



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 «Гидрохимическая характеристика Финского залива»

Исполнитель Ягупова Анастасия Альбертовна
(фамилия, имя, отчество)

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

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой 
(подпись)

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

Алексеев Денис Константинович
(фамилия, имя, отчество)

«20» 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА	6
1.1 Географическое положение	6
1.2 Рельеф дна и геолого-структурные особенности.....	7
1.3 Климатические и метеорологические условия региона.....	9
1.4 Особенности ледового режима	10
1.5 Гидрохимические параметры.....	11
1.7 Биологическое разнообразие: флора и фауна акватории	12
2. ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА	16
2.1. Сброс сточных вод	16
2.2 Гидротехническое строительство	19
2.3. Намывные территории.....	24
2.4. Судоходство и портовая деятельность	26
2.5. Сельскохозяйственная деятельность.....	28
3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ	30
3.1. Методика и условия проведения гидрохимических наблюдений	30
3.2. Гидрохимические условия восточной части Финского залива	32
3.2.1. Мелководный район восточной части Финского залива.....	32
3.2.2. Глубоководный район восточной части Финского залива	35
3.2.3. Копорская губа.....	37
3.2.4. Лужская губа.....	39
3.3. Загрязненность вод органическими веществами и тяжелыми металлами.....	40

3.4	Качественная характеристика состояния акватории восточной части Финского залива	44
3.5	Природоохранные мероприятия и возможные пути минимизации загрязнений	46
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	50
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Критерии оценки загрязненности морских вод	53
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Содержание металлов в восточной части Финского залива.	56

ВВЕДЕНИЕ

Финский залив – один из ключевых морских заливов Балтийского моря, омывающий берега России, Финляндии и Эстонии. Он представляет собой сложную природную систему, находящуюся под воздействием как природных процессов, так и антропогенной деятельности. Через Финский залив осуществляется судоходство, сбрасываются сточные воды крупных городов, включая Санкт-Петербург, что оказывает существенное влияние на качество водной среды.

В последние десятилетия наблюдаются значительные изменения в гидрохимическом составе вод Финского залива, обусловленные ростом промышленного производства, урбанизацией, применением удобрений в сельском хозяйстве и сбросами сточных вод. Изучение гидрохимических показателей, таких как уровень растворённого кислорода, концентрации ионов аммония, нитратов, фосфатов, тяжёлых металлов и органических веществ, позволяет оценить экологическое состояние водоёма и степень его загрязнения.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью мониторинга качества вод Финского залива в условиях усиливающегося антропогенного прессинга. Загрязнение биогенными элементами, тяжёлыми металлами, нефтепродуктами и другими веществами может привести к эвтрофикации, деградации экосистем и снижению биоразнообразия. Кроме того, залив имеет важное значение для рыбного хозяйства, рекреации и судоходства, что требует комплексного подхода к оценке его гидрохимического состояния.

Целью данной работы является анализ современного гидрохимического состояния Финского залива, выявление основных факторов, влияющих на его изменение, и оценка степени антропогенного воздействия

Указанная цель обусловила необходимость постановки и решения следующих основных задач:

- Дать физико-географическую характеристику Финского залива, включая климатические, гидрологические и геохимические особенности;
- Изучить основные виды хозяйственной деятельности в акватории залива и их влияние на гидрохимические показатели;

- Провести анализ ключевых параметров качества воды (содержание кислорода, биогенных элементов, загрязняющих веществ);
- Оценить современное экологическое состояние Финского залива и возможные пути минимизации антропогенного воздействия.

Объектом исследования является акватория Финского залива как часть Балтийского моря.

Предметом исследования выступают гидрохимические параметры вод залива и факторы, влияющие на их формирование.

Теоретической основой для написания данной работы послужил комплекс научных источников и практических материалов, современные исследования антропогенного воздействия на водные экосистемы, а также актуальные данные экологического мониторинга Финского залива. В процессе исследования были проанализированы материалы российских и международных организаций, что позволило получить достоверную информацию о текущем состоянии акватории. Особое внимание уделялось методическим рекомендациям по оценке качества морских вод, нормированию загрязняющих веществ и проведению гидрохимического анализа, которые легли в основу методологии исследования.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

1.1 Географическое положение

Финский залив – вытянутый, узкий и относительно мелководный водоём, являющийся самым восточным бассейном Балтийского моря. Он омывает берега трёх государств – Эстонии, Финляндии и России. Его западная граница традиционно проходит по линии Пыясаспеа – Осмуссаар – город Ханко. Географически акватория залива располагается в пределах координат $59^{\circ}11'N$, $22^{\circ}50'E$ и $60^{\circ}46'N$, $30^{\circ}20'E$ [14].



Рис. 1- Географическое положение Балтийского моря, Финского залива [21]

Даже по меркам Балтийского моря Финский залив считается сравнительно небольшим бассейном. Его длина составляет около 400 км, а ширина варьируется от 48 км в западной и средней частях (между Таллинном и полуостровом Порккала) до 135 км в восточной части (между Нарвским заливом и городом Котка). Объём водной массы залива равен приблизительно 1103 км^3 , а площадь поверхности – $29\,948 \text{ км}^2$, что составляет около 5 % общего объёма и примерно 7,5 % площади всей акватории Балтийского моря [14].

Несмотря на относительно скромные размеры, Финский залив оказывает значительное влияние на гидрологический режим Балтики за счёт обширного водосборного бассейна площадью около $420\,990 \text{ км}^2$ – это около четверти всей площади водосбора Балтийского моря. Благодаря этому в Финский залив поступает значительный объём речного стока, формирующего его гидрологический и гидрохимический режим [14].

Воды здесь практически опреснены вследствие мощного речного стока, главным образом за счёт притока Невы. Она является основной водной магистралью Финского залива, связывающая Невскую губу с Ладожским озером. На её долю приходится примерно 95% всего водного притока в залив. Однако вклад других рек также весьма существенен. Кроме того, восточная часть залива подвержена значительным антропогенным воздействиям, связанным с деятельностью Санкт-Петербурга и прилегающих территорий [1].

В российской юрисдикции находится значительная часть залива площадью $11\,000 \text{ км}^2$, которая включает несколько важных географических объектов. К ним относятся Выборгский залив на северном побережье, Нарвский залив на юге, а также Невская, Лужская и Копорская губы, расположенные в восточном и юго-восточном секторах [6].

1.2 Рельеф дна и геолого-структурные особенности

Финский залив представляет собой уникальный геологический объект в системе Балтийского моря, обладающий выраженной структурной обособленностью, что обусловлено его расположением на границе двух крупных геологических структур - Балтийского щита и Русской платформы. Формирование залива

связано с тектоническими процессами кайнозойской эры, в результате которых образовалась обширная депрессия денудационного происхождения. В антропогенный период территория неоднократно подвергалась оледенениям, что привело к значительной трансформации первичного рельефа и формированию мощного покрова четвертичных отложений толщиной 20-40 метров, достигающей в отдельных тектонических понижениях 90 метров. Эти отложения отличаются сложным литологическим составом и неоднородным строением, отражающим многоэтапность геологических процессов в регионе. Современный рельеф дна залива сохраняет следы ледниковой экзарации и аккумуляции, проявляющиеся в чередовании подводных возвышенностей и впадин, что в сочетании с особенностями четвертичных отложений обусловило формирование специфических гидрологических условий и процессов осадконакопления в акватории Финского залива [6].

Влияние на формирование рельефа оказывают как естественные процессы (ледниковая и водная деятельность, эоловое воздействие, биогенная аккумуляция), так и антропогенные факторы, особенно в зоне активной хозяйственной деятельности. Рельеф дна и берегов преимущественно равнинный, но осложнен формами эрозионного, аккумулятивного и денудационного происхождения. В районе Выборгского залива и отдельных островов наблюдаются скальные выходы коренных пород [6].

К числу современных геодинамических и геоэкологических процессов, представляющих потенциальную опасность для прибрежных и подводных экосистем, относятся новейшие тектонические движения, активные разломы, а также газопроявления, фиксируемые при бурении и инженерных изысканиях. Экзогенные процессы включают активную абразию (размыв берегов), аккумуляцию (накопление осадочного материала) и транзитные перемещения наносов [6].

Минеральные ресурсы залива также связаны преимущественно с четвертичными отложениями. В ходе геологоразведочных и инженерных работ в акватории были выявлены месторождения строительных песков, песчано-гравийных смесей (ПГС), валунно-галечных образований, железо-марганцевых конкреций,

сапропелевидных илов и керамических глин. Эти ресурсы имеют хозяйственное значение, особенно в контексте строительства, намыва территорий и промышленного использования [6].

Основные запасы строительного сырья сосредоточены в затопленных береговых формах рельефа, образовавшихся при более низком уровне моря в начале литориновой трансгрессии. Наиболее значимые месторождения размещены в районе мыса Флотский – мыса Песчаный («Пески»), южнее острова Сескар, а также в Нарвском заливе. По состоянию на 2009 год в восточной части Финского залива разрабатывались четыре подводных месторождения: у острова Сескар, у острова Большой Березовый, на Стирсудденских Банках и между мысом Стирсудден и мысом Кюренниemi. Общие извлекаемые запасы песков и ПГС на этих участках оценивались в 58 миллионов м³[6].

1.3 Климатические и метеорологические условия региона

Климат восточной части Финского залива относится к умеренному с избыточным увлажнением и занимает промежуточное положение между морским и континентальными типами. Его формирование определяется сочетанием географического положения региона и влиянием атмосферной циркуляции, в основном связанной с преобладающим переносом воздушных масс с Атлантики [14].

Среднегодовая температура воздуха в регионе составляет 3,7–5,2 °С. Самые тёплые месяцы – июль (до 32–33 °С), самые холодные – январь и февраль (до –37...–38 °С). Относительная влажность воздуха остаётся высокой в течение всего года, в среднем от 79% до 82%. Число дней с влажностью выше 80% достигает 140–155 в год. Годовое количество осадков составляет 500–650 мм, при этом около 70% выпадает в тёплый период. Испарение с поверхности воды не превышает 250 мм в год, что подтверждает режим избыточного увлажнения. Осадки летом носят ливневый характер, а зимой – преимущественно обложной. Интенсивность осадков значительно возрастает в тёплый сезон [6].

Облачность в регионе высокая: среднее количество пасмурных дней составляет 190–220 в год, особенно много их с октября по февраль. Весной и летом преобладают кучевые облака, зимой – слоистые [6].

Ветровые условия в районе Балтийского моря, включая Финский залив, формируются под влиянием общей циркуляции атмосферы над Северной Европой. Эта территория находится в зоне преобладания западных ветров, что связано с выраженной зональной циркуляцией, способствующей движению циклонов с запада на восток. Ветровой режим при этом подвержен межгодовой изменчивости [14].

Для географических широт Финского залива характерна ярко выраженная сезонная изменчивость солнечного излучения, оказывающая влияние на характер и интенсивность ветров. В открытой части залива преобладают юго-западные ветры, типичные для всей акватории Балтийского моря. При этом также часто наблюдаются западные и восточные ветры, дующие вдоль оси Финского залива. Умеренные (6–10 м/с) и сильные ветры (>10 м/с) чаще всего фиксируются на северном побережье при южных и юго-западных направлениях, в то время как на южном побережье преобладают ветры с юго-запада и запада. Юго-восточные ветры отмечаются редко и, как правило, имеют меньшую силу. Наибольшие скорости достигаются при южных и юго-западных направлениях: средняя трехчасовая скорость ветра может достигать 25 м/с примерно раз в сто лет. Восточные ветры имеют ограниченное направление и редко достигают скоростей выше 23 м/с [14].

1.4 Особенности ледового режима

Ледовый режим Финского залива отличается высокой сложностью и зависит от совокупности климатических, гидрологических и геоморфологических факторов. Осенью и зимой на формирование льда существенно влияет чередование холодных арктических и тёплых атлантических воздушных масс, что делает процесс ледообразования прерывистым и растянутым по времени [15].

