

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
(РОСГИДРОМЕТ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени Н.Н.ЗУБОВА»
(ГОИН)**



**КАЧЕСТВО МОРСКИХ ВОД
ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Е Ж Е Г О Д Н И К

2023

**Москва
2025**

АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2023 приведены усредненные значения стандартных гидролого-гидрохимических характеристик, концентрации биогенных элементов и различных загрязняющих веществ в морских водах и донных отложениях. Изложенная в монографии обобщенная информация основана на результатах наблюдений государственной программы мониторинга морской среды, выполненных 16 химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета, включая Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург). В 2023 г. исследования проводились в 60 локальных участках акватории 10 морей Российской Федерации. Подготовка текста и аналитических материалов Ежегодника выполнена в Отделе мониторинга морской среды Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова Росгидромета (ОММС ГОИН, г. Москва, www.oceanography.ru, раздел «Загрязнение морей»).

Ежегодник содержит средние и минимальные-максимальные за сезон или год значения отдельных гидрологических и гидрохимических характеристик морских вод, а также описание уровня загрязнения вод и донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром органических веществ природного или антропогенного происхождения. Для контролируемых локальных участков морей выполнена оценка состояния вод по отдельным параметрам с помощью их кратности значению ПДК, по комплексному индексу загрязненности вод (ИЗВ) и/или с использованием других специализированных критерий. Методы обработки информации описаны в отдельном разделе монографии. Для районов с накопленными длительными рядами гидрохимической информации выявлены многолетние тренды характеристик морской среды, а также среднегодовой концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ.

Ежегодник-2023 предназначен для широкого спектра потребителей: федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности, участников хозяйственно-производственного освоения береговой зоны и шельфа морей, ученых-экологов, студентов различных образовательных учреждений, широкой российской и международной общественности. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения морских акваторий, а также выявленные по данным многолетнего мониторинга тенденции могут быть использованы в научных исследованиях или при планировании хозяйственных и/или природоохранных мероприятий.

Ссылка для цитирования:

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2023/ Под общей редакцией А.Н. Коршенко. – Ижевск: ООО «Принт», 2025. – 232 с.

ISBN 978–5–6045347–5–5

© Коршенко А.Н., 2025

© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»), 2025

ABSTRACT

The monography Annual Report 2023 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of ten Seas around Russian Federation in 2023. The Annual Report summarizes routine monitoring observation data on the quality of the seawaters and bottom sediments conducted by 16 regional chemical laboratories and North-Western Branch of NPO “Typhoon” (St.Petersburg) of the Roshydromet.

The Report-2023 contains annual and/or seasonal average and min-maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawater at 60 local sites of Russian Seas. It also describes pollution of waters and bottom sediments with wide spectrum of natural and synthetic organic substances and trace metals. Water quality assessments based on the concentration of individual pollutants compared with the Maximum Allowable Concentration (MAC) and on the complex Index of Water Pollution (IWP). Interannual variations and long-term trends of parameters were identified where possible.

The Annual Report 2023 is intended for use by federal and regional administrations, managers of environment protection actions and offshore industry, ecologists, students and wide Russian and international public. Assessments of the current state and of the long-term changes of the marine environmental pollution could be used in scientific researches and for planning of different activities of nature protection.

This Annual Report 2023 was compiled at the Department of Marine Environment Monitoring of the N.N. Zybov State Oceanographic Institute of Roshydromet (SOI, Kropotkinsky Lane 6, 119034 Moscow, Russia, www.oceanography.ru, Chapter “Marine pollution”).

For bibliographic purposes, this document shall be cited as:

Marine Water Pollution: Annual Report 2023 / Ed. A.N.Korshenko. – Izhevsk: OOO “Print”, 2025–232 p.

ISBN 978-5-6045347-5-5

© Korshenko A.N., 2025

© State Oceanographic Institute (SOI), 2025

ВВЕДЕНИЕ

Совет Министров СССР Постановлением от 30 сентября 1963 г. поручил Главному управлению гидрометеорологической службы проведение систематических исследований химического состава загрязнителей морских вод, омывающих берега Советского Союза. В соответствии с этим в 1964–1965 гг. органами Гидрометслужбы под научно-методическим руководством Государственного океанографического института (ГОИН) были проведены рекогносцировочные обследования химического состава морских прибрежных вод. Начиная с 1966 г. наблюдения за гидрохимическим (г/х) состоянием и загрязнением морской среды осуществляются систематически до настоящего времени. Эти работы по исследованию г/х режима и уровня загрязнения морей СССР были установлены в двух документах о вековых разрезах (Вековые разрезы 1961, Вековые разрезы 1976). Начиная с 1968 г. результаты наблюдений в рамках программы мониторинга морских вод публикуются в «Обзоре химических загрязнений...», а потом в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Ежегодник, 2022). Эта книга содержит обобщенные данные о загрязнении морей России и с 1997 г. готовится в соответствии с Постановлением Правительства №1425 от 15 ноября 1997 г. (ПП-РФ 1425). Ежегодники составляются в ГОИН на основе данных государственной наблюдательной сети (Положение о ГНС, 2003), включающей морские г/х лаборатории межрегиональных территориальных Управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). В Ежегодники дополнительно включаются результаты наблюдений других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Российской Академии Наук, данные международного обмена информацией и интернет-ресурсов, а также материалы экспедиционных морских исследований.

В Ежегоднике приведено описание г/х режима и степени загрязнения открытых, прибрежных и эстuarных районов морей России в 2023 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета, полученные в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды. Данные были представлены в ГОИН на основании приказа Росгидромета (Приказ 156, 2000). К отчетным материалам сети мониторинга морей относятся региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям», содержащие обобщенные результаты наблюдений в отдельных районах контроля, «Ежегодные гидрохимические данные о качестве морских вод» (ЕГД) с исходными гидролого-гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ (ЗВ), а также обзоры технического состояния морских химических лабораторий. Дополнительно были использованы материалы исследований прибрежных вод о. Шпицберген, выполненных Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург). Ежегодник-2023 по всем морям России подготовлен в Отделе мониторинга морской среды Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова Росгидромета (ОММС ГОИН, 119034 Москва, Кропоткинский пер. 6, www.oceanography.ru; раздел «Загрязнение морей»).

A. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ

A.1. Станции мониторинга

Мониторинг состояния морской среды выполняется на станциях государственной службы наблюдения и контроля загрязнения объектов природной среды (станции ГНС). По составу и частоте наблюдений станции ГНС разделяются на три группы: станции I категории (единичные станции) предназначены для оперативного контроля состояния морской среды в особо важных или постоянно подверженных интенсивному загрязнению участках акватории. Станции II категории (единичные станции или разрезы) служат для получения систематической информации о сезонной и межгодовой изменчивости загрязнения морских и распресненных вод. Они расположены на значительной части акватории моря и в устьях рек, в которые поступают сточные муниципальные или иные загрязненные воды. Станции III категории используются для получения информации о фоновом уровне загрязнения в относительно чистых участках акватории моря. Загрязняющие вещества попадают в фоновые районы вследствие миграционных процессов глобального или регионального переноса. Категория и местоположение станций мониторинга могут корректироваться в зависимости от динамики уровня загрязнения морской среды или в связи с появлением новых морских объектов контроля.

По сокращенной программе пробы морской воды отбирают один раз в десять дней. Обычно в состав наблюдений входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), содержания растворенного кислорода, значения pH и концентрации одного-двух приоритетных для исследуемого района загрязняющих ингредиентов. Выполняются визуальные наблюдения за загрязнением поверхности моря.

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений может входить определение концентрации отдельных ЗВ: НУ, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ. Контролируется концентрация отдельных показателей г/х состояния морской среды – растворенного в воде кислорода (O_2), сероводорода (H_2S), ионов водорода (pH), щелочности (Alk), нитритного азота ($N-NO_2$), нитратного азота ($N-NO_3$), аммонийного азота ($N-NH_4$), общего азота (Ntotal), фосфатного фосфора ($P-PO_4$), общего фосфора (Ptotal), кремния ($Si-SiO_3$). Обязательно в программу входит определение элементов гидрометеорологического режима – солености и хлорности воды ($S\%$), температуры воды ($T^{\circ}C$), щелочности, прозрачности по диску Секи, цветности воды, концентрации взвешенных веществ и некоторых других параметров морской среды. Работы сопровождаются метеорологическими наблюдениями.

Обычно горизонты отбора проб определяются глубиной на станции: до 10 м – два горизонта (приповерхностный и придонный слой); до 50 м – три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м – четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии постоянного или сезонного скачка плотности из-за градиентов температуры и солености отбор проб проводится также на верхней границе пикноклина или в слое максимального градиента. На глубоководных станциях пробы отбираются на стандартных гидрологических горизонтах. В морских научных экспедициях список контролируемых параметров и горизонты отбора проб определяются программой работ.

A.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений

Основные методы химического анализа проб морской воды и донных отложений описаны в разработанных в ГОИН руководящих документах (РД) Росгидромета: «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243–92, 1993) и «Определение

загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси» (РД 52.10.556–95, 1996). Методики определения концентрации химических соединений и элементов в морской среде постоянно обновляются. В последние годы был разработан и одобрен к применению на сети Росгидромета комплект из 25 РД, включающий в себя методики измерения основных гидрохимических показателей морской воды и целого ряда загрязняющих веществ в морской воде, донных отложениях и биоте (Приложение №3). Один из них регламентирует выполнение внутреннего лабораторного контроля (ВЛК) морскими химическими лабораториями, еще один устанавливает требования к компетентности лаборатории мониторинга.

В тексте и таблицах настоящего Ежегодника загрязнение морских вод характеризуется концентрацией отдельного химического соединения (ингредиента) в принятых для него единицах измерения. Также используется значение, кратное предельно допустимой концентрации (ПДК) этого загрязнителя (табл. А.1). Нормативом качества воды ПДК была установлена приказом министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552: «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», далее в ссылках «Перечень ПДК» (ПДК-2016). Морские воды вблизи берегов России практически все имеют рыбохозяйственное значение и нормативы ПДК могут быть использованы для оценки качества морских вод. Первый перечень ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения был принят в 1975 г. и далее неоднократно дополнялся принятыми в странах СНГ. В РФ реестр ПДК обновлялся пять раз – в 1992, 1995, 1999, 2010 и 2016 гг. В трех последних документах ПДК для морских вод трактовались как «установленные для морских водоемов», «для морей или их отдельных частей», а в последнем они представляют собой «норматив для морской воды». По сравнению с предыдущей версией списка ПДК (ПДК-2010) изменения коснулись характеристики допустимого уровня БПК₅–2,1 мгО₂/дм³ вместо ранее установленного 3,0 мгО₂/дм³. Также важным отличием последнего документа является включение в него в дополнение к ПДК «нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения» по взвешенным веществам, плавающим примесям, температуре, водородному показателю pH, растворенному кислороду (ПДК=6,0 мгO₂/дм³), биохимическому потреблению кислорода за 5 суток БПК₅, биохимическому потреблению кислорода БПК_{полн} и токсичности воды.

Поскольку в сводке ПДК-2016 для морских вод утверждено очень мало ингредиентов, в основном это тяжелые металлы, допустимо использовать нормативы пресных вод для сравнительных оценочных характеристик многолетней динамики контролируемых параметров, однако такой расчет очевидно не является юридически корректным документом. Любое использование пресноводных ПДК в морской воде является условным и может быть применено только с научно-исследовательской точки зрения для получения ориентировочных оценок текущего состояния морской среды, сравнения разных участков акватории морей или долговременной оценки динамики веществ. В первую очередь это относится к различным формам биогенных элементов. С формальной точки зрения для биогенных соединений в Приказе №552 отсутствует специальная метка об использовании значений для морских вод, кроме аммонийного иона. ПДК для биогенных веществ в морской воде должно применяться для описания текущего состояния экосистемы, оценки уровня эвтрофикации водоема или многолетней/сезонной изменчивости содержания различных форм азота и фосфора. Кроме того, поскольку в Перечне ПДК не указаны критерии оценки уровня трофности морских вод, в дальнейшем при расчетах для всех контролируемых акваторий было принято для фосфатов Р-Ро₄ значение ПДК=50 мкг/дм³ (мезотрофные воды). Также для оценок уровня загрязненности морских вод не рекомендуется использовать ПДК силикатов, поскольку это соединение не является опасным для морской биоты, а только строительным материалом

клеточной стенки диатомовых водорослей. Определенная условность использования значений всех ПДК для оценки качества морских вод также состоит в их универсальности для всех очень разнообразных по физико-химическим условиям морей РФ. Вероятно, с целью более точной оценки качества вод отдельных морей в ближайшем будущем следует ожидать разработки региональных ПДК в соответствии с уже опубликованными подробными Методическими указаниями по выполнению такой работы (МУ-2011).

Необходимо дополнительно отметить определенную условность использования терминов для описания результатов химического анализа составляющих компонентов сырой нефти – «нефтепродукты», «нефтяные углеводороды», «углеводороды» и др. Следуя регистрационному номеру CAS-8002-05-9 (<https://echa.europa.eu>), термин «нефть» означает «Сложная комбинация углеводородов. Состоит преимущественно из алифатических, алициклических и ароматических углеводородов. Также может содержать небольшое количество соединений азота, кислорода и серы. В эту категорию входят легкие, средние и тяжелые нефти, а также нефти, добываемые из битуминозных песков...». В МУК 4.1.1262–03 (флуориметрический метод) дано следующее определение терминологии: «Нефть представляет собой сложную смесь органических соединений, главным образом углеводородов, относящихся к гомологическим рядам парафиновых углеводородов, циклопарафинов, ароматических углеводородов и многоядерных углеводородов. При перегонке нефти получают нефтепродукты (НП), отличающиеся по температурам кипения: бензин (не выше 205°C), лигроин (120–240°C), реактивное и газотурбинное топливо (150–280°C), керосин (180–320°C), дизельное топливо (270–400°C). В результате отгона фракций, выкипающих до 300°C, остается мазут. Из мазута при вакуумной перегонке получают масляные фракции нефти. А в остатке – гудрон, из которого получают битумы». Согласно ГОСТ 17.1.4.01–80 «Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах» (устанавливает общие требования к методам определения растворенных, эмульгированных и пленочных нефтепродуктов в природных водах, включая воды суши, морские и подземные, и в сточных водах), НП означает «неполярные и малополярные углеводороды (алифатические, ароматические, алициклические), составляющие главную и наиболее характерную часть нефти и продуктов её переработки». Рекомендованный на сети мониторинга Росгидромета РД 52.10.779–2013 «Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии» (ИК- метод) позволяет измерять содержание неполярных и малополярных нефтяных углеводородов (НУ) после их выделения из пробы с помощью колоночной хроматографии. Согласно этой методике определение массовой концентрации НУ относится к интегральным методам (ультрафиолетовая или инфракрасная спектрометрия, спектрофлуориметрия) в отличие от дифференциальных (газожидкостная хроматография, хроматомассспектрометрия). В методике предполагается использовать знак равенства между «НУ» и «нефтепродуктами», а предел обнаружения (т.е. концентрация выше аналитического нуля) составляет 40 мкг/дм³ (РД-2013). Предел обнаружения флуоресцентного метода существенно ниже – 5 мкг/дм³ (ПНДФ-1998 для анализатора жидкости «Флюорат-02»). Согласно недавно разработанному руководящему документу предел обнаружения (далее в тексте DL = Detection Limit) углеводородов ИК-фотометрическим методом составляет 30 мкг/дм³, люминесцентным методом – 40 мкг/дм³. Предел обнаружения смолистых компонентов люминесцентным методом составляет 5 мкг/дм³ (РД-2021).

В приказе министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552: «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыболовного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыболовного значения» (ПДК-2016)

в позиции «нефтепродукты» определено несколько методов определения концентрации, в числе которых перечислены газовая хроматография (ГХ), хроматомасс-спектрометрия (ГХМС), инфракрасная спектроскопия (ИК) и гравиметрия. Последний метод используется для определения битумных фракций нефти и его результаты не коррелируют с данными ИК-метода (Моря, 1996). В этой работе поясняется, что «переход от одного метода анализа [экстракционно-весового] к другому [ИК-метод] сопровождался изменением понятия загрязнения веществами нефтяного происхождения (от «загрязнения нефтепродуктами» к понятию «загрязнение нефтяными углеводородами»). В понятие нефтепродукты вкладывалось содержание: «смесь различных углеводородов ациклического, наftenового и ароматического гомологических рядов с числом атомов от 5 до примерно 70 и соединений некоторых других классов», в понятие нефтяные углеводороды: «главная и наиболее характерная часть нефти и продуктов ее переработки – неполярные и малополярные углеводороды, несорбируемые окисью алюминия». Согласно ПДК-2016 описанный в РД-2013 метод ИК-спектроскопии является одним из аналитических средств определения концентрации значительной части состава нефти, тогда как флуориметрический метод формально не включен в этот список.

Таблица А.1. Предельно допустимая концентрация отдельных загрязняющих веществ и биогенных элементов в морских и пресных водах (ПДК-2016).

Биогенные вещества				
Ингредиент (Класс опасности)	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм ³	мкг/дм ³
Аммиак (4)	7664–41–7	NH ₃ nH ₂ O	для пресных вод – 0,05	50
Аммоний-ион (4)	14798–03–9	NH ₄ ⁺	0,5 (0,4 в пересчете на N*)	500/ 389
		NH ₄ ⁺	2,9 при 13–34%	2900/ 2256
Мочевина (карбамид)	57–13–6	CH ₄ N ₂ O	для пресных вод – 80,0	
Нитрат-анион (4э)	231–554–3	NO ₃ ⁻	для пресных вод – 40,0; 9,0 в пересчете на азот нитратов	40000/ 9032
Нитрит-анион (4э)	10102–44–0	NO ₂ ⁻	для пресных вод – 0,08; 0,02 в пересчете на азот нитритов	80/ 24
Силикат калия (3)	1312–76–1	K ₂ SiO ₃	для пресных вод – 2,0 или 1,0 по SiO ₃ ²⁻	2000 (1000)/ 368
Фосфат-ион (4э) (по Р)	-	PO ₄	0,05 олиготрофные водоемы	50/17
	-	PO ₄	0,15 мезотрофные	150/50
	-	PO ₄	0,20 эвтрофные	200/67

Примечания:

* В Приказе ПДК-2016 вероятно из-за высокого содержания биогенных веществ в пресных водах их концентрация указана в мг/дм³ на соединение в целом по сумме входящих в состав элементов и дополнительно в пересчете на элемент, например аммонийный азот – 0,5 мг/дм³, а в пересчете на азот в округленной до десятых форме – 0,4 мг/дм³. В морских водах концентрация соединений азота, фосфора и кремния обычно на порядки меньше, поэтому в методических РД Росгидромета по их определению используется единица мкг/дм³. В настоящем Ежегоднике с учетом обычно низкого содержания биогенных веществ в морской воде приведен более точный (не округленный) перевод значения ПДК на элемент в мкг/дм³. Вследствие этого нормы ПДК для сетевых подразделений Росгидромета могут быть скорректированы с учетом атомных весов составляющих соединение элементов: H – 1, N – 14, O – 16, P – 31, Si – 28, K – 39. Таким образом, ПДК аммония составляет 14/18 от первого приведенного в ПДК-2016 значения; нитритов 14/46; нитратов 14/62; силикатов SiO₃ 28/76 и фосфатов 31/95. Полученное значение указано в последней колонке таблицы через спеш. Вследствие указанного выше существенного различия в содержании биогенных и загрязняющих веществ в пресных и морских водах в РД и Ежегодниках занимающегося пресными водами Гидрохимического Института (ГХИ, Ростов-на-Дону, <https://gidrohim.com/node/44>) их концентрация выражена в мг/дм³. В методических и аналитических документах ГОИН (http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282) концентрация этих веществ в большинстве случаев приведена в мкг/дм³.

Металлы				
Ингредиент (Класс опасности)	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм ³	мкг/дм ³
Алюминий (4), все растворимые в воде формы <1>*	7429–90–5	Al	0,04	40
Алюминия оксихлорид / (гидроксихлорид), (3)	1327–41–9	AlClO (AlCl(OH) ₂)	для морских вод по иону Al: 0,05; 0,04	50 40
Барий (4) <1>*	7440–39–3	Ba	2,0 при 12–18‰	2 000
		Ba	для пресных вод – 0,74	740
Бериллий (2) <1>*	7440–41–7	Be	для пресных вод – 0,0003	0,3
Ванадий (3) <1>*	7440–62–2	V	для пресных вод – 0,001	1
Железо (2) <1>*	7439–89–6	Fe	0,05	50
		Fe	для пресных вод – 0,10	100
Кадмий (2) <1>*	7440–43–9	Cd	0,01	10
		Cd	для пресных вод – 0,005	5
Кальций (4Э) <1>*	7440–70–2	Ca	610 при 12–18‰	
		Ca	для пресных вод – 180,0	
Кобальт (3) <1>*	7440–48–4	Co	0,005	5
		Co	для пресных вод – 0,01	10
Литий (4) <1>*	7439–93–2	Li	0,08	80
		Li	для пресных вод – 0,08	80
Магний (4) <1>*	7439–95–4	Mg	940 при 13–18‰	
		Mg	для пресных вод – 40,0	
Марганец двухвалентный (4)	7439–96–5	Mn ²⁺	0,05	50
		Mn ²⁺	для пресных вод – 0,01	10
Медь (3) <1>*	7440–50–8	Cu	0,005	5
		Cu	для пресных вод – 0,001	1
Молибден (2) <1>*	7439–98–7	Mo	-	
		Mo	для пресных вод – 0,001	1
Мышьяк (3) <1>*	7440–38–2	As	0,01	10
		As	для пресных вод – 0,05	50
Натрий (4)	7440–23–5	Na	7100 при 13–18‰	
			для пресных вод – 120,0	
Никель (3) <1>*	7440–02–0	Ni	0,01	10
		Ni	для пресных вод – 0,01	10
Олово (4) <1>*	7440–31–5	Sn	-	
		Sn	для пресных вод – 0,112	112
Ртуть (1) <1>*	7439–97–6	Hg	0,0001	0,10
		Hg	для пресных вод – 0,00001	0,01
Свинец (3) <1>*	7439–92–1	Pb	0,01	10
		Pb	для пресных вод – 0,006	6
Стронций (4) <1>*	7440–24–6	Sr	4,14	4140
		Sr	для пресных вод – 0,4	400
Хром трехвалентный (3)	7440–47–3	Cr ³⁺	-	-
		Cr ³⁺	для пресных вод – 0,07	70
Хром шестивалентный (3)	7440–47–3	Cr ⁶⁺	-	-
		Cr ⁶⁺	для пресных вод – 0,02	20
Цинк (3) <1>*	7440–66–6	Zn	0,05	50
		Zn	для пресных вод – 0,01	10
Сера элементарная	-	S	для пресных вод – 10,0	

* – норматив для морских вод

Органические загрязняющие вещества					
Ингредиент (Класс опасности)	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм ³	мкг/ дм ³	нг/дм ³
Нафталин (3)	91–20–3	C ₁₀ H ₈	для пресных вод – 0,004	4	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ), (3)	-	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	морские воды – 0,05	50	
Родамин-Б (Краситель красный С-2108-Д), (4)	-	C ₃₀ H ₃₄ N ₂ O ₅	0,05	50	
	-		для пресных вод – 0,05	50	
Соевое масло (3)	8001–22–7	C ₅₇ H ₉₈ O ₆	морские воды -1,0		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)***	-	Detergents	0,1	100	
		Detergents	для пресных вод – 0,5	500	
Фенол/карболовая кислота (3)	108–95–2	Fenols C ₆ H ₆ O	фенол – 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлор- циклогексана) (1)	319–84–6	HCH, Group HCH with γ-HCH (Lindane), C ₆ H ₆ Cl ₆	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50–29–3	DDT, C ₁₄ H ₉ Cl ₅	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67–64–1	C ₃ H ₆ O	для пресных вод – 0,05	50	
Бензол (4)	71–43–2	Benzen, C ₆ H ₆	для пресных вод – 0,5	500	
Бромбензол (2)	108–86–1	C ₆ H ₅ Br	0,1	100	
			для пресных вод –0,0001	0,1	
α-Бромнафталин (1)	90–11–9	C ₁₀ H ₇ Br	для пресных вод – 0,000001	0,001	1
Арцериd (1)	-		для пресных вод – 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1). <i>бетабайтroid</i>	-	C ₂₂ H ₁₈ Cl ₂ FNO ₃	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
2,4-Динитрофенол (2)	51–28–5	C ₆ H ₄ N ₂ O ₅	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Дихлорбензол (2), смесь изомеров	25321– 22–6	C ₆ H ₄ Cl ₂	для пресных вод – 0,001	1,0	
2,4-Дихлорфенол (1)	120–83–2	C ₆ H ₄ OCl ₂	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Додецилбензол (2)	123–01–3	C ₁₈ H ₃₀	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Каратан (1)	-		для пресных вод – 0,00007	0,07	70
Метатион/ метилнитрофос/ сумитион (1)	-	C ₉ H ₁₂ NO ₅ PS	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
Полихлорпинен (1)	-		для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Тетрабутилолово (1)	1461–25–2	(C ₄ H ₉) ₄ Sn	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Толуол/метилбензол (3)	108–88–3	C ₇ H ₈	для пресных вод – 0,5	500	
Тетрахлорметан (четыреххлористый углерод), (2)	56–23–5	CCl ₄	для пресных вод – 0,001	1,0	
Трибутиламин (1)	1120–24–7	C ₁₂ H ₂₇ N	для пресных вод – 0,00005	0,05	50
Трибутилоловохлорид (2), (TBT)	1461–22–9	C ₁₂ H ₂₇ SnCl	для пресных вод – 0,00001	0,01	10

Трифенилоловохлорид (1)	639–58–7	C ₁₈ H ₁₅ ClSn	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Трихлорбензол (2), смесь изомеров	87–61–6, 120–82–1	C ₆ H ₃ Cl ₃	для пресных вод – 0,001	1,0	
Трихлорфенол (1)	88–06–2	C ₆ H ₃ Cl ₃ O	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Формалин 35–40% (3)	50–00–0	CH ₂ O	0,1 (0,05 по формальдегиду)	100	
			для пресных вод – 0,25	250	
Фталевые кислоты (орт-, мета-, пара-).(4)	-	-	2,0 (морские воды)		
Хлорбензол (3)	108–90–7	C ₆ H ₅ Cl	для пресных вод – 0,001	1,0	
2-Хлорфенол (1)	95–57–8	C ₆ H ₅ OCl	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	110–82–7	C ₆ H ₁₂	для пресных вод – 0,01	10	
Этиленгликоль (3)	107–21–1	C ₂ H ₆ O ₂	0,5 (морские воды)	500	
			для пресных вод – 0,25	250	
Этиловый спирт (3)	64–17–5	C ₂ H ₆ O	для пресных вод – 0,01	10	

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории					
Растворенный кислород O ₂	Dissolved oxygen O ₂	- Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мгO ₂ /дм ³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод). – Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм ³ . – В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мгO ₂ /дм ³ .			
Водородный показатель (рН)	pH	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения.			
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК ₅	BOD ₅ :	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 2,1 мгO ₂ /дм ³ .			
Биохимическое потребление кислорода БПК _{полн}	BOD _{total}	При температуре 20°C под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 3,0 мгO ₂ /дм ³ .			
Взвешенные вещества	Suspended solids	При сбросе возвратных (сточных) вод конкретным водопользователем, при производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,25 мг/дм ³ (высшая и первая категории объекта рыбохозяйственного значения); 0,25 мг/дм ³ – вторая категория			
Взвешенные вещества (4)	Suspended solids	Инертная природная минеральная взвесь, состоящая из неорганического осадочного материала (глинистые и обломочные минералы, горные породы, силикаты, карбонаты и др.) с дисперсностью частиц от 0,5 мкм. Для континентальной шельфовой зоны морей с глубинами более 8 м – 10,0 мг/дм ³			
Плавающие примеси (вещества)		На поверхности воды водных объектов рыбохозяйственного значения в зоне антропогенного воздействия не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей			

В первой графе ПДК-2016 указывается название вещества и его формула, а также значок <1> – все растворимые в воде формы.

Во второй графе ПДК-2016 приводится номер CAS:

CAS registry number – уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесенных в реестр Chemical Abstracts Service. Номер CAS записывается в виде трех групп арабских чисел, разделенных дефисами.

В третьей графе приводится лимитирующий показатель вредности (ЛПВ):

«токс» – токсикологический (прямое токсическое действие веществ на водные биологические ресурсы);

«сан» – санитарный (нарушение экологических условий при попадании вещества в воду водного объекта рыбохозяйственного значения): изменение трофности водных объектов; гидрохимических показателей: кислорода, азота, фосфора, pH; нарушение самоочищения воды водных объектов: БПК₅ (биохимическое потребление кислорода за 5 суток); численность сапрофитной микрофлоры;

«сан-токс» – санитарно-токсикологический (действие вещества на водные биологические ресурсы и санитарные показатели водных объектов рыбохозяйственного значения);

«орг» – органолептический (образование в воде водных объектов рыбохозяйственного значения пленок и пены на поверхности воды, появление в воде посторонних привкусов и запахов, выпадение осадка, появление опалесценции, мутности и взвешенных веществ, изменение цвета воды водных объектов). При этом указывается расшифровка характера изменения органолептических свойств воды водных объектов рыбохозяйственного значения (зап. – запах; мутн. – мутность; окр. – окраска; пен. – пена; пл. – пленка; привк. – привкус; оп. – опалесценция).

В четвертой графе приводится значение ПДК (предельно допустимая концентрация).

В пятой графе – класс опасности, который определяется в соответствии с приказом Минприроды России от 4 декабря 2014 г. №536 «Об утверждении Критерии отнесения отходов к I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (зарегистрировано в Министерстве России 29 декабря 2015 г., регистрационный №40330). (Приказ 536).

В шестой графе – методы анализа и контролируемые вещества для смесевых препаратов.

Используемые сокращения (методы анализа вещества):

ААС – атомно-абсорбционная спектроскопия.

ВЭЖХ – высокоэффективная жидкостная хроматография.

ГХ – газовая хроматография.

ТСХ – тонкослойная хроматография.

ГХМС – хроматомасс-спектрометрия.

ИК – инфракрасная спектроскопия.

ИСП – метод индуктивно связанной плазмы.

ЭМС – электrospray масс-спектрометрия.

Гравиметрия.

** Хлорорганические и фосфорорганические пестициды (ХОП, ФОП): 1) ДДТ и его метаболиты; 2) восемь стереизомеров гексахлорциклогексана (гексахлоран, ГХЦГ), включая линдан (γ -ГХЦГ); 3) другие ХОП – альдрин, дильдрин, эндрин, мирекс, хлордан, гептахлор, гексахлорбензол и др.; 4) нестойкие ФОП – тиофос, метафос, карбофос, рогор и хлорофос; другие хлорорганические соединения (ХОС): полихлорбифенилы (ПХБ) и др. По степени токсичности разные формы пестицидов и других ХОС варьируют от группы чрезвычайно опасных сильно действующих ядовитых веществ (например альдрин) до относительно малоопасных ФОП. В ПДК-2010 постулируется в качестве норматива отсутствие в воде особо опасных пестицидов. Однако в Приказе №156 (2000) для практической оценки уровня загрязнения допускалось условно использовать в качестве норматива 10 нг/дм³. В ПДК-2016 этот уровень установлен в качестве Предельно Допустимой Концентрации.

*** Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – значения приведены по ПДК-2010.

Уровень содержания вещества или химического элемента (массовая концентрация, для донных отложений – массовая доля) в морской воде может быть определен с помощью различных методов и приборов, каждый из которых характеризуется минимальным пределом обнаружения ингредиента при определенных условиях или уровне концентрации в анализируемой среде.

В настоящем Ежегоднике основным методом для описания качества вод и сравнения по этому параметру различных акваторий одного или разных морей является использование расчетных безразмерных значений индекса загрязненности вод (ИЗВ), которые позволяют отнести воды исследуемого района к одному из семи классов качества (табл. А.2). Индекс рассчитывается на основе отнесения наблюденной концентрации ингредиента к его установленной ПДК.

Таблица А.2. Классы качества вод и значения ИЗВ.

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	ИЗВ ≤ 0,25
Чистые	II	0,25 < ИЗВ ≤ 0,75
Умеренно загрязненные	III	0,75 < ИЗВ ≤ 1,25
Загрязненные	IV	1,25 < ИЗВ ≤ 1,75
Грязные	V	1,75 < ИЗВ ≤ 3,00
Очень грязные	VI	3,00 < ИЗВ ≤ 5,00
Чрезвычайно грязные	VII	ИЗВ > 5,00

Правила расчета индекса загрязненности вод определены «Методическими рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (МР-1988), отдельные положения которого уточнены авторами Ежегодника. Для морских вод при расчете индекса используют четыре параметра с обязательным включением в этот список растворенного кислорода. Формула расчета ИЗВ:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{ПДК_i} \div 4$$

где C_i – концентрация трех наиболее значительных загрязнителей, среднее содержание которых в воде исследуемой акватории за определенный период времени в наибольшей степени превышало ПДК. Четвертым обязательным параметром является содержание растворенного в воде кислорода, для которого значение в формуле рассчитывается делением норматива ПДК=6 мгO₂/дм³ на его реальное содержание.

Методика расчета индекса содержит несколько последовательных стадий: 1) выбор уровня усреднения данных по пространству (одиночная станция, группа станций или полностью контролируемый район, например бухта, залив, эстuarный район реки и т.д.) и по времени (месяц, сезон или год); для выбранных станций и периода времени рассчитывается средняя концентрация всех наблюдаемых параметров; 2) для всех измеренных и нормируемых параметров морских вод, т.е. перечисленных в списке ПДК-2016, рассчитывается концентрация в единицах ПДК; 3) из полученного списка веществ в ПДК выбирается и складываются ровно три наиболее высоких значения для загрязняющих веществ, которые могут считаться «приоритетными» для рассматриваемой акватории в анализируемый период времени. Отдельное замечание: поскольку очевидных фактов «вредности» силикатов для морских организмов не выявлено, концентрация кремния не входит в расчет ИЗВ несмотря на наличие ПДК, 4) норматив для кислорода 6 мгO₂/дм³ надо разделить на среднее значение концентрации кислорода в мгO₂/дм³, а полученный результат добавить к сумме трех загрязнителей; 5) суммарное значение разделить на четыре и оценить класс качества воды по полученному значению ИЗВ (табл. А.2). Применение индекса имеет существенные ограничения, в первую очередь связанные с ограниченным набором контролируемых параметров в большинстве районов морей и очень небольшим количеством установленных ПДК для морских вод. Кроме этого, результат расчета ИЗВ в очень большой степени зависит от полноты обследования морских вод: чем больше ЗВ контролируется, тем больше шансов на повышенные значения индекса (Коршенко, 2023). Поэтому рекомендуется использовать ИЗВ в основном с целью ориентировочного научно-методического описания текущего состояния морской среды в более-менее крупном районе моря, сравнения различных районов одного или разных морей и/или оценки многолетней динамики качества вод, а также дополнять полученные результаты расчета ИЗВ другими методами оценки качества морских вод.

Для катастрофических ситуаций с очень высоким содержанием загрязняющих веществ в воде были установлены дополнительные оценочные категории. Для случаев чрезвычайно высокой концентрации отдельных загрязнителей были определены критерии **экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)** и **высокого загрязнения (ВЗ)** морской воды. Границные условия таких случаев определяются Приказом №156 Руководителя Росгидромета «О введение в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды» от 31.10.2000 г. (Приказ 156). Критериями ЭВЗ морской воды являются:

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1–2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3–4 класса опасности – в 50 раз и более. Содержание веществ в морских водах сопоставляется с наиболее «жесткими» ПДК в ряду одноименных показателей. Для веществ, на которые нормативными документами предусмотрено полное отсутствие их в воде водных объектов, в качестве ПДК условно принимается значение 0,01 мкг/л;
- появление запаха вод интенсивностью более 4 баллов, не свойственного воде ранее;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км²;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км² и более при его обозримой площади более 6 км²;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения 2 мг/л и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК₅) выше 40 мгО₂/л;
- массовая гибель моллюсков, раков, лягушек, рыб, других водных организмов и водной растительности.

Высокое загрязнение (ВЗ) водной среды определяется следующими критериями:

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1–2 класса опасности в 3–5 раз; для веществ 3–4 класса опасности превышение в 10–50 раз (для нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа, и марганца – от 30 до 50 раз);
- величина биохимического потребления кислорода (БПК₅) – от 10 до 40 мгО₂/л, снижение концентрации растворенного кислорода до значений от 3 до 2 мг/л;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от 1/4 до 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км²;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до 2 км² при его обозримой площади более 6 км².

В разработанной в 2001 г. «Инструкции по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении» (ЭВЗ-2001) уточняется перечень основных ингредиентов различных классов опасности и пределы концентрации, характеризующие ВЗ и ЭВЗ (табл. А.3).

Таблица А.3. Границы классов высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод некоторыми наиболее типичными загрязняющими веществами.

Ингредиенты и показатели	Высокое загрязнение (ВЗ)	Экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ)
Абсолютное содержание растворённого кислорода	$2 < C \leq 3$ мг/л	< 2,00 мг/л
Азот аммонийный	$\geq 29,00$ мг/л	$\geq 145,00$ мг/л
Азот нитритный	$\geq 0,80$ мг/л	$\geq 4,00$ мг/л
Азот нитратный	≥ 400 мг/л	≥ 2000 мг/л

Фосфаты (для эвтрофных водоемов)	$\geq 2,0$ мг/л	$\geq 10,0$ мг/л
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 7,5$ мг/л
Нефтепродукты	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 2,50$ мг/л
СПАВ	$\geq 1,00$ мг/л	$\geq 5,00$ мг/л
ДДТ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
ГХЦГ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Фенолы	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Медь	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Марганец	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Свинец (морская вода)	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Свинец (пресная вода)	$\geq 0,018$ мг/л	$\geq 0,030$ мг/л
Ртуть (морская вода)	$\geq 0,3$ мкг/л	$\geq 0,5$ мкг/л
Ртуть (пресная вода)	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Кадмий	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л

Для пресных вод наиболее информативными комплексными оценками являются индексы загрязненности воды (комбинаторный КИЗВ и удельный УКИЗВ), класс качества воды и некоторые другие показатели (РД-2002). Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большему значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т.д. Классификация качества пресной воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязненная; 3-й класс – загрязненная; 4-й класс – грязная; 5-й класс – экстремально грязная.

Обязательный перечень показателей и ингредиентов для расчета комплексных оценок качества пресных вод содержит 15 позиций: 1. Растворенный в воде кислород, 2. БПК₅(по O₂), 3. ХПК, 4. Фенолы, 5. Нефтепродукты, 6. Нитрит-ионы (NO₂⁻), 7. Нитрат-ионы (NO₃⁻), 8. Аммоний-ион (NH₄⁺), 9. Железо общее, 10. Медь (Cu²⁺), 11. Цинк (Zn²⁺), 12. Никель (Ni²⁺), 13. Марганец (Mn²⁺), 14. Хлориды, 15. Сульфаты (РД 2002). В морских водах обычно не измеряют 3, 14 и 15 позиции, зато очень распространено измерение концентрации общего азота и фосфора, фосфатов, СПАВ и ртути, часто необходимых для расчетов баланса биогенных элементов или являющимися характерными загрязнителями отдельных участков моря.

Кроме индекса ИЗВ для оценки качества морских вод, по аналогии с расчетами пресноводных показателей, могут использоваться три дополнительных критерия загрязненности:

1) **комплексности** – отношение числа веществ, содержание которых превышает ПДК, к общему числу нормируемых ингредиентов, определяемых на исследуемой акватории; незначительная комплексность загрязненности воды водного объекта ($K < 10\%$) и более высокая комплексность ($K \geq 10\%$).

