушений жизненных функций организмов и возникновения патологических состояний. Хроническая токсичность, в отличии от острой выражается не только в гибели, но и в мутациях потомства тест-объектов, изменения продолжительности жизни или появлении измененных форм биоиндикатора, например при появлении карликовых форм.

Таким образом, внося незначительный вклад в общую загрязненность прибрежной зоны Курортного района, малые водотоки и водоемы могут испытывать существенные колебания значений гидрохимических показателей, в том числе по результатам биотестирования, влияющих на качество вод локально. Это в свою очередь связано с наличием местных источников антропогенной нагрузки. Поэтому качество вод может являться одним из индикаторов устойчивого развития района.

Именно поэтому в рамках работы был проведен анализ еще ряда факторов, которые могут оказать наиболее сильное влияние на возможность достижения Курортным районом устойчивого развития.

В целом, современное состояние природных вод исследованных объектов Курортного района, по данным Биос-клуба, оценивается как очень грязное, что согласуется с оценками официального мониторинга (рисунок 3.25).

3.3 Гидрохимические характеристики вод как индикатор устойчивого развития Курортного района

Термин «устойчивое развитие» в данном случае рассматривается как равновесие между факторами социально – экономического и природно–экологического развития [22].

Курортный район Санкт – Петербурга издавна являлся одним из наиболее благополучных как для отдыха, так и для постоянного проживания. Однако, с увеличением численности населения, увеличивается степень урбанизации региона, что может приводить к повышению антропогенной нагрузки на экосистемы.

На рисунке 3.27 представлена динамика изменения численности населения в г. Сестрорецк, который является наиболее крупным населенным объектом территории Курортного района. В промежуток с 2010 по 2020 год население самого крупного населенного пункта на территории Курортного района возросло с 37248 до 43055 человек. Оценка изменения численности населения проводилась в рамках переписи населения, проводимой в 2020 году. Важно отметить, что на рисунке 3.27 представлена динамика изменения населения, прикрепленного к муниципальным органам: детские сады, школы, налоговые службы, поликлиники.



Рисунок 3.27 Итоги Всероссийской переписи населения 2020 года (по состоянию на 1 октября 2021 года) по городу Сестрорецк [20]

Эта тенденция наблюдается на фоне увеличения температуры воздуха (рисунок 3.2), ТПО (рисунок 3.5), и в целом температуры подстилающей поверхности (рисунок 3.1). В свою очередь такие изменения температурного фона могут приводить к деградации биологических сообществ, чувствительных к данному фактору.

Кроме того, рост численности населения требует увеличения числа и (или) модернизации таких инфраструктурных объектов, как автомобильные и железные дороги, ТЭС, системы водоочистных сооружений, организации утилизации твердых бытовых отходов. Эти же объекты могут быть источниками поступления загрязняющих веществ, например, как это было показано для акватории Сестрорецкого разлива (рисунок 3.26) и малых рек (рисунки 2.1 и 2.2).

Учет вышеперечисленных факторов является важным для понимания проблемы устойчивого развития Курортного района г. Санкт-Петербург. На рисунке 3.28, в формате диаграммы причинно-следственной связи Исикавы, представлены ключевые факторы, влияющие на возможность перехода рассматриваемого района к устойчивому развитию.



Рисунок. 3.28 Причинно - следственная диаграмма факторов устойчивого развития Курортного района СПб

Все факторы были разделены на благоприятные и неблагоприятные. К числу неблагоприятных факторов относились: природный фактор, урбанизация, в качестве благоприятных выделялись ресурсный фактор, а также улучшение контроля и управления районом. Одним из самых явных действий в ресурсном факторе является выделение финансовых средств на проекты в рамках развития района, примером этого может служить выделение средств на реализацию грантов молодых специалистов (рисунок 2.5).

Природный фактор - потепление климата, указанный на диаграмме как неблагоприятный, однако, имеет и обратное влияние, увеличивая продолжительность курортного сезона, делая более привлекательными инвестиции в его развитие, как объекта рекреационного назначения.

Значения гидрохимических характеристик прибрежной зоны и малых водных объектов могут выступать в качестве индикаторов экологического состояния района, чутко реагируя на изменения как природных, так их антропогенных факторов.

Заключение

Целью работы является оценка качества состояния вод прибрежных зон и приморских территорий по результатам проведения гидрологического и гидрохимического анализа прибрежных вод Финского залива Курортного района и формирование представления о возможности перехода района исследования к устойчивому развитию.

В завершении перечислим основные полученные результаты:

- дана краткая физико-географическая характеристика мелководного подрайона Финского залива в пределах Курортного района г. Санкт-Петербурга;
- подготовлены массивы данных гидрохимических наблюдений на основе полевых исследования Биос-клуба за период с 2010 по 2024 гг. и экспедиционных измерений из архива ICES с 2012 по 2021 гг.;
- выполнен статистический анализ рядов температуры воздуха и ТПО по данным реанализов NOAA OISST, CDAS– 1 и натурных данных их архива "Расписание Погоды" выявил значимые линейные тренды в рядах этих характеристик, отражающие повышение температуры в августе в мелководном подрайоне ВЧФЗ. Повышение температуры воздуха по данным на станции Ломоносов составило 1,5 зам 10 лет;
- проведен сравнительный анализ изменчивости значений гидрохимических характеристик для зон впадения малых водотоков в прибрежной зоне и более открытых участков акватории мелководного подрайона ВЧФЗ показал, что значения гидрохимических показателей в точках, находящихся в открытой части, значительно превышали концентрации, наблюдаемые в акваториях рек и ручьев. Это свидетельствует о незначительном влиянии стока малых водотоков на общее содержание исследованных характеристик, нежели их поступление из сопредельной Невской губы;