Дополнительные особенности связаны с нестабильными метеоусловиями Северо-Запада России, большой площадью водоёмов, накопленным теплом водных масс и постоянным воздействием ветров. Важную роль также играют глубина акватории и речной сток: для Финского залива и Невской губы – это сток

Невы, а для самой Невы – перепад уровней между Ладожским озером и Балтийским морем [15].

В Балтийском море ледяной покров может колебаться от 60 до 420 тыс. км², охватывая в отдельные годы почти всю акваторию. Однако для Финского залива, где ледовые условия заметно суровее, ключевым показателем считается не столько площадь, сколько объём льда, так как он отражает как распространение, так и толщину ледяного покрова [6].

В последние годы наблюдаются заметные климатические изменения, влияющие на ледовую обстановку в Финском заливе. Учащение мягких зим приводит к уменьшению площади и толщины как дрейфующих, так и припайных льдов. Всё чаще фиксируются аномальные зимы с резкими погодными колебаниями в течение одного ледового сезона. Припайный лёд, как правило, не выходит за пределы Невской губы и имеет толщину не более 50 см, что ниже среднемноголетнего уровня (50–60 см). Толщина дрейфующих льдов также уменьшилась на 10–15 см по сравнению с нормой, а формирование первичных видов льда редко выходит за пределы самого залива [15].

1.5 Гидрохимические параметры

Температурный режим восточной части Финского залива формируется под влиянием климатических факторов: солнечной радиации, ветрового воздействия и поступления холодных вод из реки Невы. Изменения температуры воды в течение года в целом повторяют сезонный ход температуры воздуха, но с меньшей амплитудой [6].

В зимний период (январь–март) залив в основном покрыт льдом, и температура воды близка к 0 °С в восточной части и 0–2 °С – в центральной и западной. Минимальные значения достигают –0,1...–0,2 °С. С апреля начинается прогрев вод, который продолжается до конца июля – начала августа. В этот период температура на поверхности достигает 18–20 °С в восточной части и 16–18 °С в центральной и западной. Максимальные зарегистрированные значения составляют до 24–26 °С [6].

На глубинах температурные колебания менее выражены, а пик прогрева наступает позднее. В прибрежных мелководных участках, даже при слабом ветровом воздействии, вся толща воды быстро выравнивается по температуре, достигая гомотермного состояния [6].

Восточная часть Финского залива характеризуется выраженной сезонной и вертикальной изменчивостью солёности. Наименьшие значения солёности наблюдаются весной и летом, наибольшие – осенью и зимой. Годовой ход прослеживается в поверхностном слое толщиной 5–10 м. С увеличением глубины солёность возрастает, а галоклин (слой резкого перехода) в открытой части залива формируется на глубине около 60–70 м. Горизонтально солёность возрастает с востока на запад – от 1–2 до 6–6,5‰, при этом в северной части залива солёность ниже, чем у южного берега, что связано с влиянием речного стока и циркуляцией водных масс [6].

Кислородный режим нестабилен. По наблюдениям 1997–2001 гг., концентрация растворённого кислорода в поверхностных водах восточной части залива колебалась от 5,5 до 10,8 мг/л, что существенно выше минимально допустимого значения для рыбохозяйственных водоёмов (4,0 мг/л). Самые низкие концентрации были зафиксированы в Лужской губе.

Биохимическое потребление кислорода (БПК₅) варьирует от 0,35 до 1,63 мг/л, не превышая допустимого уровня (2 мг/л). Химическое потребление кислорода (ХПК) находится в пределах 8–15 мг/л, что соответствует нормативам. Значения рН в поверхностных водах составляют 7,4–8,7, а в придонных слоях – 7,0–8,8 [6].

1.7 Биологическое разнообразие: флора и фауна акватории

Северо-Запад России, включая Ленинградскую область, находится в пределах лесной зоны. Леса занимают около 70 % территории региона, из них преобладают сосновые (51 %) и еловые (29 %) леса. Также распространены березняки (16 %), осинники, сероольшаники, ивняки и черноольшаники, особенно в прибрежных и пойменных зонах. В регионе представлены все основные типы хвойных и мелколиственных лесов, характерных для северо-западной тайги, включая

лишайниковые, зеленомошные, сфагновые и долгомошные типы. Растительный покров богат и разнообразен: флора сосудистых растений насчитывает около 1200 видов, среди которых множество редких и охраняемых. Некоторые виды включены в Красную книгу РФ и Ленинградской области, а также охраняются международными природоохранными конвенциями. Наибольшая концентрация редких растений приурочена к прибрежным зонам, болотам и сосновым лесам. В геоботаническом плане территория относится к североевропейской таёжной провинции Евразийской хвойно-лесной области [6].

До конца 1990-х годов побережье Финского залива, несмотря на близость к Санкт-Петербургу, оставалось слабо изученным в отношении млекопитающих. Лишь с началом экологических исследований, связанных с мониторингом ООПТ и строительными проектами, ситуация улучшилась. В общей сложности было зарегистрировано 53 вида млекопитающих, из которых 10 считаются редкими в Ленинградской области, 2 охраняются в Балтийском регионе (HELCOM), 2 занесены в Красную книгу РФ, а 5 – в международный список IUCN [4].

Т.к. территория Финского залива расположена на границе двух фаунистических комплексов – таёжного и европейского широколиственного, что определяет высокую видовую насыщенность и неоднородность животного мира. Здесь обитают характерные для региона млекопитающие: рыжая и водяная полёвки, обыкновенная и малая бурозубки, белка, заяц-беляк, а также интродуцированные виды – американская норка, енотовидная собака, ондатра, канадский бобр. Последние оказывают конкуренцию и частично вытесняют местные виды [6].

Среди морских млекопитающих в акватории Финского залива регулярно встречаются два вида тюленей: балтийская кольчатая нерпа и серый тюлень. Оба вида занесены в Красные книги РФ и Ленинградской области. Общая численность нерпы в заливе оценивается не более чем в 300 особей. Серый тюлень встречается в основном в летнее время, преимущественно у южного побережья [6].

Птицы представляют собой наиболее многочисленную и разнообразную группу позвоночных, обитающих на побережье и островах Финского залива. В

летний период, а также во время сезонных миграций, с учётом лесных и прибрежных биотопов, здесь можно наблюдать до 260 видов. Таким образом, авифауна материкового побережья и островных территорий охватывает более 80% всех видов птиц, зарегистрированных в Ленинградской области [4].

Среди отмеченных видов 62 включены в список редких и охраняемых в Ленинградской области, 24 занесены в Красную книгу Восточной Фенноскандии (1998), 28 – в Красную книгу HELCOM (2013), 21 вид включён в Красную книгу Российской Федерации (2020). Кроме того, 4 вида – пискулька (*Anser erythropus*), большой кроншнеп (*Numenius arquata*), большой веретенник (*Limosa limosa*) и вертлявая камышевка (*Acrocephalus paludicola*) – находятся под угрозой исчезновения и занесены в международный Красный список МСОП (IUCN, 2019)[4].

Видовой состав, численность и распределение птиц, гнездящихся и мигрирующих через Финский залив, заметно изменяются от года к году под влиянием различных факторов – таких как доступность корма и площадь мелководий. Например, численность крякв и хохлатых чернетей может варьировать в 6–8 раз. Быстро реагируют на появление новых кормовых угодий погоныш и камышница, особенно при обильных паводках, дождях или в результате изменений береговой зоны в ходе хозяйственной деятельности. Рост численности чаек, в свою очередь, связан с освоением антропогенных источников пищи – в том числе городских свалок и рыбоперерабатывающих предприятий, особенно вблизи посёлка Усть-Луга и рыбозаводных хозяйств [4].

Восточная часть Финского залива, включая Невскую губу, относится к водоёмам высшей рыбохозяйственной категории. Это связано с высокой ценностью акватории для нереста, нагула и питания промысловых видов рыб. Ихтиофауна Финского залива включает 75 видов рыб из 32 семейств, обитающих в морских водах залива. В её составе присутствуют морские, проходные (анадромные и катадромные) и пресноводные виды, регулярно выходящие в опреснённые участки акватории. Также встречаются разноводные виды, способные размножаться как в морской, так и в пресной воде [20].

Наибольшую долю промысловых уловов составляет салака – до 66–72 %. Далее следуют килька (около 8,2 %), корюшка (8,1 %), ерш (6,9 %), плотва (0,95 %), судак (0,6 %), лещ (0,8 %), окунь (0,54 %), речная минога (0,24 %), ряпушка (0,2 %) и сиг (0,04 %). Лосось, кумжа, щука, сырть, налим, угорь, треска и речная камбала встречаются реже. Большинство остальных видов заходят в Финский залив эпизодически, главным образом из открытых вод Балтийского моря. В прибрежных районах, особенно при неводном лове, обычны такие виды, как уклейка, пескарь, плотва, окунь и трёхиглая колюшка [20].

2. ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АКВАТОРИИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА

2.1. Сброс сточных вод

Существенный вклад в ухудшение гидрохимического состояния Финского залива вносит сброс сточных вод от промышленных, коммунальных и портовых объектов, а именно объекты городской и промышленной инфраструктуры Санкт-Петербурга являются основными источниками поступления в акваторию нефтепродуктов, фенолов, тяжёлых металлов и биогенных элементов. В районах, прилегающих к очистным сооружениям и точкам сброса, наблюдаются превышения предельно допустимых концентраций по ряду загрязнителей: фенолы – до 10,4 ПДК (Приморск), тяжёлые металлы – в районах Бронка–Лебяжье и Курортного района. Кроме того, сточные воды являются источником бактериального загрязнения, что выражается в высоких значениях колли-индекса и росте патогенной микрофлоры [18].

Одной из ключевых организаций, осуществляющих водохозяйственную деятельность в Санкт-Петербурге, является ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Это государственное унитарное предприятие обеспечивает полный технологический цикл водоснабжения и водоотведения, охватывающий как забор и очистку воды, так и сбор и обработку сточных вод.

Согласно действующему законодательству и нормативным документам в сфере охраны водных ресурсов, ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», как и другие предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, обязано осуществлять сброс сточных вод в водные объекты в пределах установленных предельно допустимых сбросов (ПДС), утверждённых в установленном порядке. Превышение нормативов ПДС влечёт за собой финансовую ответственность: за каждый случай сверхлимитного сброса предприятие обязано производить соответствующие платежи, взимаемые из его прибыли.

Санкт-Петербург занимает второе место в России по объёму сброса сточных вод в водные объекты, который составляет порядка 1286 млн м³ в год. Основным источником этих сбросов является жилищно-коммунальное хозяйство

(ЖКХ), на долю которого приходится около 1115 млн м³, или примерно 90% от общего объёма. При этом около 78% всех сточных вод направляется непосредственно в акваторию Финского залива, что подчёркивает значительное антропогенное давление на его экосистему [22].

Одним из ключевых направлений деятельности ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» является совершенствование системы водоотведения с целью снижения негативного воздействия на водные объекты города. Важнейшим достижением предприятия стало внедрение на петербургских очистных сооружениях технологии глубокого удаления биогенных элементов – азота и фосфора. Это позволило существенно снизить биогенную нагрузку на реку Неву, Финский залив и, в более широком масштабе, на Балтийское море [22].

Одной из приоритетных задач в области охраны окружающей среды является улучшение санитарно-экологической ситуации в водных объектах, прежде всего в акватории Невы и Финского залива. С этой целью в Санкт-Петербурге последовательно реализуется Программа по прекращению сброса неочищенных сточных вод. За последние десятилетия Водоканалом был осуществлён ряд крупных проектов по ликвидации так называемых прямых выпусков, что позволило значительно снизить техногенную нагрузку на водные объекты.

Так, в рамках указанной Программы в период с 2003 по 2022 годы в централизованную систему коммунальной канализации было переключено более 360 прямых выпусков неочищенных хозяйственно-бытовых, общесплавных и дождевых сточных вод, суммарным расходом свыше 600 тыс. м³ в сутки. Благодаря этим мерам уровень очистки сточных вод достиг рекордного значения – 99,8%. Таким образом, почти все сточные воды, поступающие от населения и предприятий города, проходят полный цикл механической и биологической очистки на очистных сооружениях Водоканала, что существенно снижает антропогенное воздействие на водные ресурсы Санкт-Петербурга [22].