2) **устойчивости** (повторяемость случаев высокой загрязненности по отдельным ингредиентам) – количественная доля проб, в которых обнаружено превышение ПДК; характеристика загрязненности воды по коэффициенту повторяемости – 1–10% единичная, 10–30% неустойчивая, 30–50% устойчивая и 50–100% характерная.

3) **уровня** – максимальная или средняя кратность превышения ПДК для каждого отдельного нормируемого ингредиента; характеристика уровня загрязненности по кратности – 1–2 низкий, 2–10 средний, 10–50 высокий и более 50 экстремально высокий.

Методологические основы организации и проведения наблюдений за состоянием донных отложений (д.о.) на основе изучения их химического загрязнения и токсичности

изложены в «Методических указаниях по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов» (МУ-2014). Они предназначены для использования территориальными органами Росгидромета, Росводресурсов и другими органами государственной власти, осуществляющими мониторинг состояния водных объектов. МУ-2014 определяют общие требования к организации и проведению наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в д.о. водных объектов РФ. Хотя в качестве основного объекта исследований в документе рассматриваются пресноводные водоемы, однако базовые положения применимы и к морским экосистемам. Практически все рекомендуемые методики оценки загрязненности опираются на наличие многолетних наблюдений в условиях постоянного антропогенного воздействия в конкретном водоеме, по результатам которых и рассчитывают среднюю характерную концентрацию. Также описан коэффициент донной аккумуляции (КДА), показывающий кратность загрязнения д.о. по сравнению с водной толщой. В целом МУ поддерживает европейский подход, предлагающий для целей мониторинга долговременных тенденций рассматривать наиболее подходящими матрицами для многих веществ донные отложения, взвешенные вещества или организмы биоты. Эти матрицы интегрируют во времени и пространстве загрязнение в конкретном водоеме, а изменение загрязнения этих элементов водной экосистемы происходит медленнее по сравнению с водной толщей (Guidance Document №25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. European Union, 2010).

Для морских донных отложений в российских водах в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ аналогично ПДК в водной толще, за исключением регионального норматива для Финского залива (СПб-1996). Однако возможность оценивать степень загрязнения д.о. в контролируемом районе моря на основе соответствия уровня содержания отдельных ЗВ критериям экологической оценки загрязненности грунтов существует. Можно воспользоваться разработанными в других странах нормативными показателями, например «голландскими листами» (табл. А.4), (ДК-2002). Полученные единицы превышения установленных верхних допустимых границ («Допустимая Концентрация», ДК) не являются юридическим нормативным значением ни в европейских странах, ни в Российской Федерации. Эти величины только наглядно демонстрируют насколько реальное содержание опасного вещества в осадках превышает некий относительно разумный предел. Они могут быть использованы для упрощенной сравнительной характеристики загрязненности различных участков акватории моря, или для оценки межгодовой изменчивости. Кроме «голландских листов» существует много других систем оценки качества донных отложений в различных странах мира. Во многих из них предлагается определять концентрацию загрязняющего вещества в мелкодисперсной фракции осадков менее 63 микрон, поскольку именно на мелких частицах с очень большой площадью поверхности в основном адсорбируются металлы и органические вещества. Иногда рекомендуется с этой же целью определять общее содержание в грунте органических веществ или алюминия, входящего в состав очень маленьких глинистых частиц. Если в химическом анализе использовалась вся проба грунта из дночерпателя или колонки, за выбросом камней и гальки, ракушек и других крупных объектов, тогда рекомендуется полученный результат нормировать на содержание мелкодисперсной фракции 63 μ и/или концентрацию органического вещества (C_{org}), и/или алюминия (C_{Al}). Нормируемая величина покажет реальное содержание ЗВ на мелкодисперсных частичках и позволит сравнивать субстраты с различным гранулометрическим составом.

Таблица А.4. Допустимый уровень концентрации (ДК) загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с неофициальными нормами из Neue Niederländische Liste. Altlasten Spektrum 3/95, Warmer H., van Dokkum R. (2002).

Металлы (мкг/г)	ДК	Органические ЗВ (нг/г)	ДК
Кадмий, Cd	0,8	Сумма 10 ПАУ	1000
Ртуть, Hg	0,3	Бенз(а)пирен	25
Медь, Cu	35	Бензол	50
Никель, Ni	35	Толуол	50
Свинец, Pb	85	Ксиол	50
Цинк, Zn	140	Этилбензол	50
Хром, Cr	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ	2,5
Мышьяк, As	29	γ -ГХЦГ (линдан) (γ -HCH, lindane)	0,05
Кобальт, Co	20	Сумма 6 ПХБ	20
Молибден, Mo	10	Хлорбензолы	-
Олово, Sn	20	Хлорфенолы	-
Барий, Ba	200	НУ (TPHs), мкг/г	50

В исследованиях гидрохимического режима морской воды и содержания различных форм биогенных элементов часто используется единица измерений микромоль/л или микромоль/дм³ (мкмоль/дм³ или мкМ; $\mu\text{mol/L} = \mu\text{M}$ или $\mu\text{mol/dm}^3$). Таблица пересчета единиц позволяет перевести концентрацию из микромолей в мкг/дм³ (табл. А.5).

Таблица А.5. Пересчет концентрации гидрохимических параметров из мкМ в мкг/дм³.

Элемент/ Соединение	Коэф. пересчета мкМ в мкг/дм ³	Элемент/ Соединение	Коэф. пересчета мкМ в мкг/дм ³
Кислород, O ₂	мкМ * 32 = мкг	Нитраты, NO ₃	мкМ * 14 = мкг
Сероводород, H ₂ S	* 34	Нитриты, NO ₂	* 14
Метан, CH ₄	* 16	Аммоний, NH ₄	* 14
Кремний, Si	* 28	Общий азот, Ntot	* 14
Марганец, Mn	* 55	Фосфаты, PO ₄	* 31
Железо, Fe	* 56	Общий фосфор, Ptot	* 31

Для выработки политики и практических мероприятий по охране водоема необходимы данные о поступлении загрязняющих веществ в морскую среду из наземных источников. Такая информация позволяет спланировать эффективные действия по снижению поступающего с водосбора морей загрязнения. Оценка количества поступающих с берега в море веществ (нагрузка) учитывает три потенциальных источника – выносимое пресными водами рек загрязнение, прямой сброс муниципальных или промышленных сточных вод из трубы в море (точечные), а также поступление ЗВ из неконтролируемых диффузных источников – ливневый сток, смыв с полей, атмосферные выпадения и т.д.). В настоящем Ежегоднике по каждому контролируемому району моря приведены, по возможности, на основе таблиц статистической отчетности 2ТП-Водхоз сведения об объеме поступающих в море с берега сточных вод, степени их очистки и поступлении отдельных видов ЗВ в тоннах за год. Данные о нагрузках от расположенных на водосборах рек диффузных источников, включая сельскохозяйственные предприятия, о поступлении веществ со стоками с неконтролируемых территорий, об удержании загрязняющих веществ в эстuarных районах (маргинальный/дельтовый фильтр), как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий являются

судоходство (суда пассажирского, торгового, нефтеналивного и рыболовного флотов), промышленные предприятия различных форм собственности, различные инженерные работы на шельфе и на берегу. Важным фактором загрязнения морской среды является атмосферный перенос и выпадение различных биогенных или загрязняющих веществ (atmospheric deposition). Атмосферные выпадения на акваторию морей или на водосборную территорию могут быть весьма значительными. Существуют модельные оценки поступления веществ с осадками на территорию Восточной Европы и акваторию морей по тяжелым металлам и отдельным видам органических ЗВ, как минимум за период 1990–2021 гг. (Метеорологический Синтезирующий Центр-Восток МСЦ-В, (<http://www.msceast.org>).

На федеральном уровне основным органом государственной власти в области охраны и использования окружающей среды является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России, МПР, www.mnr.gov.ru), одной из функций которого является организация мониторинга окружающей природной среды и ее загрязнения. Для осуществления государственного мониторинга водных объектов МПР устанавливает требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением; сбору, обработке, хранению данных, а также к подготовке и распространению информационной продукции. Министерство осуществляет координацию и контроль деятельности подведомственных ему Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федерального агентства водных ресурсов и Федерального агентства по недропользованию. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды» и прилагаемому к нему «Положению о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды» Росгидромет осуществляет государственный мониторинг водных объектов (ПП-РФ 477). Он выполняет формирование и поддержку функционирования государственной наблюдательной сети (ГНС), в том числе организацию деятельности стационарных/подвижных пунктов наблюдений и судовых экспедиционных исследований. Вся первичная информация о результатах мониторинга гидрохимического состояния и загрязненности вод направляется в научно-исследовательские институты Росгидромета, а также в Единый государственный фонд данных (ЕГФД) для проверки качества, обработки и переводу в стандартные форматы хранения, а также дальнейшей подготовки различной статистической, графической и текстовой информационной продукции.

А.3. Мониторинг морской среды в 2023 г.

В 2023 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 16 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), а также НИИ и Северо-Западным филиалом «НПО «Тайфун» Росгидромета на 290 станциях, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на острове Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль гидрохимического состояния морской среды проводился в 58 локальных участках прибрежных районов, наиболее подверженных антропогенному воздействию. Основная часть станций расположена вблизи берега в проливах, заливах и бухтах, в эстuarных районах рек, вблизи крупных городов и на акватории портов, а также в местах сброса ЗВ. Большинство точек относятся к постоянно действующей сети ГНС и обследуются ежегодно, некоторые из них совпадают со станциями исторических

вековых разрезов. Часть наблюдений на постоянных или временных станциях проводилась в рамках хорасчетных работ сетевых УГМС Росгидромета. Наибольшее количество станций по программам мониторинга было выполнено на Каспийском, Черном, Балтийском и Японском морях (рис. А.2).

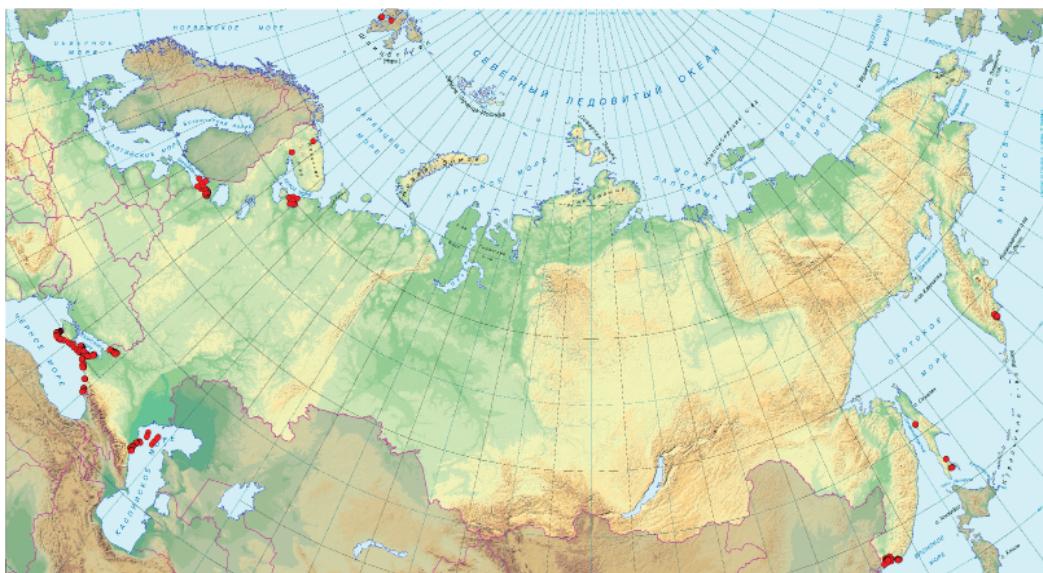


Рис. А1. Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2023 г.

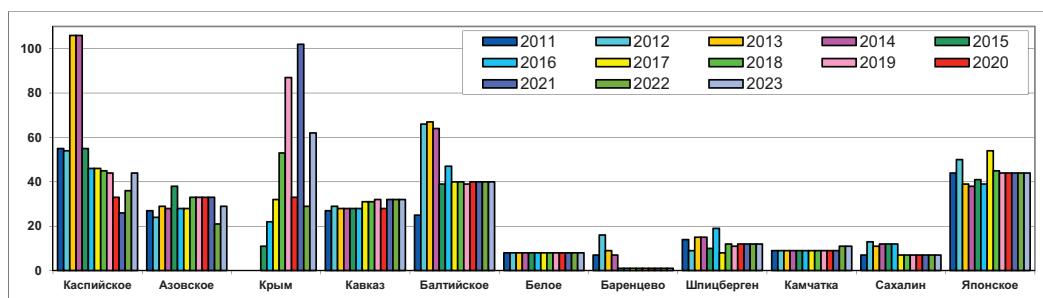


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011–2023 гг.

В течение 2023 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 2080 проб воды и 162 пробы донных отложений (24 на Азовском море, 30 у побережья о. Сахалин и 108 в заливе Петра Великого Японского моря). Суммарное количество выполненных химических анализов составило 42026 измерений в морской воде (на 5084 меньше прошлого года), а в донных отложениях 1320 (на 534 меньше), из которых 1296 было выполнено на шельфе о. Сахалин и в заливе Петра Великого. Общее количество параметров контроля состояния морской среды в воде и донных отложениях включает 72 отдельных анализа или определения. Это гидрологические параметры морской воды, стандартная гидрохимия, концентрация различных форм биогенных элементов (азот,

фосфор и кремний), а также содержание в воде и донных отложениях загрязняющих веществ. В рамках государственной программы мониторинга морской среды последняя группа обычно включает суммарное количество нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектрометрии и флуориметрии, фенолов, СПАВ, стойких органических загрязнителей (СОЗ), главным образом пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, а также ПХБ, и тяжелых металлов (ТМ). Среди органических загрязняющих веществ многочисленные отдельные ингредиенты ПАУ, хлорфенолов и конгенеры ПХБ не учитывались в общем количестве наблюдаемых параметров. В заливе Петра Великого выполнялся гранулометрический анализ осадков. Как правило, из общего набора контролируемых параметров наблюдения на отдельном контролируемом локальном участке акватории моря выполнялись только по ограниченному списку веществ, уровень концентрации которых может быть определен с достаточной точностью на оборудовании местной химической лаборатории. Обычно эти загрязнители являются приоритетными для исследуемой акватории. Аналитические возможности региональных химических лабораторий сильно отличаются, поэтому количество выполненных анализов в 2023 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

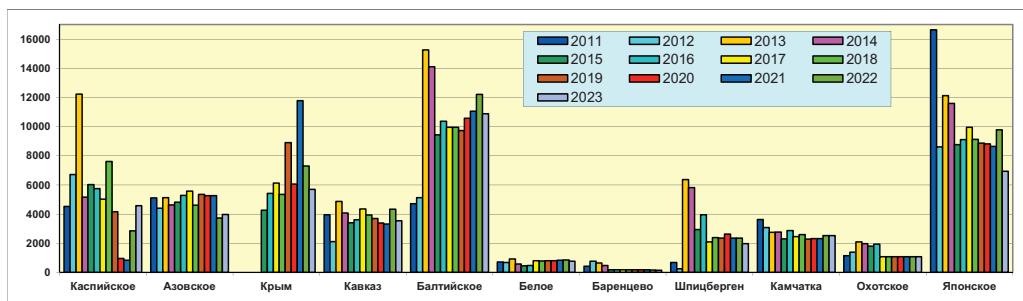


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морей РФ в 2011–2023 гг.

Государственный мониторинг гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды в 2023 г., как и в предыдущие годы, главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (11807 анализов из общего количества 42026), а также измерение концентрации биогенных веществ (12132 анализов) и растворенного в воде кислорода (1936), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов содержания тяжелых металлов (6549) и стойких органических загрязнителей (3676 анализов). При анализе этих классов веществ в одной пробе морской воды обычно анализируется до 11 разных металлов и большое количество различных органических веществ. В частности, хроматографический анализ пестицидов обычно включает 6 ингредиентов из групп ГХЦГ и ДДТ (линдан и 2 конгнера, ДДТ и 2 метаболита), однако дополнительно могут определяться еще несколько хлор- или фосфорорганических соединений. При анализе содержания ПХБ или ПАУ может быть выявлено до 20 и более конгнегеров и/или индивидуальных веществ. Вследствие этого общее количество выполненных анализов по металлам и стойким органическим загрязнителям (СОЗ) выглядит повышенным при сравнении с другими группами веществ. На всех контролируемых участках акватории морей обязательно выполнялось определение содержания в воде нефтяных углеводородов, в основном методом инфракрасной спектрометрии, было проанализировано 1885 проб.

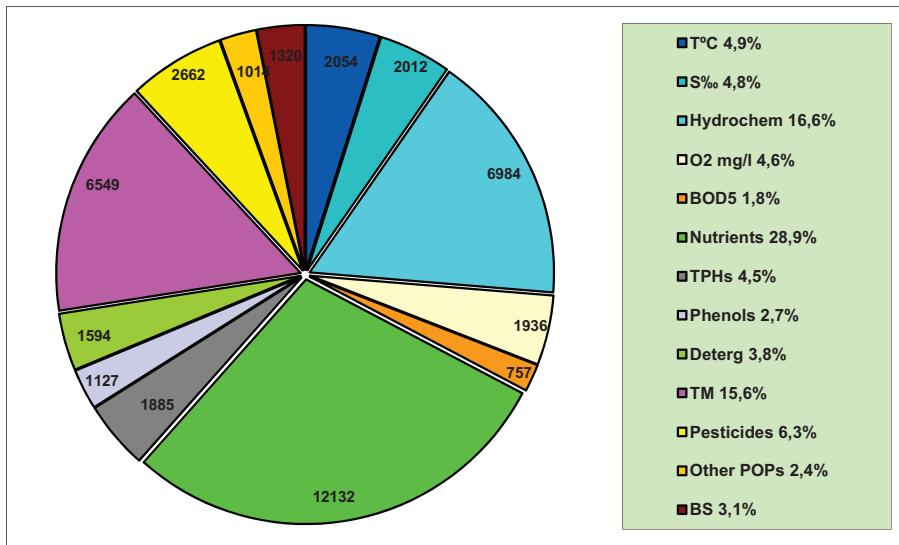


Рис. А.4. Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2023 г.

Т – температура, S – соленость; г/х – стандартные гидрохимические параметры; О₂ – концентрация растворенного в воде кислорода; БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток; Биогены – соединения азота, фосфора и кремния; НУ – сумма нефтяных углеводородов, метод инфракрасной спектрометрии; Фенол – сумма фенолов; СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества; ТМ – тяжелые металлы; Пестициды – хлорорганические пестициды; другие СОЗ – стойкие органические загрязнители кроме хлорорганических пестицидов (гербициды, полихлорированные бифенилы ПХБ, полициклические ароматические углеводороды ПАУ, хлорфеноплы); д.о. – донные отложения.

Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Постнов А.А., Доцхова Д.Г., Османова С.Ш., Аляутдинов В.А., Долгова А.О.

1.1. Общая характеристика

Каспийское море является уникальным природным водоемом нашей планеты, расположенным на крайнем юго-востоке Европейской территории России на границе двух крупных частей единого материка Евразии. Каспий не имеет связи с Мировым океаном. Уровень моря подвержен резким колебаниям и в настоящее время находится примерно на 27–28 м ниже балтийского стандарта (уровня океана). Изменения уровня моря обусловлены определяемой климатом степенью увлажненности водосборного бассейна, площадь которого составляет 3,5 млн. км². По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км², что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км²). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км²), Адриатического (139,0 тыс. км²) и Белого морей (87,0 тыс. км²). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по батиграфической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень – мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием – по линии о. Жилой – мыс Ган-Гулу. Протяженность в основном низменной и гладкой береговой линии оценивается примерно в 6500–6700 км, а с островами до 7000 км.

В северной части Каспийского моря береговая линия изрезана водными протоками, образующими острова в дельте Волги и Урала; берега низкие и заболоченные, а водная поверхность во многих местах покрыта зарослями. Донный рельеф здесь осложнен наличием множества банок и островов, среди которых самый большой о. Чечень. На восточном побережье преобладают известняковые берега, примыкающие к полупустыням и пустыням. Наиболее извилистые берега отмечены у западного побережья в районе Апшеронского полуострова, а на восточном побережье в районе Казахского залива и Кара-Богаз-Гола (Бухарицин, 1996).

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Тerek, Сулак и Самур; последняя является пограничной рекой с Азербайджанской Республикой. Сток р. Волги, в среднем равный 255 км³ в год, составляет примерно 80% поверхностного стока в море. Каспий является солоноватоводным водоемом.

Соленость на большей части акватории моря составляет 12,6–13,2‰; средняя равна 12,66‰. На севере диапазон значительно шире и укладывается в границы 1–8‰. Прилегающая к территории России мелководная акватория значительно опреснена речным стоком. Даже на удалении от устья Волги у побережья Среднего Каспия в районе г. Махачкала средняя соленость равна 10,44‰. Распределение солености по вертикали относительно равномерное. Конвективное перемешивание хорошо развито осенью и зимой вследствие охлаждения поверхностных вод и их осолонения при ледообразовании. В Среднем Каспии глубина конвекции достигает 200 м, в южном Каспии – 80–100 м (Косарев, 1975).

Наибольшая протяженность моря с севера на юг составляет 1030 км, с востока на запад – 435 км. В связи с этим в северной части моря сезонные колебания температуры воды выражены более резко, чем в южной части. Температура воды на поверх-

ности моря летом достигает 24–27°C, зимой колеблется от 0°C на севере до 11°C на юге. В суровые зимы акватория Северного Каспия почти полностью покрывается льдом, толщина которого колеблется от 25–30 до 60 см. Глубоководные районы Среднего и Южного Каспия всегда свободны ото льда. Летом верхние слои хорошо и примерно одинаково прогреты в центральных и южных районах моря. На горизонтах порядка 20–35 м температура резко понижается с глубиной, что свидетельствует о формировании здесь летнего термоклина. Под ним температура плавно убывает с глубиной. В мелководной северной части моря круглый год наблюдается гомотермия, при этом часто в северо-западной части моря прослеживается вертикальная стратификация вод по солености. Горизонтальная динамика вод моря характеризуется преобладанием центральной циклонической циркуляции, охватывающей практически всю акваторию моря, и образованием отдельных местных круговоротов. Интенсивность вертикальной циркуляции в основном определяется многолетними изменениями температуры и солености воды, которая зависит от объема речного стока. В годы ослабленной вертикальной циркуляции вод, например вследствие образования мощного пикноклина, концентрация кислорода в придонном слое глубоководных котловин может снижаться до нуля. В летнее время при гидрометеорологических условиях, способствующих вертикальной стратификации вод, гипоксия формируется также в придонном слое северо-западной части моря. Прозрачность воды в море обычно не более 15 м.

Море бесприливное. Хорошо выражены солнечно-нагонные явления (до 2–3 м) и сейшебразные колебания, амплитуда которых доходит до 35 см, а период от 8–10 минут до нескольких часов (Крицкий, 1975).

На Каспийском море развита добыча нефти, а также рыболовство и судоходство. Ранее построенные порты (Астрахань – в 2010 г. работало 21 больших и малых портовых сооружений, 15 судостроительно-судоремонтных заводов; Махачкала, Баутино, Актау, Баку, Туркменбашы, Энзели) в настоящее время реконструируются и расширяются. Ведется или намечается строительство новых портов. С первой половины прошлого века на Южном Каспии ведется морской нефтяной промысел. К началу XXI века наиболее изученными оказались южные и средние районы Каспия у берегов Азербайджана и Туркменистана. Здесь добыча нефти оценивается уровнем более 320 млн. тонн в год. По последним геологическим данным можно говорить о паритетном соотношении распределения месторождений углеводородов между Северным и Южным Каспием. Кроме сырьевых запасов Каспийский регион богат биологическими ресурсами. Здесь находятся крупнейшие в мире нерестилища осетровых (всего здесь обитает около 130 видов и разновидностей рыб) и редчайшие поля лотоса. В водно-болотистых районах Северного Каспия водится множество птиц (более 100 видов), таких как утки, лебеди, цапли, кулики, чайки и др. Единственное обитающее в море морское млекопитающее – эндемик каспийский тюлень.

Бассейн Каспийского моря и особенно территория по берегам р. Волги отличаются высокой степенью промышленного и сельскохозяйственного освоения. Западное побережье Каспийского моря освоено лучше, чем восточное. Здесь на южном берегу Апшеронского полуострова расположен крупнейший на Каспийском море порт и самый большой на Кавказе город Баку, с площадью 2130 км² и населением агломерации более 2,5 млн. жителей. В Российской Федерации расположено несколько городов с численностью населения более 100 тыс. человек: Астрахань (крупнейший город Северного Каспия, 475,6 тыс. жителей в 2021 г.) расположена на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км²; на Дагестанском побережье расположены Махачкала (623,3↑), Дербент (125,0↓) и Каспийск (121,1↓), (<http://ru.wikipedia.org/wiki>).

1.2. Поступление загрязняющих веществ

Более 85% поверхностного пресноводного стока воды в Каспийское море приходится на Северный Каспий, который представляет собой ограниченное изобатой 20 м обширное мелководье. В многоводные годы объем речного стока составляет 75% объема воды северной части моря, которая является зоной активного перемешивания речных и морских вод. Загрязняющие вещества поступают в море в основном с речным стоком, коммунальными и промышленными стоками прибрежных городов и поселков, стоками вод с сельхозугодий, атмосферными выпадениями, ветровым переносом с других территорий, газовыми и жидкими выделениями со дна моря. Существенный вклад в загрязнение морской акватории в последние десятилетия вносят эксплуатация и разведка морских нефтепромыслов, транспортировка нефти морским путем, береговые предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности и различные судовые сбросы. Трансграничный перенос из сопредельных акваторий также имеет значение.

1.3. Состояние вод Северного Каспия

Мониторинг загрязнения Северного Каспия в 2023 г. выполнялся сотрудниками Астраханского ЦГМС Северо-Кавказского управления Росгидромета. На трех станциях разреза IIIa в западной части района было отобрано 8 проб на поверхностном и придонном горизонтах в мае и сентябре. На разрезе III в центральной части Северного Каспия наблюдения были проведены в апреле, июле и сентябре. На четырех станциях было отобрано 26 проб. На южной границе северо-каспийского мелководья на разрезе IV съемки выполнены в апреле и сентябре, отобрано 17 проб (рис. 1.1). Как и в прошлом году, определение концентрации металлов не проводилось. При оценке качества вод с использованием значений фосфатов принималось, что воды района могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные. Определение стандартных гидрохимических параметров, а также концентрации биогенных и загрязняющих веществ – нефтяных углеводородов (ИК-спектрометрия), фенолов (кроме разрезов III и IIIa) и СПАВ, проводилось в стационарной береговой лаборатории. Далее в тексте и таблицах концентрация биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов выражена в $\text{мкг}/\text{дм}^3$, содержание кислорода – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – $\text{мг}/\text{дм}^3$. Предел обнаружения нефтяных углеводородов составлял 0,02 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

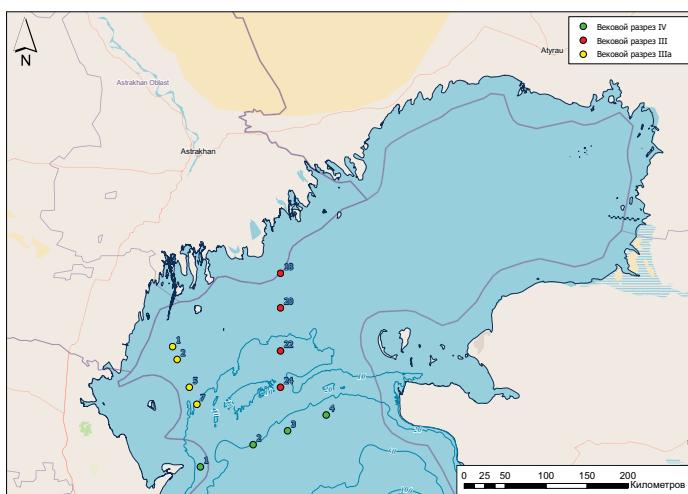


Рис. 1.1. Станции отбора проб морской воды на акватории Северного Каспия в 2023 г.

1.3.1. Западная и центральные части акватории (разрезы IIIa и III)

На разрезе IIIa в западной части Северного Каспия в мае **соленость** изменялась от 0,27‰ на ст.№1 вблизи устья Волги до 7,28‰ на удалении от него, в среднем 3,78‰; в сентябре соленость на удалении от устья реки возросла до 7,78‰. На разрезе III в центральной части акватории, где влияние пресноводного стока менее ощутимо, соленость изменялась в более узком диапазоне 6,61–11,70‰, в среднем 9,16‰. В целом уровень солености в месяцы наблюдения соответствовал ее обычному годовому ходу в Северном Каспии (табл. 1.1). Температура варьировала в пределах 19,8–22,0°C; водородный показатель 7,94–8,99 ед.рН; щелочность 2,62–3,74 мг-экв/дм³. Прозрачность воды взморья была наименьшей (0,5–0,6 м) вблизи дельты Волги и повышалась до 0,8–2,5 м на удаленных станциях. Кислородный режим в 2023 г. вернулся к обычному: минимальное содержание кислорода в воде составило 8,57, а максимальное 11,69 мгO₂/дм³ (табл. 1.2). Это заметно выше соответствующих значений прошлого года. Концентрация фосфатов также вернулась к характерным для этого района значениям и изменялась в пределах 9,00–41,00 при средних значениях 15,50 в западной и 19,08 мкг/дм³ в центральной частях акватории Северного Каспия. Если исключить аномально низкие значения содержания этого ингредиента в 2022 г., то можно предположить наличие тенденции к повышению концентрации фосфатов начиная с 2015 г. (рис. 1.2). Подтвердить или опровергнуть такое предположение можно будет только по данным новых наблюдений в последующие годы. Содержание аммонийного азота повысилось более двух раз, однако оставалось далеким от норматива и в среднем составило около 0,1 ПДК. Концентрация нитритов, напротив, понизилась в несколько раз по сравнению с 2022 г. Уровень присутствия нитратов также был очень невысоким и не поднимался более 0,02 ПДК. Содержание силикатов в целом сохранялось в пределах обычной межгодовой изменчивости.

Таблица 1.1. Средние, минимальные и максимальные значения гидрохимических параметров вод на вековых разрезах Северного Каспия в 2023 г. Концентрация биогенных элементов в мкг/дм³.

Параметр	Разрез III (26 проб)			Разрез IIIa (8 проб)			Разрез IV (17 проб)		
	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.
Температура, °C	19,8	10,8	26,5	15,8	13,0	22,0	17,9	17,6	22,7
Соленость, ‰	9,16	6,61	11,70	3,78	0,27	7,78	9,82	9,45	11,80
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	10,15	8,59	10,96	10,97	10,10	11,69	9,57	8,57	10,61
pH, ед.рН	8,29	7,94	8,90	8,62	8,30	8,99	8,20	8,27	8,40
Фосфаты P-PO ₄	19,08	9,00	41,00	15,50	10,00	36,00	10,86	8,3	15,2
Общий фосфор P _{total}	-	-	-	-	-	-	15,41	12,3	17,6
Нитриты N-NO ₂	0,04	0,00	0,12	0,03	0,02	0,05	1,68	1,30	2,01
Нитраты N-NO ₃	0,04	0,02	0,107	0,03	0,02	0,06	14,96	11,4	17,8
Аммоний азот N-NH ₄	44,54	13,00	93,00	34,88	10,00	57,00	336	289	399
Общий азот N _{total}	-	-	-	-	-	-	374	320	454
Кремний Si	58,5	37,0	78,0	72,9	64,0	79,0	366	238	377

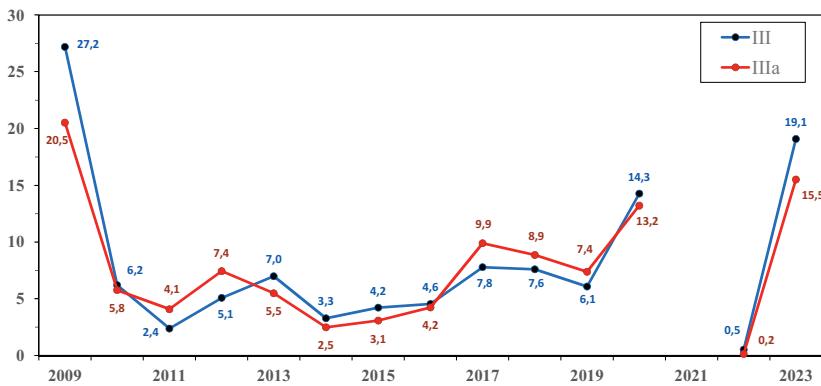


Рис. 1.2. Многолетняя динамика содержания фосфатов (мкг/дм³) в водах центральной (разрез III) и западной (разрез IIIa) части акватории Северного Каспия в 2009–2023 гг. В 2021 г. наблюдения на разрезах III и IIIa не проводились.

Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах западного Каспия на разрезе IIIa составила для нефтяных углеводородов (НУ) – 0,70/1,00 ПДК, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) – 0,56/0,99 ПДК, аммонийного азота – 0,09/0,15 ПДК. В центральной части акватории на разрезе III эти величины составляли для НУ 0,74/1,14 ПДК, СПАВ 0,66/1,28 ПДК и аммонийного азота 0,11/0,24 ПДК. Такие значения были заметно выше прошлогодних. Содержание фенолов в водах Северного Каспия в этом году не определялось.

На разрезах III и IIIa значения ИЗВ, рассчитанные по средней концентрации НУ, СПАВ, аммонийного азота и кислорода в 2023 г., составили 0,53 и 0,47, соответственно (табл. 1.3). Годом ранее так же в условиях отсутствия определения фенолов значение ИЗВ на разрезах было 0,43 и 0,55. Таким образом, состояние вод центральной части акватории немного улучшилось, а в западной – ухудшилось. В связи с прекращением наблюдений за фенолами, вносящими наибольший вклад в уровень ИЗВ, приведенные выше значения могут использоваться для сравнения качества вод в последние два года и не дают основания для определения многолетней тенденции. Ранее было показано насколько сильно может повлиять на оценку качества вод выпадение из листа наблюдений отдельных приоритетных для района загрязнителей (Коршенко, 2023).

Таблица 1.2. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного Каспия в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Разрез III 4 ст. 26 проб	НУ	-	-	0,024	0,48	0,037	0,74
		-	-	0,03	0,60	0,057	1,14
	СПАВ	-	-	53,6	0,54	66	0,66
		-	-	76,6	0,77	128	1,28
	Азот аммонийный	-	-	17,0	0,04	44,5	0,11
		-	-	22,0	0,06	93,0	0,24
	Азот нитритный	-	-	1,50	0,06	0,04	0,00
		-	-	3,00	0,12	0,12	0,01
	Фосфаты	-	-	0,5	0,01	19,1	0,38
		-	-	1,0	0,02	41,0	0,82
	Кислород	-	-	9,00		10,15	
		-	-	8,67		8,59	

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Разрез IIIa 4 ст., 8 проб	НУ	-	-	0,044	0,88	0,035	0,70
		-	-	0,054	1,08	0,050	1,00
	СПАВ	-	-	52,4	0,52	56	0,56
		-	-	60,0	0,60	99	0,99
	Азот аммонийный	-	-	22,5	0,06	34,9	0,09
		-	-	42,0	0,11	57,0	0,15
	Азот нитритный	-	-	1,83	0,08	0,03	0,00
		-	-	2,00	0,08	0,05	0,00
	Фосфаты	-	-	0,15	<0,01	15,5	0,31
		-	-	0,50	0,01	36,0	0,72
	Кислород	-	-	8,25	-	10,97	-
		-	-	4,02	0,67	10,10	-
Разрез IV 4 ст., 17 проб	НУ	0,039	0,78	0,052	1,04	0,040	0,80
		0,05	1,00	0,06	1,20	0,070	1,40
	Фенолы	2,18	2,18	2,82	2,82	1,88	1,88
		3,0	3,00	4,00	4,00	3,0	3,00
	Азот аммонийный	299	0,77	227	0,58	336	0,86
		338	0,87	319	0,82	399	1,03
	Азот нитритный	1,73	0,07	1,22	0,05	1,7	0,07
		2,00	0,08	1,61	0,07	2,0	0,08
	Фосфаты	13,6	0,27	6,6	0,13	10,9	0,22
		15,9	0,32	7,3	0,15	15,2	0,30
	Cu	-	-	2,55	0,51	2,73	0,55
		-	-	3,30	0,66	3,50	0,70
	Кислород	9,30	-	8,15	-	9,57	-
		8,17	-	7,92	-	8,57	-

Примечания:

- Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного, нитритного азота, фосфатов и меди – в мкг/дм³.
- Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода минимальное) значение.
- Для распредненных вод Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.
- В последние 3 года в водах разрезов III и IIIa определение концентрации фенола и металлов не проводилось.

Таблица 1.3. Оценка качества вод Северного Каспия в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ*	Класс	ИЗВ*	Класс	
Section III	1,84	V	0,43	II	0,53	II	НУ 0,74; СПАВ 0,66; NH ₄ 0,11; O ₂ 0,59
Section IIIa	1,59	IV	0,55	II	0,47	II	НУ 0,68; СПАВ 0,56; NH ₄ 0,09; O ₂ 0,55

ИЗВ* – без учета фенолов

1.3.2. Южная граница Северного Каспия

На южной границе Северного Каспия (разрез IV, Чечень-Мангышлак, рис. 1.1) наблюдения проводились в апреле и сентябре 2023 г. на 4 станциях с глубинами 10–23 м на трех горизонтах – поверхностном, промежуточном и придонном. Всего было отобрано 17 проб.

Для разреза IV характерно возрастание солености в направлении от западного берега моря к восточному, что связано с потоком распресненной волжской воды, распространяющимся вдоль западного берега моря. В апреле соленость на поверхности моря изменилась от 9,45‰ на станции 1 около западного берега до 10,50‰ на станции 3 в центральной части моря. В сентябре соленость на тех же станциях составила 8,06‰ и 10,00‰. Температура была более однородной в пространстве – 12–13°C в апреле и 26,0°C на всех станциях разреза в сентябре. Величина водородного показателя вод (рН) находилась в пределах 7,76–8,33 в апреле и 8,37–8,41 ед.рН в сентябре. Показатели кислородного режима соответствовали норме: средняя и минимальная концентрация была равна 9,57 и 8,57 мгO₂/дм³, соответственно (табл. 1.2).

Концентрация фосфатов на южной границе Северного Каспия в районе разреза IV составляла 8,3–15,2, что не превышало 0,3 ПДК (табл. 1.2). Содержание общего фосфора варьировало в пределах 12,3–17,6 мкг/дм³. Таким образом, на органический фосфор приходилась приблизительно треть его общего содержания в воде. Содержание силикатов изменилось в диапазоне 238–377 при среднем 366 мкг/дм³.

Среднее/максимальное значения концентрации нитритов и аммонийного азота составляли 0,07/0,08 ПДК и 0,86/1,03 ПДК, соответственно. За последние два десятилетия средняя годовая концентрация аммонийного азота на разрезе IV выросла с 51–88 в 2000–2005 гг. до 237–336 мкг/дм³ в 2019–2023 гг. А в промежуточный период 2013–2018 гг., напротив, наблюдались очень низкие значения содержания аммонийного азота – от 11 до 21 мкг/дм³. Размах межгодовых колебаний содержания аммонийного азота в водах разреза в период 2007–2023 гг. значительно вырос по сравнению с более ранним периодом (рис. 1.3). В целом, по данным наблюдений в 2023 г. угроза эвтрофикации вод на южной границе Северного Каспия отсутствовала.