– внося незначительный вклад в общую загрязненность прибрежной зоны Курортного района, малые водотоки и водоемы могут испытывать существенные колебания значений гидрохимических показателей, в том числе по результатам биотестирования, влияющих на качество вод локально, что связано с наличием местных источников антропогенной нагрузки;

– анализ составленной причинно-следственной диаграммы факторов устойчивого развития Курортного района СПб показал неоднозначное влияние тенденций роста численности и степени урбанизации, а также потепления климата на экологическое благополучие. Поэтому гидрохимические характеристики могут рассматриваться в качестве индикаторов экологического состояния района, чутко реагирующих на изменения как природных, так их антропогенных факторов и должны учитываться при разработке индикаторов устойчивого развития.

В целом, современное состояние природных вод исследованных объектов Курортного района, по данным Биос-клуба, оценивается как очень грязное, что согласуется с оценками официального мониторинга Росгидромета.

Список литературы

1. Ерёмина Т. Р., Исаев А. В., Рябченко В. А. Оценка и прогноз тенденций в эволюции экосистемы восточной части Финского залива при различных сценариях изменения биогенной нагрузки в будущем климате // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2014. – №. 36. – С. 118-127.
2. Курортный район, администрация г. Санкт-Петербурга [электронный ресурс], https://www.gov.spb.ru/gov/terr/reg_kurort/
3. Домогацких Е.М., Алексеевский Н.И. География: учебник для 8 класса общеобразовательных учреждений. — 6-е. — Москва: Русское слово — учебник, 2013. — 336 с. —
4. . Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. – Москва, 2025. – 104 стр.
5. . Волощук, Е. В. Оценка влияния абиотических и биотических факторов на экологическое состояние придонных вод и донных отложений Финского залива в условиях изменения климата: специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Волощук Екатерина Васильевна. – Санкт Петербург, 2017. – 22.
6. . Курортный район, администрация г. Санкт-Петербурга [электронный ресурс], <https://www.gov.spb.ru/helper/day/klimat/>
7. . Раковская Э.М., Давыдова М.И. Физическая география России. Часть 1-2. М., Владос, 2001
8. . Экологическое состояние водохранилища Сестрорецкий Разлив по результатам многолетних исследований [Текст] / Ш. Р. Поздняков, И. С. Трифонова, Н. В. Игнатьева [и др.]. // Региональная экология. – 2017. – № 4. – С. 5-
9. . Позднякова А.И. Практическое руководство по проведению

- гидрохимического анализа на лабораторных занятиях по курсу «Гидрохимия»: Учебно-методическое пособие для вузов. - СПб.: РГГМУ, 2019. - 112 с.
- 10.. Оценочный доклад об особенностях климата их последствиях на территории РФ. Т. 1. Изменение климата. [текст]/ Росгидромет. – М.: [б.и.], 2008. –227с.
 11. Никаноров А.М. Гидрохимия: Учебник. – 2 изд., перераб. И доп. – СПб: Гидрометиздат, 2001. – 444с.
 12. Спиридонов М. А. и др. Изменение береговой зоны восточной части Финского залива под воздействием природных и антропогенных факторов //Региональная геология и металлогения. – 2010. – №. 41. – С. 107-118.
 13. Спиридонов М. А., Рябчук Д. В., Жамойда В. А, Гогоберидзе Г. Г. На пути создания современной геологической основы береговедения (базовая терминология) // Регион. геология и металлогения. 2006. № 28. – С. 181– 191.
 14. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 году/ Под редакцией И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2017. — 158 с.
 15. International Council for the Exploration of the Sea (ICES). Официальный сайт. – URL: <https://ices.dk/> (дата обращения: 01.04.2025)
 16. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (OISST), Version 2.1, AVHRR only. – URL: <https://www.ncei.noaa.gov/products/optimum-interpolation-sst> (дата обращения: 05.05.2025).
 17. Расписание погоды (электронный ресурс). Прогноз погоды. – URL: <https://rp5.ru/> (дата обращения: 15.05.2025).
 18. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). NCEP–NCAR CDAS-1 Monthly Diagnostic Surface Temperature Data. – URL: <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.cdas1.html> (дата обращения:

05.06.2025).

- 19.. Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Учебник,- СПб.: изд. РГГМУ, 2008. - 408 с.
20. Загрязнение Восточной части Финского залива, поверхностный слой, осень 2016 (электронный ресурс, дата обращения 23.04.2025)
<http://biac.oceanography.ru/images/biac/img/maps/2016/izv.jpg>
21. Численность населения и миграция информационный бюллетень (электронный ресурс, дата обращения 23.04.2025)
https://78.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/14000824_Числ%20и%20мигр%20нас%20СПб%202023.pdf
22. Подпругин М.О. Устойчивое развитие региона: понятие, основные подходы и факторы, Российское предпринимательство, №24(222), декабрь 2012