11 февраля 1966 года распоряжением № 255-р Совет Министров СССР утвердил проект строительства первой очереди канализации Ленинграда и размещения очистных сооружений. С этого времени началось возведение

масштабных канализационно-очистных комплексов. Очистные сооружения представляют собой инженерные системы, предназначенные для поэтапного удаления загрязняющих веществ из сточных вод (Экологический словарь, 2001). В Санкт-Петербурге такие сооружения входят в структуру ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и называются станциями аэрации (СА) [5].

Станции аэрации Санкт-Петербурга можно рассматривать как своеобразные прибрежные промышленные химические системы. На входе в них поступают загрязнённые сточные воды, содержащие как растворённые, так и взвешенные примеси. На выходе образуются очищенные воды, которые по своему химическому составу и температуре отличаются от природных вод акватории, куда они сбрасываются, а также образуются твёрдые осадки, требующие дальнейшей переработки (в том числе сжигания) или размещения на специальных полигонах. Подобно другим промышленным химическим системам, станции аэрации могут быть источниками неприятных запахов, потребляют значительные объёмы электроэнергии и требуют выделения земельных участков для функционирования [5].

Центральная станция аэрации (ЦСА), расположенная на искусственно намывом острове Белый площадью 57,3 га (на месте бывшей Белой мели), была полностью введена в эксплуатацию в 1985 году. Она является крупнейшим очистным комплексом в регионе, осуществляющим приём и полную биологическую очистку хозяйственно-бытовых, промышленных и поверхностных сточных вод. Стоки поступают как из районов Санкт-Петербурга, так и с юго-западной части Ленинградской области. На сегодняшний день производительность станции достигает 1500 тыс. м³ в сутки [2].

Северная станция аэрации (ССА) представляет собой крупный комплекс сооружений по очистке сточных вод, расположенный на северном побережье Невской губы, к западу от посёлка Ольгино (Коннолахтинский проспект, 12, корп. 2; координаты: 60°0'14" N, 30°6'47" E). Общая площадь объекта составляет 65 гектаров. Строительство ССА началось в 1975 году, а ввод в эксплуатацию первой очереди состоялся в 1986 году при мощности 500 тыс. м³ в сутки. Уже в 1987 году производительность станции была увеличена до 600 тыс. м³ в сутки, а

в 1995 году завершилось строительство последней очереди, что позволило достичь проектной мощности – 1250 тыс. м³ в сутки, что делает ССА второй по величине после Центральной станции аэрации. Зона обслуживания станции охватывает правобережную часть Невы, Большую Невку и Петроградский район [5].

Юго-Западные очистные сооружения (ЮЗОС) представляют собой крупный комплекс по очистке сточных вод, расположенный на юго-западе Санкт-Петербурга. Объект занимает территорию площадью 40 га (координаты: 59°49'6" N, 30°7'35" E) и предназначен для очистки сточных вод, прежде чем они попадут в Финский залив и другие водоёмы. Строительство началось в 1987 году, а официальный ввод в эксплуатацию состоялся 22 сентября 2005 года. В настоящее время ЮЗОС очищают около 330 тыс. м³ сточных вод в сутки – объём, который ранее сбрасывался в залив без предварительной очистки. Жители окрестных районов периодически сообщают о неприятных запахах, однако точно установить источник запаха затруднительно. Возможно, помимо ЮЗОС, к этому причастен и животноводческий комплекс «Предпортовый» [5].

2.2 Гидротехническое строительство

В XXI веке Невская губа подвергается интенсивному хозяйственному освоению, значительная часть которого связана со строительством новых гидротехнических сооружений (ГТС), а также с выполнением различных гидротехнических работ (ГТР), необходимых для эксплуатации, модернизации и текущего ремонта уже существующих объектов. Масштабные работы проводились при строительстве Пассажирского порта на Васильевском острове, комплекса «Морской фасад», Усть-Лужского морского торгового порта, при завершении строительства Комплекса защитных сооружений (КЗС), а также в рамках реконструкции прибрежной инфраструктуры, включая развитие районов «Балтийская жемчужина» и Константиновского дворца [8].

К числу наиболее масштабных проектов относится создание Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Кроме того, были

построены или находятся в стадии реализации новые портовые комплексы, возведены искусственные земельные участки, а также сооружены подходные каналы.

Комплекс защитных сооружений (КЗС) представляет собой систему дамб и связанных с ними гидротехнических объектов, включая водопропускные и судопропускные сооружения, протянувшуюся поперёк Финского залива от Бронки до Сестрорецка (посёлок Горская) через остров Котлин, где расположен город Кронштадт, административно входящий в состав Санкт-Петербурга. Строительство КЗС осуществлялось в течение нескольких десятилетий – с 1979 по 2011 год. Он выполняет две ключевые функции: защищает Санкт-Петербург от нагонных волн, приходящих с Финского залива, тем самым предотвращая наводнения, и одновременно служит частью транспортной системы города, являясь участком Кольцевой автодороги (КАД). Один из её участков проходит по подводному тоннелю, расположенному на значительной глубине. Общая протяжённость комплекса составляет 25,4 км и проходит по границе Невской губы и открытого Финского залива [2].

В состав КЗС входят:

- 2 судопропускных сооружения: в южной части пролёт шириной 200 м при глубине 16 м, в северной – 100 м при глубине 7 м;
- 6 водопропускных сооружений (четыре в северной части и два в южной);
- 11 глухих каменно-земляных дамб, высота волноотбойных стенок которых составляет 8,5 м;
- 7 мостов;
- подземный автомобильный тоннель с шестью полосами движения общей длиной 1961 м;
- разнообразные вспомогательные объекты: транспортные узлы, технические здания и помещения, обеспечивающие эксплуатацию и обслуживание комплекса [5].

Схема устройства Комплекса защитных сооружений представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема устройства Комплекса защитных сооружений

Создание КЗС существенно изменило гидрологический режим Невской губы, превратив её из естественного пресноводного водоёма в искусственно регулируемую природно-техническую систему. Исследования показали, что в результате снижения водообмена и нарушения циркуляции водных масс произошло застойное обмеление ряда прибрежных участков. Это вызвало деградацию механизмов самоочищения водоёма, способствовало накоплению биогенных элементов (азота и фосфора) и привело к уменьшению биологического разнообразия, включая сокращение численности и вымирание отдельных видов гидробионтов [2].

Одним из наиболее значимых последствий этих изменений стало усиление процессов эвтрофикации. Снижение водообмена способствует накоплению биогенных веществ, в первую очередь соединений азота и фосфора, поступающих с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами, в том числе от Центральной станции аэрации. Это приводит к бурному развитию фитопланктона, особенно сине-зелёных водорослей (*Oscillatoria*), типичных для эвтрофных водоёмов. Преобладание таких видов в фитопланктонном сообществе указывает на нарушение биологического равновесия и способствует дальнейшему

загрязнению – при отмирании водорослей начинается процесс вторичного биогенного загрязнения [12].

Также зафиксировано увеличение цветности воды, достигающей в прибрежной зоне 700 единиц, что ухудшает органолептические свойства и делает прибрежные участки непригодными для рекреационного использования. Замедление течений и ухудшение турбулентного перемешивания слоёв воды препятствует насыщению кислородом придонной зоны, что негативно сказывается на состоянии зоопланктона, бентоса и рыбных сообществ. Сокращение биомассы донных организмов, участвующих в минерализации органических загрязнений, дополнительно снижает самоочищающую способность акватории [12].

Последствия строительства КЗС неоднозначны и затрагивают как инженерно-транспортную, так и экологическую сферу. С одной стороны, комплекс надёжно защищает Санкт-Петербург от разрушительных наводнений, позволяет развивать транспортную инфраструктуру и ускоряет передвижение между районами. С другой стороны, создание протяжённой искусственной дамбы и вмешательство в естественную циркуляцию вод Финского залива привели к экологическим изменениям: ухудшению водообмена между Невской губой и остальной частью залива, повышению заиливания, изменению гидродинамических условий, что в совокупности негативно сказывается на самоочищающей способности акватории, биологическом разнообразии и общем экологическом балансе прибрежных экосистем.

Для поддержания судоходных характеристик в восточной части Финского залива регулярно проводятся дноуглубительные работы, направленные на предотвращение заиливания. Общий объём таких работ, выполненных в акватории в период с 2005 по 2008 год, составил 64,3 млн м³, из которых 13,4 млн м³ пришлось на акваторию «Морского фасада». Одним из первых заметных эффектов стало массовое образование взвешенных частиц в толще воды, которые под действием течений распространяются на значительные расстояния от мест проведения работ. В летний период мутность воды в зонах дноуглубления достигала 100–413 FTU, а в придонных слоях – до 1000 FTU, что свидетельствует о крайне

высоком содержании минеральных взвесей. Это приводит к снижению прозрачности, нарушению фотосинтеза и дисбалансу кислородного режима [8].

Дополнительным фактором загрязнения стало вскрытие отложений старых намывов и грунтовых свалок 1960–1970-х годов, в результате чего в водную среду поступали устойчивые токсиканты: нефтепродукты, тяжёлые металлы (медь, цинк, кадмий), пестициды и стойкие органические соединения (ПАУ, ПХБ, ГХЦГ). Зафиксированы высокие концентрации загрязнений – например, меди до 250 ppm, нефтепродуктов – до 1,4 мг/г. Особенно загрязнёнными оказались районы Курортного района и прибрежная зона «Морского фасада» [8].

Дноуглубительные работы также способствовали расширению площади алевропелитовых осадков – тонкодисперсных глинистых грунтов, обладающих высокой способностью к накоплению загрязняющих веществ. При изменении гидрологических условий такие осадки могут стать источником вторичного загрязнения. Это поддерживает неблагоприятный гидрохимический фон даже после завершения строительных мероприятий. Кроме того, изменение гранулометрического состава дна отрицательно сказалось на состоянии нерестилищ и кормовой базы рыб, особенно в мелководьях Невской губы [8].

Гидрохимические исследования подтверждают рост минерализации придонной воды в 5 раз и появление сульфатных вод, что указывает на химическое обеднение водной массы. Одновременно фиксируется снижение содержания растворённого кислорода, что ослабляет процессы самоочищения акватории и нарушает функции биологических сообществ – в частности, бентоса и зоопланктона, играющих ключевую роль в минерализации органических веществ. Примечательно, что в районе Усть-Луги дноуглубительные работы, напротив, привели к снижению загрязнённости, так как здесь извлекались более глубокие, менее загрязнённые слои грунта. Это подчёркивает необходимость предварительного геоэкологического анализа и применения дифференцированного подхода к планированию и проведению гидротехнических работ [8].

2.3. Намывные территории

Использование намывных территорий в градостроительном развитии Санкт-Петербурга имеет глубокие исторические корни. С XVIII века намыв применялся как способ укрепления заболоченных участков и защиты от наводнений. В дореволюционный период он способствовал формированию архитектурного облика города, где водные пространства и набережные стали важной частью композиции [17].

Со второй половины XIX века до начала XX века намыв стал инструментом территориального расширения в сторону Финского залива, однако промышленная застройка и железнодорожная инфраструктура ограничили полноценное освоение этих земель. В 1930–40-е годы начались первые системные попытки интегрировать прибрежные зоны в городскую структуру. Генплан 1939 года предусматривал развитие Васильевского острова и создание «Морского фасада», идея которого сохранялась в планах 1948 и 1966 годов [17].

С 1970-х годов начинается активная реализация концепции выхода города к морю – застраиваются намывные территории Смоленки и Канонерского острова, планируется пассажирский терминал. Однако в постсоветский период многие проекты были приостановлены из-за экономического кризиса. Частично реализованы жилой район «Балтийская жемчужина» и «Морской фасад» – крупнейшая намывная территория площадью 477 га [17].

В последнее время хозяйственная деятельность в акватории Невской губы и восточной части Финского залива характеризуется активным строительством намывных территорий, что оказывает значительное воздействие на прибрежные и донные экосистемы, а также изменяет литодинамические процессы. Один из показательных примеров – участок побережья в районе Парка 300-летия Санкт-Петербурга, где в 1990-х годах была выполнена масштабная намывка территории под городскую застройку.