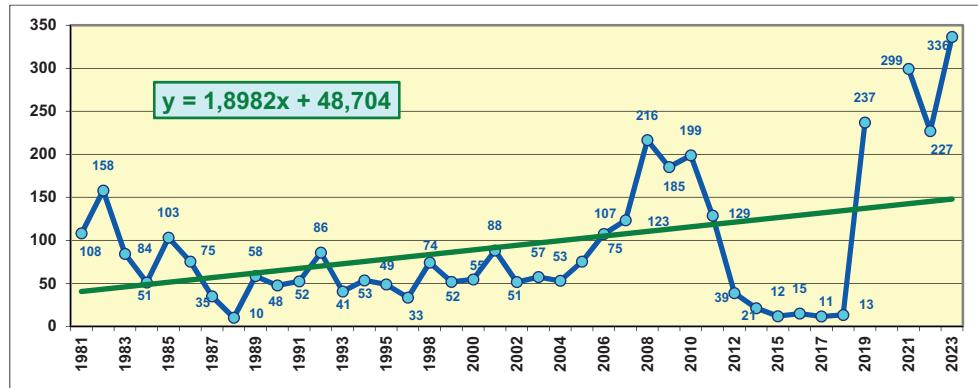


Рис. 1.3. Динамика средней годовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2023 гг.

Как и ранее, среди загрязняющих веществ в 2023 г. приоритетными оставались фенолы со средней годовой концентрацией 1,9 ПДК и максимальной 3,0 ПДК. Анализ межгодовой изменчивости концентрации фенолов за период наблюдений с 1981 г. указывает на наличие отрицательного линейного тренда. Однако основное уменьшение концентрации фенолов приходилось на 1981–2003 гг., тогда как в более поздний период ее заметного систематического изменения не наблюдалось (рис. 1.4).

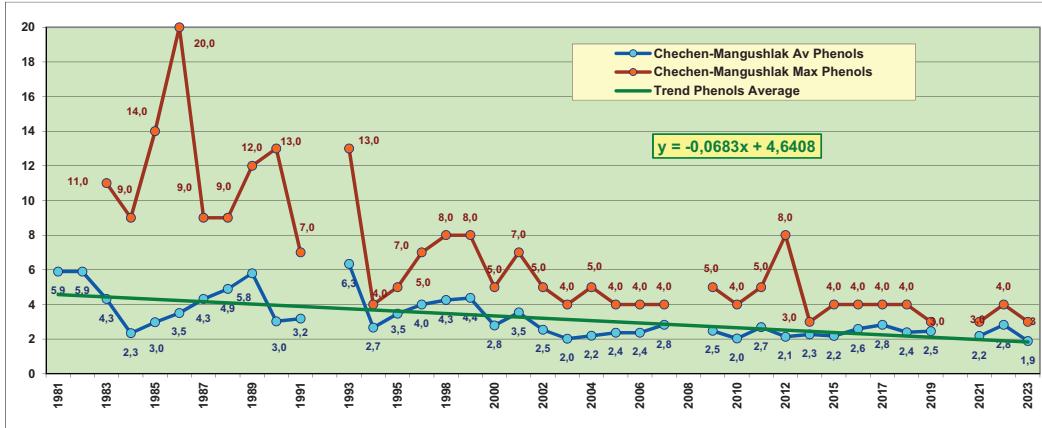


Рис. 1.4. Динамика максимальной и средней годовой концентрации фенолов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2023 гг. Максимальные значения концентрации фенолов 54,0 и 29,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ в 1981–1982 гг. вынесены за поля графика.

Средняя концентрация нефтяных углеводородов в 2023 г. составила 0,8 ПДК, а максимальная достигала 1,4 ПДК. Эти значения находятся в пределах межгодовой изменчивости, установившейся в последние 10 лет (рис. 1.5). Многолетняя динамика содержания НУ на границе Северного Каспия характеризовалась ростом средней годовой концентрации в 2000–2008 гг. В более поздний период содержание НУ в водах разреза стабилизировалось на уровне чуть менее 1 ПДК с небольшими вариациями. После 2012 г. размах максимальных годовых значений заметно уменьшился по сравнению с предыдущими годами. Межгодовая изменчивость средней концентрации НУ в районе разреза IV оставалась существенно ниже, чем на разрезах III и IIIa на более северных акваториях.

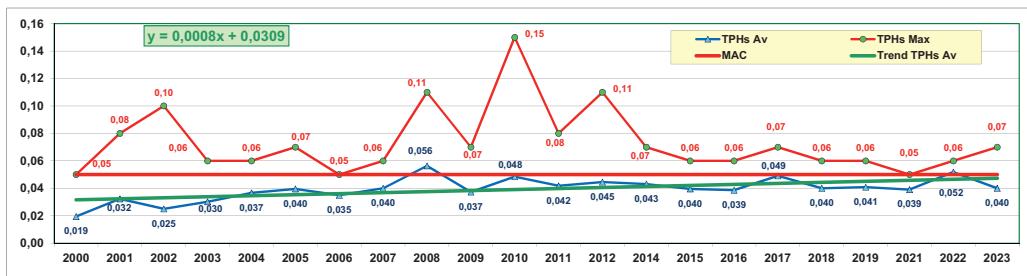


Рис. 1.5. Динамика максимальной и средней годовой концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 2000–2023 гг.

Наблюдения за концентрацией меди были восстановлены на IV разрезе только в 2022 г., в связи с чем ее многолетнюю динамику выявить не удалось. По данным двух лет средняя концентрация составляла 0,51–0,55 ПДК, поэтому вклад НУ в общее загрязнение вод невелик по сравнению с другими загрязнителями.

Значение ИЗВ на разрезе IV на южной границе Северного Каспия в 2023 г. составило 1,04. Состояние вод вновь стало соответствовать классу III («умеренно загрязненные»), что типично для этого района (табл. 1.4, рис. 1.6). Улучшение качества воды в 2023 г. по сравнению с предыдущим годом было вызвано понижением концентрации фенолов и нефтяных углеводородов (рис. 1.7).

Таблица 1.4. Оценка качества морских вод на южной границе Северного Каспия (разрез IV) по ИЗВ в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Разрез IV	1,10	III	1,29	IV	1,04	III	Фенолы 1,88; NH_4 0,86; НУ 0,80; O_2 0,63

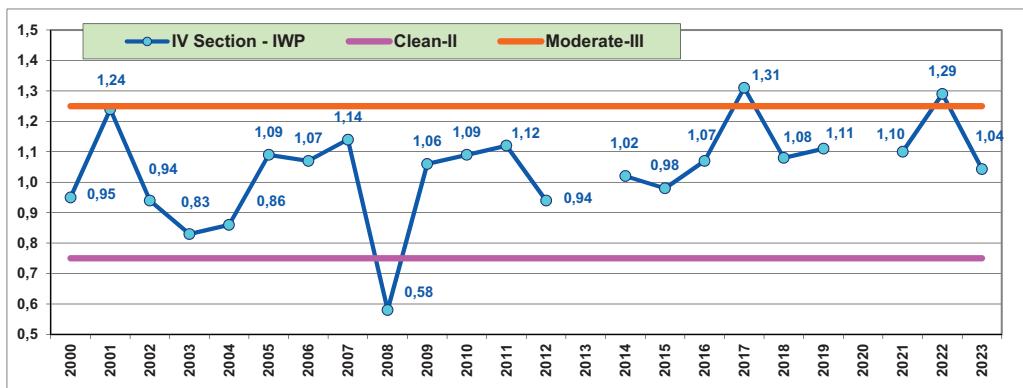


Рис. 1.6. Многолетняя динамика ИЗВ в водах станций IV разреза на южной границе Северного Каспия в период 2000–2023 гг.

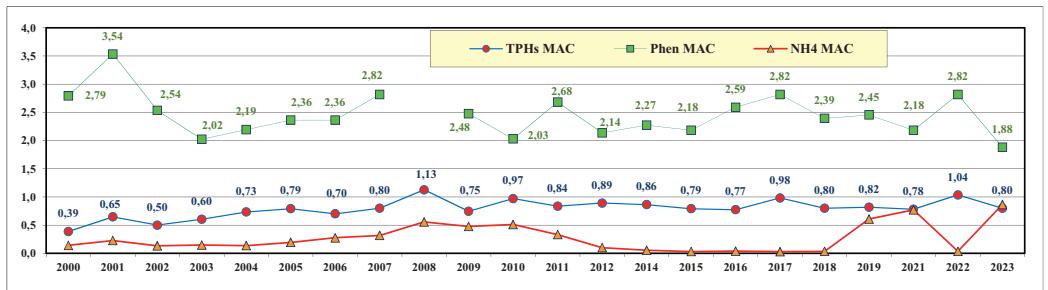


Рис. 1.7. Динамика содержания фенолов, НУ и NH_4 в единицах ПДК в 2000–2023 гг. на южной границе Северного Каспия (разрез IV). В 2020 г. наблюдений в этом районе не проводилось.

1.4. Состояние вод Дагестанского взморья

Станции гидрохимического мониторинга морских вод на Дагестанском взморье расположены в 8 районах вблизи берега на мелководье, глубина на них варьирует от 3,3 до 21,0 м (рис. 1.8). В 2023 г. наблюдения на них выполнялись дважды – в сентябре во всех районах, кроме Лопатина, и в октябре на участке от Лопатина до Каспийска. Всего на поверхностном и придонном горизонтах было отобрано 254 пробы. Далее в тексте концентрация биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов выражена в мкг/дм³, содержание кислорода – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения нефтяных углеводородов составлял 0,02 мг/дм³.

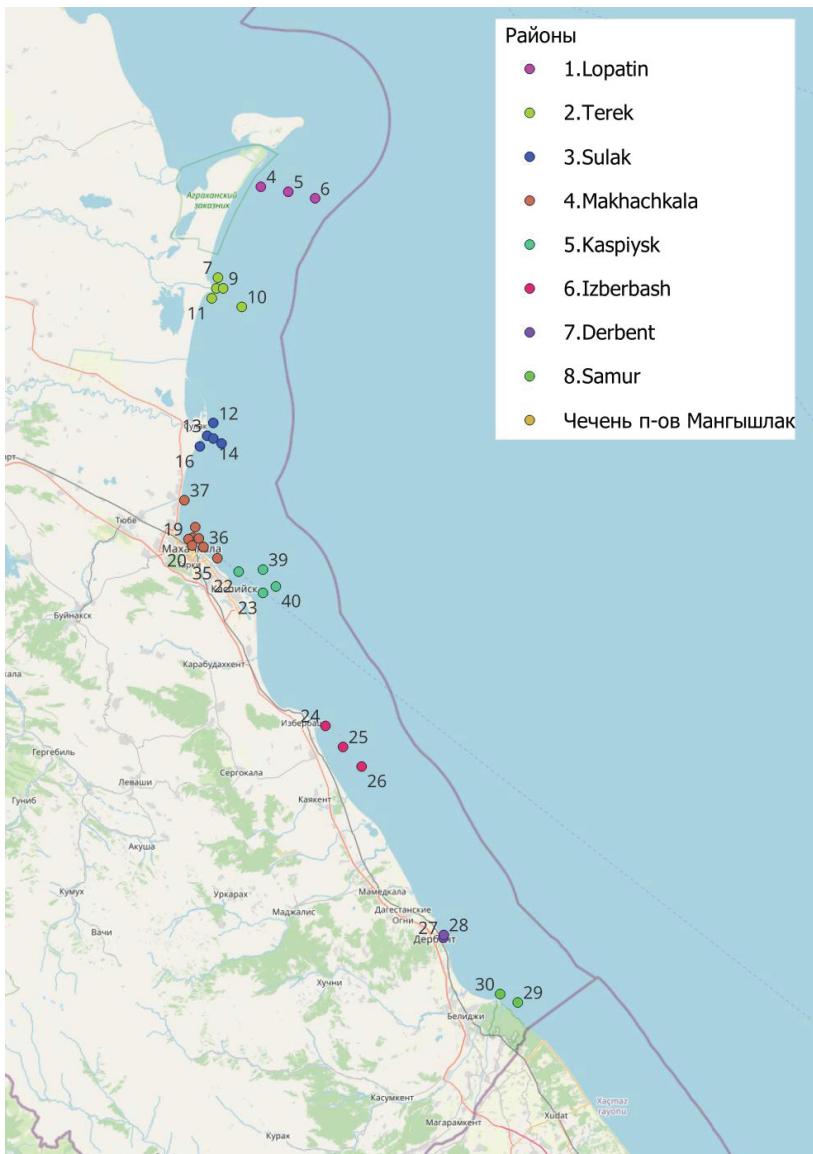


Рис. 1.8. Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2023 г. Фиолетовой линией обозначена 12-мильная зона.

Как и в предыдущие годы, средняя соленость прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг от 8,57‰ у п. Лопатин до 9,44‰ на взморье р. Самур (табл. 1.5). Это обусловлено распресняющим влиянием волжского стока, распространяющегося на юг вдоль побережья Дагестана. Соленость во всех районах была меньше прошлогодней. По-видимому, это связано с различиями в объеме пресной воды, поступающей в разные сезоны и годы на Дагестанское взморье с речным стоком.

Таблица 1.5. Среднее и максимальное значение гидрохимических параметров вод Дагестанского побережья в 2023 г.

Район	T°C	S ‰	O ₂	pH	PO ₄	P tot	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N tot	Si
Лопатин	20,72	8,57	9,49	8,16	12,04	16,90	1,6	15,60	351,37	386,90	341,97
3 ст., 30 проб	26,8	10,4	8,58	8,59	19,8	26,9	2,21	20,1	409	442	442
Взморье р. Тerek	20,51	8,72	9,59	8,24	10,70	14,94	1,5	14,43	332,40	382,98	368,44
5 ст., 50 проб	27,1	10,9	8,51	8,59	14,3	18,2	2,0	19,1	399	474	491
Взморье р. Сулак	20,44	8,75	9,61	8,34	11,59	14,70	1,5	14,94	331,64	374,30	372,26
5 ст., 50 проб	26,0	10,9	8,58	9,38	14,8	17,5	2,11	18,3	378	453	481
Махачкала	19,67	8,91	9,57	8,35	13,13	16,94	1,8	15,31	339,37	379,07	394,42
8 ст., 73 проб	26,0	10,9	8,58	8,46	18,7	22,1	2,31	17,8	395	481	480
Каспийск	17,91	8,49	9,62	8,31	12,74	18,48	1,5	14,52	366,63	378,71	373,29
4 ст., 24 проб	22,4	10	8,37	8,46	15,3	22,4	2,0	17,4	399	449	477
Избербаш	15,03	8,36	10,17	7,68	12,79	16,06	1,5	14,69	347,33	401,07	393,73
3 ст., 15 проб	23,0	11,1	8,94	8,43	16,7	19,4	1,91	17,3	392	461	465
Дербент	16,90	8,73	9,84	8,31	11,80	15,35	1,6	13,28	335,50	384,13	380,13
2 ст., 8 проб	22,18	10,4	8,58	8,46	16,3	19,4	2,0	17,1	389	449	431
Взморье р. Самур	19,00	9,44	9,36	8,39	11,90	13,85	1,1	12,20	323,50	358,00	401,00
2 ст., 4 проб	20,0	9,92	8,78	8,41	14,0	16,2	1,28	14,3	348	380	461

Примечание. Величина водородного показателя приведена в единицах pH, концентрация растворенного кислорода в мгO₂/дм³, биогенных веществ в мкг/дм³.

Концентрация **фосфатов** по-прежнему оставалась далекой от предельно допустимой – не более 0,4 ПДК, максимальное значение было отмечено у п. Лопатин (табл. 1.6). Содержание общего фосфора было в разных районах на 14–27% больше минерального, средние значения варьировали от района к району в диапазоне 10,7–14,7 мкг/дм³. Средняя концентрация нитритов сохранялась в разных районах на уровне 1,1–1,8 мкг/дм³ (0,05–0,08 ПДК). Содержание аммонийного азота сохранилось на высоком уровне – в среднем от 0,83 на взморье р. Самур и 1,02 ПДК у г. Махачкала. Эти значения немного выше прошлогодних. Сохраняется отмеченная ранее тенденция к росту концентрации аммонийного азота со скоростью 0,04–0,06 ПДК/год. Как и ранее, отмечалась тенденция к убыванию среднего содержания нитратного азота с севера на юг – от 15,6 у п. Лопатин до 12,2 мкг/дм³ на взморье р. Самур. Разброс средних значений концентрации силикатов в разных районах Дагестанского взморья был относительно небольшим – 341–401, при этом значение средней концентрации силикатов во всех районах было несколько ниже прошлогодней. Таким образом, судя по приведенным выше значениям концентрации биогенных веществ, признаков эвтрофикации вод на Дагестанском шельфе по-прежнему не отмечено. Одновременно отмечается рост кон-

центрации аммонийного азота, которая вплотную приблизилась к ПДК, а на акватории Махачкалы даже немного превысила ее.

Концентрация **фенолов** на Дагестанском взморье по-прежнему заметно превосходила норматив – в среднем от 2,57 ПДК у п. Лопатин до 3,54 ПДК у г. Махачкала. При этом многолетний тренд концентрации фенолов по-прежнему отсутствовал, но ее межгодовые колебания были значительными (рис. 1.9).

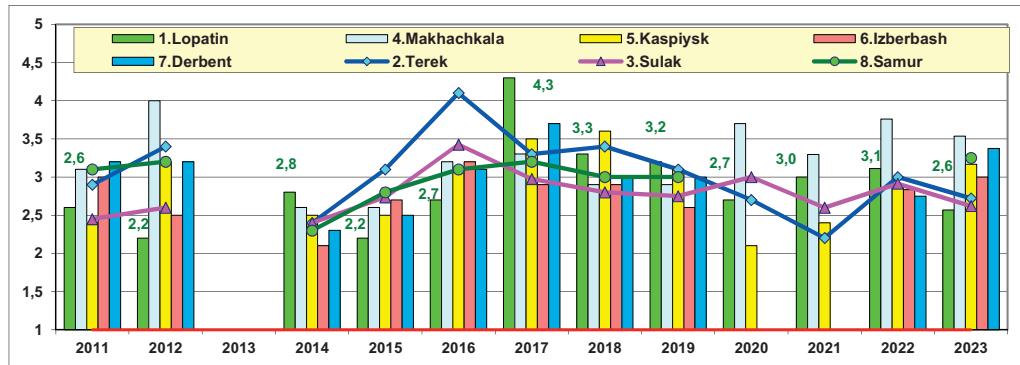


Рис. 1.9. Динамика средней концентрации фенолов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2011–2023 гг.

Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами соответствовал уровню предыдущих лет. Средняя годовая концентрация во всех районах варьировала от 0,88 ПДК у Каспийска до 1,01 ПДК у Махачкалы, а максимальная достигала 1,4 ПДК на взморье р. Сулак и у Махачкалы. В целом, в 2023 г. концентрация НУ оставалась на уровне 2015–2022 гг., какой-либо значимой тенденции в ее многолетней изменчивости не обнаружено (рис. 1.10).

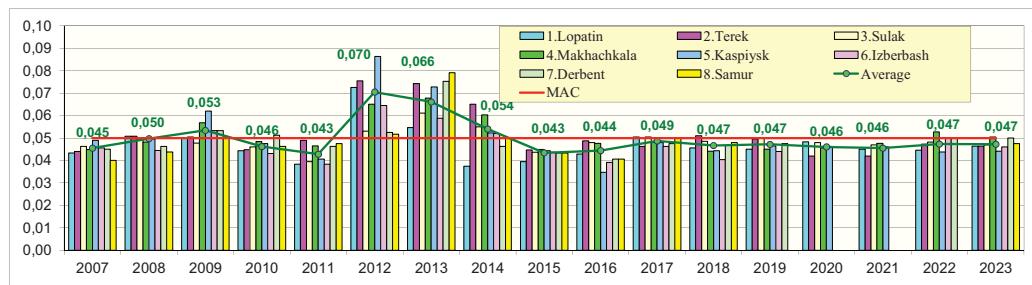


Рис. 1.10. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2007–2023 гг.

Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) измерялась в 6 районах из 8 (кроме Избербаша и взморья р. Самур). Среднее содержание СПАВ варьировало от района к району взморья в диапазоне 0,08–0,24 ПДК. Как и в прошлом году в районе г. Махачкала однократно (01.10.2023 г.) наблюдалось экстремально высокое значение концентрации СПАВ, достигавшее 1,8 ПДК.

Концентрация меди определялась только в трех районах – у п. Лопатин и на взморьях рек Терек и Сулак. Абсолютные значения концентрации меди в этих районах находились на

уровне 0,56–0,69 ПДК; какой-либо тенденции к их межгодовой изменчивости за последние шесть лет не обнаруживается (табл. 1.7).

Таблица 1.7. Многолетняя динамика концентрация меди (в ПДК) в водах Северного Каспия и Дагестанского шельфа в 2018–2023 гг.

Год	Районы					
	Лопатин	Терек	Взморье р. Сулак	Центр Северного Каспия (разрез III)	Запад Северного Каспия (разрез IIIa)	Южная граница Северного Каспия (разрез IV)
2018	0,52	0,44	0,30	1,18	0,80	-
2019	0,51	0,39	0,70	1,10	0,86	-
2020	0,74	0,77	0,73	0,62	0,76	-
2021	0,72	0,75	0,72	-	-	-
2022	0,71	0,55	0,58	-	-	0,51
2023	0,69	0,56	0,57	-	-	0,54

Кислородный режим Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя концентрация растворенного **кислорода** изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 9,36 мгО₂/дм³ на взморье р. Самур до 10,17 мгО₂/дм³ у п. Избербаш. Значения комплексного показателя уровня загрязнения ИЗВ в большинстве районов мониторинга в 2023 г. составили 1,25–1,51 с максимумом в районе Махачкалы (табл. 1.8). Все эти значения ИЗВ соответствуют «загрязненным» водам. В районах п. Лопатин, взморьях рек Терек и Сулак, а также г. Махачкала наблюдавшийся в 2020–2022 гг. рост прекратился, и возобновилась ранее отмеченная тенденция к понижению ИЗВ. В районах городов Каспийск и Дербент рост ИЗВ продолжился, а у п. Избербаш каких-либо изменений не произошло (рис. 1.11). Как и в предыдущие годы, пространственные и межгодовые изменения ИЗВ на Дагестанском взморье были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

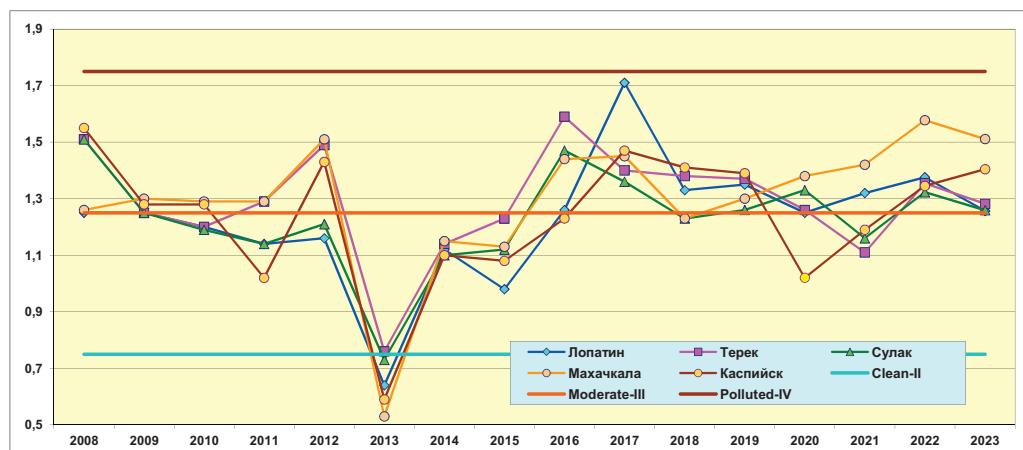


Рис. 1.11. Динамика ИЗВ на Дагестанском взморье 2008–2023 гг.

Таблица 1.6. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих и биогенных веществ в водах Дагестанского побережья в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Лопатин 3 ст., 30 проб	НУ	0,045	0,90	0,045	0,89	0,046	0,93
		0,05	1,00	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	3,00	3,00	3,11	3,11	2,57	2,57
		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	СПАВ	12	0,12	9,67	0,10	8,25	0,08
		69	0,69	12	0,12	12	0,12
	Cu	3,6	0,72	3,57	0,71	3,43	0,69
		4,7	0,94	4,6	0,92	4,6	0,92
	Zn	3,0	0,06	2,9	0,06	2,9	0,06
		3,7	0,07	3,3	0,07	3,2	0,06
	Азот аммонийный	231,7	0,59	323	0,83	351	0,90
		265	0,68	386	0,99	409	1,05
	Азот нитритный	1,79	0,07	1,7	0,07	1,6	0,07
		2,31	0,10	2,01	0,08	2,21	0,09
	Фосфор фосфатный	10,9	0,21	10,17	0,20	12,04	0,24
		18,1	0,36	14,2	0,28	19,8	0,40
	Кислород	9,53		8,95		9,49	
		8,54		8,58		8,58	
Взморье р. Тerek 5 ст., 50 проб	НУ	0,042	0,84	0,047	0,95	0,046	0,93
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	2,20	2,20	3,00	3,00	2,72	2,72
		3,00	3,00	5,00	5,00	4,00	4,00
	СПАВ	19,00	0,19	17,67	0,18	17,10	0,17
		23	0,23	21	0,21	21	0,21
	Cu	3,75	0,75	2,73	0,55	2,78	0,56
		4,7	0,94	3,3	0,66	3,2	0,64
	Zn	5,65	0,11	1,8	0,04	1,8	0,04
		5,9	0,12	1,9	0,04	2,1	0,04
	Азот аммонийный	294,5	0,76	314	0,81	332	0,85
		335	0,86	364	0,94	399	1,03
	Азот нитритный	1,55	0,07	1,6	0,07	1,5	0,06
		2,00	0,08	1,9	0,08	2	0,08
	Фосфор фосфатный	13,2	0,26	10,78	0,22	10,70	0,21
		16,2	0,32	15,2	0,30	14,3	0,29
	Кислород	9,44		9,00		9,59	
		8,95		8,47		8,51	
Взморье р. Сулак 5 ст., 50 проб	НУ	0,035	0,70	0,048	0,96	0,047	0,94
		0,044	0,88	0,07	1,40	0,07	1,40
	Фенолы	2,60	2,60	2,91	2,91	2,62	2,62
		3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00
	СПАВ	35	0,35	18,17	0,18	17,80	0,18
		44	0,44	24	0,24	24	0,24
	Cu	3,59	0,72	2,89	0,58	2,83	0,57
		4,7	0,94	3,5	0,70	3,6	0,72
	Zn	3,9	0,08	1,6	0,03	1,6	0,03
		5,3	0,11	2	0,04	1,9	0,04

Азот аммонийный	277,2	0,63	292	0,75	332	0,85
	339	0,87	345	0,89	378	0,97
	1,63	0,06	1,6	0,07	1,5	0,06
	2,18	0,09	1,99	0,08	2,11	0,09
	13,1	0,26	11,62	0,23	11,59	0,23
	14,9	0,29	14,5	0,29	14,8	0,30
	9,50		9,03		9,61	
	8,94		8,13		8,58	
	НУ	0,048	0,96	0,053	1,06	0,050
		0,06	1,20	0,07	1,40	0,07
Махачкала 8 ст., 73 пробы	Фенолы	3,29	3,29	3,76	3,76	3,54
		4,00	4,00	6,00	6,00	7,00
	СПАВ	31,18	0,31	28,51	0,29	23,67
		38	0,38	180	1,80	180
	Азот аммонийный	304,6	0,78	326	0,84	339
		350	0,90	399	1,03	395
	Азот нитритный	1,91	0,08	1,9	0,08	1,8
		2,16	0,09	2,21	0,09	2,31
	Фосфор фосфатный	12,6	0,25	12,27	0,25	13,13
		16,5	0,33	15,8	0,32	18,7
Каспийск 4 ст., 24 пробы	Кислород	9,37		9,09		9,57
		8,85		7,97		8,58
	НУ	0,046	0,92	0,044	0,88	0,044
		0,06	1,20	0,05	1,00	0,05
	Фенолы	2,40	2,40	2,88	2,88	3,17
		4,00	4,00	4,00	4,00	5,00
	СПАВ	30	0,30	-	-	19,25
		37	0,37	-	-	22
	Азот аммонийный	311,2	0,80	360	0,92	367
		343	0,88	394	1,01	399
Избербаш 3 ст., 15 проб	Азот нитритный	1,83	0,08	1,6	0,07	1,5
		2,15	0,09	1,78	0,07	2
	Фосфор фосфатный	11,6	0,23	12,90	0,26	12,74
		14,4	0,29	15,2	0,30	15,3
	Кислород	9,31		8,49		9,62
		8,83		8,00		8,37
	НУ			0,050	1,00	0,046
				0,06	1,20	0,06
	Фенолы			2,83	2,83	3,00
				4,00	4,00	5,00
Дербент 2 ст., 8 проб	Азот аммонийный			348	0,90	347
				398	1,02	392
	Азот нитритный			1,7	0,07	1,5
				1,82	0,08	1,91
	Фосфор фосфатный			12,17	0,24	12,79
				13,9	0,28	16,7
	Кислород			8,56		10,17
				8,29		8,94
	НУ			0,050	1,00	0,050
				0,06	1,20	0,06

	Фенолы		2,75	2,75	3,38	3,38
			4,00	4,00	6,00	6,00
	Азот аммонийный		342	0,88	336	0,86
			388	1,00	389	1,00
	Азот нитритный		1,4	0,06	1,6	0,07
			1,56	0,07	2,0	0,08
	Фосфор фосфатный		12,40	0,25	11,80	0,24
			14,0	0,28	16,3	0,33
	Кислород		8,54		9,84	
			8,29		8,58	
Взморье р. Самур 2 ст., 4 пробы	НУ				0,048	0,95
					0,06	1,20
	Фенолы				3,25	3,25
					4,00	4,00
	Азот аммонийный				324	0,83
					348	0,89
	Азот нитритный				1,1	0,05
					1,28	0,05
	Фосфор фосфатный				11,90	0,24
					14,0	0,28
	Кислород				9,36	
					8,78	

Примечания:

- Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мгО₂/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного и нитритного азота, фосфатного фосфора, меди и цинка – в мкг/дм³.
- Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода минимальное) значение.
- Для распредненных вод Среднего Каспия для аммонийного азота принята ПДК=389 мкг/дм³.

Таблица 1.8. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Лопатин	1,31	IV	1,38	IV	1,25	IV	Фенолы 2,57; НУ 0,93; NH ₄ 0,90; O ₂ 0,63
Взморье р. Тerek	1,11	III	1,35	IV	1,28	IV	Фенолы 2,72; НУ 0,93; NH ₄ 0,85; O ₂ 0,63
Взморье р. Сулак	1,16	III	1,32	IV	1,26	IV	Фенолы 2,62; НУ 0,94; NH ₄ 0,85; O ₂ 0,62
Махачкала	1,42	IV	1,58	IV	1,51	IV	Фенолы 3,54; НУ 1,01; NH ₄ 0,87; O ₂ 0,63
Каспийск	1,19	III	1,35	IV	1,40	IV	Фенолы 3,17; NH ₄ 0,94; НУ 0,88; O ₂ 0,62
Избербаш	-	-	1,36	IV	1,35	IV	Фенолы 3; НУ 0,92; NH ₄ 0,89; O ₂ 0,59
Дербент	-	-	1,33	IV	1,46	IV	Фенолы 3,38; НУ 1,00; NH ₄ 0,86; O ₂ 0,61
Взморье р. Самур	-	-	-	-	1,42	IV	Фенолы 3,25; НУ 0,95; NH ₄ 0,83; O ₂ 0,64

Выводы

В 2023 г. в центральной и западной частях Северного Каспия на разрезах III и IIIa в условиях отсутствия определения фенолов приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды (средние значения концентрации 0,74 и 0,70 ПДК), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ, 0,66 и 0,56 ПДК) и аммонийный азот (0,11 и 0,09 ПДК). В связи с прекращением наблюдений за фенолами, вносящими по опыту предыдущих лет наибольший вклад в ИЗВ в Северном Каспии, приведенные выше значения могут использоваться только для сравнения условий за последние два года и не позволяют объективно определить класс качества вод. По сравнению с прошлым годом по значениям ИЗВ, рассчитанным по средней концентрации НУ, СПАВ и аммонийного азота, состояние вод центральной части акватории немного ухудшилось, а в западной – улучшилось.

На южной границе акватории Северного Каспия в 2023 г. приоритетными веществами оставались фенолы (при средней концентрации 1,9 ПДК), нефтяные углеводороды (0,8 ПДК) и аммонийный азот (0,9 ПДК). Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне выше норматива. Значение ИЗВ в 2023 г. по сравнению с 2022 г. понизилось (1,04 и 1,29, соответственно), воды остались в классе «умеренно загрязненные».

На Дагестанском взморье, как и ранее, главным приоритетным загрязнителем были фенолы; их средняя концентрация изменялась от 2,57 ПДК у п. Лопатин до 3,54 ПДК в водах у г. Махачкала. Средняя концентрация нефтяных углеводородов и аммонийного азота сохранилась на уровне 1 ПДК, а меди – 0,6–0,7 ПДК. За последние годы отмечен рост концентрации аммонийного азота. Значения ИЗВ на разных участках Дагестанского шельфа изменились от 1,25 до 1,51, что по-прежнему соответствовало классу «загрязненных» вод. Наметившийся в 2020–2022 гг. рост ИЗВ в большинстве районов сменился понижением. Исключение составили прибрежные воды у городов Каспийск и Дербент, а в районе п. Избербаш существенных изменений не произошло.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

*Крутов А.Н., Долгова А.О., Хорошенькая Е.А., Сулименко Е.А., Кравцова Е.Г.,
Кобец С.В., Алексеенко А.И., Мезенцева И.В., Дьяков Н.Н., Кирьянов В.С.*

2.1. Общая характеристика

Азовское море относится к системе Средиземного моря Атлантического океана, в южной части соединяется с Черным морем через неглубокий Керченский пролив. Географическая граница Азовского моря ограничена между крайними точками: $47^{\circ}17'$ с.ш. и $39^{\circ}18'$ в.д. на северо-востоке в вершине Таганрогского залива, $35^{\circ}18'$ в.д. на западе (Арабатский залив) и на юге Керченского пролива ($45^{\circ}17'$ с.ш.) между мысами Такиль и Панагия. Площадь поверхности моря без залива Сиваш и лиманов восточного побережья по разным оценкам составляет $37802\text{--}39100 \text{ км}^2$, объем воды 290 км^3 при среднемноголетнем уровне. Средняя глубина моря 7,4 м, максимальная глубина в центре моря составляет 14,4 м (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Бюллетень, 2022, Геология, 1974).

Северо-восточная часть моря представляет собой обширный эстуарий р. Дон – мелководный и сильно распесневший Таганрогский залив, шириной в самой узкой и широкой частях соответственно 26 и 52 км, средней глубиной залива около 5 м, площадью 5240 км^2 и объемом вод $24,6 \text{ км}^3$. К западу от залива северное побережье моря разделяется песчано-ракушечными косами на сеть заливов. Самыми обширными из них являются Бердянский и Оби-точный, площадь которых составляет 0,73 и $1,89 \text{ тыс.км}^2$ соответственно при средней глубине 6–7 м. Вдоль всего западного берега моря расположена крупнейшая аккумулятивная форма Азовского моря – песчано-ракушечная коса Арабатская стрелка длиной 110 км и шириной 0,27–7 км, отделяющая море от мелководного осолоненного залива Восточный Сиваш. Залив представляет собой ряд мелководных соленых водоемов, которые существенно различаются между собой по гидрологическому и гидрохимическому режиму и разделены большим числом островов и засух. Обычно его принято разделять на Западный и Восточный Сиваш площадью 1110 и 1433 км^2 соответственно. Площадь непосредственно водного зеркала залива Сиваш составляет примерно 89–91%, а остальная часть приходится на острова и засухи. Водообмен моря с заливом Сиваш играет незначительную роль в водном балансе Азовского моря. Основной поток осуществляется через Генический пролив, состоящий из двух рукавов Тонкий и Промоина. Рукав Тонкий имеет вид узкой речной дельты с обращенной к Азовскому морю вершиной, длина пролива 4 км, средняя ширина 100 м, максимальная глубина 4,7–5,0 м. За многолетний период приток азовских вод в Сиваш составил $1,22 \text{ км}^3/\text{год}$ (60% от всего объема вод залива), а отток сивашских вод в Азовское море – $0,41 \text{ км}^3/\text{год}$. На юго-востоке моря расположен Темрюкский залив площадью $1,22 \text{ тыс.км}^2$ при средней глубине 9 м. Берега залива между городами Темрюк и Приморско-Ахтарск представляют собой обширную дельту реки Кубань с системой лиманов, проток и плавней. На северо-востоке моря берега обрывистые, с редкими песчаными косами. Крымское побережье Азовского моря характеризуется сильной изрезанностью береговой линии; здесь мысы, сложенные мицанковыми известняками, чередуются с крупными заливами и небольшими бухтами (Азовское море, 2006, Ильин, 2009, Дьяков 2015, Озера, 2023).

Рельеф дна Азовского моря отличается выравненностью и плавным увеличением глубины от берега к центру моря. Системы подводных возвышений (банки, сложенные преимущественно ракушей) расположены у западного (банки Морская и Арабатская) и восточного побережий моря (банка Железинская). Для подводного берегового склона на севере моря характерно обширное мелководье (20–30 км) с глубинами 6–7 м. Южное побе-

режье отличается крутым береговым склоном до глубин 11–12 м. Изобата 5 м расположена примерно в 2 км от берега (Матищов, 2006, Мамыкина, 1980).

В Азовское море впадают две большие реки Дон (60% суммарного речного стока) и Кубань 31,7%) и 20 небольших речек в северной части моря – Берда, Кальмиус, Миус, Ея, Обиточная, Молочная и др. Средний годовой сток реки Дон составляет 23,7 км³, Кубани – 11,8 км³, малых рек северного Приазовья – 2,1 км³. По характеру внутригодового распределения стока Дон относится к рекам с весенним половодьем и низкой меженью в остаточную часть года. С 1952 г. зарегулирование стока Дона привело к безвозвратному изъятию большого объема пресной воды, что повлекло за собой существенную трансформацию гидрофизических, гидрохимических и биотических условий Азовского моря и Таганрогского залива. С 2007 г. по настоящее время отмечается маловодный период р. Дон, а с 2012 г. – реки Кубань. За период 1952–2019 гг. средняя многолетняя величина стока всех рек в море составила 35,4 км³/год, и по сравнению с условно-естественным периодом (1923–1951 гг.) уменьшилась на 6,7 км³ – величину, сопоставимую с объемом безвозвратного водопотребления. В целом на суммарный сток в море влияет совместное действие двух факторов – антропогенного и климатического. При впадении в море реки образуют обширные многорукавные дельты площадью 540 км² и 4300 км² соответственно. В приморской части дельты Кубани по берегам двух основных рукавов (Петрушина и Протоки) расположены 240 лиманов общей площадью 1250 км². Морская граница устьевой области реки расположена на расстоянии 3–4 км от морского края дельты, а общая площадь устьевого взморья р. Кубани – 110 км² (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Бюллетень, 2022, Бронфман, 1985, Симов, 2010).

Водообмен Азовского моря с Черным происходит через Керченский пролив. Географическими границами пролива являются линии со стороны Азовского моря между мысами Хрони и Ахиллеон, а со стороны Черного моря – между мысами Такиль и Панагия. Длина пролива составляет 43 км, общая площадь пролива – 805 км², а объем воды в проливе – 4,56 км³. Наибольшие глубины в проливе наблюдаются в южной его части (средняя глубина – 9,4 м, максимальная – 17,0 м); в середине они немного меньше (между мысами Камышбурун и Еникале 3,5/7,4 м); в приазовском районе немного больше (6,7/10,5 м). Для западного побережья Керченского пролива характерны возвышенные и обрывистые мало изрезанные приглубые берега с Керченской и Камыш-Бурунской бухтами. Восточный берег невысокий и малоизрезанный, в него врезается обширный Таманский залив (площадь 313 км², глубины 3–5 м). Северная часть Таманского залива включает мелководный Динской залив с преобладающими глубинами 1–2 м (Черное море, 1991, Дьяков, 2020).

Азовское море расположено в южной части умеренного климатического пояса и его климат формируется под влиянием радиационного фактора и атмосферной циркуляции. Сезонные изменения погоды в Азовском регионе формируются под влиянием крупномасштабных синоптических процессов Сибирского антициклона в осенне-зимнее время, средиземноморских циклонов в весенний сезон и Азорского антициклона с маловетреной, сухой и теплой погодой в июле-августе. Зимой и осенью преобладают ветры северо-восточных и восточных направлений, которые могут усиливаться до штормовых, часто сопровождающихся резким похолоданием. Весной и летом ветры неустойчивы по скоростям и направлениям, характеризуются незначительными скоростями, возможен полный штиль. В июле среднемесячная температура воздуха по всему морю равна 23–25°C. За последний климатический период WMO (1991–2020 гг.) среднегодовая температура воздуха на побережье Азовского моря повысилась на 0,7–1,1°C. Потепление в бассейне Азовского моря отмечалось во все месяцы года за исключением ноября-декабря. Максимальные положительные аномалии среднемесячных величин температуры воздуха (1,1–2,0°C) отмечались в январе-марте, июнь-августе и октябре. При этом существенных изменений в режиме осадков прибрежной зоны

Азовского моря не произошло. Основными факторами сезонной и пространственной изменчивости температуры воды Азовского моря являются атмосферные термические условия, мелководность моря, циркуляция вод, тепловое влияние стока рек Дон и Кубань, водообмен с Черным морем и заливом Сиваш. За последний период WMO среднегодовая температура воды на побережье Азовского моря повысилась на 0,5–1,1°C, что близко к величинам повышения среднегодовой температуры воздуха (Ильин, 2009, Бюллентень, 2022).

Соленость Азовского моря формируется в результате смешения речных вод Дона и Кубани и соленых черноморских и сивашских вод, а также под влиянием составляющих водного баланса (осадков и испарения). Распределение солености Азовского моря характеризуется наличием фронтальных зон в областях трансформации речных вод в приусտевых районах Дона и Кубани, а также в районах смешения азовских и черноморских вод. В Таганрогском заливе речной сток оказывает существенное влияние на соленость вод вследствие его мелководности (Крутов, 2016). Солевой обмен с заливом Восточный Сиваш незначителен и влияет на ограниченный по площади район моря вблизи пролива Генический. Центральная часть моря занята достаточно однородной по солености водой. Сезонный ход основных солеобразующих факторов (стока рек, испарения и водообмена через Керченский пролив) приводит к изменениям зон распространения трансформированных речных и черноморских вод, а также к изменению величин солености и положения границ центральной водной массы. Наибольшие горизонтальные градиенты солености до 10–11‰ наблюдаются в Таганрогском заливе во все сезоны года, что связано с наличием сильного опресняющего влияния реки Дон. Вертикальные градиенты солености на большей части акватории моря незначительные, в среднем они составляют 0,06–0,12‰/м. С 2007 г. по настоящее время наблюдается процесс осолонения Азовского моря, что прежде всего связано с маловодным периодом Дона и Кубани. В результате соленость Азовского моря достигла максимальных значений за весь исторический период наблюдений – до 14,5–15,5‰ для центрального и Прикерченского районов моря (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Бюллентень, 2022, Бронфман, 1985).

Развитие ветрового волнения на Азовском море определяется полем ветра над морем, разгоном и батиметрией. Существенно ограничивает волнение значительная площадь покрытия моря льдами в умеренные и суровые зимы. В мягкие зимы ледовый покров не оказывает существенного влияния на развитие волнения. Максимальная высота волн до 2,9–3,2 м отмечалась в зимний сезон в южных и центральных районах моря при северо-восточных штормах со средней скоростью ветра 22–25 м/с. При западных и юго-западных ветрах могут формироваться крупные волны высотой 1,5 м и более по всей акватории моря (Дьяков, 2010).

Азовское море бесприливное, но хорошо выражены связанные с атмосферными процессами продолжительностью от 2–3 до 15 суток непериодические сгонно-нагонные колебания уровня. Эти колебания имеют вид сейши с одной проходящей примерно через центр моря узловой линией. Поэтому наименьшие колебания уровня наблюдаются вблизи этой линии в пунктах Бердянск и Опасное (размах колебаний 202–203 см), а наибольшие – в отдаленных от узловой линии пунктах Геническ (412 см), Ейск (438 см) и Таганрог. В северо-восточной части Таганрогского залива, где существенное влияние оказывает сток реки Дон, амплитуда сгонно-нагонных колебаний максимальная и достигает 609 см (Ильин, 2009).

В Азовском море ежегодно, даже в относительно мягкие зимы, преимущественно в северной части моря и в Таганрогском заливе появляется лед. Здесь наблюдается большое разнообразие форм плавучего льда, а лед может превращаться из неподвижного в дрейфующий и обратно. Наиболее сложные ледовые условия на Азовском море отмечены с конца января до середины марта в суровые и умеренные зимы, особенно в западных, юго-западных районах моря и у входа в Керченский пролив, где обычны поля сильно торосистого льда. Максимального развития и наибольшей толщины (20–60 см в средние зимы и 80–90 см в

суровые) лед достигает в феврале. По средним многолетним данным льды занимают 29% общей площади моря. Разрушение припая в такие зимы затягивается и, как правило, происходит в третьей декаде марта (Ильин, 2009, Дьяков, 2016).

2.2. Устьевая область реки Дон и Таганрогский залив

Таганрогский залив является приемным бассейном для сточных вод различного происхождения, включая коммунально-бытовые стоки МП «Азовводоканал», отводимые с находящихся в бассейне р. Дон орошаемых территорий дренажные и ливневые сточные воды, а также загрязнения от водного транспорта. В 2023 г. в устьевой области р. Дон и в Таганрогском заливе гидрохимические наблюдения проводились силами Донской устьевой станцией (ДУС) с мотолодки «Русбот-47», а в заливе с борта маломерного НИС «Росгидромет-10». Отбор проб производился на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец (9р), Переялока (12р) и Песчаный (13р) 29 апреля, 24 мая, 20 июля и 13 октября (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы. На месте отбора проб определялась величина водородного показателя (рН) и количество растворенного кислорода, производилась фиксация проб на аммонийный азот и ртуть, а также экстракция нефтяных углеводородов четыреххлористым углеродом и пестицидов гексаном. Завершение определения содержания НУ с помощью ИК-метода, растворенных в воде соединений ртути с применением атомно-абсорбционного метода и хлороганических пестицидов методом газожидкостной хроматографии производилось в лаборатории Ростовского ЦГМС. Также был выполнен отбор 12 проб донных отложений для определения содержания нефтяных углеводородов. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов $\text{мг}/\text{дм}^3$. Предел обнаружения (DL) фосфора фосфатов P-PO₄ составлял 5,0; общего фосфора P_{total} 5,0; силикатов SiO₃ 10; азота нитритов N-NO₂ 0,5; азота нитратов N-NO₃ 5,0; аммонийного азота N-NH₄ 5,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$; нефтяных углеводородов 0,01 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (0,2 ПДК), СПАВ 10,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$, хлороганических пестицидов ($\text{нг}/\text{дм}^3$): ДДТ 20,0; ДДЭ 5,0; γ -ГХЦГ (линдан) 2,0; α -ГХЦГ 2,0 $\text{нг}/\text{дм}^3$; ртути 0,01 $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

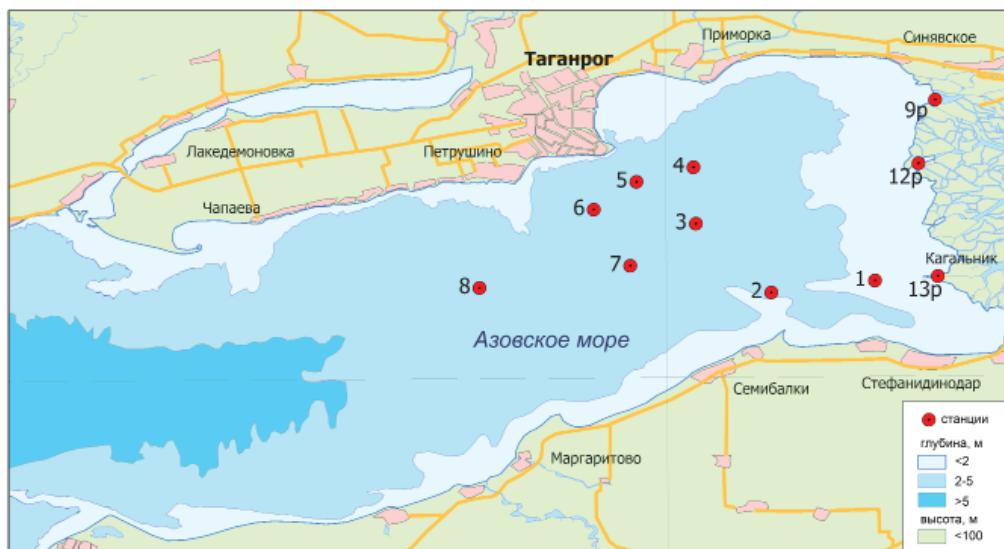


Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2023 г.

2.2.1. Устьевая область реки Дон

В 24 пробах **соленость** речного стока в устьях рукавов р. Дон в среднем составила 0,58‰ и изменялась в пределах от 0,50‰ до 1,03‰ (рис. 2.2). Максимальное значение было зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 20 апреля. За последние тридцать лет соленость вод в устье реки систематически повышалась, при этом различия между протоками р. Дон незначительные. Хлорность варьировала в пределах 0,139–0,454‰. Температура воды в период проведения наблюдений изменялась в диапазоне 11,0–25,3°C; значения pH 7,90–8,79, среднегодовое составило 8,23 ед.рН; щелочность 3,213–4,869/3,812 мг-экв/дм³.

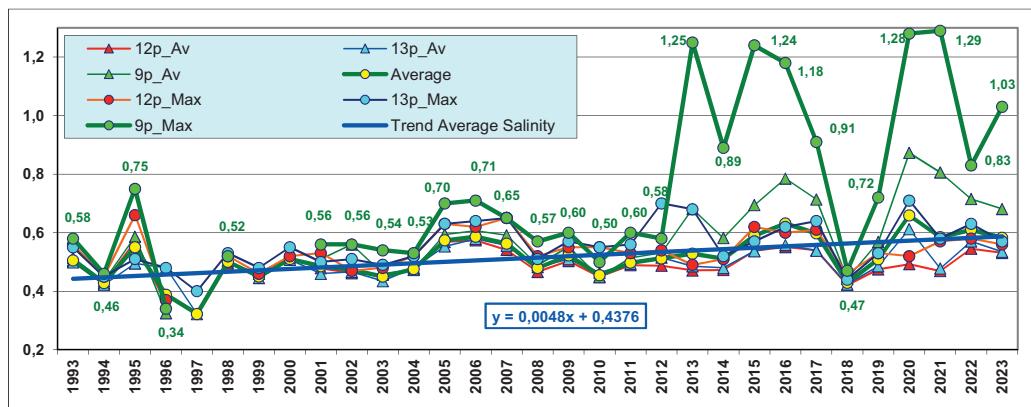


Рис. 2.2. Динамика среднегодового значения солености (%) в эстуарных протоках р. Дон в 1993–2023 гг.

Биогенные элементы (мкг/дм³). В 2023 г. концентрация ионов аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась от 8,4 до 262,3. Максимальное значение (0,67 ПДК) отмечено в середине октября в придонной пробе из рукава Мертвый Донец (табл. 2.1). Среднегодовая величина (92,8) снизилась по сравнению с прошлым годом (160,3). В водах восточной части залива и эстуарных протоках Дона в первое десятилетие наблюдений среднегодовая концентрация ионов аммония в водах дельты варьировала в достаточно высоком диапазоне примерно 150–250, а с начала века она значительно снизилась и варьировала в пределах 24–133. Исключение составили 2001 г. и особенно 2019 г., когда было зафиксировано резкое повышение среднегодовой концентрации до 316 мкг/дм³ (0,81 ПДК). Это значение существенно выше средней многолетней (94,8 мкг/дм³) за период с 2001–2018 гг. (рис. 2.3).

Максимальное содержание нитритов (4,27 ПДК) было отмечено 16 октября в пробе, отобранный у поверхности в устье рукава Песчаный при максимальных значениях температуры (14,0°C) и невысоком содержании растворенного кислорода (8,82 мгO₂/дм³). Диапазон изменений концентрации нитритов в устье р. Дон был в пределах 14,4–102,4; среднегодовая составила 48,2 и существенно превышала норматив (2,01 ПДК), как и в предыдущие годы. В последние 10 лет среднегодовая концентрация нитритов в водах устьевой области была относительно постоянной. Ее значение было в узком диапазоне около установленного норматива, в то время как максимальная стабильно превышала ПДК в несколько раз. Начиная с 2000-х годов по настоящее время отмечается тенденция снижения концентрации нитратов в водах дельты р. Дон. В 2023 г. она изменялась от 18,4 до 243, среднегодовая 132,6, это чуть более 0,01 ПДК. Содержание фосфатов (среднее 115,6/2,31 ПДК, наибольшее 260,6/5,21 ПДК) как и в предыдущие годы значительно превышало норматив.

матив. В 2023 г. обе величины возросли по сравнению с прошлым годом (81,04/124,9). Максимальная величина была отмечена на поверхности в устье рукава Мертвый Донец в середине июня в придонной пробе. Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась и изменялась в достаточно узком диапазоне 80–120, а большинство максимальных величин варьировали в диапазоне 150–250. Тем не менее, в отдельных пробах были зафиксированы высокие значения, например, 400 в 2001 г. и 365 в 2018 г. Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона в 2023 г. изменилась в диапазоне 76,1–407,8. Максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в середине октября в придонной пробе. Среднегодовая концентрация больше прошлогоднего значения 121,6 и составила 200,1. Среднегодовая концентрация силикатов составила 6335; минимальная (2962) зафиксирована в конце мая у дна в протоке Песчаный; максимальная (9805) была отмечена в середине июля в устье рукава Мертвый Донец у поверхности.

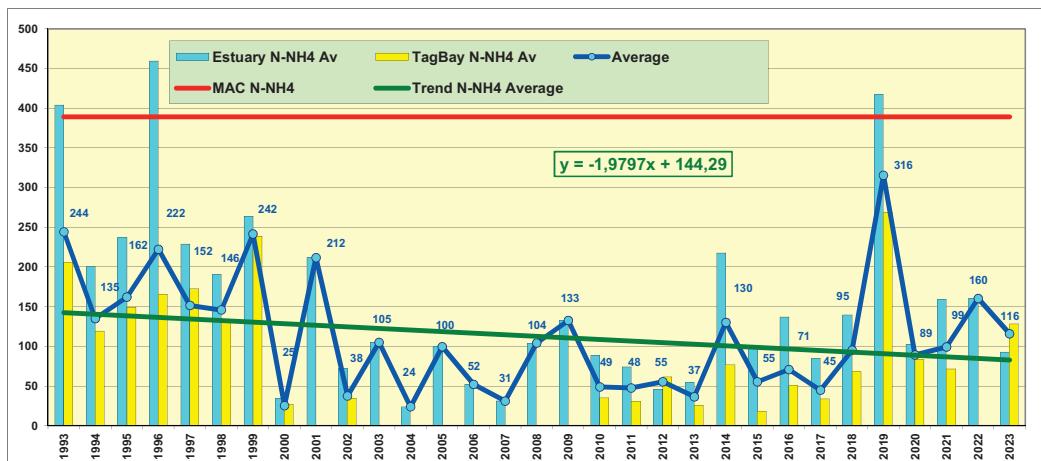


Рис. 2.3. Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2023 гг.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах устьевых протоков реки Дон остается повышенной. Среднегодовая величина составила 0,11; максимальная 0,23 (табл. 2.1). В 22 из 24 проанализированных проб концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в середине октября в придонном слое протоки Мертвый Донец (4,6 ПДК). В течение всего периода наблюдений уровень загрязнения устьевой области р. Дон остается стабильно высоким, а среднегодовая концентрация постоянно превышает ПДК за исключением всего пяти лет (рис. 2.4).

В 11 из 12 отобранных проб в устьях рукавов дельты Дона была обнаружена растворенная **ртуть**. В восьми пробах ее содержание превышало ПДК. Среднегодовая концентрация составила 1,17 ПДК. Максимальное превышение (2,9 ПДК) было зафиксировано в рукавах Песчаный и Мертвый Донец в конце мая, в обоих случаях на поверхности. Концентрация СПАВ в устьевых протоках была невысокой и только в десяти из отобранных 24 проб превышала DL. Максимальная концентрация достигала 0,24 ПДК и была зафиксирована в устье Переволоки в середине июля. Хлороганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

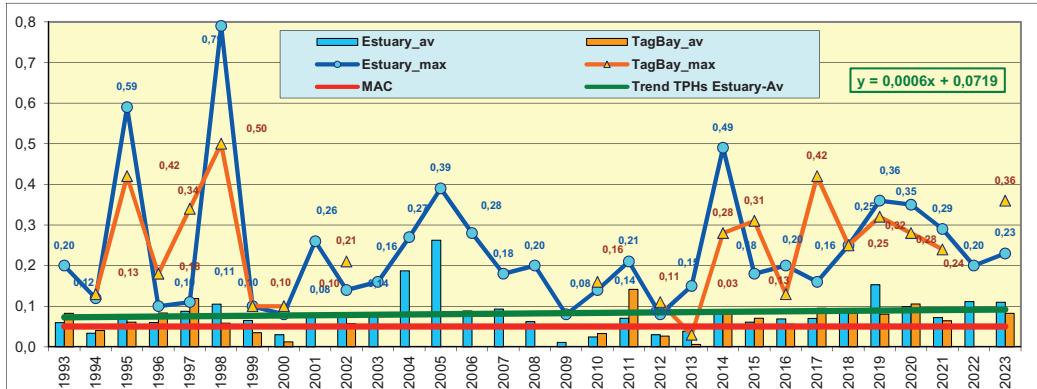


Рис. 2.4. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах устьевой области р. Дон в 1993–2023 гг.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 5,65–11,15, составив в среднем $8,32 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Минимальное содержание, которое было ниже норматива на 6%, было отмечено в середине июля в поверхностном слое в рукаве Мертвый Донец. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в устьевой области р. Дон остается достаточно стабильной в течение длительного периода времени. За последние десять лет среднегодовая величина составила 8,68 и демонстрирует тенденцию к увеличению. В 2023 г. качество воды в устьевых протоках р. Дон по показателю ИЗВ ухудшилось по сравнению с предыдущими годами. Численное значение индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,82), рассчитанного по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов и ртути, увеличилось по сравнению с прошлым годом (ИЗВ=1,52), что привело к снижению качества вод по этому показателю до V класса, «грязные» (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Среднегодовая и максимальная концентрации загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2021–2023 гг.

Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,072	1,44	0,111	2,23	0,110	2,19
	0,29	5,80	0,20	4,00	0,230	4,60
СПАВ	2,3	0,02	4,9	0,05	6,7	0,07
	19,8	0,20	28,0	0,28	24,1	0,24
Ртуть Hg	0,0173	1,73	0,0178	1,78	0,0170	1,70
	0,028	2,80	0,032	3,20	0,029	2,90
Азот аммонийный N-NH ₄	158	0,40	160	0,41	93	0,24
	322	0,81	323,8	0,83	262,3	0,67
Азот нитритный N-NO ₂	39,8	1,56	59,3	2,47	48,2	2,01
	59,9	2,50	143,4	5,98	102,4	4,27
Фосфор фосфатов P-PO ₄	102,7	2,05	81,04	1,62	115,55	2,31
	185,5	3,71	124,9	2,50	260,6	5,21
Растворенный кислород	8,21		7,37		8,32	
	4,31	0,72	4,88	0,81	5,65	0,94
% насыщения	87,8		81,0		86,8	
	53		51		69	

Таганрогский залив						
НУ	0,064	1,28			0,082	1,65
	0,24	4,80			0,36	7,20
СПАВ	8,55	0,09			3,6	0,04
	38,8	0,39			26	0,26
Ртуть Hg	0,0195	1,95			0,0163	1,63
	0,029	2,90			0,026	2,60
Азот аммонийный N-NH ₄	71,6	0,18			128	0,33
	428	1,07			716,5	1,84
Нитритный азот N-NO ₂	11,15	0,46			8,89	0,37
	34,0	1,42			38,5	1,60
Фосфор фосфатов P-PO ₄	11,7	0,23			13,24	0,26
	50,4	1,01			68,5	1,37
Растворенный кислород	8,31				10,51	
	0,55	0,09			6,69	
% насыщения	93,5				117,9	
	7				83	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути в мкг/дм³.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

3. Концентрация α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ была ниже предела обнаружения во всех проанализированных пробах.

4. Для всех определяемых ингредиентов были использованы значения ПДК для пресных вод.

Загрязнение донных отложений. В устьевой области р. Дон с апреля по октябрь одновременно с отбором проб воды было отобрано 12 проб донных отложений. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от 120 до 250 мкг/г (2,4–5,0 ДК). Максимум отмечен в последней декаде мая в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 169 мкг/г (3,4 ДК), что примерно на 28% выше прошлогоднего значения.

2.2.2. Таганрогский залив

В 2023 г. в период наблюдений с мая по октябрь температура вод залива изменялась в пределах 11,1–26,8°C. Соленость, которая в значительной степени зависит от объема речного стока, изменялась в 72 пробах в широком диапазоне 0,50–5,13‰, составив в среднем 1,71‰. Значения меньше 1‰ фиксировались только на станциях №№1–3 и 7, что очевидно связано со значительным пресноводным влиянием Дона. Величина хлорности, щелочности и pH вод залива также зависит от величины речного стока. Хлорность изменялась в диапазоне 0,139–2,790‰, средняя за год составила 0,851‰; щелочность варьировалась в широких пределах 2,043–4,130/3,153 мг-экв/дм³; значения pH были в диапазоне 8,05–9,17 ед.pH, среднегодовая величина (8,68) была близкой к среднему многолетнему (8,75) за последние десять лет.

Биогенные элементы (мкг/дм³). Содержание фосфора фосфатов в 45 пробах воды изменилось от 5 до 68,5 мкг/дм³, среднегодовая величина 13,24 (0,26 ПДК). Максимальная концентрация составила 1,37 ПДК и была зафиксирована на ст.№2 у поверхности в конце июня. Содержание общего фосфора 11,3–115,3/35,74. Аммонийный азот (7,3–716,5, 1,84 ПДК) оказывает существенное влияние на величину загрязнения вод Таганрогского залива. Средняя концентрация по всем отобранным пробам равняется 128,14, что больше среднемноголетней за последние 10 лет (76,51). Содержание нитритов в заливе изменялось в пределах 3,4–38,5/8,89. Средняя величина более чем в два раза меньше среднегодового уровня за все время наблюдений в устьевых протоках Дона (рис. 2.5). Концентрация нитратов изменилась

в пределах 6,8–137/17,32. Максимальное значение зафиксировано в середине октября на ст.№4 на поверхности. Содержание силикатов в водах Таганрогского залива составило 744–8796/3427 мкг/дм³.

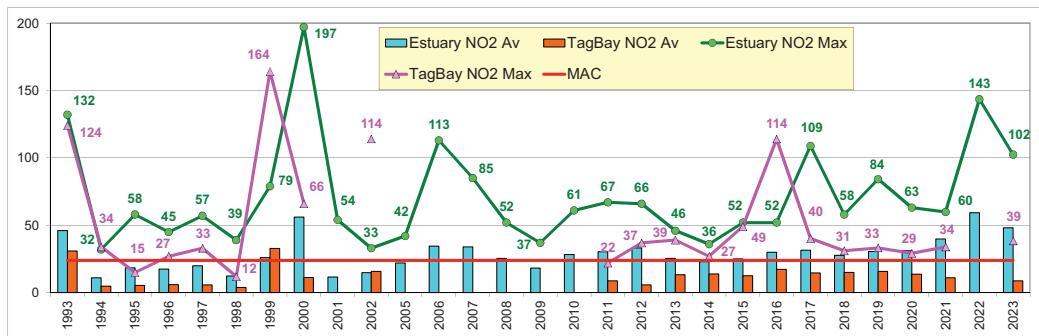


Рис. 2.5. Динамика средней и максимальной концентрации нитритного азота (мкг/дм³) в водах восточной области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2023 гг.

Нефтяные углеводороды. В 2023 г. концентрация НУ, которые традиционно являются одними из главных загрязнителей вод Таганрогского залива, изменялась от предела определения применяемого метода анализа в одной пробе до 0,36 (7,20 ПДК); среднегодовая составила 1,65 ПДК, что близко к среднему (1,42) за последние 5 лет (рис. 2.6). В 2023 г. в 12 из 44 отобранных проб концентрация НУ превысила норматив.

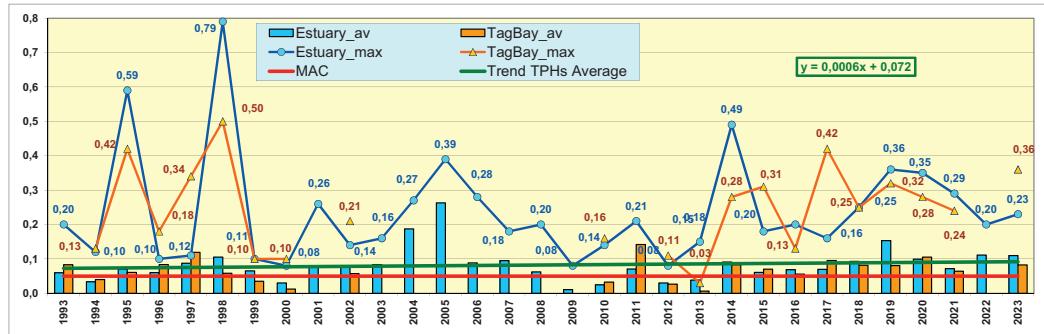


Рис. 2.6. Многолетняя динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах восточной части Таганрогского залива в период 1993–2023 гг.

Концентрация СПАВ изменялась от аналитического нуля в 36 из 45 проб до 26 мкг/дм³; средняя 3,6 (0,04 ПДК). Концентрация растворенной ртути была выше предела обнаружения во всех 12 обработанных пробах и составила 0,010–0,026/0,019 (1,9 ПДК). Среднегодовая концентрация более трех раз меньше средней по 259 пробам воды из Таганрогского залива (0,053) за весь период наблюдений с 1983 г. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были.

В течение всего года концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в широком диапазоне 6,69–15,32, а среднегодовая составила 10,51 мгО₂/дм³. Содержание растворенного в воде кислорода (83–191/117,9%) было близко к своим многолетним значениям.

Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод: нефтяные углеводороды, ртуть и нитриты. По численному значению индекса ИЗВ воды Таганрогского залива (1,06) в 2023 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл.2.2).

Таблица 2.2. Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	1,52	IV	1,82	V	1,81	V	PO ₄ 2,31; HU 2,19; NO ₂ 2,01; O ₂ 0,72
Таганрогский залив	1,10	III	-	-	1,06	III	HU 1,65; Hg 1,63; NO ₂ 0,37; O ₂ 0,57

Выходы

Среднегодовая соленость речного стока в устьях рукавов **реки Дон** составила 0,58‰ и изменялась в пределах от 0,50‰ до 1,03‰. За последние тридцать лет соленость вод в устье реки существенно повысилась при незначительных различиях между протоками. Концентрация нефтяных углеводородов в 92% проб превышала ПДК. Среднегодовая концентрация в водах рукавов Мертвый Донец, Переволока и Песчаный составила 0,130, 0,108 и 0,091 мг/дм³ соответственно. Содержание СПАВ в целом было незначительным. Концентрация растворенной ртути в дельте р. Дон в 11 пробах из двенадцати отобранных превышала ПДК, а средняя составила 0,0170 мкг/дм³ (1,70 ПДК). Содержание биогенных веществ было высоким. Концентрация аммонийного азота в водах устьевых протоков р. Дон изменялась в диапазоне 8,4–262,3 мкг/дм³; среднегодовая составила 160,3 мкг/дм³ (0,4 ПДК). С начала 2000-х годов до 2017 г. в водах устьевых протоков р. Дон наблюдалась тенденция снижения концентрации аммонийного азота, однако в последние годы отмечен обратный процесс. Содержание нитритов в водах устьевой области р. Дон было в пределах 14,4–102,4 (6,0 ПДК); средняя 48,2 мкг/дм³ (2,01 ПДК); нитратов 18,4–243/132,6 мкг/дм³. Концентрация фосфатов 9,3–260,6/115,6 мкг/дм³ (1,6 ПДК); общего фосфора 76,1–407,8/200,2 мкг/дм³. В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 5,65–11,15, в среднем 8,32 мгO₂/дм³. Минимальное содержание было ниже норматива более 6%. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировало от 69% до 102% насыщения. В 2023 г. в устьевых протоках р. Дон значение ИЗВ было определено по приоритетным загрязняющим веществам (нефтяные углеводороды, нитриты и фосфаты) и составило 1,81. По численному значению ИЗВ воды устьевой области р. Дон могут быть отнесены к V классу, «грязные».

Среднегодовая соленость вод **Таганрогского залива** составила 1,71‰, изменяясь в течение года в пределах 0,50–5,13‰. Среднегодовая концентрация НУ составила 0,082 мкг/дм³ (1,65 ПДК) и варьировала в пределах 0–0,36 (7,20 ПДК); в донных отложениях среднегодовая концентрация составила 168,8 мкг/г (3,36 ДК). Концентрация растворенной ртути изменилась в диапазоне 0,01–0,026/1,63 мкг/дм³. Содержание СПАВ в воде было незначительным и в течение года не превышало 0,24 ПДК. Пестициды обнаружены не были. Среднегодовая концентрация фосфора фосфатов составила 13,24; общего фосфора 35,74 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация аммонийного азота составила 128, нитритов 8,9; нитратов 17,32 мкг/дм³. Содержание силикатов составило 744–8796/3427 мкг/дм³. Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ=1,06, «умеренно загрязненные») выполнен по нефтяным углеводородам, ртути и нитритам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод Таганрогского залива.

2.3. Устьевое взморье и дельта реки Кубань

2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань

В 2023 г. наблюдения за гидрохимических состоянием и уровнем загрязнения вод Темрюкского залива выполнены силами Устьевой гидрометеорологической станции Кубанская (ГМС «У Кубанская», г. Темрюк). В подходном канале порта Темрюк (ст.№1, глубина 5 м) наблюдения проводились на одной станции с двух горизонтов три раза в месяц круглый год ежедекадно. В Темрюкском заливе пробы были отобраны на устьевом взморье рукава Кубань (ст.№2, 4, 10, 12, 15, 16, 18), в устьевой области Кубани в протоках гирл лиманов (ст.№8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у), на взморье рукава Протока (ст.№29, 31) и в низовьях дельты Кубани в Петрушином рукаве (ст.№6у) и у пос. Ачуево (рукав Протока, ст.№5у) в апреле, июне, августе и октябре; всего на 18 станциях с глубинами 2–11 м (рис. 2.7). В Темрюкском заливе съемка выполнялась с помощью НИС «Росгидромет-17», а в устьевой области р. Кубань отбор производился с помощью моторной лодки «Русбот». На месте отбора проб определялась величина водородного показателя (рН) и концентрация растворенного кислорода, одновременно производилась фиксация проб для проведения в дальнейшем анализов на содержание аммонийного азота и ртути, а также экстракция нефтепродуктов четыреххлористым углеродом и пестицидов гексаном. Всего в 2023 г. было отобрано и проанализировано 152 пробы и выполнено 2442 анализа, включая 76 определений на сероводород. По программе внутрилабораторного контроля (ВЛК) выполнено 263 определения (424 анализа): – оперативный контроль повторяемости 34; – оперативный контроль воспроизводимости 6; – оперативный контроль погрешности 95 и анализ холостых полевых проб 128. Гидрохимические анализы, а также определение концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялись в Лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) ГМС «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243) и новым утвержденным методикам: РД 52.10.736–745–2010; РД 52.10.772–2013, РД 52.10.779–2013 и РД 52.10.805–807.2013. В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24–95, 2005, 2006 и «Руководству по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеоиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических пестицидов (группы ДДТ и ГХЦГ), а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды. Концентрация нефтяных углеводородов определялась с применением ИК-метода; растворенных в воде соединений ртути – с применением атомно-абсорбционного метода; хлорорганических пестицидов – методом газожидкостной хроматографии в лаборатории Ростовского ЦГМС. В тексте и таблицах в качестве единиц измерения для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) биогенных элементов (мкг/дм³): фосфора фосфатов Р-РО₄ 5,0, общего фосфора Р_{total} 5,0, силикатов SiO₃ 10, азота нитритов N-NO₂ 0,5, азота нитратов N-NO₃ 5,0, аммонийного азота N-NH₄ 20,0; нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК), АСПАВ 100,0 мкг/дм³ (1,0 ПДК); БПК₅ 1,00 мгО₂/дм³; взвешенные вещества 2,5 мг/дм³; хлорорганических пестицидов (нг/дм³): ДДТ 20,0; ДДЭ 5,0; γ-ГХЦГ (линдан) и α-ГХЦГ 2,0; ртути 0,01 мкг/дм³ (1,0 ПДК).



Рис. 2.7. Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2023 г. Районы: 1 – дельта Кубани; 2 – порт Темрюк; 3 – взморье Кубани; 4 – взморье Протоки; 5 – протоки лиманов.

2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

Низовья дельты реки Кубань – район 1. Всего на двух станциях в дельте было отобрано 12 проб. Температура воды изменялась в пределах 8,6–26,3°C. Соленость в устьях обоих рукавов Кубани изменялась в узком диапазоне 0,23–0,29‰. Низкие значения связаны с отсутствием затока морских вод в дельту. В последние два десятилетия динамика среднегодовой солености вод всего района Темрюкского залива показывает постепенное повышение значений за исключением дельты реки и устьев лиманов (рис. 2.8).

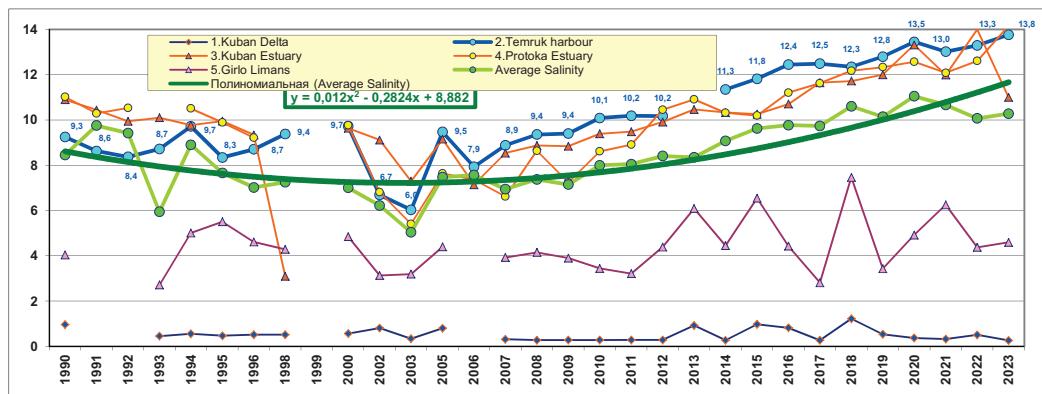


Рис. 2.8. Динамика среднегодовой солености (%) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Наибольшее значение хлорности в рукавах р. Кубань составило 0,29‰ при средней за период наблюдений 0,19‰. Характеризующий кислотность вод водородный показатель изменялся в пределах 7,89–8,38, составив в среднем 8,18 ед.рН; щелочность 1,886–2,657/2,131 мг-экв/дм³.

Таблица 2.3. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2023 г.

Район	T°C	S ‰	O ₂ * мг/дм ³	O ₂ %*	pH	PO ₄	Робщ	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Нобщ	Si
1. Низовья дельты реки Кубань (устьевая область) – район 1 (ст. 5у, 6у)	18,0	0,26	9,43	98	8,18	35,1	52,4	38,9	538	158	-	2449
	26,3	0,29	7,19	89	8,38	84,6	113	67,2	750	200	-	2739
2. Порт Темрюк – район 2 (ст. 1)	13,6	13,77	9,58	98	8,17	12,4	27,2	13,2	107	169	653	821
	27,5	15,76	5,53	72	8,46	34,9	55,7	23,1	197	281	1171	1459
3. Взморье реки Кубань – район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	16,2	11,00	9,31	101	8,14	13,3	26,0	9,9	134	135	682	1076
	23,5	15,89	8,02	93	8,43	41,7	48,2	26,6	424	151	1300	2540
4, Взморье рукава Протока – район 4 (ст. 29,31)	16,1	14,16	9,73	107	8,18	4,1	20,4	4,6	94	145	548	687
	23,4	16,29	8,53	102	8,34	7,3	23,5	7,4	160	160	600	1984
5, Гирла лиманов – район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	18,5	4,59	9,31	100	8,28	10,6	22,3	14,3	232	191		1193
	28,6	13,94	6,86	80	8,71	105	130	30,3	592	366		3313

* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мгO₂/дм³ и % насыщения.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация ионов аммония в устьях обоих рукавов р. Кубань изменилась от 110 до 200 (табл. 2.3). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока во второй половине августа. Среднегодовая концентрация в устьях обоих рукавов составила 158 (0,41 ПДК для пресных вод). За весь период наблюдений максимальная концентрация аммонийного азота показывала практически синхронную и значительную межгодовую изменчивость во всех выделенных районах акватории залива (рис. 2.9). За период с 2000 г. здесь можно выделить три года с уровнем содержания аммония выше ПДК (2010, 2012 и 2014 гг.). Среднегодовое содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых колебаний: нитритов 1,62 ПДК; нитратов 0,06 ПДК; фосфатов 0,70 ПДК (табл. 2.3).

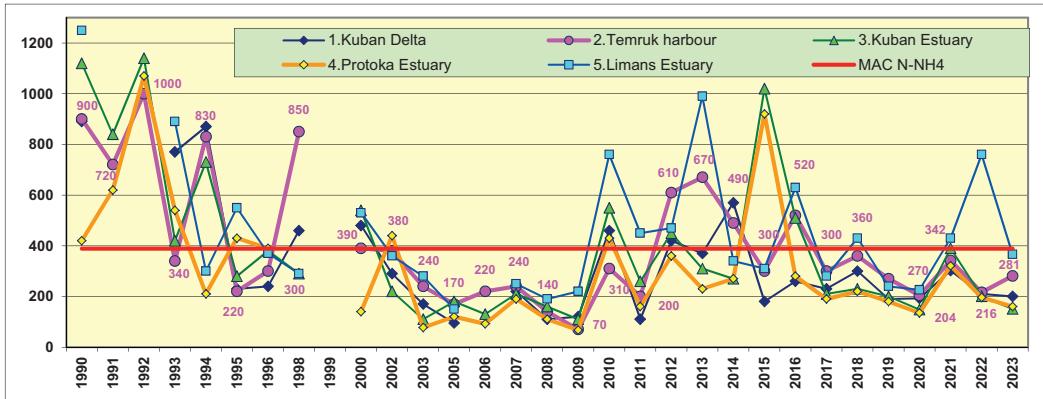


Рис. 2.9. Динамика максимальной концентрации аммонийного азота ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях изменялась в диапазоне 0,033–0,076 (1,52 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое в Петрушином рукаве в начале августа (рис. 2.10). Средняя годовая концентрация в обоих рукавах составила 0,058 мг/дм³ (1,15 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрация СПАВ, хлорорганических пестицидов γ -ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеров и метаболитов была ниже предела обнаружения.