По данным анализа, установлено, что после завершения намывных работ береговая линия сместилась на 100 метров, а затем начался активный процесс её размыва. За 11 лет граница пляжа отступила на 48 метров, что соответствует

средней скорости деградации порядка 4,3 м/год. Одновременно в восточной части пляжа сформировалась аккумулятивная песчаная коса протяжённостью до 410 м, что говорит о резком перераспределении наносов и нарушении естественного баланса между абразией и аккумуляцией [9].

Изменения затронули не только берег, но и подводный рельеф. Современное мелководье в этом районе представляет собой абразионно-аккумулятивную равнину, выработанную в техногенной толще. Ниже неё находится сильно расчленённый рельеф, сформированный в результате подводной добычи песка в 1960–1970-х годах. Глубины в отдельных точках достигают 9 м, что является аномалией для Невской губы, где средняя глубина составляет около 3 м [9].

Такие техногенные изменения рельефа привели к формированию «сидиментационных ловушек» – углублений, в которых активно накапливаются пелитово-алевритовые илы. Эти донные осадки, по данным геохимического анализа, содержат загрязняющие вещества, включая тяжёлые металлы, углеводороды и радионуклиды. Установлено, что скорость осадконакопления здесь варьируется от 0,26 до 0,55 см/год, а в других районах (например, у месторождения «Пески») достигает 1,2 см/год [9].

Одним из наиболее заметных последствий является повышение мутности воды в периоды проведения работ, сопровождающееся ростом концентраций взвешенных частиц, фосфора, тяжёлых металлов и нефтепродуктов, ранее зафиксированных в донных отложениях. Зафиксированные уровни фосфора в воде достигали 126–152 мг/м³, что значительно превышает фоновые значения. Такие изменения не только ухудшают прозрачность воды, но и усиливают процессы эвтрофикации, нарушая баланс биогенных элементов в экосистеме Финского залива [11].

Кроме того, распространение загрязнённой взвеси с территории строительных площадок отмечалось на расстояние до 200 км от зоны работ, включая районы северного побережья и курортной зоны. Это связано с особенностями гидродинамики и циркуляции водных масс в заливе. Заиление придонных слоёв влечёт за собой снижение содержания кислорода, усиливает инфильтрацию

загрязняющих веществ из донных отложений в толщу воды, ухудшая её гидрохимические параметры и нарушая самоочищающую способность акватории [11].

2.4. Судоходство и портовая деятельность

Финский залив является важнейшей транспортной артерией Северо-Запада России и играет ключевую роль в международной логистике, особенно в рамках 9-го международного транспортного коридора. В последние десятилетия здесь наблюдается значительный рост объёмов морских перевозок, сопровождающийся активной эксплуатацией портов Приморск, Усть-Луга, Высоцк, а также модернизацией и строительством новых портовых терминалов. По оценкам, общий грузооборот портов Финского залива превышает 190 миллионов тонн в год, что неизбежно ведёт к усилению техногенного давления на водную среду. Именно транспортно-нефтегазовая инфраструктура становится одним из основных источников загрязнения восточной части Финского залива [18].

На август 2015 года в структуру Федерального государственного бюджетного учреждения «Администрация морских портов Балтийского моря» (ФГБУ «АМП Балтийского моря») входили следующие морские порты:

- Большой порт Санкт-Петербург;
- Пассажирский порт Санкт-Петербург;
- Усть-Луга;
- Приморск;
- Высоцк;
- Выборг;
- Калининград [2].

Судоходная деятельность оказывает как прямое, так и опосредованное влияние на гидрохимический состав вод Финского залива. Одним из ключевых последствий является загрязнение нефтепродуктами, поступающими в водную среду в результате утечек при перегрузке топлива, сброса балластных вод и аварийных ситуаций. Средняя фоновая концентрация гексанрастворимых нефтепродуктов в акватории залива составляет 0,014 мг/дм³, однако в районах портов Приморск, Высоцк и внутригородских акваторий Санкт-Петербурга этот уровень

превышен более чем в 90% отобранных проб. Не менее значимо и накопление загрязняющих веществ в донных осадках, особенно в районах фарватеров и портовых комплексов. Так, в донных отложениях акватории Приморска зафиксировано превышение регионального фона по нефтепродуктам в 4-6 раз в течение двух лет наблюдений, что указывает на интенсивное и стабильное техногенное воздействие. Дополнительную угрозу представляют тяжёлые металлы, такие как свинец (Pb), медь (Cu), цинк (Zn), никель (Ni), которые активно накапливаются в придонной зоне. В ряде участков, включая районы Бронка–Лебяжье, Курортный район и порт Высоцк, суммарный коэффициент загрязнения (Zc) по этим элементам достигает уровней, характерных для зон высокого экологического риска, что подтверждает значительное ухудшение качества водной среды вблизи объектов морской транспортной инфраструктуры [18].

Помимо химического загрязнения, судоходство способствует увеличению мутности воды за счёт дноуглубительных работ, волнения и перемешивания донных осадков. Это сопровождается высвобождением ранее осевших загрязняющих веществ, ухудшением прозрачности, нарушением кислородного режима и ускорением процессов эвтрофикации. Нельзя не учитывать и вторичное загрязнение, связанное с миграцией поллютантов, ранее накопившихся в донных отложениях. Особенно это актуально для пелитовых и алевропелитовых грунтов, характерных для Невской губы и центральной части залива. Эти осадки обладают высокой сорбционной способностью и становятся мощным депо загрязнителей, способных поступать в водную среду при нарушении динамики течений.

Отдельное внимание следует уделить порту «Морской фасад», который является единственным на северо-западе России, соответствующим международным стандартам приёма судов. Энергетические установки современных судов, заходящих в акваторию порта, становятся источником дополнительного загрязнения: выбросы, содержащие соединения серы, распространяются в радиусе до 10 км и в 2–4 раза превышают предельно допустимые концентрации по гидросульфиду ($H_2S = 0,003$ мг/л). Такое воздействие приводит к закислению водной

среды и может вызывать серную интоксикацию, которая опасна для водных организмов и может привести к их массовой гибели [18].

Кроме химического давления, судоходство способствует биологическому нарушению экологического баланса. Так, на корпусах судов в воды Невской губы заносится до 40% организмов чужеродных (инвазивных) видов. Проникновение этих видов приводит к возникновению сложных форм биологического взаимодействия между автохтонными (местными) и аллохтонными (занесёнными) организмами. Инвазивные виды часто агрессивно осваивают среду, вытесняя коренные формы, разрушая пищевые цепи и нарушая устойчивость локальных экосистем [18].

2.5. Сельскохозяйственная деятельность

Хотя восточное побережье Финского залива характеризуется высокой степенью урбанизации и индустриализации, в некоторых прибрежных районах, особенно на юге Ленинградской области и в сопредельных с Эстонией и Финляндией регионах, сохраняется активная сельскохозяйственная деятельность. Основными видами сельского хозяйства здесь являются растениеводство, скотоводство и птицеводство.

Сельскохозяйственная деятельность, особенно в приграничных с Финским заливом районах, оказывает существенное влияние на качество поверхностных вод. Согласно исследованию, основные источники загрязнения водных объектов, связанных с агропроизводством, можно разделить на точечные и диффузные. К точечным относятся стоки с животноводческих и птицеводческих комплексов, а также тепличных хозяйств, не оборудованных современными очистными сооружениями. Диффузное загрязнение связано с выносом загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий, пастбищ, дренажных систем и пр. [10].

В состав аграрных сточных вод входят азот и фосфор (в форме нитратов и фосфатов), остатки пестицидов, тяжёлые металлы, а также органические соединения и патогенная микрофлора. Эти вещества, попадая в малые реки, ручьи и дренажные каналы, впоследствии поступают в крупные водоёмы – в том числе в Финский залив.

Гидрохимические последствия такого загрязнения проявляются в повышении концентраций биогенных веществ, таких как нитраты и фосфаты. Это способствует ускорению процессов эвтрофикации, что, в свою очередь, вызывает «цветение» воды и массовый рост водорослей. В результате снижается уровень кислорода в придонных слоях, ухудшаются условия обитания для гидробионтов, а в донных осадках накапливаются загрязняющие вещества [10].

Особую опасность представляют жидкие отходы животноводства, которые в большинстве хозяйств сбрасываются без предварительной очистки. Эти стоки характеризуются высокой биологической нагрузкой и способствуют активному загрязнению как поверхностных, так и подземных вод.

Таким образом, сельское хозяйство, особенно при отсутствии эффективных систем очистки и водоохраных мероприятий, является значимым источником загрязнения водных объектов и оказывает долговременное влияние на гидрохимический режим акватории Финского залива. С учётом высокой чувствительности прибрежных экосистем к биогенному и химическому воздействию, необходимо внедрение комплексных природоохранных мер в аграрном секторе, направленных на снижение поступления загрязнителей в водную среду.

3. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

3.1. Методика и условия проведения гидрохимических наблюдений

Гидрохимические исследования восточной части Финского залива проводились в рамках наблюдательной программы, организованной специализированными службами Росгидромета Российской Федерации (ФГБУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды»). Съёмки выполнялись дважды – в августе и октябре 2023 года – на 15 гидрохимических станциях, охватывающих ключевые геосистемные единицы восточной части залива: мелководный район (к западу и северу от острова Котлин), глубоководный район (до острова Гогланд), а также Копорскую и Лужскую губы.

Расположение станций наблюдения представлено на схеме районирования (рис. 3.), а их координаты приведены в таблице 1.



Рис. 3. Схема районирования и расположения станций наблюдения. 1 – глубоководный район; 2 – мелководный район; 3 – Копорская губа; 4 – Лужская губа

Таблица 1. Геоданные станций наблюдения в Финском заливе

Район расположения	№№ станций	Координаты станций		Глубина, м
		с. ш.	в. д.	
Мелководный район восточной части Финского залива, III кат	26	60°58,6'	29°37,0'	7
	24	60°01,7'	29°25,4'	21
	21	60°05,5'	29°43,7'	14
	19	60°06,9'	29°52,4'	10
	20	60°08,7'	29°42,0'	12
	22	60°09,1'	29°26,1'	18
Глубоководный район восточной части Финского залива, III кат.	1	60°04,0'	29°08,0'	28
	2	60°05,0'	28°43,0'	37
	A	60°26,3'	28°16,7'	33
	4	60°07,0'	27°23,0'	62
	3	60°07,0'	28°04,0'	51
Лужская губа, III кат	18л	59°42,1'	28°18,6'	11
	6л	59°49,8'	28°26,0'	29
Копорская губа, III кат.	6к	59°51,5'	28°41,5'	26
	3к	59°52,0'	28°56,0'	14

Исследования качества воды включали определение следующих гидрохимических параметров: солёности, содержания растворённого кислорода, степени насыщения кислородом, водородного показателя (рН), щелочности, концентраций фосфатов (в пересчёте на фосфор), общего фосфора, а также различных форм азота (нитратного, нитритного, аммонийного и общего) и кремния. Измерения проводились в соответствии с методиками, утверждёнными Росгидрометом, с последующим лабораторным анализом проб в аккредитованных подразделениях ФГБУ «СЗ УГМС».

Загрязнённость вод оценивалась по содержанию следующих загрязняющих веществ: тяжелых металлов – общего железа, общего хрома, меди, цинка, свинца, кадмия, марганца и ртути, а также органических загрязняющих веществ – нефтяных углеводородов, поверхностно-активных веществ (СПАВ) и фенола.

Оценка качества вод восточной части Финского залива проведена в соответствии с критериями оценки загрязнённости морских вод, действующими в

Росгидромете (см. Приложение А, рис.А.1). В качестве норматива использованы предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, для воды рыбохозяйственных водоёмов, а также водных объектов хозяйственнопитьевого и культурно-бытового водопользования

Результаты интерпретировались с учётом сезонной изменчивости, физико-географических условий акватории, а также особенностей водообмена в различных районах Финского залива. Полученные данные легли в основу оценки современного гидрохимического состояния вод залива и выявления возможных антропогенных воздействий.