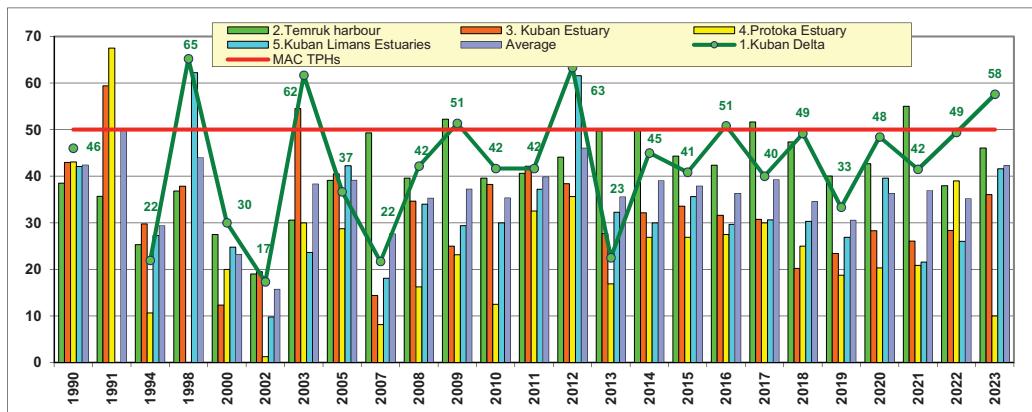


Рис. 2.10. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах не опускалось ниже 7,19 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$ (89% насыщения), зафиксированного в Петрушином рукаве в начале августа в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 9,37, в Протоке – 9,55 мг $\text{O}_2/\text{дм}^3$. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (1,03), определенном по концентрации нитритов, НУ, фосфатов и растворенного кислорода, воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относятся к III классу качества вод, «умеренно загрязненные» (табл. 2.5).

Порт Темрюк – район 2. Отбор 72 проб осуществлялся на станции в середине входного канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. Температура, соленость, pH, растворенный кислород и нефтяные углеводороды фиксировали ежедекадно, а

щелочность и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, сероводорода, СПАВ, пестицидов и ртути производились один раз в месяц. Начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.8). Соленость воды в канале порта изменялась от 11,66‰ до 15,76‰; среднегодовая составила 13,77‰. Температура воды изменялась от 0,30°C в начале января до 27,5°C в начале августа. Хлорность была в диапазоне 6,38–8,67‰, среднегодовая составила 7,55‰; щелочность 1,879–2,599/2,338 мг-экв/дм³; водородный показатель 7,80–8,45/8,17 ед.рН.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание аммонийного азота изменялось от 127 до 281; максимум зафиксирован в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 176 (0,45 ПДК). Содержание нитритов 5,60–23,10/13,19 (максимум составил 0,96 ПДК и был отмечен в начале августа в поверхностном слое); нитратов 12,8–197/106,7 (0,01 ПДК); общего азота 373–1171/653. За время наблюдений с 1990 по 2023 гг. концентрация общего азота в водах Темрюкского залива имеет выраженную тенденцию к снижению. Среднегодовая концентрация снизилась за этот период более чем на 1000 мкг/дм³. Концентрация фосфатов изменилась от предела обнаружения до 34,9 (0,70 ПДК для мезотрофных водоемов). Максимальное значение было отмечено в середине декабря у дна; средняя за год составила 12,4 (0,25 ПДК). Содержание общего фосфора изменилось в диапазоне 5,9–55,7, а среднее составило 27,2. Концентрация силикатов изменилась от 601 в середине января до 1459 в середине декабря; среднегодовая составила 821 мкг/дм³.

В двух из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация НУ была ниже предела обнаружения, а в 29 она превышала ПДК. Максимальное значение составило 2,20 ПДК и было отмечено в середине июля в придонном слое (табл. 2.4). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние десять лет стабильно укладываются в небольшой диапазон около 1 ПДК без заметного долговременного тренда (рис. 2.10). Загрязнение вод в канале порта стабильно немного выше среднего уровня для всего Темрюкского залива. Содержание СПАВ во всех 24 проанализированных пробах было ниже предела обнаружения применяемого метода. Концентрация хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения применяемого метода начиная с 2000 г. Только в одной пробе, отобранной 3 апреля 2002 г., содержание ДДЭ составило 13 нг/дм³ (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев пробах сероводород обнаружен не был. В четырех пробах из 12 концентрация растворенной ртути была ниже предела обнаружения применяемого метода. Максимальная концентрация составила 0,029 мкг/дм³ или 0,29 ПДК, а среднегодовая – 0,11 ПДК (рис. 2.11).

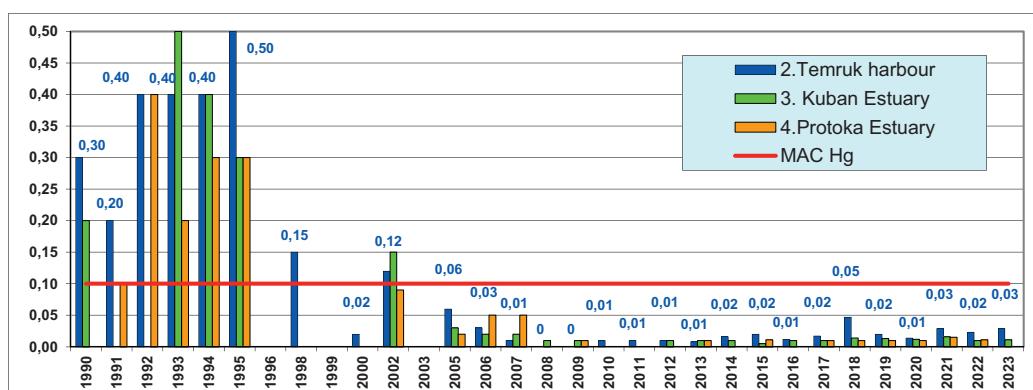


Рис. 2.11. Динамика среднегодовой концентрации ртути (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

В трех пробах в начале и середине августа при температуре воздуха 27,5°C и 25,2°C концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива. Минимум (5,53 мгO₂/дм³) зафиксирован у дна; среднегодовая составила 9,58 мгO₂/дм³. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 72–125%. В 2023 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,63), рассчитанному по средней концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, ионов аммония и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые». Состояние вод района ухудшилось на 9% по сравнению с предыдущим годом, когда ИЗВ составлял 0,55.

Взморье реки Кубань – район 3. В 2023 г. наблюдения проводились на 7 станциях только в апреле и июне. Температура воды на взморье изменялась за время наблюдений в интервале 9,0–23,5°C. Соленость вод в 28 отобранных пробах изменялась в диапазоне 4,39–15,89‰. Максимальная соленость была отмечена в конце апреля на ст. №10 в 4,8 км от края дельты и в 2 км от приемного буя п. Темрюк как в придонном слое на глубине 7 м, так и у поверхности. Средняя соленость воды на взморье р. Кубань составила 11,00‰. Хлорность изменялась в пределах 2,38–8,74‰, водородный показатель 7,97–8,43 ед.рН, щелочность 2,054–2,322 мг-экв/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани изменялась в диапазоне 112–151, максимум был отмечен на ст. №12 в 600 м от устья рукава Средний реки Кубань в конце июня у дна на глубине 3 м; средняя составила 135,43 или 0,35 ПДК. Концентрация нитритов варьировала в диапазоне 1,1–26,6, среднегодовая составила 9,9 (0,31 ПДК); нитратов 59–424/134,0; общего азота 461–1300/681,5. Концентрация фосфора фосфатов в течение года изменялась от 1,80 до 41,70/13,3; максимум (0,83 ПДК) был зафиксирован на ст. №4 в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское у дна на глубине 11 м в конце апреля. Содержание общего фосфора в водах взморья Кубани была в диапазоне 16,2–48,2/26,0; силикатов в пределах 231–2540 мкг/дм³; максимум был зафиксирован у дна на ст. №12 в 600 м от устья рукава Средний в конце июня.

Концентрация НУ изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода в 9 пробах до 0,10 (2,0 ПДК). Наибольшее значение было зарегистрировано в конце июня в море в 600 м от устья рукава Средний. Среднегодовая концентрация составила 0,036 (0,72 ПДК). Эта величина в водах взморья за последние 10 лет стабилизировалась около этого уровня (рис. 2.10). Растворенная ртуть была обнаружена в двух из четырех отобранных проб (0,010 и 0,011). СПАВ и хлорогранические пестициды в водах взморья обнаружены не были. Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации более 1 ПДК не наблюдалось в последние 20 лет (рис. 2.12).

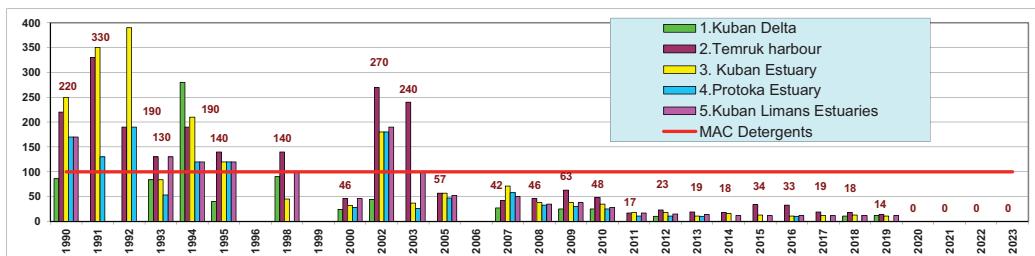


Рис. 2.12. Динамика максимальной концентрации СПАВ (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Концентрация растворенного кислорода изменялась от 8,02 до 11,53; среднегодовая составила 9,3 мгО₂/дм³. Насыщение кислородом изменилось в пределах 93–114%. Сероводород в 28 проанализированных пробах не был обнаружен. Расчет ИЗВ был выполнен по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, аммонийного азота и растворенного кислорода. По индексу загрязненности ИЗВ (0,53) воды взморья Кубани в 2023 г. относятся ко II классу, «чистые» (табл. 2.4). В последнее время качество вод остается стабильным на прежнем уровне.

Взморье рукава Протока – район 4. В 2023 г. наблюдения на взморье рукава Протока выполнялись 23 апреля и 21 июня на двух станциях №29 и №31 с глубинами 6 м и 10 м. Всего было отобрано 8 проб. Температура воды во время исследований изменялась в диапазоне 9,30–23,40°C. Соленость вод взморья Протоки в обработанных пробах изменялась в пределах 9,82–16,29‰, средняя по отобранным пробам – 14,16‰. За последние 5 лет среднегодовая величина составила 12,59‰. Хлорность была в диапазоне 5,35–8,96/7,78‰; водородный показатель 8,06–8,34/8,18 ед.рН; щелочность 1,910–2,189/2,110 мг-экв/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в водах взморья Протоки изменялась в узком диапазоне 130–160; максимальное значение (0,41 ПДК) зафиксировано в конце июня в поверхностном слое. Средняя составила 144,8 и практически равнялась среднегодовой за последние 5 лет – 142,0 мг/дм³. Содержание нитритов изменялось в пределах 2,0–7,4/4,6 (0,19 ПДК), средняя за последние 5 лет – 6,28; нитратов 70,0–160/94,0, что в 1,6 раза ниже среднегодовой за последние 5 лет (146,0); общего азота 501–600. Концентрация фосфатов изменялась от пределов обнаружения в одной пробе до 7,3; средняя 0,08 ПДК. На фоне межгодовых флуктуаций постоянного тренда концентрации фосфатов не наблюдается (рис. 2.13).

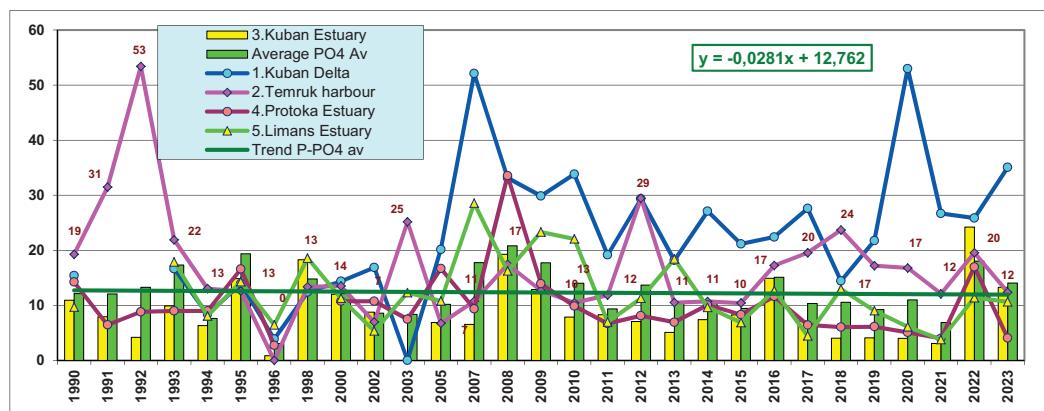


Рис. 2.13. Динамика среднегодовой концентрации фосфатов Р-Ро₄ (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Содержание общего фосфора изменялось в пределах 18,0–23,5 при среднем за год 20,4 и среднем за последние 5 лет – 18,8. Концентрация кремния была в диапазоне 389–1984/687 (средняя за пятилетку 845 мкг/дм³), максимум отмечен в конце июня в поверхностном слое в 4,4 км от устья рукава Протока. Среднегодовая концентрация силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии имеет слабую тенденцию к снижению.

Содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения применяемого метода в пяти из восьми отобранных проб. Максимальная концентрация составила 0,8 ПДК, средняя составила 0,010, что более чем в 2 раза меньше средней за последние 5 лет (0,021). В последние годы взморье Протоки было менее загрязненным НУ по сравнению с речным

стоком, поступающим в дельту реки и водами во входном канале порта Темрюк (рис. 2.10). Содержание СПАВ, хлорорганических пестицидов и растворенной ртути было ниже предела обнаружения применяемых методов химического анализа.

Содержание растворенного в воде кислорода на взморье Протоки в 2023 г. изменялось в диапазоне 8,53–11,19, составив в среднем 9,73 мгО₂/дм³. Насыщение вод кислородом было в узком диапазоне 102–110%. Сероводород на взморье Протоки в отобранных в сентябре пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,34), рассчитанному по среднегодовым значениям концентрации нефтяных углеводородов, аммонийного азота, нитритов и кислорода, воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Значение индекса снизилось по сравнению с прошлым годом почти в два раза в основном за счет существенного уменьшения содержания нефтяных углеводородов.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5. Наблюдения в устьевой области реки были выполнены на 6 станциях в устьях гирл Пересыпское (лиман Ахтанизовский), Соловьевское (лиман Курчанский), Куликовское (лиман Куликовский), Сладковское (лиман Сладкий), Зозулиевское (лиман Зозулиевский) и Горькое (лиман Горький). Пробы воды отбирались в апреле, июне, августе и октябре. Всего было отобрано 32 пробы воды из поверхностного и придонного слоев на мелководных станциях с глубинами 2–4 м. Соленость вод устьевой области изменилась в широком диапазоне от 0,25‰ до 13,94‰. Средняя за год соленость составила 4,59‰, что близко к значению за последние 5 лет (4,71‰). Хлорность вод в устьевой области р. Кубань изменилась в диапазоне 0,02–7,65/2,46‰, средняя за последние 5 лет – 2,54‰. Соленость и хлорность в значительной степени зависят от объема стока р. Кубань и от метеорологических характеристик во время отбора проб. Температура воды в гирлах лиманов изменилась от 8,6°C в апреле до 28,6°C в августе. Средняя за год температура воды составила 18,48°C, что на 0,20°C меньше средней за последние 10 лет. Водородный показатель изменился в пределах 7,62–8,71, средняя за год величина составила 8,28 ед.рН, что очень близко к прошлогоднему значению (8,36). Общая щелочность изменилась в диапазоне 1,986–2,678, а средняя величина оказалась равной (2,336), что близко по своему значению к прошлогодней (2,508 мг-экв/дм³).

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в устьевой области р. Кубань была в диапазоне 94,4–366,0 среднегодовая (0,49 ПДК) была немного меньше прошлогодней (0,57 ПДК). Содержание нитритов изменилось от 4,8 до 30,3 (1,26 ПДК), среднегодовая концентрация составила 14,3. Концентрация нитратов варьировалась в пределах 12,4–592,0 при средней за год 232,2, что ниже средней (280) за все время наблюдений с 1990 г. Концентрация фосфатов изменилась от аналитического нуля в пяти пробах до 105,0 (2,10 ПДК); средняя за год составила 10,6 (0,21 ПДК), что близко к прошлогодней (11,4). За последние три десятилетия хорошо выраженного тренда концентрации фосфатов в прибрежных водах Темрюкского залива выявлено не было, хотя межгодовые изменения были значительными (рис. 2.13). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 5,0–130,0; среднее значение составило 22,3 что на 15% больше прошлогоднего (19,2). Содержание кремния изменилось в пределах 138–3313; среднегодовое значение составило 1192,7, что на 19% меньше прошлогоднего (1473 мкг/дм³).

Концентрация НУ была ниже предела обнаружения в одной из 32 отобранных проб. Максимум (1,6 ПДК) был отмечен в начале августа на поверхности в устье гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Среднегодовая концентрация (0,42 ПДК) была на 19% меньше прошлогодней (0,52 ПДК). Во всех отобранных пробах содержание СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения.

Содержание растворенного в воде кислорода в устьях лиманов изменилось в диапазоне 6,86–12,12, среднее значение составило 9,31 мгО₂/дм³. Относительное насыщение вод кислородом изменилось в пределах 80–130%, а среднее составило 99,6%. Наличие сероводорода в

16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2023 г. по ИЗВ (0,65) воды гирл лиманов относились ко II классу качества, «чистые». Расчет выполнен по средней концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, ионов аммония и растворенного кислорода. Состояние вод по сравнению с предыдущими годами осталось на прежнем уровне.

Таблица 2.4. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2021-2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
1. Дельта реки Кубань – район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,042	0,84	0,049	0,99	0,058	1,15
		0,079	1,58	0,091	1,82	0,076	1,52
	Фосфаты Р-Ро ₄	26,7	0,53	25,85	0,52	35,06	0,70
		48,9	0,98	44,1	0,88	84,6	1,69
	Аммонийный азот N-NH ₄	198	0,50	175	0,45	158	0,41
		302	0,76	210	0,54	200	0,51
	Нитриты N-NO ₂	14,4	0,60	20,2	0,84	38,9	1,62
		43,9	1,83	37,9	1,58	67,2	2,80
	Растворенный кислород	8,79		8,53		9,43	
		6,23		7,02		7,19	
	% насыщения	93		91		98	
		79		83		89	
2. Темрюкский залив: п. Темрюк – район 2 (станция №1)	НУ	0,055	1,10	0,038	0,76	0,046	0,92
		0,230	4,60	0,093	1,86	0,110	2,20
	Ртуть Hg	0,0113	0,11	0,0028	0,03	0,0114	0,11
		0,029	0,29	0,0230	0,23	0,0290	0,29
	Фосфаты Р-Ро ₄	12,2	0,24	19,56	0,39	12,38	0,25
		31,3	0,63	39,4	0,79	34,9	0,70
	Аммонийный азот N-NH ₄	194	0,49	166	0,43	176	0,45
		342	0,86	216	0,56	281	0,72
	Нитриты N-NO ₂	15,3	0,64	8,5	0,35	13,2	0,55
		29,7	1,24	14,2	0,59	23,1	0,96
	Растворенный кислород	9,82		9,46		9,58	
		5,86	0,98	3,06	0,51	5,53	0,92
	% насыщения	98,58		95		98	
		78		41		72	
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань – район 3 (станции №№ 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,026	0,52	0,028	0,57	0,036	0,72
		0,063	1,26	0,050	1,00	0,100	2,00
	Ртуть Hg	0,0063	0,06	0,0050	0,05	0,0053	0,05
		0,016	0,16	0,0100	0,10	0,0110	0,11
	Фосфаты Р-Ро ₄	3,1	0,06	24,23	0,48	13,28	0,27
		10,3	0,21	38,1	0,76	41,7	0,83
	Аммонийный азот N-NH ₄	163	0,41	178	0,46	135	0,35
		390	0,98	201	0,52	151	0,39
	Нитриты N-NO ₂	8,2	0,34	5,0	0,21	9,9	0,41
		16,8	0,70	8,0	0,33	26,6	1,11
	Растворенный кислород	9,08		10,29		9,31	
		6,36		8,45		8,02	
	% насыщения	103,5		128		101	
		81		105		93	

4. Темрюкский залив: взморье рукава Протока – район 4 (станции №№ 29, 31)	НУ	0,021	0,42	0,039	0,78	0,010	0,20
		0,053	1,06	0,066	1,32	0,040	0,80
	Ртуть Hg	0,0063	0,06	0,0110	0,11	0,0	
		0,015	0,15	0,0110	0,11	0,0	
	Фосфаты P-PO ₄	4,00	0,08	16,98	0,34	4,05	0,08
		7,2	0,14	22,6	0,45	7,3	0,15
	Аммонийный азот N-NH ₄	165,8	0,43	180	0,46	145	0,37
		321	0,80	196	0,50	160	0,41
	Нитриты N-NO ₂	8,0	0,33	4,1	0,17	4,6	0,19
		12,3	0,51	5,1	0,21	7,4	0,31
	Растворенный кислород	9,39		9,20		9,73	
		7,60		8,15		8,53	
	% насыщения	108,4		114		107	
		95		98		102	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов – район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,022	0,44	0,026	0,52	0,042	0,84
		0,085	1,70	0,110	2,20	0,080	1,60
	Фосфаты P-PO ₄	3,8	0,08	11,40	0,23	10,65	0,21
		17,4	0,35	31,8	0,64	105	2,10
	Аммонийный азот N-NH ₄	214,8	0,55	223	0,57	191	0,49
		430	1,08	760	1,95	366	0,94
	Нитриты N-NO ₂	13,2	0,55	10,2	0,43	14,3	0,60
		52,5	2,19	31,1	1,30	30,3	1,26
	Растворенный кислород	8,62		8,35		9,31	
		5,97	0,94	6,06		6,86	
	% насыщения	92,0		91		100	
		77		74		80	

Примечания: 1. Концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути – в мкг/дм³,

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

3. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) не превышала предела обнаружения использованного метода анализа (DL=2–5 нг/дм³).

Таблица 2.5. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта – район 1	0,66	II	0,76	III	1,03	III	NO ₂ 1,62; НУ 1,15; PO ₄ 0,70; O ₂ 0,64
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк – район 2	0,71	II	0,55	II	0,63	II	НУ 0,92; NO ₂ 0,55; NH ₄ 0,43; O ₂ 0,63
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,48	II	0,52	II	0,53	II	НУ 0,72; NO ₂ 0,41; NH ₄ 0,35; O ₂ 0,64
4. Взморье рукава Протока – район 4	0,46	II	0,56	II	0,34	II	NH ₄ 0,37; НУ 0,20; NO ₂ 0,19; O ₂ 0,62
Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов							
5. Гирла лиманов – район 5	0,56	II	0,56	II	0,65	II	НУ 0,85; NO ₂ 0,60; NH ₄ 0,49; O ₂ 0,64

Выводы

Факторами, определяющими качество вод Темрюкского залива, являются сток реки Кубань, хозяйственная деятельность в ее бассейне и морское судоходство, в особенности в районе морского порта Темрюк. Среднегодовая соленость вод в рукавах дельты реки Кубань составила 0,26‰, в канале порта Темрюк 13,77‰, а на остальной акватории средние значения варьировали в диапазоне 4,59–14,16‰. Концентрация ионов аммония во всех районах залива изменялась от предела определения применяемым методом до 366, в среднем 163,6 мкг/дм³; нитритов 1,1–67,2/15,0 (средняя концентрация составила 0,62 ПДК, наибольшая – 2,80 ПДК); нитратов 12,4–750/201,4; общего азота 373–1300/647,4 мкг/дм³. Содержание фосфатов изменялось от аналитического нуля до 105,0(2,10 ПДК), средняя равняется 14,1; общего фосфора 5,0–130,0/27,8; силикатов 138–3313/1182 мкг/дм³.

Содержание нефтяных углеводородов было наибольшим в рукавах реки Кубань. В этих водоемах среднегодовое содержание составило 0,058 (1,16 ПДК), максимальное 0,076 (1,52 ПДК); в канале порта Темрюк концентрация НУ изменялась от аналитического нуля до 0,11, в среднем 0,046; на остальной акватории Темрюкского залива от аналитического нуля до 0,10 мг/дм³. Максимальное значение (2,2 ПДК) зафиксировано в конце июня в море в 600 м от устья р. Кубань напротив рукава Средний, а среднее по всем районам составило 0,039 мг/дм³. Концентрация СПАВ и хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) не превышала предела обнаружения использованного метода анализа ($DL=2-5$ нг/дм³). Растворенная ртуть в водах залива обнаружена в 10 пробах из 15 в концентрации от 0,010 до 0,029 мкг/дм³ (0,29 ПДК), максимум отмечен в подходном канале порта Темрюк в середине ноября в поверхностном слое.

В низовьях дельты р. Кубань насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было высоким. Концентрация варьировала в диапазоне 7,19–11,66, в среднем – 9,43 мгO₂/дм³. На акватории Темрюкского залива концентрация кислорода изменялась в диапазоне 5,53–12,7 и была ниже норматива всего в трех пробах; средняя составила 9,58 мгO₂/дм³. Процент насыщения вод кислородом был в диапазоне 72–125%.

По ИЗВ (1,03) воды низовьев дельты реки Кубань, определенные по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, фосфатов и кислорода относились к III классу качества, «умеренно загрязненные». В остальных районах на акватории Темрюкского залива ИЗВ был в пределах 0,34–0,65, что позволило отнести их ко II классу, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами являлись нефтяные углеводороды, аммонийный азот, нитриты и фосфаты. По комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ речной сток в дельте Кубани за последние полтора десятка лет неуклонно ухудшался внутри класса «чистые воды», постепенно приближаясь к границе «умеренно загрязненных» вод (рис. 2.14). В остальных районах также наблюдается ухудшение качества вод при незначительной флюктуации годовых значений ИЗВ. В самом начале исследований качество вод практически во всех районах было значительно хуже.

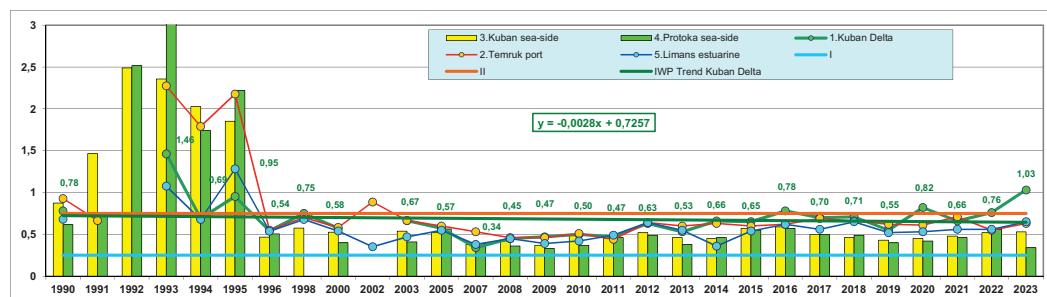


Рис. 2.14. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах отдельных районов Темрюкского залива в 1990–2023 гг.

2.4. Керченский пролив. Разрез порт Крым – порт Кавказ

В 2023 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился лабораторией мониторинга окружающей среды (ЛМЗОС) г. Керчи с мая по август на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ с глубинами от 5 до 7 м (рис. 2.15). Всего отобрано и обработано 88 проб воды из поверхностного и придонного слоев; выполнено 1864 измерения. Для определения фенолов использовался фотометрический метод, изложенный в «Руководстве по методам химического анализа морских вод» (Гидрометеоиздат, 1977). Отбор и подготовка экстрактов на содержание ХОП производились в ЛМЗОС г. Керчи, а окончательный газохроматографический анализ осуществлялся в ЛМЗОС г. Ялта. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$, абсолютного содержания кислорода $\text{мг О}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов $\text{мг}/\text{дм}^3$, хлорированных пестицидов $\text{нг}/\text{дм}^3$.

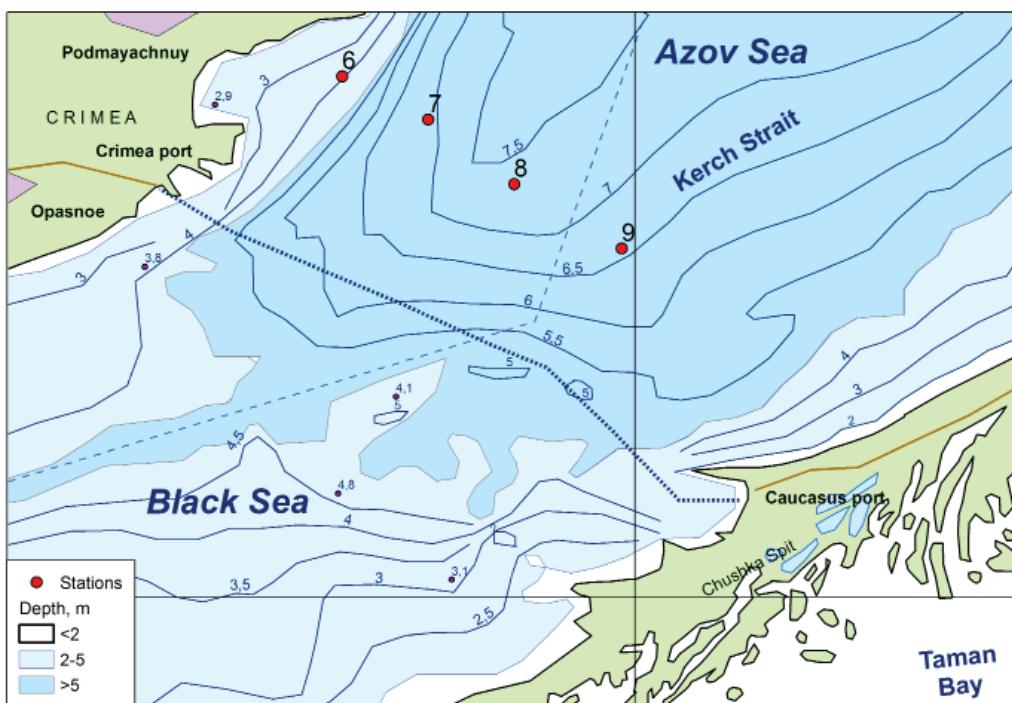


Рис. 2.15. Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2023 г.

В мае-августе 2023 г. средние значения стандартных гидрохимических параметров и разброс их значений в водах пролива составили: температура от 13,00 до 26,7°C; щелочность $2,592 \uparrow - 2,985 \downarrow$ (средняя $2,769 \downarrow$ $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$); водородный показатель $8,04 \uparrow - 8,48 \uparrow / 8,29 \uparrow$ ед.рН. Соленость вод северной узости пролива в 2023 году изменялась в диапазоне $13,99 \uparrow - 17,57 \downarrow \%$. Среднее значение по сравнению с прошлым годом снизилось на 1,03% и составило $15,12 \downarrow \%$, став вторым по величине за весь период систематических наблюдений, уступив только прошлогоднему. Средняя за последние три года соленость в целом возрасала от береговой зоны пролива к его центру: ст. №6—15,306%, ст. №7—15,433; ст. №8—15,621 и ст. №9—15,730% (рис. 2.16). Вероятно, это связано со стоком распресненных азовских вод ближе к крымскому берегу.

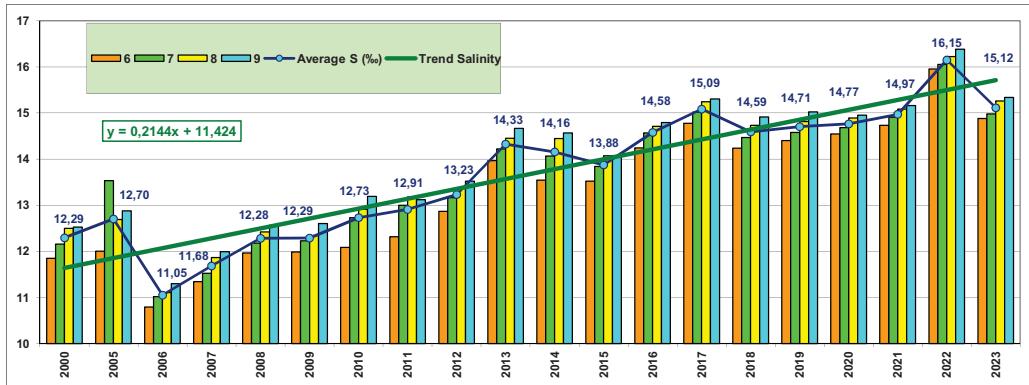


Рис. 2.16. Многолетняя динамика солености (%) на станциях разреза Крым-Кавказ в 2000–2023 гг.

Концентрация общего азота в водах северной узости Керченского пролива находилась в пределах 530–990 мкг/дм³, в среднем за период наблюдений составила 727, продолжив устойчивую в течение многих лет тенденцию к увеличению. Доля минеральных форм азота не превышала 5–7% от среднемесячного количества общего азота. Максимальное содержание нитратной и аммонийной форм азота (25 и 32 мкг/дм³ соответственно) было существенно ниже ПДК (табл. 2.6). Максимальная концентрация нитритной формы азота достигала 11 (0,4 ПДК) в июле. Среднее содержание минеральных форм азота за период наблюдений составило соответственно 16,0; 22,7 и 7,2, что сопоставимо с аналогичными периодами предыдущих лет. Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 13–45/23, а фосфатного фосфора – 4,5–15,9/8,4 мкг/дм³ (0,17 ПДК). Сезонное распределение средней концентрации различных форм биогенных элементов было относительно однородным, резких различий между месяцами замечено не было (рис. 2.17).

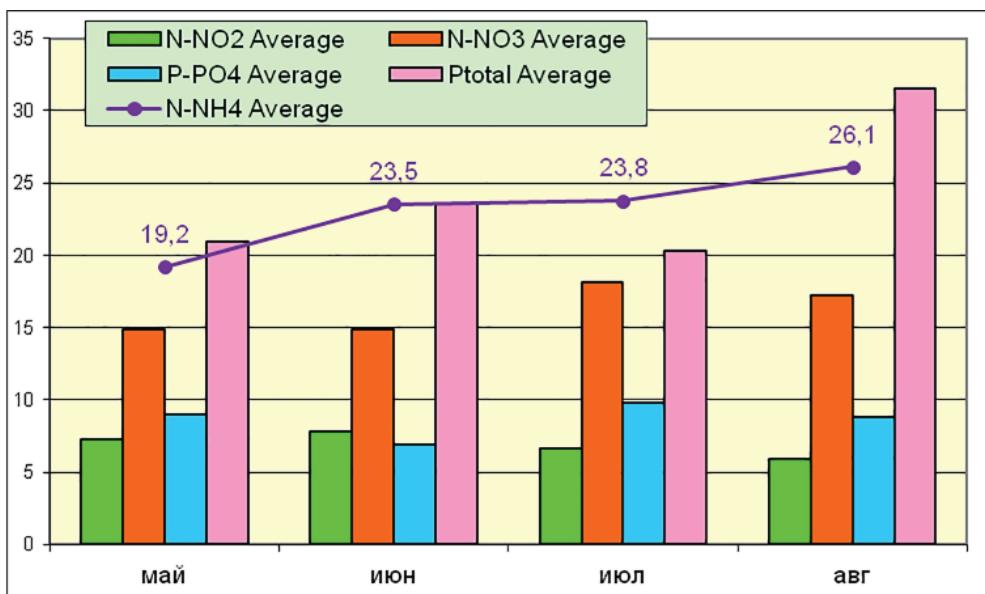


Рис. 2.17. Сезонные изменения содержания биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Керченского пролива в 2023 г.

Содержание кремния в водах северной части пролива было достаточно однородно распределено по глубине, изменяясь от 140 до 540 мкг/дм³ у поверхности и в придонном слое. Наибольшее содержание наблюдалось в июле и августе, когда средние значения концентрации составили 430 на поверхности и 434 у дна, а в мае-июне они не превышали 298–306 соответственно (рис. 2.18).



Рис. 2.18. Сезонные изменения содержания кремния (мкг/дм³) в водах Керченского пролива.

Содержание основного загрязнителя вод северной узости Керченского пролива – нефтяных углеводородов – резко выросло по сравнению с предыдущим годом (рис. 2.19). Высокое содержание НУ в водах пролива фиксировалось в каждом месяце. В целом за период наблюдений 58% отобранных проб содержали нефтяные углеводороды в концентрации, достигавшей или превышавшей предельно допустимую (50 мкг/дм³). Это почти вдвое выше таковых в предыдущем году (31%) и сопоставимо с уровнем позапрошлого года. Максимальное загрязнение вод (0,35–0,57; 7,0–11,4 ПДК) наблюдалось на обоих горизонтах в июне, среднемесячное содержание НУ тогда достигло 0,13 (2,6 ПДК). Среднее за период наблюдений значение содержания НУ в столбе воды составило (0,087), что в 1,7 раз превысило ПДК. Средняя загрязненность придонного слоя воды (0,096) на 23% превышала загрязнённость придонного слоя (0,078). Средние за месяц значения концентрации НУ изменились в широком диапазоне 0,72–2,56 ПДК, при этом различия между месяцами продолжали быть существенными (рис. 2.20).

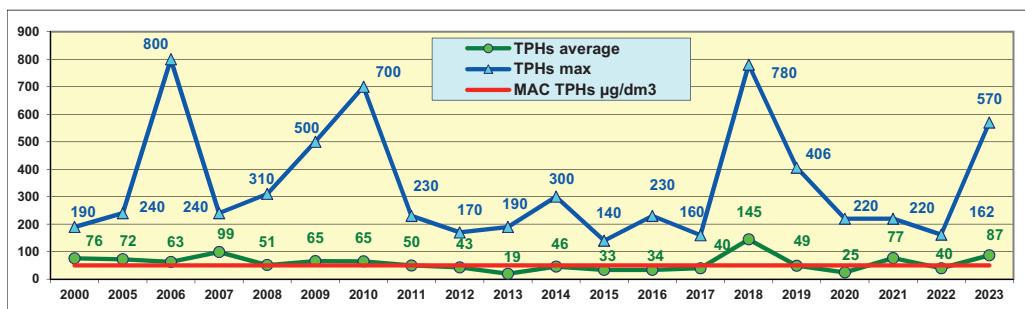


Рис. 2.19. Многолетняя изменчивость содержания нефтяных углеводородов (мкг/дм³) в водах Керченского пролива.