3.2. Гидрохимические условия восточной части Финского залива

В рамках гидрохимических наблюдений, выполненных в августе и октябре 2023 года, в восточной части Финского залива было зафиксировано четыре случая кислородного дефицита, из которых два соответствовали категории экстремально высокого загрязнения, а два – высокого загрязнения. Все эти случаи отмечены в августе и относились к придонным слоям станций, расположенных в мелководной и глубоководной зонах акватории.

Анализ качества воды проводился отдельно по четырём выделенным географическим районам: мелководному, глубоководному, Копорской и Лужской губам. Такой подход позволил учитывать пространственную неоднородность гидрохимических условий и точнее выявить проблемные зоны.

3.2.1. Мелководный район восточной части Финского залива

Солёность. По результатам гидрохимической съёмки, проведённой в августе 2023 года, солёность в поверхностных водах варьировала от 0,18 до 0,79‰, в придонных – от 0,99 до 3,66‰, с максимальными значениями на станции 22. В октябре солёность в верхнем слое находилась в пределах 0,23–1,57‰, а в придонном – от 0,29 до 1,89‰ (максимум – на станции 24). Полное опреснение водной толщи наблюдалось на станциях 19 и 26, что свидетельствует о значительном влиянии пресноводного стока из Невской губы.

Растворённый кислород. Во время августовских наблюдений были зарегистрированы два случая дефицита кислорода, классифицируемые как

экстремально высокое загрязнение: на станции 19 в придонном горизонте – 1,45 мг/дм³ и на станции 20 – 1,60 мг/дм³. Также зафиксированы пониженные концентрации кислорода, не превышающие предельно допустимые значения, на станциях 21 (4,05 мг/дм³), 22 (3,18 мг/дм³) и 24 (5,85 мг/дм³) в придонных слоях. В октябре содержание растворённого кислорода на всех горизонтах соответствовало нормативным значениям. В поверхностных слоях в августе концентрации колебались от 8,29 до 11,88 мг/дм³, в октябре – от 8,91 до 9,58 мг/дм³. В придонных слоях августовские значения составляли от 1,45 до 6,18 мг/дм³, в октябре – от 7,50 до 8,74 мг/дм³.

Показатель относительного насыщения кислородом в августе не соответствовал нормативу (70%) в шести пробах придонного слоя. В октябре нарушений не выявлено. Диапазон значений насыщения в августе составил 93,1–137,9% (поверхность) и 16,3–66,4% (дно); в октябре – 86,3–94,4% и 72,5–85,5% соответственно.

Водородный показатель (рН). По результатам августовской съёмки, в шести пробах величина рН превышала нормативный диапазон (6,5–8,5). Значения колебались от 7,43 до 9,41. В октябре рН во всех пробах находился в пределах допустимого интервала – от 7,62 до 7,94.

Щелочность. Показатель общей щелочности демонстрирует линейную зависимость от солёности. Максимальные значения зафиксированы в придонных слоях: 1,274 ммоль/дм³ в августе (ст. 22) и 1,210 ммоль/дм³ в октябре (ст. 24).

Фосфор (общий и по фосфатам). Во всех пробах, отобранных в августе и октябре, концентрации общего фосфора и фосфатов превышали минимальный предел обнаружения (5 мкг/дм³). Максимальные значения общего фосфора зарегистрированы на станции 20 в октябре (поверхностный слой – 45 мкг/дм³) и на станции 22 в августе (придонный слой – 76 мкг/дм³).

Кремний. В августе концентрации кремния в поверхностных водах составляли <10–80 мкг/дм³, в придонных – от 36 до 929 мкг/дм³. В октябре – от 139 до 231 мкг/дм³ (поверхностный слой) и от 110 до 277 мкг/дм³ (придонный). Максимум зафиксирован на станции 22 в августе (929 мкг/дм³).

Нитритный азот. В августе превышение ПДК (20 мкг/дм³) наблюдалось в придонном слое станции 22 – 26 мкг/дм³. В октябре зафиксированы превышения на станциях 20 и 22 (в 4 пробах), где концентрации превышали норматив в 1,25–2,45 раза. Наибольшие значения нитритного азота в октябре составили 33 мкг/дм³ (поверхностный слой, ст. 20) и 49 мкг/дм³ (придонный слой, ст. 22).

Нитратный азот. Концентрации не превышали предельно допустимых значений (ПДК = 9000 мкг/дм³). В августе поверхностные воды содержали от 19 до 114 мкг/дм³ нитратов, придонные – от 22 до 152 мкг/дм³. В октябре значения варьировали от 105 до 375 мкг/дм³ (поверхность) и от 87 до 323 мкг/дм³ (дно).

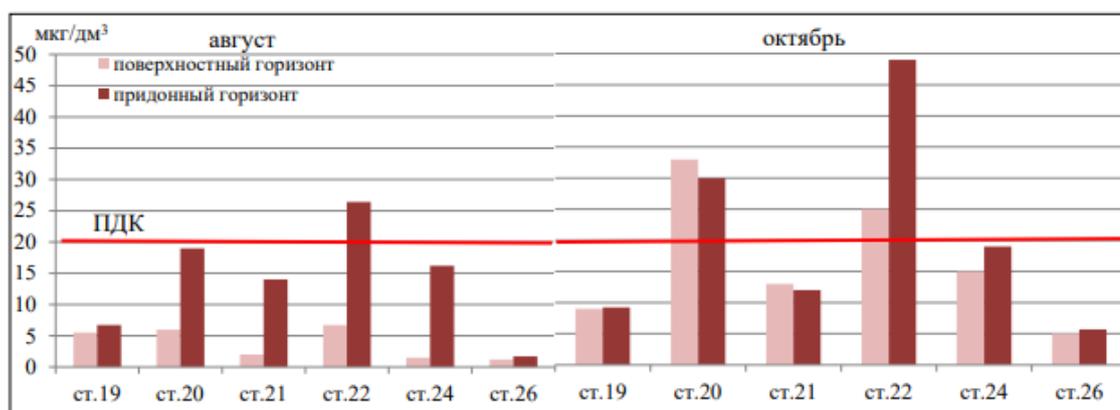


Рис. 4. Содержание азота нитритного в мелководном районе восточной части Финского залива, август и октябрь 2023 г.

Аммонийный азот. Все измеренные значения оказались ниже предельно допустимой концентрации (400 мкг/дм³). В августе содержание аммонийного азота в поверхностном слое составляло <20–123 мкг/дм³, в придонном – до 191 мкг/дм³ (максимум на станции 21). В октябре – 59–187 мкг/дм³ (поверхность) и 77–112 мкг/дм³ (дно).

Общий азот. Концентрации общего азота, не имеющие установленного норматива, в августе варьировали от 538 до 678 мкг/дм³ в поверхностных слоях и от 446 до 659 мкг/дм³ – в придонных. В октябре значения находились в пределах 562–846 мкг/дм³ (поверхность) и 572–685 мкг/дм³ (дно), максимумы отмечены на станции 20.

3.2.2. Глубоководный район восточной части Финского залива

Солёность. В августе 2023 года значения солёности в поверхностном слое варьировали от 2,10 до 4,30‰, а в придонном – от 3,79 до 6,54‰. В октябре солёность изменялась от 1,92 до 4,76‰ в поверхностных водах и от 3,54 до 8,12‰ в придонных. На всех горизонтах наибольшие значения были зафиксированы на станции 4. Повышение солёности с глубиной обусловлено поступлением более солёных вод из центральной части Финского залива.

Растворённый кислород. Кислородный режим в водах глубоководной части залива в целом находился в пределах нормативов. На протяжении обеих съёмок (август и октябрь) концентрации растворённого кислорода в поверхностных слоях всех станций соответствовали нормативному уровню (не менее 6 мг/дм³). В то же время в придонных и срединных горизонтах были зафиксированы 11 случаев превышения допустимого дефицита кислорода. В августе концентрации кислорода на станциях 3 и 4 в придонном горизонте составили 2,62 и 2,60 мг/дм³, что соответствует категории высокого загрязнения. В поверхностных слоях в августе содержание кислорода изменялось от 8,43 до 9,14 мг/дм³, в придонных – от 2,60 до 5,16 мг/дм³. В октябре эти показатели составляли 9,11–10,53 мг/дм³ на поверхности и 4,23–9,81 мг/дм³ у дна.

Относительное насыщение кислородом на поверхности находилось в пределах нормы и колебалось от 93,8 до 100,7% в августе и от 89,9 до 106,3% в октябре. В придонном горизонте все значения были ниже нормативного уровня 70%: от 20,4% (станция 4) до 45,1% (станция 2) в августе и от 37,9% (станция 4) до 85,4% (станция А) в октябре. Это указывает на стратификацию водной толщи как фактор, ограничивающий вертикальный обмен кислородом.

Водородный показатель (рН). Показатели рН на всех глубинах по обеим съёмкам находились в пределах нормативного диапазона (6,5–8,5), варьируя от 7,23 до 7,85.

Щелочность. Значения общей щелочности возрастали с глубиной. В августе в поверхностных водах диапазон составил 0,940–1,361 ммоль/дм³, а в

придонных – 1,263–1,598 ммоль/дм³. В октябре эти значения находились в пределах от 0,940 до 1,340 ммоль/дм³ на поверхности и от 1,135 до 1,612 ммоль/дм³ у дна.

Фосфаты и общий фосфор. Во всех пробах концентрации фосфатов не превышали ПДК (200 мкг/дм³). В августе в поверхностном слое они составляли менее 5 до 11 мкг/дм³, а в придонном – от 30 (станция 2) до 113 мкг/дм³ (станция 4). В октябре значения фосфатов колебались от 9,1 до 22 мкг/дм³ на поверхности и от 15 (станция А) до 92 мкг/дм³ у дна. Концентрации общего фосфора на поверхности варьировали от 9,1 до 26,2 мкг/дм³ в августе и от 19 до 41 мкг/дм³ в октябре. В придонном слое значения составляли от 44 до 141 мкг/дм³ в августе и от 27 до 133 мкг/дм³ в октябре.

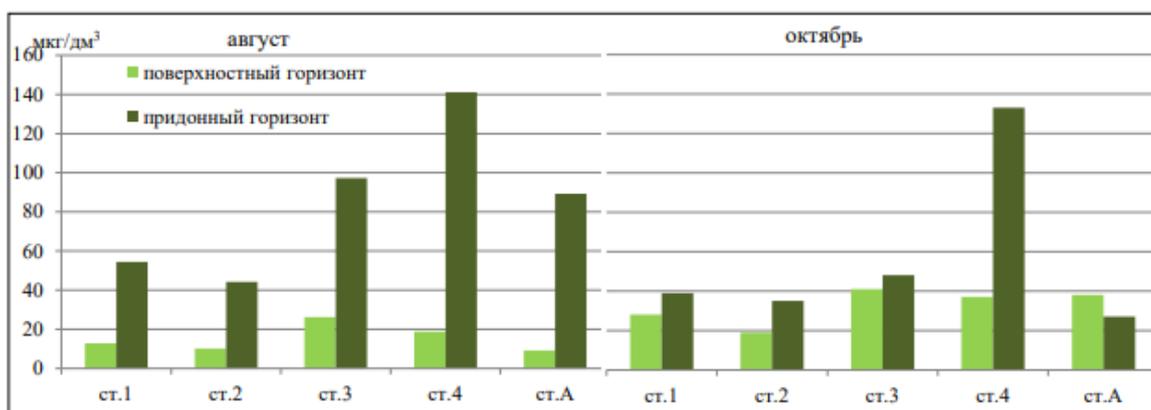


Рис. 5. Содержание фосфора общего в глубоководном районе восточной части Финского залива, август и октябрь 2023 г.

Нитритный азот. Показатель не превышал ПДК (20 мкг/дм³) за исключением одного случая в августе: на станции А в придонном слое было зафиксировано 32 мкг/дм³ (1,6 ПДК). В августе на поверхности нитритный азот находился в диапазоне 1,1–1,6 мкг/дм³, в придонных слоях – 0,8–32 мкг/дм³. В октябре концентрации составили 4,7–11 мкг/дм³ на поверхности и 1,2–11 мкг/дм³ на дне.

Нитратный азот. Концентрации нитратного азота во всех пробах были значительно ниже ПДК (9000 мкг/дм³). В августе значения варьировали от 20 до 44 мкг/дм³ на поверхности и от 111 до 213 мкг/дм³ у дна. В октябре – от 83 до 110 мкг/дм³ на поверхности и от 57 до 136 мкг/дм³ в придонных слоях.

Аммонийный азот. Во всех отобранных пробах концентрации аммонийного азота были ниже ПДК (400 мкг/дм³). В августе в поверхностном слое его содержание варьировало от минимально обнаруживаемых значений (<20 мкг/дм³) до 55 мкг/дм³.

Общий азот. Концентрации общего азота, не регулируемые нормативами, в августе колебались от 418 до 502 мкг/дм³ на поверхности и от 493 до 728 мкг/дм³ у дна. В октябре – от 404 до 567 мкг/дм³ в верхнем слое и от 273 до 488 мкг/дм³ в нижнем. Показатель отражает суммарное содержание органического и неорганического азота (нитратного, нитритного и аммонийного). Доля органического азота рассчитывалась как разность между общим азотом и суммой трёх минеральных форм.

3.2.3. Копорская губа

Солёность. В районе Копорской губы на станции бк в августе солёность воды варьировала от 2,60‰ на поверхности до 3,72‰ в придонном слое. В октябре значения составляли от 3,22‰ у поверхности до 3,64‰ у дна. На станции 3к в августе солёность была зафиксирована на уровне 2,53‰ (поверхность) и 2,91‰ (дно), а в октябре значения в поверхностном и придонном слоях оказались идентичными – 2,89‰.

Растворённый кислород. Кислородный режим в водах Копорской губы в целом соответствовал нормативным требованиям. Лишь в одной пробе, отобранной в августе в придонном горизонте на станции бк, зафиксировано отклонение от допустимого уровня – 4,42 мг/дм³. В августе абсолютные значения кислорода по всему вертикальному профилю составляли 4,42–9,42 мг/дм³, в октябре – 9,38–10,91 мг/дм³. Показатель относительного насыщения кислородом в августе был ниже нормативных 70% в трёх пробах: на станции бк (горизонт 20 м – 67,5%, придонный – 42,3%) и на станции 3к (придонный горизонт – 67,2%). В октябре нарушений по этому показателю не наблюдалось. Перенасыщение вод кислородом (>100%) отмечено в одной пробе августа и в пяти – октября. В целом, относительное насыщение кислородом варьировало от 99,1 до 108,3% в поверхностном слое и от 42,3 до 105,0% у дна.

Водородный показатель (pH). На обеих станциях водородный показатель на всех горизонтах оставался в пределах допустимого диапазона ($6,5 < \text{pH} < 8,5$). По результатам измерений за оба месяца значения pH колебались от 7,52 до 8,00.

Общая щелочность. Вертикальное распределение щелочности на станциях 3к и 6к характеризовалось незначительными различиями. В августе значения составляли от 1,058 до 1,102 ммоль/дм³ на ст. 3к и от 1,048 до 1,296 ммоль/дм³ на ст. 6к. В октябре диапазон изменялся от 1,123 до 1,145 ммоль/дм³ на ст. 3к и от 1,231 до 1,361 ммоль/дм³ на ст. 6к.

Фосфаты и общий фосфор. Концентрации фосфатов по фосфору в обоих горизонтах не превышали ПДК (200 мкг/дм³). В августе значения находились в интервале $<5 - 27$ мкг/дм³, в октябре – $<5 - 16$ мкг/дм³. Общее содержание фосфора варьировало от 5,9 до 46 мкг/дм³ в августе и от 12 до 28 мкг/дм³ в октябре.

Кремний. На станции 3к в августе концентрации кремния составляли 117 мкг/дм³ на поверхности и 205 мкг/дм³ у дна, а в октябре – 121 и 127 мкг/дм³ соответственно. На станции 6к значения в августе колебались от 67 до 877 мкг/дм³, а в октябре – от 249 до 332 мкг/дм³, соответственно в поверхностном и придонном слоях.

Азот нитритный. В целом по району превышение ПДК по нитритному азоту (20 мкг/дм³) отмечено только в одной пробе – в августе в придонном слое на станции 6к (34 мкг/дм³). Концентрации изменялись в августе от 1,3 до 34 мкг/дм³, в октябре – от 2,3 до 5,7 мкг/дм³.

Азот нитратный. Значения нитратного азота во всех пробах находились значительно ниже ПДК (9000 мкг/дм³). В августе концентрации варьировали от 14 до 23 мкг/дм³ на поверхности и от 17 до 87 мкг/дм³ у дна. В октябре – от 58 до 77 мкг/дм³ на поверхности и от 66 до 79 мкг/дм³ у дна.

Азот аммонийный. Концентрации аммонийного азота в августе на поверхности составляли $<20-28$ мкг/дм³, у дна – $<20-33$ мкг/дм³. В октябре значения в поверхностных слоях были ниже предела обнаружения (<20 мкг/дм³), в придонных – от <20 до 20 мкг/дм³. Превышений ПДК (400 мкг/дм³) не зафиксировано.

Общий азот. Наибольшее значение общего азота (652 мкг/дм^3) было зарегистрировано в августе на горизонте 20 м станции бк. В целом, по данным обеих съёмок, концентрации показателя в водной толще на двух станциях варьировали от 287 до 652 мкг/дм^3 .

3.2.4. Лужская губа

Солёность. Показатели солёности вод Лужской губы в пределах вертикального среза в августе изменялись следующим образом: на станции бл – от 2,91 до 3,42‰, на станции 18л – от 3,36 до 3,57‰. В октябре значения варьировали в более узком диапазоне: от 3,65 до 3,70‰ на ст. бл и от 3,53 до 3,57‰ на ст. 18л.

Растворённый кислород. В целом кислородный режим в акватории Лужской губы оценивался как удовлетворительный. Зафиксировано лишь одно превышение нормативного значения по дефициту кислорода – в придонном слое на ст. бл в августе ($4,38 \text{ мг/дм}^3$). Абсолютное содержание кислорода на этой станции составило $8,85 \text{ мг/дм}^3$ у поверхности и $4,38 \text{ мг/дм}^3$ у дна в августе; в октябре – 10,58 и $10,76 \text{ мг/дм}^3$ соответственно. На станции 18л в августе концентрации составляли $7,79 \text{ мг/дм}^3$ (поверхность) и $6,54 \text{ мг/дм}^3$ (дно); в октябре – 10,85 и $10,56 \text{ мг/дм}^3$ соответственно.

Норматив по относительному содержанию кислорода (не менее 70%) был нарушен в трёх случаях в августе: на ст. бл – в придонном горизонте (40,3%) и на горизонте 20 м (63,0%), на ст. 18л – в придонном слое (68,7%). Такое снижение обусловлено выраженной стратификацией водной массы.

Водородный показатель (pH). Значения pH во всех пробах оставались в пределах допустимых нормативов ($6,5 < \text{pH} < 8,5$), без существенных различий между поверхностью и дном. По результатам съёмок диапазон показателя составил: 7,72–7,91 на ст. бл и 7,71–8,03 на ст. 18л.

Общая щёлочность. Вертикальные колебания щёлочности на обеих станциях были минимальны: на ст. бл – от 1,145 до $1,382 \text{ ммоль/дм}^3$, на ст. 18л – от 1,253 до $1,382 \text{ ммоль/дм}^3$, согласно обобщённым результатам за оба месяца.

Фосфаты и общий фосфор. Во всех отобранных пробах концентрации фосфатов по фосфору не превышали предельно допустимую норму (ПДК = 200

мкг/дм³). В августе значения на ст. бл колебались от <5 мкг/дм³ на поверхности до 23 мкг/дм³ у дна; на ст. 18л – от <5 до 6 мкг/дм³. В октябре на ст. бл показатель составлял <5 мкг/дм³ на поверхности и дне, с максимумом 13 мкг/дм³ на горизонте 10 м; на ст. 18л – 21 мкг/дм³ (поверхность) и 20 мкг/дм³ (дно). Общий фосфор варьировал в пределах 9,4–38 мкг/дм³ в августе и 6,5–32 мкг/дм³ в октябре.

Кремний. На станции бл наблюдалось чёткое увеличение концентрации кремния с глубиной: в августе – от 124 мкг/дм³ (поверхность) до 924 мкг/дм³ (дно); в октябре – от 332 до 352 мкг/дм³. На ст. 18л значения в августе составили 278–377 мкг/дм³, в октябре – стабилизировались на уровне 348 мкг/дм³ в обоих горизонтах.

Азот нитритный. Превышение ПДК по нитритному азоту (20 мкг/дм³) было зафиксировано только в одной пробе – в августе в придонном слое на ст. бл (40 мкг/дм³). Общее распределение концентраций составило от 1,4 до 40 мкг/дм³ в августе и от 2,6 до 4,9 мкг/дм³ в октябре.

Азот нитратный. Во всех пробах содержание нитратного азота оставалось существенно ниже ПДК. В августе на поверхности – 27–29 мкг/дм³, у дна – 38–93 мкг/дм³; в октябре – 32–74 мкг/дм³ (поверхность) и 71–78 мкг/дм³ (дно).

Азот аммонийный. Во всех пробах содержание аммонийного азота не превышало норматив. В августе концентрации были ниже предела обнаружения (<20 мкг/дм³) во всех горизонтах. В октябре на ст. бл значения также не превышали минимально определяемую величину, а на ст. 18л варьировали от 32 мкг/дм³ (поверхность) до 23 мкг/дм³ (дно).

Общий азот. Концентрации общего азота на станции бл составили: в августе – 407 мкг/дм³ (поверхность) и 517 мкг/дм³ (дно); в октябре – 407 и 457 мкг/дм³ соответственно. На станции 18л в августе: 413 мкг/дм³ (поверхность) и 370 мкг/дм³ (дно); в октябре: 423 и 418 мкг/дм³.

3.3. Загрязненность вод органическими веществами и тяжелыми металлами

Содержание тяжелых металлов по районам восточной части Финского залива представлено в таблице (см. Приложение Б, рис.Б.1).

В ходе гидрохимических исследований, проведённых в августе и октябре 2023 года, не было зафиксировано случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) и высокого загрязнения (ВЗ) морской воды тяжелыми металлами и органическими веществами. На основании результатов наблюдений за качеством воды в восточной части Финского залива за указанный период можно заключить, что среди всех исследованных загрязняющих компонентов (тяжелые металлы и органические соединения) основными загрязнителями морской среды являются соединения металлов – меди, марганца, общего железа и кадмия.

Тяжелые металлы относятся к веществам двойного происхождения: они могут попадать в водоемы как из природных источников (путем выщелачивания горных пород, содержащих руды), так и вследствие антропогенной деятельности – через сточные воды промышленных предприятий, а также с атмосферными осадками, загрязнёнными выбросами. Эти элементы как микроэлементы регулярно присутствуют в водных экосистемах и в организмах гидробионтов. Наличие меди было установлено во всех обследованных районах восточной части Финского залива. В мелководной зоне превышения содержания меди зафиксированы во всех пробах (100%), в глубоководной – в 95% проб, в Лужской губе – в 88%, а в Копорской – в 75% проб. Превышение предельно допустимых концентраций составило от 1,0 до 4,2 ПДК. Основными путями поступления меди в водные объекты являются сточные воды предприятий химической и металлургической отраслей, шахтные воды, а также использование альдегидных реагентов для удаления водорослей. Кроме того, медь может проникать в водную среду при коррозии медных трубопроводов и другого оборудования, используемого в системах водоснабжения. Исходя из анализа полученных данных, можно предположить, что повышение концентрации меди в морской воде связано как с природными причинами (влияние фонового содержания магматических пород Скандинавского региона), так и с техногенным воздействием.

Повышенное содержание марганца также было выявлено во всех обследованных районах восточной части Финского залива: в глубоководной зоне в 30% проб, в Копорской и Лужской губах – по 13%, и в мелководной зоне – в 8% проб.