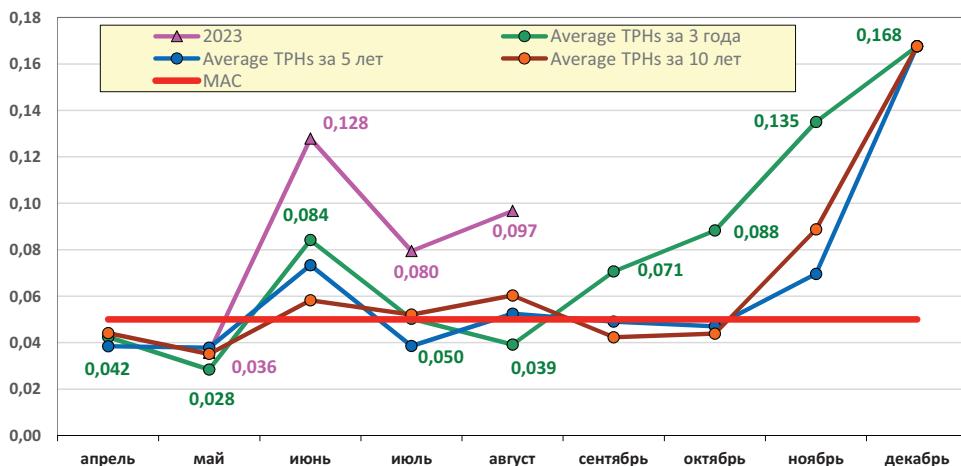


Рис. 2.20. Сезонные изменения содержания нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах Керченского пролива.

Содержание АПАВ в северной части Керченского пролива было незначительным. Даже максимальная концентрация не превышала 15 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$ (0,15 ПДК) в поверхностных водах и 16 (0,16 ПДК) в придонных. Среднее содержание (10 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$) было минимальным с 2017 г. Концентрация суммы фенолов была ниже предела количественного определения. Из анализируемых хлороганических пестицидов (ХОП) присутствие γ -ГХЦГ (альдрин) ($0,67 \text{ нг}/\text{дм}^3$) было зафиксировано только в июне в единичной пробе поверхностных вод. Метаболит ДДД определен на одной станции на поверхности и у дна ($0,79$ и $1,02 \text{ нг}/\text{дм}^3$ соответственно). Присутствие ПХБ в водах пролива не зафиксировано.

Аэрация вод северной части пролива была в пределах нормы и в среднем в слое поверхность-дно составила 104% насыщения. Из 88 отобранных и проанализированных проб только 25% содержали растворенный кислород менее величины теоретической растворимости газа. Дефицит растворенного кислорода при наименьшем насыщении вод не превышал 6%, а наибольшее насыщение вод достигало 114–115%. Концентрация растворенного кислорода в абсолютных величинах изменялась от $7,10$ – $7,12$ до $10,30$ – $10,39 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, и в толще вод в среднем составило $8,54 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, что практически равно прошлогодней величине.

Таблица 2.6. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в водах Керченского пролива в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря 88 проб	НУ	0,077	1,54	0,040	0,79	0,087	1,73
		0,22	4,40	0,162	3,24	0,570	11,40
	СПАВ	22,0	0,22	12,1	0,12	10,1	0,10
		112,6	1,13	17,0	0,17	16,0	0,16
	ДДТ	0,09	<0,01	0,14	0,01	0,00	
		0,75	0,08	2,21	0,22	0,00	
	ДДЭ	0,13	0,01	0,24	0,02	0,00	
		2,37	0,24	5,52	0,55	0,00	
	ДДД	1,95	0,20	4,07	0,41	0,08	0,01
		10,9	1,09	19,84	1,98	1,02	0,10

	Аммонийный азот N-NH ₄	28,4	0,07	24,0	0,06	22,7	0,06
		120,8	0,31	39	0,10	32	0,08
Нитритный азот N-NO ₂	7,8	0,33	7,2	0,30	7,2	0,30	
	16,0	0,67	13,0	0,54	11,0	0,46	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	7,7	0,15	7,5	0,15	8,4	0,17	
	37,9	0,76	15,8	0,32	15,9	0,32	
Растворенный кислород	8,28		8,46		8,54		
	5,79	0,97	6,35		7,10		
% насыщения	98,0		105,1		104,0		
	79		89		94		

Выводы

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,73) качество вод северной узости Керченского пролива существенно ухудшилось по сравнению с 2022 г. Хотя характеристика II класса («чистая») для вод пролива сохранилась, значение вплотную приблизилось к границе класса «загрязненная» (0,75) и стало худшим за предыдущие 5 лет (табл. 2.7). Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, нитритов, фосфатов и растворенного кислорода. Ухудшение качества вод пролива обусловлено значительным увеличением нефтяного загрязнения. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Значение солености вод пролива, хотя и было ниже прошлогоднего, тем не менее превышало остальные значения за весь период систематических наблюдений, в среднем превысив отметку в 15,1%. Максимальная концентрация биогенных веществ не превышала 0,5 ПДК. Сколько-нибудь существенного загрязнения вод пролива хлорорганическими пестицидами и другими стойкими органическими загрязнителями не фиксировалось.

Таблица 2.7. Оценка качества вод Керченского пролива в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Керченский пролив	0,70	II	0,55	II	0,73	II	НУ 1,73; NO ₂ 0,30; PO ₄ 0,17; O ₂ 0,70

Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

*Коршенко А.Н., Марценюк В.А., Долгова А.О., Пинигина Е.П., Мезенцева И.В.,
Мальченко Ю.А., Дьяков Н.Н., Парфенова В.А., Брайко О.И., Зайцева О.И.,
Фурник Д.В., Кравцова Е.Г., Кобец С.В., Титов А.М.,
Калижникова Н.А., Порхунова Ю.В.*

3.1. Общая характеристика

Черное море соединяется с Атлантическим океаном через Средиземное море проливами Босфор, Дарданеллы и Гибралтар. Географические границы Черного моря ограничены на севере входом в Березанский лиман, на юге г. Гиресун и г. Сюрмени в Турции, на западе Бургасским заливом и на востоке г. Кобулети в Грузии. Граница Черного моря с Мраморным морем проходит в северной части пролива Босфор по линии между мысами Румели и Анадолу. На северо-востоке граница Черного и Азовского морей проходит в Керченском проливе по линии между мысами Такиль в Крыму и Панагия на Таманском п-ве. Наибольшая протяженность Черного моря в широтном направлении по различным оценкам составляет 1148–1180 км. Максимальная ширина моря по меридиану $31^{\circ}10'$ в.д. – 615 км, наименьшая ширина моря между мысами Сарыч и Керемпе от 258 до 264 км. Расстояние по линии м. Херсонес–Босфор в пределах 615 км, по линии Ялта–Батуми составляет ~ 685 км. Общая площадь поверхности моря без лиманов составляет 406680–423000 км², объем воды 535430–555000 км³. Средняя глубина моря 1270–1315 м, максимальная глубина моря находится в пределах 2210–2258 м. Изрезанность береговой линии Черного моря незначительная. Самыми крупными формами рельефа суши являются Крымский полуостров и небольшие полуострова на Анатолийском побережье (Инджебурун, Ясун и др.). Наиболее крупные заливы Черного моря: Одесский, Каркинитский, Каламитский, Феодосийский, Синопский, Бургасский и Варненский. Из бухт наибольшие Самсун, Севастопольская, Новороссийская и Геленджикская. В Черном море отсутствуют крупные острова. Самым значительным является о. Змеиный (площадь 1,5 км²), расположенный в 35 км от края дельты Дуная. Меньшими по размерам являются о. Березань у входа в одноименный лиман и о. Кефекен в 93 км восточнее пролива Босфор. Несколько небольших островов находятся в Бургасском заливе. По отношению объема моря к сумме площадей наименьших поперечных сечений его проливов (0,04 км² для Босфора и 0,02 км² для Керченского пролива) Черное море является самым обособленным морем Мирового океана. Шельф (материковая отмель до изобаты 200 м) занимает 25% акватории моря (112140 км²) и 1,5% объема вод (8190 км³). Наибольшая часть шельфа находится на северо-западную часть моря – 16% акватории моря, 0,7% объема вод при максимальной ширине шельфа 220 км. В Керченско-Таманской области, на побережье Болгарии и западной Турции ширина шельфа находится в пределах 50 км. Вдоль Анатолийского побережья и ЮБК (Ялта – м. Меганом) шельф моря уменьшается до нескольких километров. В районе Кавказского побережья рельеф дна характеризуется узким шельфом (в среднем 8 км) и сильно расчлененным каньонами материковым склоном. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15–20°. Континентальный (материковый) склон ограничен изобатами 200–2000 м и занимает около 40% акватории моря. Ложе глубоко-водной котловины с глубинами 2000–2200 м занимает около 35% акватории моря и представляет собой плоскую аккумулятивную равнину на разнородных и разновозрастных в геологическом плане структурах, и имеет небольшой наклон в южном направлении (Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991, Зубов, 1956).

В Чёрное море непосредственно или через лиманы впадает 211 рек. С учетом притока малых рек среднемноголетний годовой объем стока в море может быть оценен в 355,6 км³. Около 74% (263,2 км³/год) суммарного стока в море приходится на ее северо-западную часть (реки Дунай, Днепр, Днестр), причем 58,5% всего стока – на р. Дунай. Сток рек Кавказа и с территории Турции составляет соответственно 52,5 и 45,6 км³/год (соответственно 14,8% и 10,6% от общего стока рек в Черное море). Сток рек Болгарии, Румынии (без р. Дунай) и Крыма незначительный, примерно 2,2 км³/год (Ильин, 2010, SoE, 2019, Джоашвили, 2003, Mikhailov, 2008).

Климатические условия в холодный период года (декабрь–март) определяет сочетание отрога сибирского антициклона с областью низкого давления над Черным морем, что способствует созданию значительных градиентов давления и развитию циклонической деятельности. С циклонами поступает морской воздух Атлантического океана, обусловливая повышение температуры воздуха. Нередко зимой из бассейна Средиземного моря юго-западными ветрами приносится теплый тропический воздух с высоким содержанием влаги. Весной влияние сибирского максимума существенно уменьшается. Вследствие частых вторжений южных и юго-западных ветров, преобладает неустойчивая погода с частыми морскими туманами. В летний сезон Черное море находится в области распространения Азорского максимума, преобладает устойчивая ясная и жаркая погода. Осенью, по мере ослабления влияния азорского максимума, над морем появляются циклоны с юга, но в начале сезона погода остается ясной и теплой. В октябре вступает в силу сибирский максимум, и температура воздуха начинает быстро падать (Гидрометеорологические условия, 2012, Фашук, 2019).

Основными характерными элементами вертикальной термической структуры деятельного слоя Черного моря являются верхний квазиоднородный слой от 5 до 130 м, сезонный термоклин с максимумом вертикального градиента летом на глубине 15–20 м (значения до 5°C/м, средняя величина 1°C/м), а также холодный промежуточный слой (ХПС), т.е. слой подповерхностного минимума температур с глубиной залегания 30–100 м. Ниже температура с глубиной очень медленно повышается из-за геотермического притока тепла от дна и на глубине 2 км достигает 9,2°C. Сезонные колебания температуры быстро затухают с глубиной. На глубине 75 м, близкой к глубине максимума вертикального градиента плотности, размах сезонных изменений температуры в сравнении с поверхностью уменьшается в 30 раз. Основным отличием прибрежной зоны от районов открытого моря является опережающий характер годового хода гидрологической структуры вод. Если минимум температуры воды у берега наступает в феврале, то в зоне с глубинами 70–100 м – только в марте (Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991).

Превышение поступления пресной воды с речным стоком и осадками над испарением приводит к тому, что соленость поверхностного слоя Черного моря (17,85‰) почти вдвое меньше вод Мирового океана. Средняя соленость по всему объему Черного моря равна 21,96‰, в слое 0–300 м составляет 20,26‰, увеличиваясь до 22,26‰ в слое 400–2000 м. Прибрежные воды от Анапы до Сочи относятся к району с относительно пониженной соленостью во все сезоны года, особенно в месте впадения в море рек Мзымта и Сочи. Характерной чертой вертикальной халинной структуры Черного моря является наличие двух галоклинов: сезонного в слое 0–30 м и постоянного (основного) в слое 50–100 м. Максимум вертикального градиента в постоянном галоклине располагается на 50–70 м, значения находятся в диапазоне 0,03–0,06‰/м (Иванов, 2011).

В Черном море выделяют несколько крупномасштабных структур циркуляции поверхностных вод: Общечерноморское течение (ОЧТ) в зоне континентального склона; два крупномасштабных циклонических круговорота в восточной и западной частях моря,

скорость течения увеличивается от 10 см/с в центре до 25 см/с на периферии этих круговоротов. С глубиной скорости течений быстро затухают до порядка 100 м; квазистационарные антициклонические вихри в прибрежной зоне – Батумский, Севастопольский, Кавказский, Сакарья, Синопский и др. Основные циклонические круговороты и квазистационарные антициклонические вихри прослеживаются до больших глубин. Ветер и пространственно-временные изменения атмосферного давления обуславливают коротко-периодные колебания уровня Черного моря синоптического (с периодами от 2–3 суток до полугода) и мезомасштабного (сейши с периодом менее 2 суток) диапазона частот. Влияние плотностных изменений уровня на большей части акватории Черного моря незначительно и не превышает 1–5 см в месяц. Наибольшие плотностные повышения уровня приходятся на август и связаны с нагревом воды, наибольшие понижения наблюдаются в феврале-марте и связаны с охлаждением воды в этот период. Вклад атмосферного давления в сезонные изменения уровня моря еще меньше, чем плотностные изменения уровня, и не превышает 1–3 см. Колебания уровня главным образом проявляются в виде сгонно-нагонных явлений, максимальная амплитуда которых отмечается в СЗЧ моря. Штормовые ветры восточной и южной четверти вызывают нагонные подъемы уровня амплитудой 30–60 см, а при жестких штормах северо-западных и юго-западных направлений падение уровня может достигать 20–34 см. У Кавказского побережья величины максимальных нагонов невелики и не превышают 10–20 см в районе Новороссийска и 31–54 см в районе Туапсе. Здесь нагоны отмечаются в течение всего года в основном при западных ветрах. Наибольшее число сгонов приходится на осенне-зимний период, чаще всего при восточных и северо-восточных ветрах. Осенне-зимние штормовые ветра могут развивать волны высотой до 6–8 м. Стоящие колебания уровня моря (сейши) развиваются в бухтах с периодами от нескольких минут до 2 ч и амплитудой в 40–50 см (Суховей, 1986, Мее, Jeftic, 2010, Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991).

Море почти всегда свободно ото льда и лишь в отдельные холодные зимы прибрежные воды в северо-западной мелководной части моря покрываются льдом. В умеренные зимы в январе-феврале преобладает плавучий крупно и мелкобитый белый лед, который может распространяться достаточно далеко до 40–50 миль от берега. На побережье между Одессой и Очаковом припай наблюдается непродолжительное время, а толщина припайного льда не превышает 20–30 см. В суровые зимы максимальное распространение припайного льда может превышать границы СЗЧ и наблюдаться южнее Констанцы (Румыния). Максимальная толщина ледовых полей в открытых районах моря составляет 20–30 см (Гидрометеорологические условия, 2012, Дьяков, 2016, Фашук, 2019).

3.2. Западный Крым

В июне-октябре 2023 г. в рамках кризисного мониторинга качества морских вод северо-западного шельфа Черного моря после прорыва дамбы Каховского водохранилища и паводка р. Днепр Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» было выполнено шесть прибрежных и две морских гидролого-гидрохимических съемки у западного побережья Крымского полуострова. Отбор 50 проб проводился на 11 станциях в прибрежных водах Каркинитского залива от м. Тарханкут до Красноперекопска и 21 пробы на трех станциях у юго-западного побережья от Евпатории до м. Тарханкут (рис. 3.1). В Каркинитском заливе 1 и 3 июля 2023 г. на 6 станциях (№9–14) с глубинами 7–22 м были отобраны пробы с поверхности и придонного горизонтов, в остальной период анализировались только поверхностные воды. Всего было отобрано и обработано 71 пробы, выполнено 1155 анализов.



Рис. 3.1. Станции отбора гидрохимических проб на западном взморье Крыма в июне-октябре 2023 г.

В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров (температура, соленость, водородный показатель pH, щелочность), содержания растворенного в воде кислорода и легко окисляемых органических веществ по БПК₅, концентрации биогенных элементов (фосфаты и общий фосфор, нитриты, нитраты, аммонийный и общий азот, силикаты) и детергентов. Концентрация НУ и микроэлементов (медь, железо, свинец, марганец и хром) на всех станциях была определена только в поверхностном слое.

В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, металлов и СПАВ используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) биогенных элементов (мкг/дм³) составил: фосфатов РО₄ 1,5; общего фосфора P_{total} 20,0; силикатов 10; нитритов 0,5; нитратов 5,0 и аммонийного азота 10,0; нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК) и СПАВ 50 мкг/дм³ (0,5 ПДК).

3.2.1. Каркинитский залив

В период исследований температура поверхностных морских вод изменялась в соответствии с сезонностью от 30,57°C в июле до 15,20°C в октябре. Наименьшие значения (12,11–14,98°C) отмечены в придонных водах 1–3 июня на глубинах 20–22 м. На 11 станциях Каркинитского залива значения солености варьировали в пределах 10,45–19,23‰ и в среднем составили 18,14‰. Минимальное значение отмечено в Узкой бухте у Черноморского. Значи-

тельно отличалась соленость вод в кутовой части залива в районе Красноперекопска (ст.№8), изменяясь в большом диапазоне 17,54–84,67‰ (средняя 34,05‰). Щелочность варьировала от 0,370 до 7,050, средняя величина составила 3,638 мг-экв/дм³. Водородный показатель укладывался в узкий диапазон 8,01–8,93 ед.рН, при среднем значении 8,36 ед.рН. Далее ввиду высокого загрязнения вод восточной части залива в районе Красноперекопска данные по ст.№8 будут указываться отдельно от остальной акватории.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация фосфатного и общего фосфора в прибрежных водах Каркинитского залива изменялась в диапазоне 1,6–11,4 и 9,1–80,1, в среднем 7,2 и 53,0 соответственно, равномерно распределяясь в слое поверхность–дно. Повышенное содержание наблюдалось в летний период с последующим снижением в сентябре–октябре (рис. 3.2). Отдельно следует отметить загрязнение вод в районе ст.№8, где их максимальная концентрация соответственно достигала 77,3 (1,5 ПДК) и 288,8, а средняя величина за период наблюдений составила 24,0 и 145,8 мкг/дм³.

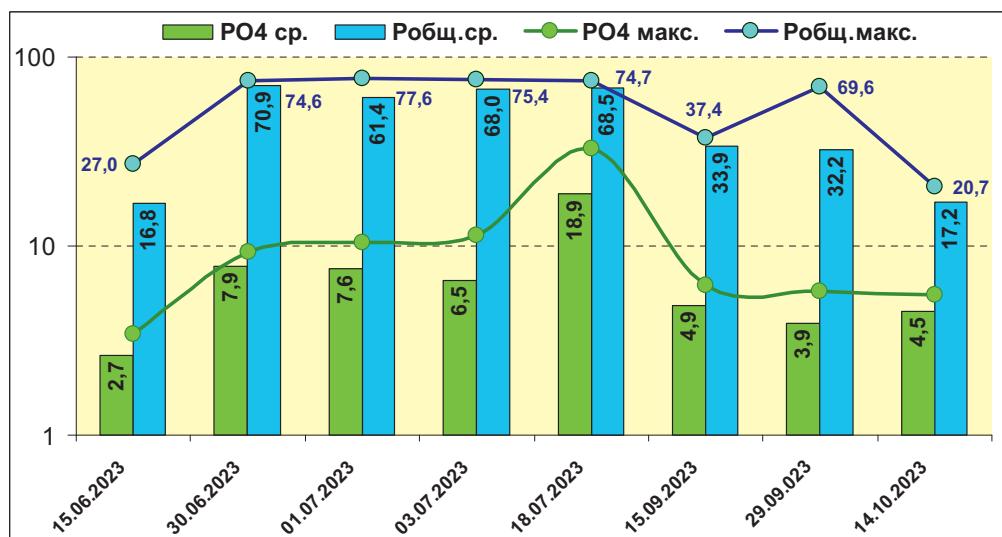


Рис. 3.2. Изменение содержания общего и фосфатного фосфора (мкг/дм³) в водах Каркинитского залива в 2023 г.

Содержание нитритного и аммонийного азота в водах Каркинитского залива изменилось в диапазонах 0,52–7,50/1,52 и 1,20–50,19/23,6. В восточной части залива (ст.№8) концентрация нитритов и аммония достигала 75,8 (3,2 ПДК) и 493,1; в среднем за период наблюдения показала 18,8 и 138,9 соответственно. Содержание нитратов в период наблюдений распределялось крайне неравномерно: в районе Красноперекопска (ст.№8) изменилось от 6,4 до 180,3, в акватории б.Большой Кастель варьировало в пределах 80,5–428,0, на остальных станциях 1,3–65,9. Концентрация общего азота была в диапазонах: 479–6371 в восточной части залива (ст.№8), 895–3145 в акватории бухты Большой Кастель и 214–959 на остальных станциях. Среднее содержание нитратного и общего азота в трех районах составило 46,5/2265, 227,3/1572 и 8,8/522 мкг/дм³. По результатам анализа данных за 1 и 3 июня на станциях №9–14 поверхностные воды содержали азота в 1,3 раза больше придонных.

Концентрация кремния в районе Красноперекопска (ст.№8) в среднем за период составила 1506. Наблюдался рост от 45 в июне до 4350 в июле с последующим снижением

до 168 в октябре. На остальных станциях Каркинитского залива среднее содержание кремния составило 146, изменяясь в диапазоне 8–473, и только в акватории б. Узкая в июле и б. Большой Кастель в октябре максимальная концентрация силикатов достигала 1294 и 995 мкг/дм³ соответственно.

Нефтяное загрязнение поверхностных вод в прибрежной зоне Каркинитского залива было значительным. В 88% отобранных проб концентрация НУ достигала и превышала ПДК. Среднее за период наблюдений содержание составило 0,08 (1,6 ПДК) при диапазоне концентрации 0,02–0,12 (2,4 ПДК). При оценке среднего содержания не учитывались три чрезвычайно высоких максимума 0,36 (7,2 ПДК), 0,50 (10,0 ПДК) и 2,26 (45,2 ПДК), зафиксированных в начале июля на морских ст. №10, 11 у пос. Черноморское и в середине сентября на ст. №5 в бухте Узкая соответственно. С учетом этих экстремумов средняя увеличивается вдвое до 0,16 мг/дм³. Содержание нефтяных углеводородов в кутовой части залива на ст. №8 не было повышенным, максимальное значение 0,11, среднее 0,09 мг/дм³. Загрязнение вод АПАВ не превышало ПДК, изменяясь от 11,6 до 86,6. Среднее содержание детергентов в районе Красноперекопска составило 62,6, на остальных станциях наблюдения – 27,7 мкг/дм³.

Определение содержания микроэлементов (мкг/дм³) проводилось в июне-июле и превышение нормативов по их содержанию не было зафиксировано. Концентрация меди изменялась от «не обнаружено» до 4,9, средняя составила 1,8. Повышенные значения отмечены в районе Красноперекопска в конце июня (4,9) и на ст. №9, 11 в начале июля (4,4–4,8). Содержание железа изменялось в кутовой части залива на ст. №8 в диапазоне 5,1–43,3, на остальных станциях от аналитического нуля до 22,9 (рис. 3.3). Среднее за период значение для указанных районов составило соответственно 19,1 и 7,1. Присутствие свинца фиксировалось только 30 июня на ст. №8 (2,3) и с 1 по 18 июля на станциях №6, 11 и 4 (2,0–2,5). Концентрация марганца варьировала в диапазоне 0–12,4. Повышенные значения отмечены в районе Красноперекопска (средняя величина 4,5), а на остальных станциях – 1,9. Распределение хрома было достаточно равномерным по акватории 1,1–3,1/1,9 мкг/дм³.

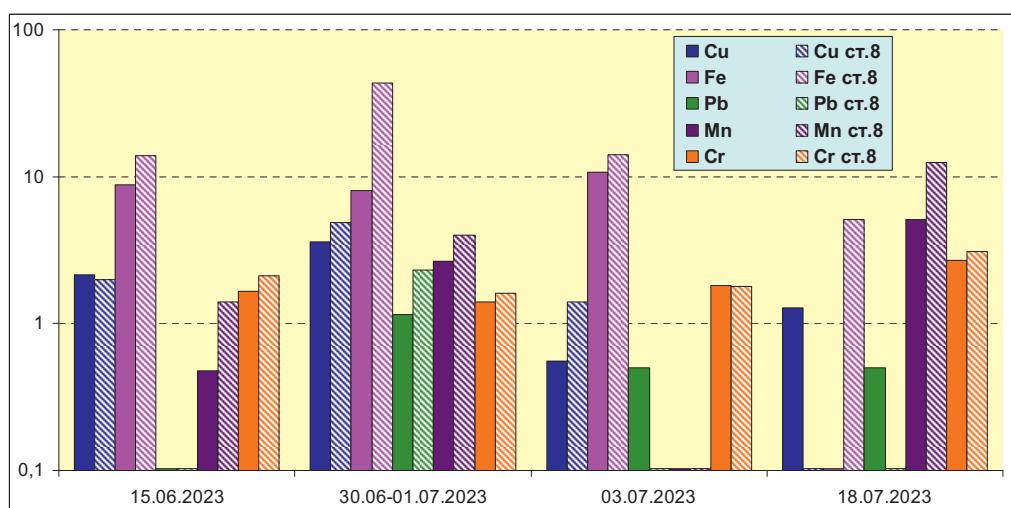


Рис. 3.3. Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) на ст. №8 (пунктирная заливка) и остальных станциях (сплошной цвет) Каркинитского залива летом 2023 г.

3.2.2. Каламитский залив от м. Тарханкут до г. Евпатория

В период исследований на трех прибрежных станциях №№1,2,3 в заливе температура поверхностных морских вод изменялась в соответствии с сезонностью в диапазоне 17,3–25,1°C (рис. 3.1). Значения солености дважды были очень низкими на косе Беляус и в Оленевке на мысе Тарханкут (8,84‰ и 9,35‰), остальные варьировали в узком диапазоне 18,18–18,84‰; водородный показатель 7,98–8,82 ед.рН, средние 18,51‰ и 8,44 ед.рН; щелочность 1,076–4,620/3,029 мг-экв/дм³. Содержание органических веществ по БПК₅ было выше норматива во всех пробах и варьировала в пределах 2,15–7,42/4,64 мгО₂/дм³, в среднем 2,21 ПДК, максимум 3,53 ПДК. Наиболее высокие величины (7,42 и 7,28) зафиксированы 15 июня на мысе Тарханкут у Оленевки и на пляже косы Беляус. Однако в трех других пробах этого месяца значения были в два раза меньше и не превышали 3,5 мгО₂/дм³. В целом более высокие значения были отмечены в пробах сентября-октября, 2,15–5,97/4,55 мгО₂/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание фосфатного и общего фосфора изменялось в диапазоне 2,5–15,8/6,9 и 9,3–81,7/39,8 соответственно. Повышенная концентрация наблюдалась с 30 июня по 18 июля (рис. 3.5). Концентрация нитритного, нитратного и аммонийного азота варьировала в пределах 1,0–16,1/3,3; 2,8–50,6/13,4 и 5,4–81,0/34,0. Содержание общего азота изменялось в широком диапазоне 208–1456/627, максимальная концентрация зафиксирована в середине июня. Среднее содержание тогда составило 960 и постепенно снизилось к октябрю до 266 (рис. 3.4). Зафиксировано повышенное на фоне сопредельных районов содержание азота в середине сентября на ст. №2 у косы Беляус, где были зафиксированы максимумы для нитритов, нитратов и аммонийного азота, а концентрация общего азота достигала 950. Концентрация кремния изменялась от 7,8 до 375,5 и в среднем составила 117,8 мкг/дм³. Наибольшее значение зафиксировано 3 июля у косы Беляус.

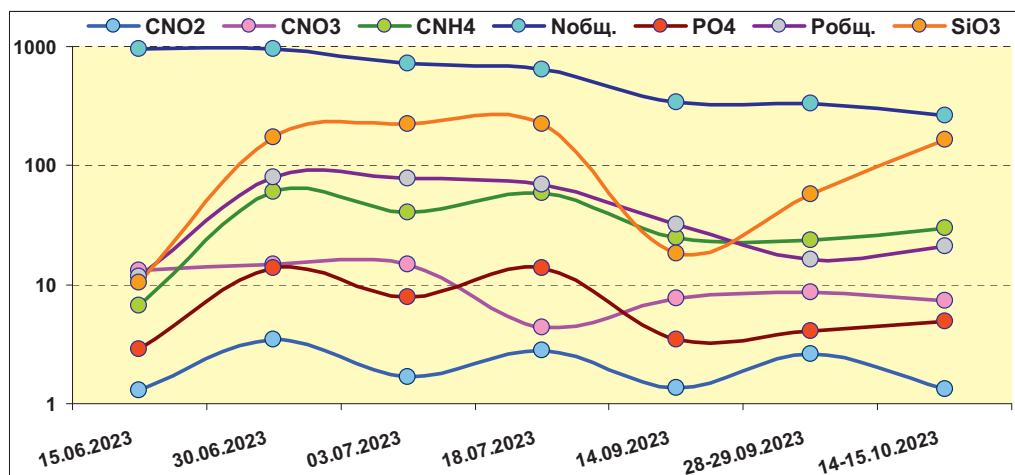


Рис. 3.4. Изменение содержания биогенных соединений (мкг/дм³) у юго-западного побережья Крыма в 2023 г.

Нефтяное загрязнение (мг/дм³) поверхности слоя вод на трех станциях южнее м. Тарханкут в среднем составило 0,064 (1,3 ПДК). В 67% отобранных проб концентрация НУ достигала и превышала ПДК. Повышенная гидродинамическая активность на траверзе пгт Оленевка (ст. №3) очевидно определяет более низкое среднее содержание НУ (0,9 ПДК) относительно загрязненных вод на ст. №1 и №2 (1,5 ПДК). В оценке среднего значения не

учитывалось особо высокое загрязнение вод 14 сентября, когда концентрация НУ достигла 1,85 (37 ПДК), 1,30 (26 ПДК) и 0,10 (2 ПДК) на станциях 1, 2 и 3 соответственно; в остальных пробах максимальное значение не превышало 0,09, 0,16 и 0,05. С учетом величин середины сентября средняя увеличивается в 3,3 раза до 0,21 мг/дм³. Загрязнение вод детергентами в целом было невысоким, изменяясь относительно равномерно от 15,5 до 40,7 мкг/дм³. Единичное исключение (149,2; 1,5 ПДК) было зафиксировано 14 сентября на пляже Оленевки. Среднее содержание АПАВ составило 29,2 мкг/дм³.

Определение содержания **микроэлементов** (мкг/дм³) проводилось в июне-июле и превышение соответствующих нормативов не зафиксировано. Концентрация меди изменялась от аналитического нуля в четырех пробах из 12 до 4,8, средняя составила 1,8. Повышенные значения ($\geq 3,8$) наблюдались на трех станциях 30 июня, а в остальной период не превышали 2,4 (рис. 3.5). Повышенное содержание железа (19,7–35,3) фиксировалось также в конце июня и 3 июля. В остальной период наблюдений изменялось в диапазоне 3,0–11,3, а в среднем составило 17,4. Присутствие свинца фиксировалось только на пляже Оленевки в конце июня (2,0) и в начале июля (2,2). От «не обнаружено» в пяти пробах до 6,3 варьировала концентрация марганца, средняя составила 2,1. Распределение хрома в концентрации 1,5–3,3 было достаточно равномерным и в среднем составило 2,4 мкг/дм³.

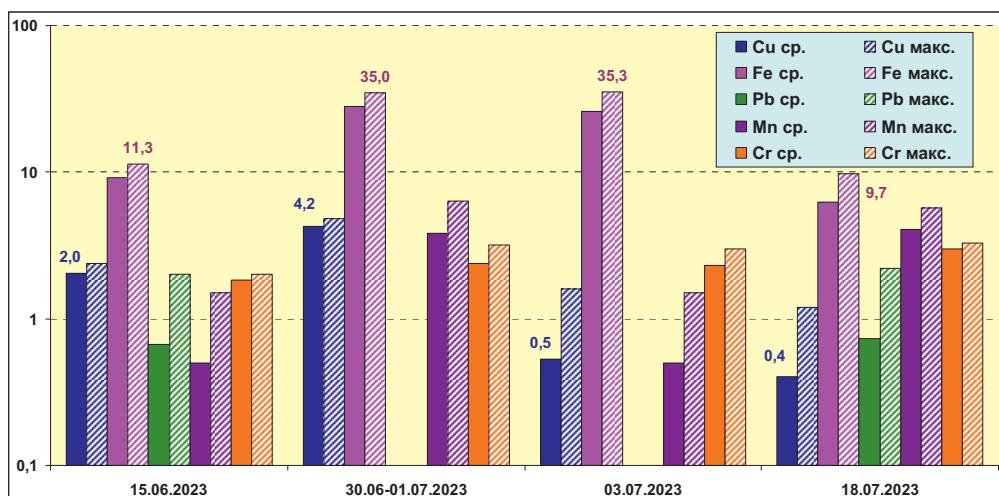


Рис. 3.5. Изменение среднего и максимального содержания металлов (мкг/дм³) в водах у юго-западного побережья Крыма в 2023 г.

Аэрация вод в зоне исследования была достаточно высокой. Относительное содержание растворенного кислорода только в конце октября снижалось до 94–95% насыщения. По средним значениям для каждой экспедиции содержание варьировало в интервале 102–120% насыщения. По абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась в пределах 7,28–10,14 мгO₂/дм³. Среднее за период наблюдений содержание растворенного кислорода составило 8,77 мгO₂/дм³ (111% насыщения).

3.3. Порт Ялта

В 2023 г. гидрохимические исследования на акватории порта Ялта выполнялись лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта (ЛМЗОС, ФГБУ «Крымское

УГМС») на морском гидрологическом посту г. Ялта на акватории морского пассажирского порта у основания волнолома в течение всего года с января по декабрь каждые десять дней. Глубина в точке отбора проб составляет 6 м. Всего отобрано и обработано 72 пробы морской воды из поверхностного и придонного слоев, выполнено 952 анализа. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$, абсолютного содержания кислорода $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов $\text{мг}/\text{дм}^3$, хлорированных пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, альдрина, гептаклора (ГПХ) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) $\text{нг}/\text{дм}^3$.

В период исследований температура морских вод изменялась в соответствии с сезонностью от $8,5^\circ\text{C}$ в феврале до $25,6^\circ\text{C}$ в августе. Под воздействием северо-западного ветра до 15 м/с 28 июля у берегов Ялты наблюдался апвеллинг глубинных холодных вод. Температура воды понизилась за 6 часов на 6,6 градуса с $21,4^\circ\text{C}$ до $14,8^\circ\text{C}$, а в следующий день выросла на 9,6 градусов до $24,0^\circ\text{C}$. Соленость поверхностного слоя в акватории морского пассажирского порта зависит от объема пресной воды, поступающей со стоком реки Дерекойка в кутовую часть порта. Значения солености в поверхностном слое варьировали в пределах 10,01–19,10‰ и в среднем (15,33) были на 3,09‰ ниже солености придонных вод (рис. 3.6). Соленость придонных вод изменялась в узком диапазоне (17,48–19,10‰) и только в декабре снижалась до 14,92‰. Средняя за год составила 18,42‰. В сравнении с 2022 г. соленость поверхностных вод возросла на 0,91‰, а придонных вод снизилась на 0,3‰. Щелочность расширила диапазон до 3,051–4,304 $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$, а средняя величина продолжила рост до 3,511 $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$. Водородный показатель, как и в предыдущие годы, укладывался в узкий диапазон 7,88–8,25 ед.рН, в среднем показав минимальное значение (8,10 ед.рН) за последние 15 лет.

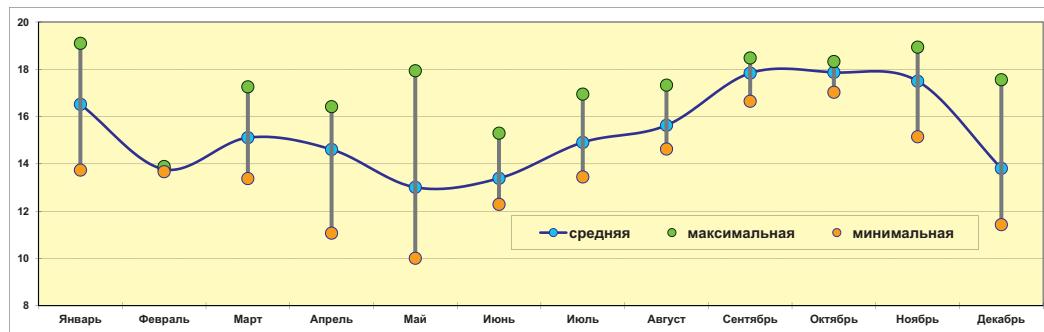


Рис. 3.6. Сезонное изменение среднемесячного и экстремального значения солености поверхностных вод акватории порта Ялта в 2023 г.

Биогенные вещества ($\text{мкг}/\text{дм}^3$). Концентрация фосфатного фосфора в акватории порта Ялта была максимальной в первом полугодии достигнув в июне 24 в поверхностных водах и 15 в придонных, а к ноябрю снизилась до 3–4 (рис. 3.7). Содержание общего фосфора показало максимум в поверхностных водах в июне (120), августе (125) и сентябре (136). В придонных водах наибольшее значение концентрации (74) зафиксировано в июне, в остальной период не превышало 55–56. В целом поверхностные воды содержали фосфатного и общего фосфора больше придонных в 1,6 и 1,9 раза соответственно. Средняя за год концентрация фосфатов в поверхностных и придонных водах составила 13,1 и 8,0, а во всем столбе воды 10,5 $\text{мкг}/\text{дм}^3$, снизившись на треть в сравнении с предыдущим годом (рис. 3.8, табл. 3.1). Среднегодовое содержание общего фосфора (62,4; 81,5 у поверхности и 43,3 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ у дна) осталось на прошлогоднем уровне.

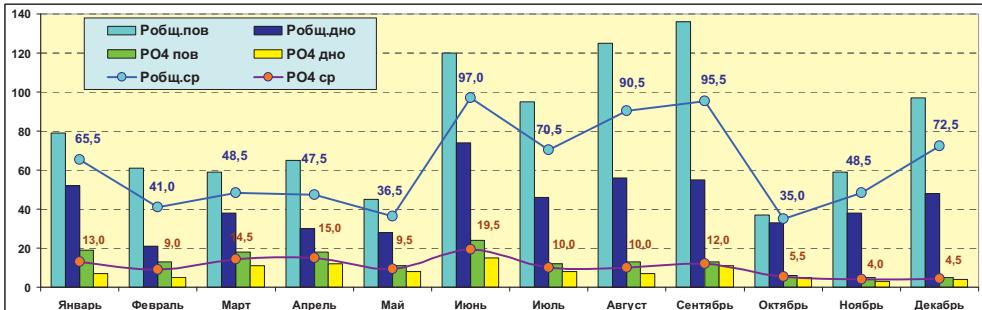


Рис. 3.7. Внутригодовое изменение содержания общего и фосфатного фосфора ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах порта Ялта в 2023 г.

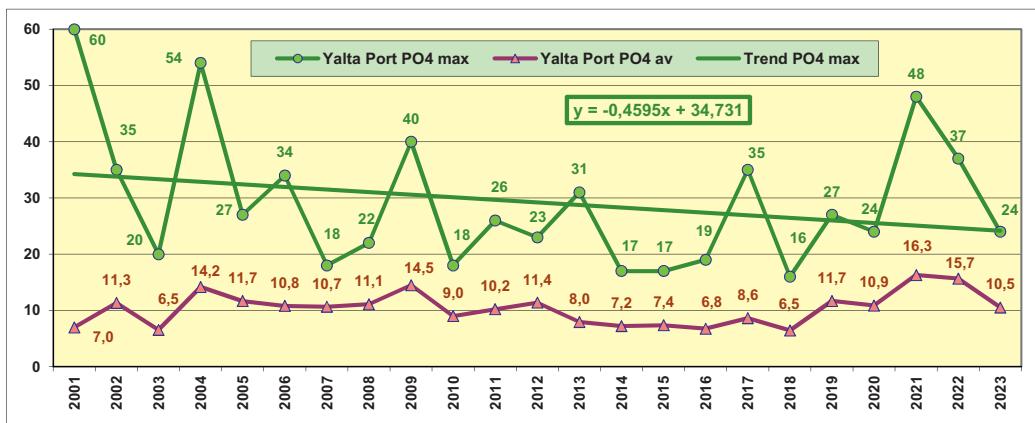


Рис. 3.8. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации фосфора фосфатов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах порта Ялта в 2001–2023 гг.

Содержание минерального и общего азота в поверхностных водах было в 1,5–2,1 раза больше придонных, а для нитратов превышало в 6 раз. Максимальная концентрация наблюдалась в январе в поверхностном слое воды и достигала для общего азота 3678, нитратов 564, аммония 30 (рис. 3.9). В остальное время содержание общего азота изменялось в диапазоне 885–3678 в поверхностных водах и 216–2302 в придонных. В целом среднее за год содержание общего азота продолжило начатую в 2019 г. (610) тенденцию роста достигнув 1470. Для аммония оно осталось на прежнем уровне (12), лишь увеличив разницу между поверхностными (16) и придонными (9) водами. Концентрация нитритов не превышала 7–8 (среднегодовая снизилась до 4,2). Содержание нитратов в среднем за год для поверхностных вод составило 276, для придонных 46 (максимальное значение не превышало 110), среднегодовое снизилось до 160 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ с 230 в 2022 г.

В акватории порта Ялта поверхностные воды традиционно содержали в 2–6 раз больше кремния, чем придонные (рис. 3.10). В 2023 г. разница была минимальной, среднегодовое содержание в поверхностных и придонных водах составило 620 и 290 соответственно. Средняя за год концентрация кремния в слое поверхность–дно достигала 454 и была максимальной с 2018 г. В течение года концентрация его изменялась в диапазоне 167–1060 у поверхности и 23–579 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ у дна, наибольшие значения фиксировались в июне и декабре, минимальные – в марте. Отмечено значительное повышение силикатов в придонных водах с мая, а в поверхностных водах с июня.

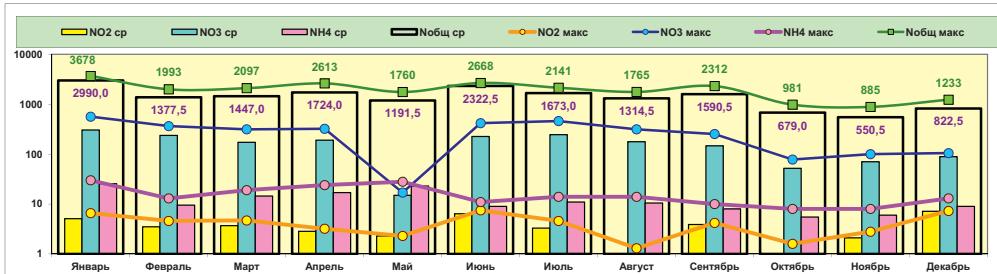


Рис. 3.9. Внутригодовое распределение концентрации различных форм азота ($\mu\text{г}/\text{dm}^3$) в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта в 2023 г.

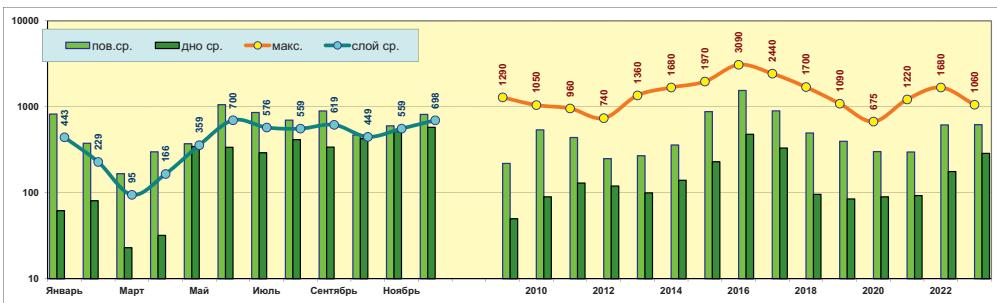


Рис. 3.10. Сезонное в 2023 г. и многолетнее распределение концентрации кремния ($\mu\text{г}/\text{dm}^3$) в водах акватории порта Ялта.

Нефтяное загрязнение вод акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, было незначительным. Присутствие НУ зафиксировано в 12 из 72 отобранных проб, в восьми из которых наблюдалось превышение допустимого уровня. В январе содержание их превысило ПДК в 2,3 раза, в марте и октябре – в 4,9–5,2 раза, в ноябре – в 8,2–8,6 раза. В конце года высокое загрязнение фиксировалось на обоих горизонтах. Среднее значение стало наибольшим с 2009 г. и достигало 0,37 mg/dm^3 (рис. 3.11). Загрязнение вод акватории порта Ялта АПАВ фиксировалось на протяжении всего года, но было невысоким. Максимальная концентрация в придонных водах (0,30 ПДК) была зафиксирована в январе, в поверхностных водах (0,14–0,15 ПДК) – в марте-мае. Среднее за год содержание составило 10 $\text{мкг}/\text{dm}^3$. Концентрация суммы фенолов, как и в предыдущие годы, была ниже предела количественного определения.

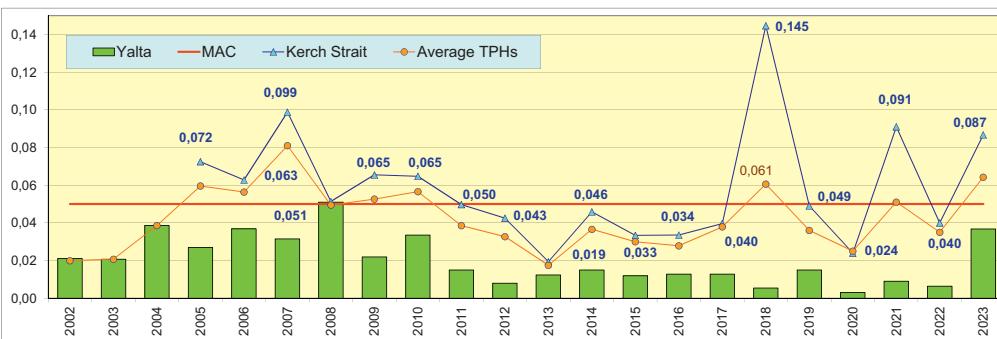


Рис. 3.11. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{dm}^3$) в прибрежных водах Ялты и Керченского пролива.

Хлороганические пестициды (ХОП, нг/дм³). Присутствие в акватории порта ГПХ и метаболитов ДДТ (ДДД и ДДЭ) отмечалось в течение всего года. ГПХ в концентрации до 3,50 на поверхности и 3,57 у дна, в среднем по слоям 1,07/1,63; этот ингредиент фиксировался в 79,2% от общего количества определений. Среднегодовое содержание показателя во всем столбе воды (1,35) осталось на уровне предыдущего года. ДДТ фиксировался только в январе (1,3) и марте в трех пробах из 24 (1,26; 0,60 и 0,62), а его производные – ДДД и ДДЭ были выявлены в 79% и 75% отобранных проб соответственно (рис. 3.12). Максимальная концентрация ДДД (8,91 в январе и 10,34 в марте) была отмечена в придонных водах, а в поверхностных водах она не превышала 4,16. Снижение загрязненности поверхностных вод определило понижение среднегодового содержания ДДД (2,2) в слое поверхность-дно в 1,7 раза в сравнении с предыдущим годом. Максимальная концентрация ДДЭ в придонных водах (2,29) зафиксирована в марте, в поверхностных водах в октябре (1,83); средняя за год составила 0,74. Присутствие γ -ГХЦГ зафиксировано только в двух пробах: 0,69 в марте у дна и 1,34 в ноябре у поверхности. Содержание α -ГХЦГ и ПХБ было ниже предела количественного определения. Присутствие альдрина (4,95 нг/дм³) зафиксировано в ноябре на поверхности в одной пробе.

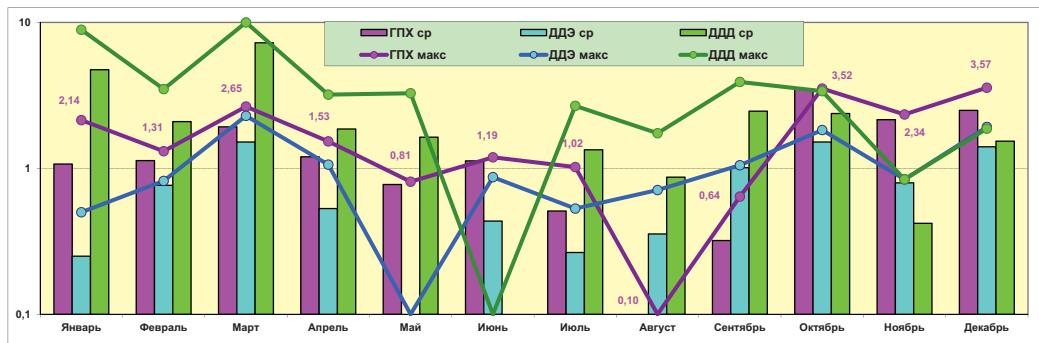


Рис. 3.12. Сезонное изменение среднемесячного и экстремального содержания ГПХ, ДДЭ и ДДД (нг/дм³) в поверхностных водах акватории порта Ялта в 2023 г.

Таблица 3.1. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в морских водах порта Ялта в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Акватория порта Ялта (72 пробы)	НУ	0,009	0,18	0,006	0,12	0,037	0,74
		0,350	7,00	0,11	2,20	0,432	8,64
	СПАВ	10	0,10	8,6	0,09	10	0,10
		94	0,94	43	0,43	30	0,30
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ -ГХЦГ (линдан)	0,86	0,09	0,04	<0,01	0,08	0,01
		20,74	2,07	0,53	0,05	1,34	0,13
	α -ГХЦГ	0,33	0,03	0,29	0,03	0	
		1,75	0,18	2,02	0,20	0	
	ДДТ	0,10	0,01	0,14	0,01	0,10	0,01
		0,92	0,09	1,33	0,13	1,26	0,13
	ДДЭ	0,84	0,08	0,78	0,08	0,74	0,07
		3,37	0,34	3,83	0,38	2,29	0,23

	ДДД	2,44	0,24	3,83	0,38	2,2	0,22
		12,61	1,26	13,79	1,38	10,34	1,03
Альдрин		0		0		0	
		0		0		0	
Гептахлор		2,14	0,21	1,30	0,13	1,35	0,14
		4,02	0,40	4,31	0,43	3,57	0,36
ПХБ		1,44	0,14	0		0	
		19,20	1,92	0		0	
Аммонийный азот N-NH4		9,0	<0,01	19,8	<0,01	12,4	<0,01
		16,0	<0,01	190	0,08	30	0,01
Нитритный азот N-NO2		4,7	0,20	5,5	0,23	4	0,17
		11,9	0,50	12,8	0,53	8	0,33
Фосфаты P-PO4		16,3	0,32	15,7	0,31	10,5	0,22
		48,0	0,96	37	0,74	24	0,48
Растворенный кислород		8,38		8,16		8,16	
		5,29	0,88	6,14		5,52	0,92

Примечание. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное). Выделены значения выше ПДК.

Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной. Дефицит растворенного кислорода по-прежнему был более выражен в поверхностном слое, где среднее за год значение уровня насыщения составило 87% против 91% у дна. Недонасыщение кислородом поверхностных вод в течение года достигало 27% (август), придонных вод – 18% (ноябрь). По среднемесячным значениям в слое поверхность–дно дефицит кислорода варьировал в интервале 5–15% насыщения (рис. 3.13). По абсолютным значениям его содержание варьировало в пределах 5,52–9,95 на поверхности и 6,46–9,89 у дна. Минимум фиксировался в августе и сентябре соответственно. Среднегодовое содержание растворенного кислорода ($8,16 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) осталось на уровне предыдущего года.

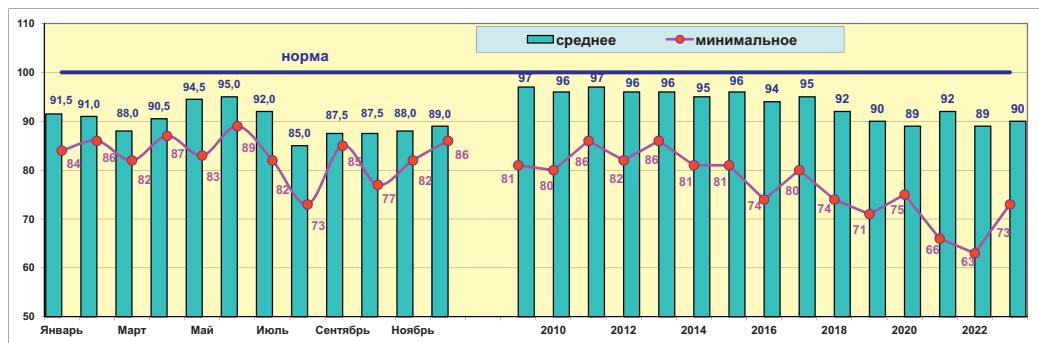


Рис. 3.13. Сезонное и межгодовое изменение среднего и минимального относительного содержания растворенного кислорода (%) в водах акватории порта Ялта.

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ=0,48), полученные на основе средних и приведенных к ПДК величин концентрации приоритетных для каждого из районов мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода, характеризуют воды акватории порта Ялта в 2023 г. как «чистые», II класс (табл. 3.2). Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, а также фосфаты и ДДД, очевидно поступающими с водами двух горных речек. Традиционно значительное влияние на величину

индекса оказывает кислородный режим акватории, вклад которого в значение индекса в 2018–2023 гг. изменялся в диапазоне 0,72–0,78 мг/дм³. Дополнительную нагрузку на акваторию порта оказывали хлорорганические пестициды ГПХ (до 0,36 ПДК), ДДТ и γ -ГХЦГ (до 0,13 ПДК). Среднее за год содержание СПАВ составило 0,10 ПДК, нитритов 0,17 ПДК.

Таблица 3.2. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Акватория п. Ялта	0,37	II	0,42	II	0,48	II	НУ 0,74; ДДД 0,22; РО ₄ 0,22; O ₂ 0,74

3.4. Прибрежные воды южного взморья Крыма

В августе на НИС «Профессор Водяницкий» проводились гидролого-гидрохимические исследования в прибрежной водах вдоль берега ЮБК. Выполнены 26 станций с глубинами от 15 до 75 м, обработано 77 проб (730 определений). В период проведения экспедиционных исследований температура поверхностных морских вод у южного побережья Крыма составляла 24,8–26,9°C, понижаясь до 8,6–8,7°C на глубинах более 70 м. Значения солености в среднем составили 18,50‰, изменяясь в диапазоне от 17,82 в поверхностных водах до 19,66 в придонных. Величина pH фиксировалась в диапазоне 8,00–8,8,41 ед. pH за единичным случаем снижения до 7,81 на глубине 75 м.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание минеральных комплексов азота и фосфора было значительно ниже соответствующих нормативов. Концентрация фосфатов изменялась в пределах 3,2–16,1 за единичным исключением, когда на придонном горизонте (75 м) на траверзе Фороса она достигала 30,3 (0,6 ПДК). Содержание общего фосфора в поверхностных водах изменялось от 19,2 до 35,1. Среднее для побережья составило 7,4 для фосфатов и 24,3 для фосфора общего. Концентрация минерального азота изменялась в узком диапазоне: 0,2–2,2 для нитритов, 0,8–31,2 для нитратов и 0,8–26,5 для аммония, с единичным выпадающим максимумом (до 62,0) для последнего в придонных водах у побережья Алушты. Содержание общего азота в поверхностных водах варьировало от 74 до 349. Среднее для побережья составило 0,8, 5,2 и 11,5 для нитритов, нитратов, аммония соответственно и 153 для общего азота. Концентрация кремния изменялась в пределах 117–318, за единичным исключением, когда максимальная (также как и по фосфатам) достигала 861. В целом поверхностные воды содержали меньше минеральных биогенных веществ придонных, а концентрация фосфатов, нитратов и кремния показала рост в придонном слое с увеличением глубины станции.

Нефтяное загрязнение (мг/дм³) поверхностных вод было очень значительным. В 85% обработанных проб было зафиксировано превышение норматива. Концентрация НУ в диапазоне 0,05–0,08 наблюдалась на станциях вдоль береговой линии между Ласпи и Гурзуфом. Резкое ее увеличение от 0,80 (16 ПДК) в районе Алушты сохранялось до восточной границы вдольберегового разреза. Высокая концентрация в диапазоне величин 0,86–1,20 (24 ПДК) наблюдалась по всей акватории Феодосийского залива. Минимум (0,04) был зафиксирован восточнее мыса Меганом, района с низким развитием инфраструктуры. Среднее содержание (0,58) в этой части акватории южного побережья Крыма превысило ПДК в 11,6 раз. Загрязнение поверхностных вод АПАВ было невысоким. Концентрация изменилась от 3 до 49 мкг/дм³ (0,5 ПДК) и также показала рост в восточном направлении от Ялты до Феодосии, в среднем составила 27,3 мкг/дм³.

Аэрация прибрежных вод этого района Крыма в пределах верхнего 50 м слоя была достаточно высокой (более 100% насыщения). Поверхностные воды содержали 8,32–8,70 мгO₂/дм³ (114–117% насыщения). Минимальная концентрация растворенного кислорода 5,42 мгO₂/дм³ (53%) отмечена на горизонте 75 м.

3.5. Взморье Карадага

На взморье Карадагского природного заповедника изучение качества морских вод проводилось СО ГОИН в мае и сентябре на 10 станциях с глубинами от 9 до 27 м. Всего отобрано и обработано 28 проб морской воды, выполнено 390 определений. В сентябре температура морских вод изменялась в диапазоне 22,7–23,6°C. Значения солености и водородного показателя изменились незначительно в пределах 18,37–18,43‰ и 8,33–8,44 ед.рН. Щелочность в среднем составила 3,558 в мае и 3,620 в сентябре, достигнув максимума 3,710 мг-экв/дм³ в придонных водах у скалы «Золотые Ворота».

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация фосфатного фосфора в поверхностных водах изменялось в диапазоне 1,6–4,4, в придонных водах 2,5–8,0, достигнув в сентябре максимума на фоновой станции у м. Меганом. Среднее содержание общего фосфора в придонных водах (29,7) было в полтора раза выше, чем в поверхностных (19,8). Максимальное значение (40,7) зафиксировано у п. Курортное у дна. Среднее содержание фосфатного и общего фосфора в слое поверхность-дно составило 3,7 и 24,8 соответственно. Содержание азота в слое поверхность-дно было значительно ниже норматива. Суммарная доля минеральных форм снизилась до 5,4% от общего содержания азота относительно предыдущего года (15,6%). Среднее и максимальная концентрация нитритов составила 1,4/2,2; нитратов 4,0/6,4. Среднее содержание аммония в поверхностных водах было вдвое больше придонных (20,7 и 10,1 соответственно), изменяясь в диапазоне 5,4–49,5. Динамика концентрации аммонийного азота от мая к сентябрю показывает снижение в поверхностных водах в среднем от 25,4 до 16,1, а в придонных возросла от 4,6 до 15,6. Концентрация общего азота характеризовались низкими значениями 321–489 и соответствовала климатическим нормам. Среднее содержание составило 386, незначительно повысившись относительно 2022 г. (359). Концентрация кремния изменилась от 22 до 95; средняя составила 52. От мая к сентябрю наблюдалось снижение среднего содержания этого показателя как в поверхностных водах (от 61 до 30), так и в придонных (от 72 до 46). Максимальная концентрация (95 и 94 мкг/дм³) отмечена в мае в придонных водах.

Нефтяное загрязнение (мг/дм³) прибрежных вод Крыма было высоким. Из 22 отобранных проб только в одной с придонного горизонта в мае концентрация НУ была ниже ПДК. Среднее по акватории содержание НУ составило 0,08 при диапазоне концентрации 0,04–0,16. Исключение составила майская пробы из поверхностного слоя на фоновой станции с очень высоким значением НУ (0,46 мг/дм³, 9,2 ПДК), (рис.3.14).

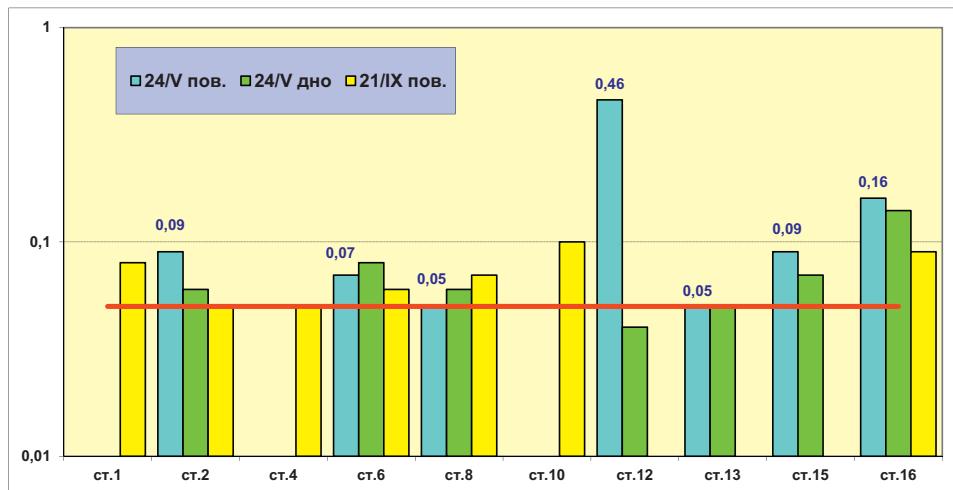


Рис. 3.14. Распределение нефтяных углеводородов (мг/дм³) в прибрежных водах Карадагского заповедника в мае и сентябре 2023 г.

Тяжелые металлы ($\text{мкг}/\text{дм}^3$). Концентрация меди изменялась от 1,1 до 4,8–4,9. Максимум в мае наблюдался в поверхностных водах у дельфинария и придонных водах у п. Курортное (ст.№1), в сентябре в поверхностных водах у п. Курортное и в придонном слое на удаленной от берега фоновой станции. Средняя для всей акватории составила 2,5, что в 4 раза меньше мая прошлого года. Повышенная концентрация железа фиксировалась в мае до 30,7 и 34,9 на поверхностном горизонте и до 66,3 у дна. Среднее содержание в слое достигло 21,1, но оставалось вдвое меньше относительно сопоставимого периода 2022 г. В сентябре максимальное содержание железа не превышало 13,1, а среднее составило 8,2. Присутствие свинца в концентрации 2,0–2,3 фиксировалось в единичных пробах в мае в придонных водах у Золотых Ворот, в сентябре в поверхностных водах у дельфинария и в придонных водах фоновой станции. В остальных пробах свинец отсутствовал. Среднее по акватории содержание (0,3) снизилось более чем на порядок относительно предыдущего года. Марганец в мае не был обнаружен. В сентябре максимум его (3,3) зафиксирован в поверхностных водах у п. Курортное, среднее содержание для всей акватории составило 1,0. Концентрация хрома варьировала от «не обнаружено» до 8,2 в поверхностных водах у п. Курортное и 7,5 в придонных у м. Меганом. Средняя величина для акватории возросла до 2,9 относительно предыдущего года $2,1 \text{ мкг}/\text{дм}^3$.

Определение содержания растворенного **кислорода** выполнялось в сентябре на пяти станциях. Аэрация вод была недостаточной (89–99%). Исключение составило насыщение поверхностных вод на фоновой станции (103%). Среднее для акватории содержание растворенного кислорода составило 95% или $7,30 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ при диапазоне абсолютной концентрации $6,87$ – $7,93 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

3.6. Северное прибрежье Кавказа

В рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГНС) мониторинг водной среды на прибрежных участках шельфа в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе осуществлялся Комплексной лаборатории мониторинга загрязнения окружающей среды Устьевой ГМС Кубанская (КЛМЗОС, «У Кубанская», г. Темрюк), (рис. 3.15). Всего было выполнено четыре съемки в марте, мае, июле и сентябре. В основные сроки отобрано 92 пробы. Кроме того, в порту Туапсе на штормовой станции №2 Туапсинским ГМБ выполнялся ежедекадный отбор 40 проб в течение всего года. Пробы воды отбирались из приповерхностного слоя на прибрежных станциях с использованием маломерного НИС «Росгидромет-17» (проект NS18 RGM, длина 18 м, грузоподъемность 3,5 т). В состав наблюдений входило определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S%, хлорность, водородный показатель pH, растворенный кислород O₂ методом Винклера, щелочность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO₄, аммонийного азота NH₄, нитритов NO₂ и силикатов SiO₃) и загрязняющих веществ – НУ, СПАВ, пестицидов и растворенной в воде ртути. Концентрация нефтяных углеводородов определялась методом инфракрасной спектрометрии. Определение концентрации ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – $\text{мг}/\text{дм}^3$. Предел обнаружения (DL) фосфатов PO₄ составлял $1,5 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, силикатов $10 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, нитритов $0,5 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, нитратов $5,0 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, аммонийного азота $10,0 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов $0,02 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (0,4 ПДК), СПАВ $100 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ (1,0 ПДК), ртути $0,01 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ (0,1 ПДК). Во всех 87 обработанных пробах концентрация хлорорганических пестицидов α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ (линдан), ДДТ и ДДЕ оказалась ниже предела обнаружения ($0,002$ – $0,02 \text{ нг}/\text{дм}^3$).



Рис. 3.15. Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2023 г. (У Кубанская).

Анапа. В водах района наблюдения выполнены на 6 станциях с глубинами от 7 до 30 м. В общей сложности в период с марта по сентябрь было отобрано и проанализировано 24 пробы воды из поверхностного слоя. Температура воды отмечалась от 8,0°C в апреле до 24,1°C в середине июля. Соленость поверхностного слоя вод изменялась слабо в пределах узкого диапазона 18,16↑-18,95↓‰ (табл. 3.3). Средняя величина была немного выше прошлогодней и составила 18,63‰ (2022-18,28‰, 2021-17,93‰). Значение водородного показателя варьировало в диапазоне 8,14-8,35/8,26 ед.рН; общей щелочности 2,204-3,481/3,050 мг-экв/дм³; хлорности 10,05-10,49‰. В четырех пробах с удаленной от берега станции значения БПК₅ изменялись в пределах 1,19-1,79 мг О₂/дм³, в среднем 0,72 ПДК (табл. 3.3). Экстремальные и средние значения гидролого-гидрохимических параметров не выходили за обычные границы межгодовых изменений.

Таблица 3.3. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2023 г.

Район	S, ‰	Щелочность, мг-экв/дм ³	O ₂ *, мг/дм ³	pH	PO ₄	SiO ₃	NH ₄	NO ₂
Анапа	18,627	3,050	9,52	8,26	4,54	120	101,82	4,6
	18,950	3,481	7,53	8,35	12,50	169	119,00	7,3
Новороссийск	18,372	3,123	9,42	8,29	6,37	127	117,58	6,1
	18,950	3,405	7,05	8,38	14,40	204	150,00	9,7
Геленджик	18,365	3,173	9,43	8,30	7,10	151	104,56	6,1
	18,950	3,594	7,69	8,37	15,70	205	118,00	9,6

Tuapse	17,177	2,568	10,25	8,20	22,87	187	87,82	7,7
	18,810	3,444	7,39	8,74	124,20	1011	269,20	19,8

O_2^* – средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода

Биогенные вещества ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$). В прибрежных водах района г. Анапа содержание фосфора фосфатов примерно соответствовало прошлогодним величинам. Среднегодовая концентрация уменьшилась на 28%. В других районах северной части Кавказского побережья среднегодовое содержание фосфатов также оказалось примерно на уровне прошлого года, хотя среднее значение для всего прибрежья снизилось на 24%. В последние два года средняя величина содержания $P\text{-PO}_4$ вернулась на обычный уровень 10–15 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$ после трехлетнего существенного снижения значений (рис. 3.16). Максимальная концентрация фосфатов в водах у Анапы по сравнению с прошлым годом не изменилась (0,25 ПДК).

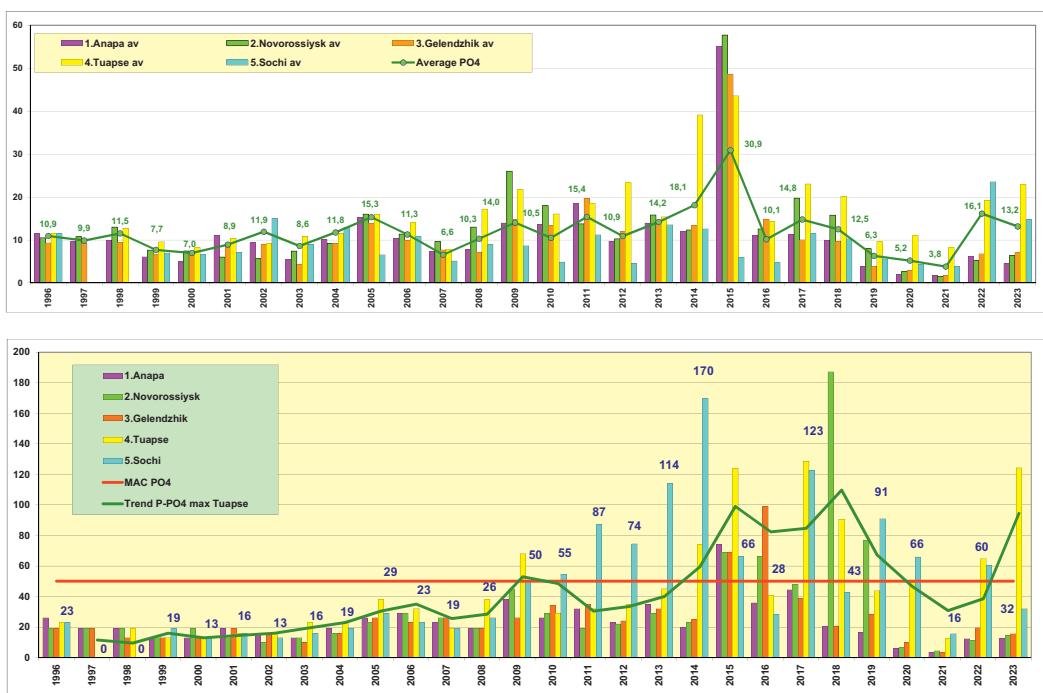


Рис. 3.16. Многолетняя динамика средних (вверху) и максимальных (внизу) значений концентрации фосфатов $P\text{-PO}_4$ ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Кавказа в 1996–2023 гг.

Содержание аммонийного азота менялось незначительно от 88,8 в марте до 119,0 в сентябре, среднее значение было на уровне прошлого года. Концентрация нитритного азота находилось в диапазоне 1,3–7,3. Среднее значение несколько возросло в сравнении с двумя предыдущими годами, но при этом оставалось незначительным в пределах ПДК. Наименьшая концентрация кремния (60,5) наблюдалась в мае и была на четверть выше прошлогоднего минимума; наибольшая (169) в сентябре была в два раза меньше прошлогодней; средняя (120) немного снизилась.

Нефтяные углеводороды в водах вблизи Анапы были обнаружены в 62% проанализированных проб, а норматив был превышен только в двух пробах, максимум 1,32 ПДК (табл. 3.4). И средняя, и экстремальная величины были близкими к прошлогодним, но суще-

ственno уступали значениям 2021 г. (рис. 3.17). За длительный период времени при значительной вариабельности двух-трехлетних периодов повышенной и пониженной концентрации НУ в целом наблюдается незначительное снижение их содержания в прибрежных водах в большинстве контролируемых районов. В последнее время воды у Новороссийска в среднем могут считаться наиболее загрязненными НУ. А по максимальным значениям безусловно выделяется район Туапсе, возможно это связано с более частным отбором проб в порту.

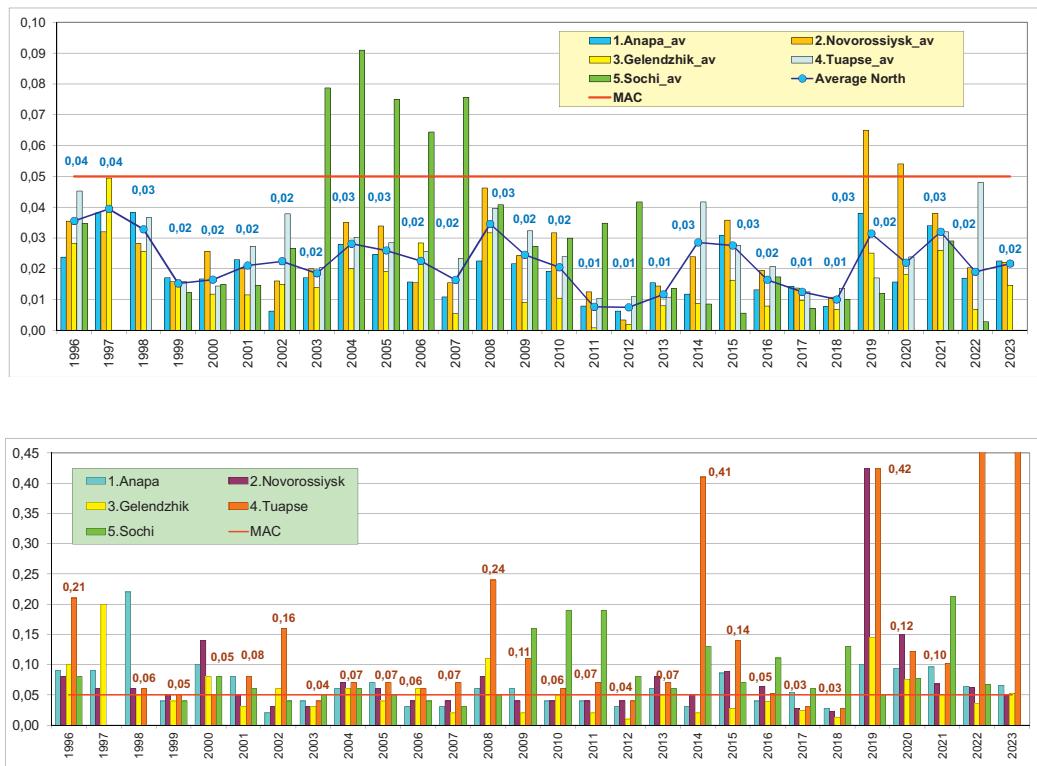


Рис. 3.17. Многолетняя динамика средних (вверху) и максимальных (внизу) значений концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Кавказа в 1996–2023 гг. В порту Туапсе максимум в 2023 г. составил 83,8 ПДК, а средняя годовая концентрация (6,6 ПДК) не указана на рисунке. Обозначения: Average North – средние значения в северной части прибрежных вод Кавказа; MAC – предельно допустимая концентрация (ПДК).

Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения во всех пробах. Концентрация ртути определялось на ст. №1 и только в одной пробе из четырех была ниже DL, а в остальных достигала порядка 0,5 ПДК. Содержание железа на фоновой станции в открытом море было в пределах 21–47 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$ и почти достигало норматива (0,94 ПДК).

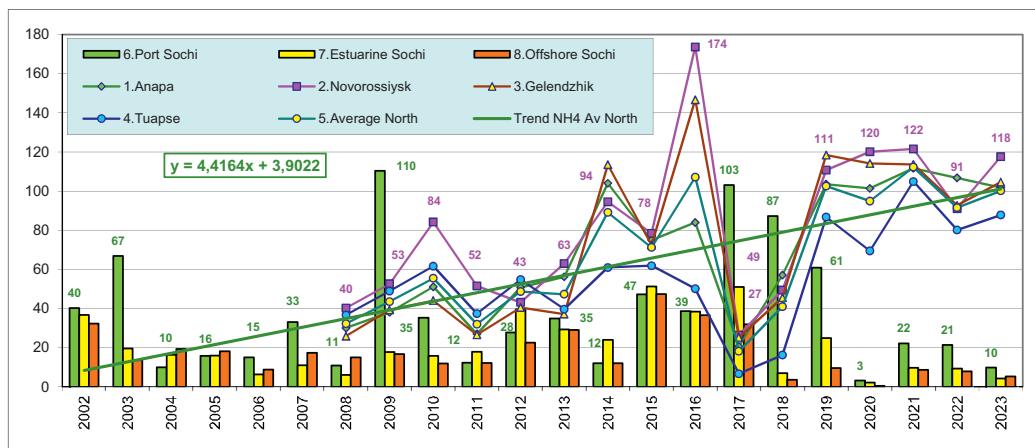
Кислородный режим соответствовал пределам нормы, дефицит растворенного **кислорода** не наблюдался ни в одной пробе. Средняя концентрация кислорода составила 9,52, изменяясь в диапазоне $7,53\text{--}11,26 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 92–119% насыщения, среднее значение (108,8%) несколько снизилось относительно последних лет (2021–109,40%, 2022–110,07%). Значение индекса

загрязненности вод ИЗВ=0,64 практически не изменилось и соответствует II классу, «чистые» (табл. 3.5). Как и в прошлом году в расчет индекса вошла средняя концентрация нефтяных углеводородов, железа, органического вещества по БПК₅ и кислорода.

Новороссийск. В 2023 г. в Цемесской бухте было проведены исследования на четырех станциях (№2, 4, 7, 9) с глубинами 7–13 м и на одной фоновой станции (1Н) на траверзе бухты с глубиной 55 м. На всех станциях пробы воды были отобраны из поверхностного слоя четыре раза за год в марте, мае, июле и сентябре. Всего был проведен анализ 20 проб.

Основные гидролого-гидрохимические параметры изменялись согласно сезонной ритмике и межгодовым колебаниям (табл. 3.3). Температура воды варьировала от 8,0°C в марте до 25,2°C в сентябре; соленость изменялась от 17,88‰ до 18,95‰; водородный показатель был в пределах 8,15–8,38 ед.рН; общая щелочность 2,720–3,410 мг-экв/дм³. В последние годы отмечается ежегодное повышение солености вод в районе Новороссийска: среднее значение в 2020–2023 гг. – 17,33/ 17,69/ 18,01/ 18,37‰. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в пробах с фоновой станции изменялось в узком диапазоне 1,36–1,72 мгO₂/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание фосфора фосфатов варьировало от 3,2 до 14,4. В последние несколько лет оно неуклонно увеличивается, но остается в целом незначительным в пределах допустимой нормы (рис. 3.16). Концентрация силикатов после некоторого роста в предыдущие два года немного уменьшилась и составила в среднем по участку 127, диапазон 24,3–204,0. Максимальное значение силикатов отмечено в пробах самой удаленной от основной акватории моря ст. №2 в кутовой части бухты в ковше порта. Концентрация аммонийного азота изменялась в пределах 87–150 и была в пределах сотых долей ПДК; средняя за период наблюдений составила 117,6 (рис. 3.18). Максимальное значение отмечено на ст. №2 в кутовой части бухты в середине сентября, а минимальное на фоновой станции вдали от берега в марте. Концентрация нитритов в целом по району сохранилась на прежнем уровне: значения варьировали в диапазоне 4,1–9,7/6,1. Максимальное и наибольшее среднее содержание нитритов было зафиксировано на фоновой станции. Содержание нитратов в четырех пробах с мористой фоновой станции варьировало от аналитического нуля в марте до 57,1↓ в июле, снижение на 30,0; среднее составило 35,1↓ против 47,5 мкг/дм³ прошлого года.