Превышения ПДК составили от 1,3 до 3,2. Наивысшие концентрации марганца, как в 2023 году, так и в предшествующие периоды, наблюдались преимущественно в придонных слоях глубоководных участков, что позволяет предположить естественную природу таких превышений, связанную с разложением органических остатков флоры и фауны. Марганец как микроэлемент также является постоянным компонентом природных вод и тканей водных организмов. Его значительные количества образуются в процессе биологического разложения водных животных и растений.

Что касается кадмия, его превышение по сравнению с нормативами было зафиксировано в 13% проб в мелководной зоне и в 5% проб в глубоководной. Кратность превышения составляла от 1,0 до 2,0 ПДК. Кадмий может попадать в водную среду в результате выщелачивания почв и полиметаллических руд, а также вследствие распада организмов, способных его накапливать. Кроме того, он содержится в фосфорных удобрениях. Значительная часть кадмия может перемещаться в составе клеток гидробионтов, также возможно его вторичное поступление в воду из донных отложений, в которых он аккумулируется.

Повышенное содержание общего железа было зафиксировано в мелководной зоне, где его концентрация превысила норматив в 17% проб. Нарушения составляли от 1,0 до 1,3 ПДК. Железо попадает в морскую воду как в результате смыва с суши частиц, образованных при выветривании горных пород, так и при растворении магматических пород в подводных разломах. Необходимо также учитывать влияние антропогенных источников – сточных вод металлургических, металлообрабатывающих, лакокрасочных и текстильных предприятий.

Превышения установленных нормативов по содержанию цинка, ртути, общего хрома и свинца в водах восточной части Финского залива в августе и октябре 2023 года не зафиксировано.

Уровень загрязнения восточной части Финского залива нефтепродуктами и фенолом оказался очень низким. Согласно результатам двух серий съемок, проведенных в 2023 году, концентрации этих веществ в морской воде не превышают установленных нормативов.

Полученные в августе и октябре результаты, а также отсутствие информации о сбросах загрязняющих веществ в морскую среду восточной части Финского залива в течение 2023 года, не позволяют сделать окончательные выводы относительно происхождения и источников повышенного содержания таких загрязнителей, как марганец, медь, кадмий и общее железо в этом районе.

Распределение средних значений концентраций тяжелых металлов за 2019-2023 гг. представлено в таблице 2.

Таблица 2. – Средние значения концентраций тяжелых металлов в восточной части Финского залива за 2019 – 2023 гг.

	2019	2020	2021	2022	2023
Мелководный район					
Свинец	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Марганец	45,8	62,8	23,5	20,3	12,6
Медь	1,7	3,4	8,8	3,9	11,1
Цинк	8,5	22,4	11,9	8,2	14,8
Глубоководный район					
Свинец	<3,0	<3,0	<3,0	3,5	<3,0
Марганец	175	23,9	23,4	40,3	39,2
Медь	1,6	4,8	8,1	3,0	8,1
Цинк	6,5	19,9	10,8	9,3	12,4
Копорская губа					
Свинец	<3,0	<3,0	<3,0	3,5	<3,0
Марганец	66,7	45,2	35,7	70,4	27,9
Медь	1,0	3,6	7,9	3,8	7,1
Цинк	<5,0	20,2	11,6	7,9	10,5
Лужская губа					
Свинец	<3,0	<3,0	<3,0	3,9	<3,0
Марганец	121	28,6	31,0	50,8	27,7
Медь	1,6	4,1	5,9	3,7	7,8
Цинк	5,5	19,5	22,1	9,3	10,9

3.4 Качественная характеристика состояния акватории восточной части Финского залива

На основании данных ФГБУ «Северо - Западное УГМС» гидрохимических наблюдений, проведённых в августе и октябре 2023 года во восточной части Финского залива, можно отметить, что качество водной среды характеризуется выраженной сезонной динамикой. В летний период (август) в придонных слоях были зафиксированы случаи высокого и экстремально высокого загрязнения, обусловленного резким дефицитом кислорода (до 1,45–1,60 мг/дм³), особенно в мелководных и глубоководных районах. Осенью (в октябре), благодаря снижению температуры воздуха и улучшению вертикального перемешивания, кислородный режим стабилизировался, и превышений по этому показателю не зафиксировано.

Солёность вод демонстрирует устойчивую вертикальную стратификацию: в поверхностных слоях она ниже из-за пресного стока Невы, а в придонных – выше за счёт проникновения более солёных вод из центральной части залива. В глубоководных участках солёность у дна достигает 8,12‰, тогда как в поверхностных слоях мелководных районов она не превышает 1,57‰. Такое распределение подтверждает наличие ярко выраженного галоклина и слабый водообмен в отдельных зонах.

Кислородный режим летом был нарушен в шести пробах, где относительное содержание кислорода опускалось ниже нормативного уровня (70%). Особенно критическая ситуация наблюдалась в глубоководных районах – в придонных горизонтах станций 3 и 4. В октябре уровень растворённого кислорода повысился, что свидетельствует о сезонном характере дефицита.

Показатель водородного числа (pH) в целом находился в пределах нормы (6,5–8,5), однако в августе в мелководной зоне наблюдались эпизоды превышения, максимум составил 9,41, что может быть связано с фотосинтетической активностью водорослей. Щелочность также демонстрировала зависимость от глубины: в придонных слоях глубоководных районов её значения были максимальными, отражая накопление растворённых минералов.

Анализ содержания биогенных веществ показал, что в августе концентрации фосфатов достигали 113 мкг/дм³ в глубоководных районах, хотя не превышали предельно допустимые значения. Это может свидетельствовать о поступлении фосфора из донных отложений. Также были зафиксированы высокие уровни кремния (до 929 мкг/дм³), что может быть связано с активным вымыванием из осадков. Нитритный азот в четырёх пробах превышал ПДК (до 49 мкг/дм³), особенно в придонных слоях, указывая на анаэробные процессы разложения органики. Концентрации нитратного и аммонийного азота оставались в пределах нормативов, но демонстрировали тенденцию к накоплению в придонной зоне. Общий азот в некоторых участках достигал 846 мкг/дм³, что отражает высокий уровень биогенного загрязнения.

По районам наблюдений выделяются определённые особенности. Мелководный район наиболее подвержен температурным колебаниям и влиянию антропогенной нагрузки. В августе здесь наблюдался выраженный дефицит кислорода и высокие концентрации питательных веществ. В глубоководной зоне, из-за стратификации водной массы, условия для кислородобеспечения были ещё хуже, что способствовало накоплению фосфатов и органики. В Копорской и Лужской губах ситуация была сравнительно стабильной, но и здесь в летний период фиксировались нарушения кислородного режима в придонных слоях.

Загрязнение тяжёлыми металлами в восточной части Финского залива характеризуется преобладанием соединений меди, марганца, кадмия и общего железа, имеющих наибольшее экологическое значение в структуре загрязняющих веществ. Медь оказалась наиболее распространённым металлом-загрязнителем за весь период наблюдений: превышение предельно допустимой концентрации (ПДК) зафиксировано в 100% проб в мелководной зоне, в 95% проб в глубоководной зоне и в 88% проб в Лужской губе. Основными источниками поступления меди в водную среду являются сточные воды предприятий химической и металлургической промышленности, процессы коррозии медных конструкций, а также природный фон, связанный с геологическими особенностями региона. Марганец также демонстрировал превышения нормативов: в 30% проб глубоководного

района и в 13% проб, отобранных в Копорской и Лужской губах. Его наибольшие концентрации зафиксированы в придонных слоях, что указывает на поступление в результате разложения органического вещества. Кадмий превысил нормативные значения в 13% проб в мелководной зоне и в 5% в глубоководной, при этом возможными источниками его поступления являются как техногенные выбросы, так и вторичная мобилизация из донных отложений. Общее железо превысило допустимые значения в 17% проб, отобранных в мелководной зоне, в то время как во всех других районах его концентрации находились ниже предела обнаружения.

Содержание ртути, свинца, хрома и цинка оставалось в пределах нормативов. Концентрации хрома и ртути во всех районах были ниже предела обнаружения, что свидетельствует об отсутствии интенсивного техногенного давления по этим компонентам.

По нефтепродуктам, фенолу и СПАВ превышения установленных нормативов не зафиксированы. Это свидетельствует об относительной чистоте акватории по линии органического загрязнения и эффективности действующих мероприятий по охране водной среды.

Таким образом, гидрохимическое состояние восточной части Финского залива указывает на устойчивое присутствие экологических проблем. Основные из них – это сезонный дефицит кислорода в глубинных слоях, накопление биогенных веществ и возможное развитие процессов эвтрофикации. Учитывая значительную роль донных отложений как вторичного источника загрязнения, а также влияние слабой циркуляции вод, особенно в летний период, необходимо продолжать регулярный мониторинг и анализ причин ухудшения качества воды для принятия эффективных водоохраных мер.

3.5 Природоохранные мероприятия и возможные пути минимизации загрязнений

Для стабилизации гидрохимического состояния восточной части Финского залива и снижения уровня антропогенного воздействия необходимо реализовать комплекс природоохранных мероприятий, направленных как на предотвращение

поступления загрязняющих веществ, так и на восстановление естественных самоочищающихся процессов в акватории.

В первую очередь требуется ужесточение контроля за сбросами сточных вод, особенно в летний период, когда наблюдается критический дефицит кислорода в придонных слоях. Важно обеспечить соблюдение нормативов по содержанию биогенных веществ (азот, фосфор) в очищенных стоках. Для этого необходимо модернизировать существующие очистные сооружения и внедрять технологии глубокой биологической очистки с удалением фосфатов и аммония.

Важным направлением является восстановление и расширение санитарно-защитных зон вдоль побережья, особенно в районах с высокой рекреационной нагрузкой и близостью сельскохозяйственных или промышленных объектов. Здесь необходимы буферные полосы из естественной растительности, способные задерживать поверхностный сток и частично фильтровать загрязнённые воды до их попадания в залив.

Особое внимание должно быть уделено вторичному загрязнению из донных отложений. Проведение гидротехнических мероприятий (например, локальное удаление или изоляция загрязнённых осадков) возможно в сочетании с регулярным экологическим мониторингом. При этом важно учитывать, что дноуглубительные работы должны сопровождаться предварительной экологической оценкой и проводиться с минимальной интенсивностью, чтобы не спровоцировать дополнительный выброс загрязняющих веществ в толщу воды.

Существенное значение имеет ограничение диффузного загрязнения с территории сельскохозяйственных угодий. Ввод в оборот современных агротехнологий, снижение использования минеральных удобрений и пестицидов, переход на органическое земледелие, а также оборудование полей системами локального водоотведения позволят снизить поступление биогенов в водные объекты. На территориях животноводческих хозяйств обязательна организация систем сбора и очистки навозной жижи и других органических стоков.

Кроме того, необходимо развивать региональную систему автоматизированного мониторинга качества воды, охватывающую как открытые акватории,

так и ключевые точки сбросов. Это позволит своевременно фиксировать превышения нормативов и оперативно реагировать на ухудшение экологической ситуации.

В целом, эффективное управление качеством вод Финского залива требует координации усилий различных ведомств, экологического просвещения населения и внедрения принципов устойчивого природопользования на всех уровнях – от муниципального до федерального. Только системный подход и реализация комплексных водоохранных мероприятий способны минимизировать существующие проблемы и сохранить экосистему залива для будущих поколений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Финский залив представляет собой значимый объект для научных исследований, наблюдений и экологического контроля. Он обладает значительными водными ресурсами и природной привлекательностью: на его побережье расположены многочисленные рекреационные и оздоровительные зоны, которые ежегодно привлекают жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Вместе с тем, в последние годы восточная часть Финского залива подвергается значительной антропогенной нагрузке. Основные источники воздействия связаны с крупномасштабным строительством, активным судоходством, реконструкцией портов, а также сбросами неочищенных сточных вод от предприятий и населённых пунктов.

По данным наблюдений ФГБУ «Северо-Западное УГМС», водосборная территория восточной части залива испытывает серьёзное загрязнение. Основное влияние оказывают точечные источники — промышленные и сельскохозяйственные предприятия, а также реки, впадающие в залив и приносящие недоочищенные стоки, в том числе от животноводческих и птицеводческих ферм. Гидрохимический анализ показывает высокое содержание биогенов — соединений азота и фосфора, поступающих в результате хозяйственной деятельности. Это приводит к активному потреблению кислорода и развитию эвтрофикации, что на сегодняшний день является одной из наиболее острых экологических проблем региона.

Дополнительную угрозу представляют тяжёлые металлы, такие как медь, цинк, марганец, свинец и ртуть, относящиеся к приоритетным загрязнителям, за которыми необходим постоянный контроль. Для улучшения экологического состояния восточной акватории Финского залива необходимо реализовать комплекс мер: организовать системы водоотведения в населённых пунктах без канализации, модернизировать очистные сооружения, ужесточить нормативы ПДК и контроль за их соблюдением, развивать безотходные технологии, рационально использовать водные ресурсы, а также внедрять геоинформационные системы (ГИС) для эффективного управления водными объектами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Печатные издания и статьи

1. Безгодов А. В.. 2014 – год Финского залива в России, Финляндии, Эстонии / А. В. Безгодов, В.Ю. Цветков// Сборник научных трудов // по материалам Шестой Международной конференции «Ладожский парламент». СПб, 2015. – 131 с.
2. Бесчасная А.А. Исследование техносферы Невской губы финского залива / А.А. Бесчасная, Е.В. Постнова // Эффективные технологии в области водоподготовки и очистки в системах водоснабжения и водоотведения : материалы 3 Всерос. студенч. науч.-практ. конф. / Волгогр. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2023. – С. 17-20.
3. Бубличенко Ю. Н. Гнездовые биотопы береговой зоны восточной части Финского залива // Зоологический журнал. – 2014. – № 1–2 (35). – С. 56-61.
4. Бубличенко Ю. Н. Фауна птиц и млекопитающих региона Финского залива./ Ю.Н. Бубличенко, А.Г. Бубличенко// : Изд-во Санкт-Петербургского государственного экономического университета – СПб, 2020.
5. Викторов С. В. Современная морехозяйственная деятельность в восточной части Финского залива: экологические аспекты. – 2-е изд., доп. – СПб. : Нестор-История, 2018. – 260 с.
6. Жигульский В. А. Плавни Невской губы. Научно-исследовательская программа. Итоги I этапа. – СПб. : Реноме, 2020. – 304 с.
7. Комитет по природным ресурсам Ленинградской области. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2023 году. – СПб. : Администрация Ленинградской области, 2024.
8. Корнеев О. Ю. Геоэкологические аспекты дреджинга в Финском заливе / О. Ю. Корнеев, А. Е. Рыбалко, Н. К.Федорова// Ученые записки РГГМУ – 2014.–№35. – С. 119-123.
9. Ковалева О. А. Техногенное воздействие на береговую зону восточной части Финского залива / О. А.Ковалева, В. А. Жамойда, Д. В. Рябчук, А. Ю.

Сергеев, Л. М. Буданов, А. Г. Григорьев // Всероссийская научно-исследовательская геологическая конференция. – 2022. – С. 181-183.

10. Кирейчева Л. В., Лентяева Е. А. Влияние сельскохозяйственного производства на загрязнение водных объектов/ Л. В. Кирейчева, Е. А. Лентяева // Природообустройство. – 2020. – № 5. – С. 18-23.

11. Макарова С. В. Экологические последствия создания намывных территорий // Российский журнал прикладной экологии. – 2024. – № 2. – С. 19-25.

12. Постнова Е. В. Влияние Комплекса защитных сооружений (КЗС) на экологическое состояние восточной части Финского залива / Е. В. Постнова, А. Р. Кирсанов // Наставничество и экология : сб. науч. тр. – Ульяновск : УлГТУ, 2023. – С. 63–66.

13. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (ред. от 13.06.2024) «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения». – Зарегистрировано в Минюсте России 13.01.2017 № 45203.

14. Раатеоя М. The Gulf of Finland assessment / Раатеоя М., Сетяля О. // Reports of the Finnish Environment Institute. – 2016. – № 27.

15. Солощук П. В. Изменение климата и ледовых условий водной системы Финский залив – Невская губа – река Нева в осенне-зимний период за последние 15 лет // Ученые записки РГГМУ. – 2010. – № 14. – С. 34-41.

16. Стулов Ф. Н. Состояние окружающей среды в Ленинградской области. – СПб. – 2024. – 360 с.

17. Суворова А. А. Роль намывных территорий в развитии Санкт-Петербурга / А. А. Суворова, К. В. Веретенникова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2023. – № 11–4 (86). – С. 111-114.

18. Шахвердов В. А. Типы и факторы загрязнения восточной части Финского залива и его береговой зоны / В. А. Шахвердов, М. В. Шахвердова // Известия РГПУ им. А. И. Герцена. – 2015. – № 176.

19. Водный кодекс Российской Федерации : федер. закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 31.10.2016) // Собрание законодательства РФ. – 2006. – № 23. – Ст. 2381.

20. Чернова Н. В. Краткий обзор ихтиофауны Финского залива // Ученые записки РГГМУ –2014.–№35. – С. 55-70.

Электронные источники

21. Национальный атлас России Том 2 // <https://nationalatlas.ru/tom2/245-248.html> // – URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/245-248.html> (дата обращения: 04.06.2025).

22. Официальный сайт Водоканал Санкт-Петербурга // Главные проекты // – URL: https://www.vodokanal.spb.ru/o_kompanii/glavnye_proekty/ (дата обращения: 04.06.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Критерии оценки загрязненности морских вод

Таблица А.1 – Критерии оценки загрязненности морских вод

Ингредиенты и показатели	Вид использования	Лимитирующий показатель вредности	Пределно допустимые концентрации	Класс опасности	Высокое загрязнение (ВЗ*)	Экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ*)
Абсолютное содержание растворенного кислорода	Рыбохозяйственный	Общие требования	6,00 мг/дм ³		≤ 3,00 мг/дм ³	≤ 2,00 мг/дм ³
Относительное содержание растворенного кислорода	Рыбохозяйственный	Общие требования	70%		≤ 3,00 мг/дм ³	≤ 2,00 мг/дм ³
Водородный показатель (рН)	Рыбохозяйственный	Общие требования	6,5-8,5		4 ≤ рН <5 9,5 ≤ рН <9,7	> 9,7 <4,0
Аммоний солевой в пересчете на азот	Рыбохозяйственный	Токсикологический	0,40 мг/дм ³	4	≥ 450 мг/дм ³	≥ 20,0 мг/дм
Нитраты в пересчете на азот	Рыбохозяйственный	Токсикологический	9,0 мг/дм ³	4э	≥ 90,0 мг/дм ³	≥ 450 мг/дм ³
Нитриты в пересчете на азот	Рыбохозяйственный	Токсикологический	0,020 мг/дм ³	4э	≥ 0,2 мг/дм ³	≥ 1,0 мг/дм ³
Фосфаты (по Р)	Рыбохозяйственный	Санитарный	0,20 мг/дм ³	4э	≥ 2,0 мг/дм	≥ 10,0 мг/дм ³

Продолжение Таблицы 1.А

Кремний по Si	Сани- тарно-бы- товой	Сани- тарно-ток- сикологи- ческий	10 мг/дм ³		100 мг/дм ³	500 мг/дм ³
Железо общее	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	0,05 мг/дм ³	4	≥ 1,5 мг/дм ³	≥ 2,5 мг/дм ³
Фенол	Рыбохо- зяйствен- ный	Рыбохо- зяйствен- ный	≥ 0,030 мг/дм ³	3	≥ 0,030 мг/дм ³	≥ 0,050 мг/дм ³
Нефте- продукты	Рыбохо- зяйствен- ный	Рыбохо- зяйствен- ный	≥ 1,50 мг/дм ³	3	≥ 1,50 мг/дм ³	≥ 2,50 мг/дм ³
СПАВ	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	≥ 1,000 мг/дм ³	4	≥ 1,000 мг/дм ³	≥ 5,000 мг/дм ³
Медь Cu ²⁺	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	≥ 0,150 мг/дм ³	3	≥ 0,150 мг/дм ³	≥ 0,250 мг/дм ³
Марганец Mn	Рыбохо- зяйствен- ный	Сани- тарно-ток- сикологи- ческий	≥ 1,5 мг/дм ³	4	≥ 1,5 мг/дм ³	≥ 2,5 мг/дм ³
Свинец Pb ²	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	≥ 0,10 мг/дм ³	2	≥ 0,10 мг/дм ³	≥ 0,50 мг/дм ³
Кадмий Cd ²⁺	Сани- тарно-бы- товой	Сани- тарно-ток- сикологи- ческий	≥ 0,003 мг/дм ³	2	≥ 0,003 мг/дм ³	≥ 0,005 мг/дм ³
Цинк Zn ²⁺	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	0,05 мг/дм ³	3	≥ 0,50 мг/дм ³	≥ 2,5 мг/дм ³
Хром Cr ³⁺	Рыбохо- зяйствен- ный	Сани- тарно-ток- сикологи- ческий	0,07 мг/дм ³	3	≥ 0,70 мг/дм ³	≥ 3,5 мг/дм ³

Продолжение Таблицы 1.А

Ртуть Hg	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	отсут- ствие (0,00001 мг/дм ³)	1	\geq 0,00003 мг/дм ³	\geq 0,00005 мг/дм ³
Хлорорга- нические пести- циды	Рыбохо- зяйствен- ный	Токсико- логиче- ский	отсут- ствие (0,00001 мг/дм ³)	1	\geq 0,00003 мг/дм ³	\geq 0,00005 мг/дм ³

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Содержание металлов в восточной части Финского залива в 2023г.

Таблица Б.1 – Содержание металлов в восточной части Финского залива в 2023г.

Район	Общий диапазон концентраций, мкг/дм ³	Количество проб	% данных ниже предела обнаружения	Превышение ПДК		Среднее значение, мкг/дм ³
				Количество проб	%	
Медь						
Мелководный район	5,9 – 20,9	24	-	24	100	11,1
Глубоководный район	4,6 – 14,2	20	-	19	95	8,1
Копорская губа	4,5 – 15,5	8	-	6	75	7,1
Лужская губа	3,6 – 15,2	8	-	7	88	7,8
Железо общее						
Мелководный район	<50 - 66	24	83	3	17	<50
Глубоководный район	<50	20	100	-	-	<50
Копорская губа	<50	8	100	-	-	<50
Лужская губа	<50	8	100	-	-	<50
Ртуть						
Мелководный район	<0,01	24	100	-	-	<0,01
Глубоководный район	<0,01	20	100	-	-	<0,01
Копорская губа	<0,01	8	100	-	-	<0,01
Лужская губа	<0,01	8	100	-	-	<0,01
Свинец						
Мелководный район	<3,0 – 3,8	24	75	-	-	<3,0
Глубоководный район	<3,0 – 4,4	20	75	-	-	<3,0
Копорская губа	<3,0 – 3,6	8	75	-	-	<3,0
Лужская губа	<3,0 – 4,7	8	63	-	-	<3,0

Продолжение Таблицы 1.Б

Хром общий						
Мелководный район	<1,0	24	100	-	-	<1,0
Глубоководный район	<1,0	20	100	-	-	<1,0
Копорская губа	<1,0	8	100	-	-	<1,0
Лужская губа	<1,0	8	100	-	-	<1,0
Марганец						
Мелководный район	1,0 – 113	24	-	2	8	12,6
Глубоководный район	1,2 – 159	20	-	6	30	39,2
Копорская губа	1,0 – 146	8	-	1	13	27,9
Лужская губа	1,0 – 115	8	-	1	13	27,7
Цинк						
Мелководный район	<5,0 – 36,4	24	4	-	-	14,8
Глубоководный район	<5,0 – 25,3	20	5	-	-	12,4
Копорская губа	<5,0 – 18,7	8	25	-	-	10,5
Лужская губа	6,1 – 18,1	8	-	-	-	10,9
Кадмий						
Мелководный район	0,30 – 2,00	24	-	3	13	0,72
Глубоководный район	0,35 – 1,20	20	-	1	5	0,61
Копорская губа	0,28 – 0,65	8	-	-	-	0,45
Лужская губа	0,34 – 0,70	8	-	-	-	0,51