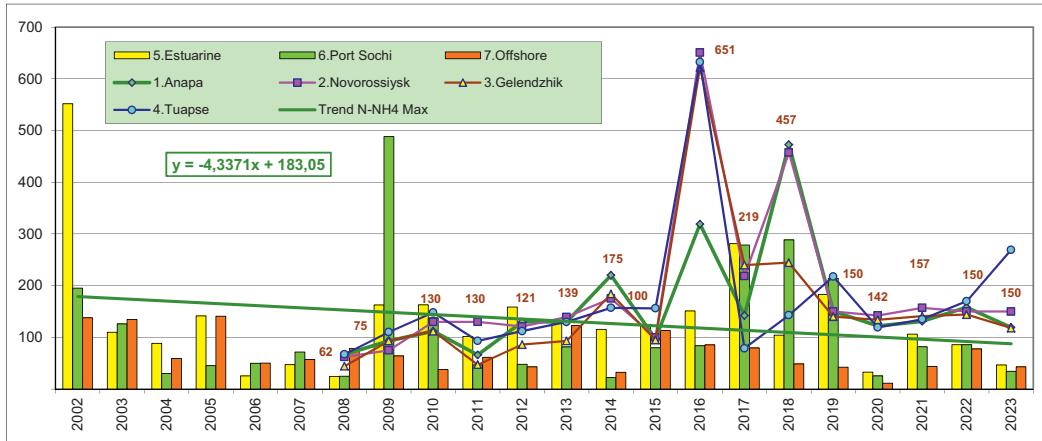


Рис. 3.18. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация аммонийного азота N-NH₄ (мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2023 гг.

Органические загрязняющие вещества. Среднее значение содержания НУ в районе Новороссийска составило 0,44 ПДК; максимальное (0,98 ПДК) было зафиксировано в порту в глубине Цемесской бухты (табл. 3.4). В целом загрязнение вод НУ осталось на уровне прошлого периода наблюдений. Нефтяные углеводороды были обнаружены в тринадцати пробах из 20 на всех станциях, включая фоновую. Содержание СПАВ было ниже предела определения во всех пробах.

Металлы. Содержание железа исследовалось в четырех пробах с фоновой станции. Среднее и максимальное значения чуть повысились, но остались в пределах ПДК. Содержание ртути определялось на ст. №2 в ковше порта. В одной пробе концентрация была ниже предела обнаружения, а средняя и максимальная остались на уровне прошлого года и не превышали допустимого норматива.

Кислородный режим соответствовал пределам нормы. Диапазон значений концентрации составил 7,05–11,52, средняя 9,42 мгO₂/дм³. Относительное содержание растворенного в воде **кислорода** было в пределах 92–123% насыщения, что меньше уровня последних лет. Незначительный дефицит растворенного кислорода наблюдался в пробах с фоновой станции в марте и сентябре. Индекс загрязненности вод для района Новороссийска в 2023 г. рассчитывался на основании средних значений концентрации железа, нефтяных углеводородов, органического вещества по БПК₅ (заменило в расчете нитриты) и кислорода. Значение (ИЗВ=0,66) практически на уровне показателей последних лет и соответствует II классу качества вод, «чистые» (табл. 3.5).

Геленджик. Исследования проводились на пяти станциях в бухте с глубинами 3–6 м, а также на фоновой станции (1Г) с глубиной 50 м. Всего было отобрано 24 пробы из поверхностного слоя в марте, мае, июле и сентябре. Температура изменялась от 8,0°C в марте до 25,0°C в сентябре. Среднее значение солености составило 18,37‰. Максимальная соленость (18,95‰) зафиксирована в марте на фоновой станции, минимальная (17,63‰) отмечена в мае на самой северной станции в бухте. Значения водородного показателя находились в пределах от 8,17 до 8,37 ед. pH; общей щелочности – от 2,802 до 3,594 мг-экв/дм³. В пробах с морской глубокой станции содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в четырех пробах изменялось в пределах 1,19–1,63 мгO₂/дм³ и в целом несколько снизилось относи-

тельно показателей прошлого года. Среднее значение составило 0,67 ПДК. На фоновой станции концентрация взвешенных веществ составила 3,6–6,0/4,5 мг/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание фосфатов в водах бухты по средним и максимальным значениям сохранилось на уровне прошлого года и составило 0,14 ПДК и 0,31 ПДК. Максимальное содержание фосфатов наблюдалось на ст. №1,2 в южном секторе бухты, минимальное на фоновой станции. Содержание силикатов варьировало в диапазоне 106–205; среднее значение составило 205 и было больше уровня последних двух лет. Среднее содержание аммонийного азота в водах бухты (0,05 ПДК) после некоторого снижения в прошлом году вернулось к значениям 2021 г., а максимальное зафиксированное оказалось ниже. Диапазон изменений концентрации аммонийного азота (84,1–118,0) был очень незначительным. Среднее содержание нитритов (0,25 ПДК) осталось на уровне прошлогоднего при снижении максимального (рис. 3.19). За период наблюдений во всех районах контроля достаточно синхронно концентрация нитритов повышалась или снижалась с периодом примерно в пять лет. На последнюю пятилетку пришелся постепенный и существенный подъем средних величин. По максимальным значениям также наблюдается периодические спады и подъемы значений, которые особенно значительные в районе у Сочи. Даже экстремальные величины только дважды превышали допустимый уровень за весь период наблюдений. Концентрация нитратов в четырех пробах с фоновой станции (1Г) варьировала от аналитического нуля в одной пробе в марте до 43,0 в июле. Средняя (28,9) оказалась почти 2 раза меньше прошлогодней (57,0 мкг/дм³).

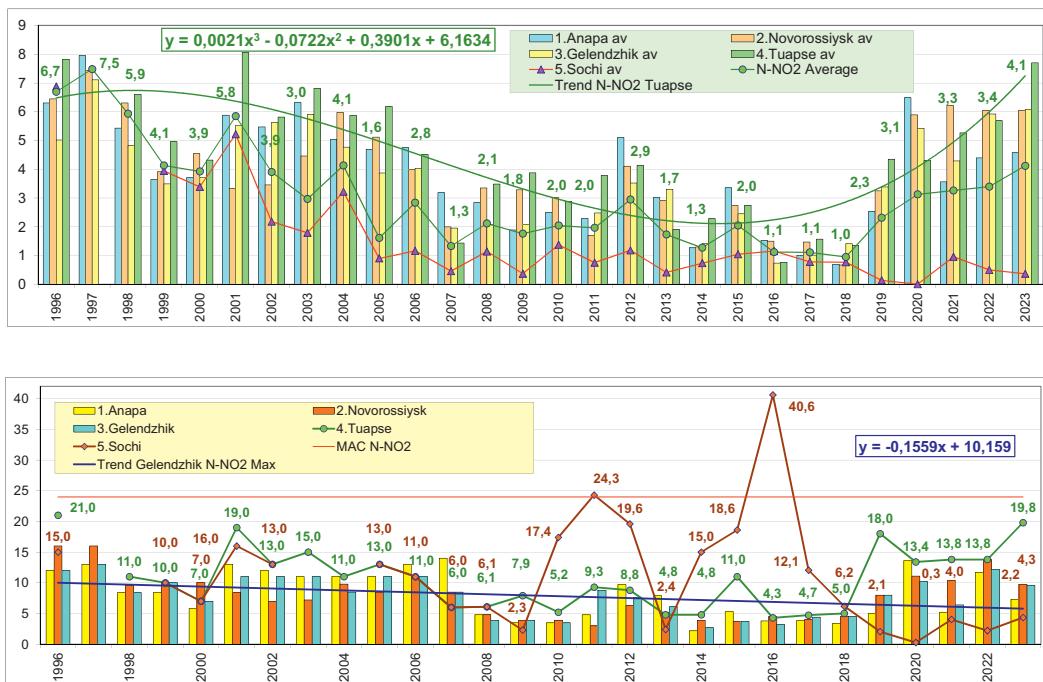


Рис. 3.19. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота N-NO₂ (мкг/дм³) в поверхностных водах российской части Черного моря 1996–2023 гг.

Органические загрязняющие вещества. Нефтяные углеводороды обнаружены в 11 пробах из 24, превышение ПДК установлено в 1 пробе. В пробах мористой станции (1Г) загрязняющее вещество отсутствовало, а в прибрежных водах определялось преимущественно

в марте и мае. В сравнении с прошлым годом среднее содержание нефтяных углеводородов увеличилось почти в 2 раза и составило 0,29 ПДК, максимальное значение (1,06 ПДК) выросло в 1,5 раза и превысило норматив. Содержание СПАВ было ниже DL во всех пробах.

Металлы. Концентрация железа на фоновой станции (20–47 мкг/дм³) осталась примерно на уровне последних лет: среднее значение 0,75 ПДК, наибольшее 0,94 ПДК. Содержание ртути на ст. №1 в южном секторе бухты (0,010–0,022 мкг/дм³) было зафиксировано во всех четырех обработанных пробах. Среднее и максимальное значения, 0,13 ПДК и 0,22 ПДК, немного возросли относительно прошлых лет.

Кислородный режим был в пределах среднемноголетней нормы. Дефицита растворенного кислорода не наблюдалось ни в одной пробе. Минимальная концентрация составила 7,69 мгО₂/дм³. Относительное содержание растворенного в воде кислорода изменялось в пределах 92–124%. Индекс загрязненности вод для района Геленджика в 2023 г. (ИЗВ=0,59), рассчитанный на основании средних значений концентрации железа, нефтяных углеводородов, органического вещества по БПК₅ (заменило в расчете нитриты) и кислорода, незначительно снизился в сравнении с двумя предыдущими годами. Качество вод Геленджикской бухты немного улучшилось в пределах II класса, «чистые».

Туапсе. В 2023 г. наблюдения проводились на 7 станциях (рис. 3.16): одна станция I категории (№2) в порту у пирса, пять прибрежных станций-на акватории с глубинами 4–12 м и одна фоновая морская станция (1Т) с глубиной 75 м. На всех станциях пробы воды отбирались в марте, апреле, июле и сентябре. На ст. №2 пробы отбирались в течение всего года ежедекадно три-четыре раза в месяц. Всего был проведен анализ 64 проб. В целом диапазон изменения основных гидролого-гидрохимических параметров соответствует сезонной ритмике и межгодовым колебаниям. Температура воды за год на станциях изменялась от 7,9°C в марте до 28,1°C в сентябре. Соленость варьировала в пределах 14,60–18,81‰; средняя за год по всем станциям 17,18‰ (табл. 3.4). Значения водородного показателя составили 7,35–8,77/8,20 ед.рН; общей щелочности 0,830–3,444/2,568 мг-экв/дм³, самые низкие величины менее 1,700 отмечены в 12 пробах во все месяцы годы в порту на ст. №2, а в остальных пробах величины были выше 2,800 мг-экв/дм³. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в четырех пробах с фоновой глубоководной станции изменилось в пределах 1,35–1,73/1,52 мгО₂/дм³, что чуть меньше значений двух предыдущих лет.

Биогенные вещества (мкг/дм³). В водах района у Туапсе последние три года растет концентрация фосфатов: среднее значение увеличилось незначительно до 0,46 ПДК, а максимальное значение (2,48 ПДК) почти вдвое превысило прошлогоднее и было зафиксировано в порту на ст. №2 в сентябре. Среднее количество силикатов постепенно снижалось последние десятилетия, но после минимума в 2018 г. стало увеличиваться и в последний год составило 187 (рис. 3.20). Наблюдается значительная пространственная неоднородность распределения значений концентрации кремнекислоты на акватории района. Среднее годовое значение на мористой ст. №1Т было наименьшим (47), на ст. №6 в районе выноса вод р. Туапсе было наибольшим (557), существенно меньше на ст. №2 в порту (182), и еще более низкий уровень на остальных станциях (112–154). В содержании других биогенных элементов особых изменений не отмечено. Аммонийный азот в течение последних лет остается на низком уровне: при незначительном росте максимального значения до 0,12 ПДК, зафиксированного на штормовой станции в сентябре, среднее значение по району равно уровню прошлого года – 0,04 ПДК. Средняя концентрация нитритов немного увеличилась до 0,32 ПДК, максимальное достигало 0,83 ПДК. Содержание нитратов в четырех пробах с фоновой ст. №1Т изменилось от аналитического нуля до 49,1; средняя величина (31,4 мкг/дм³) снизилось в полтора раза.

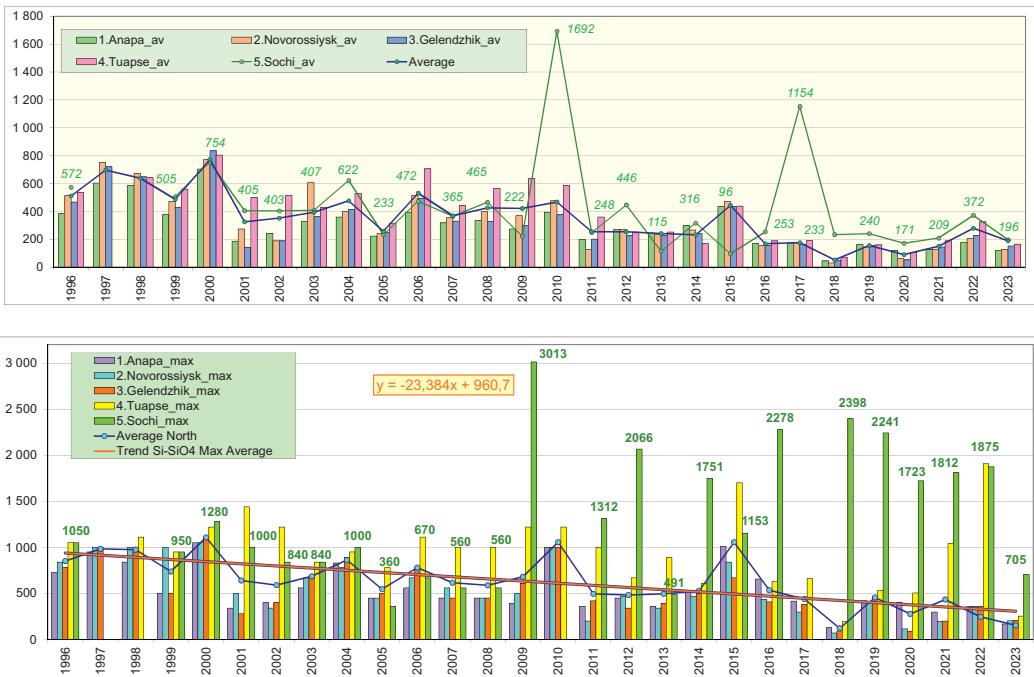


Рис. 3.20. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация кремния ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2023 гг. Экстремальные значения в районе Адлер-Сочи (2010 и 2017 гг. – 11264 и 9540 $\text{мкг}/\text{дм}^3$, соответственно) вынесены за рамки рисунка.

Органические загрязняющие вещества. Концентрация нефтяных углеводородов была ниже предела обнаружения в двадцати пробах из 64 (31,3%, в прошлом году 33,3%). Максимальное значение достигало чрезвычайно высокой величины 4,190 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (83,80 ПДК) на ст.№2 в порту 15 августа. В целом на этой станции у пирса была зона наибольшего загрязнения воды нефтяными углеводородами. Из 40 отобранных здесь проб только в двух содержание этого ингредиента было ниже предела обнаружения, а в половине достигало или превышало норматив. Средняя величина здесь достигала 0,524 (10,48 ПДК), тогда как по всем станциям и пробам района Туапсе 0,333 (6,60 ПДК), а по всем станциям кроме штормовой 0,007 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (0,14 ПДК). Максимальные величины в десятки раз превышали средние. В последний год зафиксировано резкое увеличение уровня загрязнения участка бухты в районе пирса и штормовой станции. В четырех пробах с мористой ст.№1Т содержание НУ было ниже предела обнаружения. Содержание СПАВ превышало предел обнаружения только в восьми пробах со ст.№2 в порту и варьировало в диапазоне 100–170 $\text{мкг}/\text{дм}^3$;

Содержание **железа** (27–47 $\text{мкг}/\text{дм}^3$) определялось лишь в четырех пробах из поверхностного слоя морской станции. Среднее и максимальное значения чуть повысились, но остались в пределах ПДК. Содержание ртути определялось исключительно на штормовой станции в порту. В двух пробах воды зафиксирован аналитический ноль, а в остальных концентрация ртути варьировала в диапазоне 0,010–0,029 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Среднее и максимальное значения остались на уровне прошлого года.

Кислородный режим был удовлетворительным, а значения находились в пределах нормы. Концентрация **кислорода** варьировала в пределах 7,39–15,24 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Наименьшие значения установлены в прибрежных пробах в июле и в пробах морской станции в сентябре.

Относительное содержание растворенного в воде кислорода составило 86,7–130%; среднее значение по участку 97,5%, что заметно ниже предыдущих двух лет. Индекс загрязненности вод для района Туапсе в 2023 г. рассчитывался на основании средних значений концентрации нефтяных углеводородов, железа, органического вещества по ПДК₅ и кислорода. Значение ИЗВ=2,17 резко выросло до V класса («грязные») по сравнению с прошлым годом в основном за счет увеличения средней концентрации нефтяных углеводородов. Без учета значений НУ на штормовой станции средняя по всем остальным точкам составляет 0,14 ПДК, а ИЗВ=0,56 (II класс, «чистые»).

Таблица 3.4. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах Черного моря в районе между Анапой и Туапсе в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Анапа (24 пробы)	НУ	0,034	0,69	0,017	0,34	0,023	0,45
		0,096	1,92	0,064	1,28	0,066	1,32
	Аммонийный азот N-NH ₄	111,71	0,05	106,79	0,05	101,82	0,05
		131,00	0,06	158	0,07	119	0,05
	Нитритный азот N-NO ₂	3,56	0,15	4,40	0,18	4,58	0,19
		5,20	0,22	11,7	0,49	7,3	0,30
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	1,80	0,04	6,10	0,12	4,54	0,09
		3,60	0,07	12,3	0,25	12,5	0,25
	Железо Fe	35,5	0,71	38,0	0,76	38,0	0,76
		42	0,84	44	0,88	47	0,94
	Ртуть Hg	0,013	0,13	0,0118	0,12	0,0183	0,18
		0,016	0,16	0,026	0,26	0,049	0,49
	БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	1,45	0,69	1,58	0,75	1,51	0,72
		1,73	0,82	1,94	0,92	1,79	0,85
	Кислород мгO ₂ /дм ³	9,36		8,86		9,52	
		7,10		7,53		7,53	
	% насыщения	109,4		110,1		108,8	
		91,00		91		92	
Новороссийск (20 проб)	НУ	0,038	0,76	0,020	0,41	0,022	0,44
		0,068	1,36	0,062	1,24	0,049	0,98
	Аммонийный азот N-NH ₄	121,54	0,05	91,09	0,04	117,58	0,05
		157	0,07	150	0,07	150	0,07
	Нитритный азот N-NO ₂	6,22	0,26	6,05	0,25	6,05	0,25
		10,40	0,43	13,8	0,58	9,7	0,40
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	1,55	0,03	5,19	0,10	6,37	0,13
		4,40	0,09	11,2	0,22	14,4	0,29
	Железо Fe	38,25	0,77	35,00	0,70	40,25	0,81
		46	0,92	43	0,86	48	0,96
	Ртуть Hg	0,003	0,03	0,0113	0,11	0,0120	0,12
		0,011	0,11	0,021	0,21	0,020	0,20
	БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	1,45	0,69	1,53	0,73	1,52	0,72
		1,69	0,80	1,70	0,81	1,72	0,82
	Кислород мгO ₂ /дм ³	9,24		9,49		9,42	
		7,73		8,07		7,05	
	% насыщения	110,2		115,3		108,4	
		100		93		92	

Геленджик (24 пробы)	НУ	0,026	0,52	0,007	0,14	0,015	0,29
		0,051	1,02	0,035	0,70	0,053	1,06
	Аммонийный азот N-NH ₄	113,62	0,05	92,69	0,04	104,56	0,05
		141	0,06	144	0,06	118	0,05
	Нитритный азот N-NO ₂	4,29	0,18	5,92	0,25	6,08	0,25
		6,40	0,27	12,2	0,51	9,6	0,40
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	1,80	0,04	6,78	0,14	7,10	0,14
		3,60	0,07	19,4	0,39	15,7	0,31
	Железо	33,75	0,68	39,00	0,78	37,25	0,75
		41,00	0,82	47,00	0,94	47,00	0,94
	Ртуть Hg	0,012	0,12	0,0107	0,11	0,0133	0,13
		0,015	0,15	0,017	0,17	0,022	0,22
	БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	1,48	0,70	1,61	0,77	1,43	0,68
		1,76	0,84	1,78	0,85	1,63	0,78
	Кислород мгO ₂ /дм ³	9,05		9,21		9,43	
		7,50		7,52		7,69	
	% насыщения	108,8		112,5		109,8	
		99		90		92	
Туапсе (64 пробы)	НУ	0,031	0,62	0,002	0,04	0,007	0,14
		0,032*	0,64	0,048*	0,96	0,330*	6,60
		0,102	2,04	0,022	0,44	0,042	0,84
	СПАВ	0,102*	2,04	0,670*	13,40	4,190*	83,80
				3	0,03	14,5	0,15
	Аммонийный азот N-NH ₄			170	1,70	170	1,70
		104,86	0,05	80,13	0,04	87,82	0,04
	Нитритный азот N-NO ₂	135,00	0,06	169,7	0,08	269,2	0,12
		5,27	0,22	5,69	0,24	7,72	0,32
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	13,80	0,58	13,8	0,58	19,8	0,83
		2,80	0,06	19,25	0,39	22,87	0,46
	Железо	12,40	0,25	64,7	1,29	124,2	2,48
		35,25	0,71	35,67	0,71	38,00	0,76
	Ртуть Hg	42,00	0,84	43,00	0,86	47,00	0,94
		0,012	0,12	0,0134	0,13	0,0188	0,18
	БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	0,025	0,25	0,0290	0,29	0,0290	0,29
		1,49	0,71	1,58	0,75	1,52	0,73
	Кислород мгO ₂ /дм ³	1,78	0,85	1,78	0,85	1,73	0,82
		9,15		10,70		10,25	
	% насыщения	7,12		6,59		7,39	
		109,5		123,5		97,5	
		94,0		91,0		86,7	

* Наверху концентрация НУ без учета проб со штормовой станции №2, внизу все значения с учетом проб в порту Туапсе.

3.7. Прибрежные воды района Сочи-Адлер

В 2023 г. Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗС) специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ, г. Сочи) в прибрежной зоне между эстуариями рек Мзымта и Сочи были проведены четыре гидрохимические съемки 1 февраля, 28 мая, 4 июля и 18 октября. Наблюдения проводились с борта арендованного маломерного экспедиционного судна (катамаран «Катран») по 23 показателям (гидрология и стандартная гидрохимия 11,

биогенные элементы 7, ТМ 3, НУ, СПАВ) на 8 станциях, расположенных на участке от устья реки Сочи до устья реки Мзымта (рис. 3.21). В районе г. Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I, глубина 10 м), вторая в устье реки Сочи и загрязняется ее стоком (II, 7 м), третья расположена на траверзе реки, но удалена от берега на 2 морские мили и поэтому может считаться условно чистой зоной (III, 45 м). Южнее две станции в устье ручья Малый (IV, 9 м) и устье реки Хоста (V, 7 м) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р. Хоста (VI, 70 м). В районе Адлера одна станция (VII, 7 м) также расположена на мелководье немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 370 м).

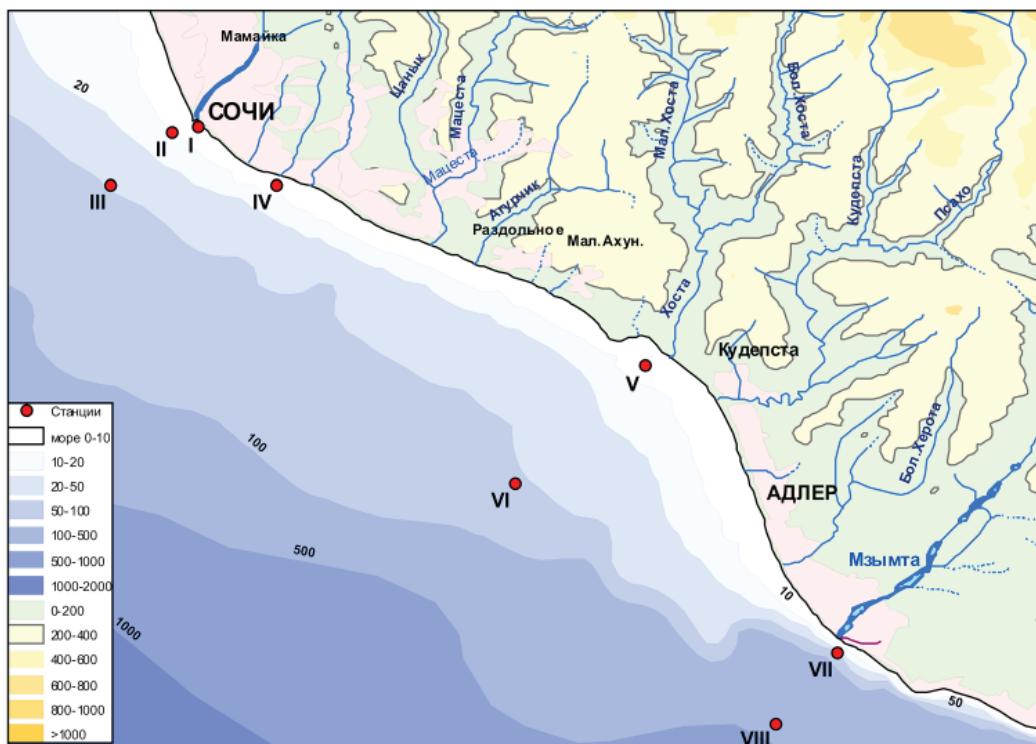


Рис. 3.21. Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Адлер в 2023 г. Станция VII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

Пробы воды отбирались батометрами на мелководных станциях из поверхностного и придонного слоев, на глубоких станциях – со стандартных гидрологических горизонтов 0, 10, 25 и 50 м. Максимальная глубина отбора проб составила 70 м на мористой станции напротив устья Хосты. В комплекс гидрохимических наблюдений вошло определение следующих параметров: температура, соленость, хлорность, щелочность, pH, окислительно-восстановительный потенциал морской воды, электропроводность, концентрация взвешенных веществ, растворенного в воде кислорода, аммонийного, нитритного, нитратного и общего азота, фосфатов и общего фосфора, силикатов. На борту судна производилась экстракция нефтяных углеводородов четырёххлористым углеродом и СПАВ хлороформом, кон-

сервация проб на определение металлов – свинца, ртути и железа, а также подготовка проб на определение легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2023 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Сочи 40, Хосты 24 и у Адлера 24 пробы, было выполнено 1602 анализа. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и металлов используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) фосфатов РО₄ составлял 2,5 мкг/дм³, силикатов 10 мкг/дм³, нитритов 0,3 мкг/дм³, нитратов 2,0 мкг/дм³, аммонийного азота 10,0 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК), СПАВ 50 мкг/дм³ (0,5 ПДК), ртути 0,01 мкг/дм³ (0,1 ПДК), свинца 0,02 мкг/дм³ (0,002 ПДК) и железа 1,0 мкг/дм³ (0,02 ПДК).

Диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров составили: температура 10,4↑–26,4↑/16,1°C; соленость 17,15↑–19,29↑/18,00↑‰; водородный показатель 6,48↓–9,69↑/8,26↑ ед.рН; щелочность 2,30↑–3,35↓/2,99↓ мг-экв/дм³; биогенные элементы (мкг/дм³): фосфаты Р-РО₄ 0–32,02↓/14,70↓; общий фосфор Р_{total} 0–34,48↓/15,52↑; силикаты 11,22–838↓/181↓; аммонийный азот N-NH₄ 0,00–46,55/5,35↓, аналитический ноль был зафиксирован в 52 пробах из 64; нитритный азот N-NO₂ 0–4,34↑/0,37; нитратный азот N-NO₃ 0–173,7/25,27↑ мкг/дм³ (табл. 3.6). Гидрохимические параметры и содержание биогенных элементов находились в пределах изменчивости последних лет.

Таблица 3.6. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2023 г.

Район	S, ‰	Alk	O ₂ *	pH	Ptotal	PO ₄	SiO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Ntotal
порт Сочи	19,55/ 24,6	3,033/ 3,21	10,37/9,51	8,29/ 8,94	13,6/ 23,3	14,1/ 24,5	126/ 304	9,8/ 34,4	2,3/4,3	35,5/ 64,3	563/ 859
Эстуарии рек	19,47/ 24,6	2,945/ 3,28	9,96/ 8,97	8,13/ 8,6	16,6/ 34,5	15,8/ 32	167/ 660	4,3/ 46,6	0,2/0,7	26,2/ 173,7	715/ 2084
Открытые воды	19,76/ 26,98	3,025/ 3,35	10,03/ 9,2	8,34/ 9,69	14,8/ 32,3	13,5/ 24,5	217/ 838	5,3/ 42,8	0/0	20,6/ 78,2	192/ 731
Суммарно район	19,63/ 26,98	2,997/ 3,35	10,04/8,97	8,26/ 9,69	15,5/ 34,5	14,7/ 32	181/ 838	5,3/ 46,6	0,4/ 4,3	25,3/ 173,7	500/ 2084

Alk – мг-экв/дм³; O₂ – мгО₂/дм³; биогенные элементы – мкг/дм³.

O₂* – средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.

В 2023 г. концентрация **нефтяных углеводородов** в районе Адлер-Сочи была ниже предела обнаружения во всех пробах (рис. 3.17, табл. 3.7). Содержание СПАВ в водах района значительно сократилось по сравнению с прошлым годом. Ниже аналитического нуля их концентрация была в 56 пробах из 64 обработанных, средняя составила сотые доли норматива, а максимум снижается более 2,5 раз уже второй год подряд. Присутствие легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ варьировало от 0,40 до 2,76 мгО₂/дм³ (1,31 ПДК); средняя величина выросла в 1,4 раза до 1,89 мгО₂/дм³. Количество органических веществ было равно или выше норматива в 14 пробах из 56, а наибольшее значение зафиксировано в устье ручья Малого в пределах городской черты Сочи в конце января. Концентрация твердых взвешенных частиц в морской воде была меньше предела обнаружения в 69,7% проб, а в остальных достигала 9,0 мг/дм³, в среднем 1,13 мг/дм³. Содержание частиц не превышало норматив ни в одной из проанализированных проб.

Содержание растворенной в воде ртути было ниже предела обнаружения во всех пробах. Концентрация свинца была ниже DL в 39 пробах из 64 (60,9%); наибольшие значения этого металла в морской воде дважды превышали норматив: 12,7 мкг/дм³ (1,3 ПДК, поверхностный слой в устье р. Хоста) и 15,1 мкг/дм³ (1,5 ПДК, на поверхности акватории порта Сочи в середине октября); в среднем содержание свинца составило 0,2 ПДК, что на треть ниже прошлогоднего. С первых лет века до 2015 г. и средние, и экстремальные значения концентрации свинца увеличивались. Однако в последующие годы было отмечено снижение среднего содержания этого металла в водах района до уровня примерно половины ПДК, а максимальные варьируют в диапазоне 10–20 мкг/дм³. Межгодовая изменчивость максимальных величин очень высокая и значения существенно варьируют год от года (рис. 3.22). Во всех проанализированных пробах, содержание железа было выше аналитического нуля. Диапазон изменения составил 2,0–52,0 (max чуть больше норматива), среднее (15,3 мкг/дм³) на 38,4% ниже прошлогоднего. Хотя в последнее пять лет средняя концентрация железа в водах района значительно ниже ПДК, однако максимальное значение однажды превышало норматив в четыре раза.

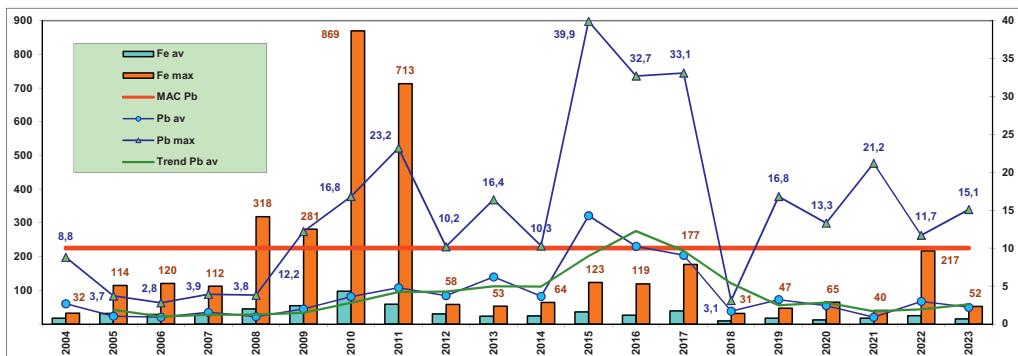


Рис. 3.22. Средняя и максимальная концентрация железа и свинца ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2004–2023 гг. Сокращения: Fe av – средняя концентрация железа; Fe max – максимальная концентрация железа; MAC Pb – ПДК свинца; Pb av – средняя концентрация свинца; Pb max – максимальная концентрация свинца; Trend Pb av – тренд средней концентрации свинца.

Таблица 3.7. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Сочи – Адлер (88 проб)	НУ	0,0265	0,53	0,003	0,06	0,000	
		0,212	4,24	0,067	1,34	0,000	
	СПАВ	132	1,32	17,0	0,17	7,5	0,08
		480	4,80	180	1,80	70	0,70
	Аммонийный азот* N-NH ₄	10,9	<0,01	10,3	<0,01	5,3	<0,01
		106,3	0,05	85,6	0,04	46,6	0,02
	Нитритный азот N-NO ₂	0,96	0,04	0,51	0,02	0,37	0,02
		4,03	0,17	2,22	0,09	4,34	0,18
	Фосфаты P-PO ₄	3,83	0,08	23,51	0,47	14,70	0,29
		15,58	0,31	60,47	1,21	32,02	0,64

	Железо Fe	17,5	0,35	24,8	0,50	15,3	0,31
		40	0,8	217	4,34	52	1,04
	Свинец Pb	0,91	0,09	2,97	0,30	2,20	0,22
		21,2	2,12	11,7	1,17	15,1	1,51
	БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	1,88	0,9	1,4	0,65	1,9	0,92
		4,6	2,19	3,6	1,71	2,9	1,38
	Взвешенные вещества	1,93	0,19	1,99	0,20	1,13	0,11
		35	3,50	9	0,90	9	0,90
	Кислород мгO ₂ /дм ³	7,92		8,25		10,04	
		6,10		6,10		8,97	

Примечания:

- Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов и взвешенных веществ приведена в мг/дм³; растворенного в воде кислорода и органических веществ по БПК₅ в мгO₂/дм³; фосфатов, аммонийного и нитритного азота, АПАВ, железа и свинца в мкг/дм³.
- Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение.
- Аммонийный азот* – использовано значение ПДК в пересчете на азот (2256 мкгN/дм³).

Таблица 3.5. Оценка качества вод Кавказского прибрежья Черного моря в 2021–2023 гг.

Районы и подрайоны	2021 г.*		2022 г.		2023 г.		Среднее значение ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,68	II	0,63	II	0,64	II	Fe 0,76; НУ 0,45; БПК ₅ 0,73; O ₂ 0,63
2. Новороссийск	0,72	II	0,62	II	0,66	II	Fe 0,81; НУ 0,44; БПК ₅ 0,73; O ₂ 0,64
3. Геленджик	0,64	II	0,61	II	0,59	II	Fe 0,75; НУ 0,29; БПК ₅ 0,68; O ₂ 0,64
4. Туапсе	0,68	II	0,75	II	2,17**	V	НУ 6,60; Fe 0,76; БПК ₅ 0,73; O ₂ 0,59
5. Район Сочи – Адлер	0,88	III	0,59	II	0,53	II	БПК ₅ 0,92; Fe 0,31; PO ₄ 0,29; O ₂ 0,60
5.1. Акватория порта Сочи	0,95	III	0,80	III	0,61	II	БПК ₅ 0,97; Fe 0,55; Pb 0,37; O ₂ 0,58
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мzymта и ручья Малый	0,84	III	0,57	II	0,53	II	БПК ₅ 0,94; PO ₄ 0,32; Fe 0,28; O ₂ 0,60
5.3. Открытое море	0,91	III	0,54	II	0,50	II	БПК ₅ 0,87; PO ₄ 0,27; Fe 0,26; O ₂ 0,60

* Небольшие изменения значений индекса ИЗВ в предыдущие годы связаны с выбраковкой отдельных недостоверных данных.

** Без учета значений нефтяных углеводородов на штормовой станции №2 в порту Туапсе средняя величина по району составила 0,007 мг/дм³ (0,14 ПДК), а расчет ИЗВ снизился до 0,64.

3.8. Выводы

Северная часть Кавказского прибрежья

Оценка загрязнения северной части прибрежья Кавказа в 2023 г. осталась примерно на прошлогоднем уровне во всех районах контроля. Индекс загрязненности вод незначительно изменился у Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе, если не принимать в расчет чрезвычайно высокие значения концентрации нефтяных углеводородов на одной штормовой станции №2 в порту последнего города. При таком условии на всех участках

прибрежных вод значения индекса загрязненности вод ИЗВ оставались в пределах 0,59–0,66 (II класс), контролируемые районы характеризуются как «чистые». Приоритетными ингредиентами с наибольшими величинами среднего значения в единицах ПДК были железо, нефтяные углеводороды и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Среднее содержание нефтяных углеводородов во всех районах было ниже норматива и варьировало от полного отсутствия в пробах у Сочи до 0,45 ПДК у Анапы. Однако максимальная концентрация была достаточно высокой во всех районах и составляла от 0,84 ПДК в прибрежной зоне у Туапсе до 1,32 ПДК у Анапы. Отдельно рассматриваются значения НУ на ежедекадно контролируемой станции №2 у пирса в порту Туапсе. Вокруг этой точки была зона наибольшего загрязнения воды нефтяными углеводородами. Из 40 отобранных здесь проб в половине их концентрация достигала или превышала норматив и только в двух была ниже предела обнаружения. Максимальное значение достигало 15 августа чрезвычайно высокой величины 4,190 мг/дм³ (83,80 ПДК), а среднее достигало 0,524 мг/дм³ (10,48 ПДК). Обычно наибольшие величины в десятки раз превышали среднюю за год. В последний год зафиксировано дальнейшее увеличение уровня загрязнения участка бухты в районе штормовой станции. Средние значения других приоритетных ЗВ не превышали норматив. Максимальные были также достаточно невысокими и однообразными во всех контролируемых районах: железо 0,94–0,96 ПДК; органических веществ 0,78–0,85 ПДК. Содержание ртути также незначительно варьировало в водах вдоль побережья и было в диапазоне значений 0,12–0,18 ПДК, а максимальное было в пределах от 0,20 ПДК у Новороссийска до 0,49 ПДК у Анапы. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм³) во всех пробах. СПАВ были отмечены только в восьми пробах со штормовой станции №2 в порту Туапсе в концентрации 100–170 мкг/дм³ (max 1,7 ПДК).

Во всех районах северной части Кавказского побережья среднегодовое содержание фосфора фосфатов было примерно на уровне прошлого года, при этом среднее значение для всего прибрежья снизилось на 24%. В последние два года средняя величина содержания Р-РО₄ вернулась на обычный уровень 10–15 мкг/дм³ после трехлетнего существенного снижения значений. В последние 15 лет в северной части Кавказского прибрежья концентрация аммонийного азота показала постепенный значительный рост за исключением 2017–2018 гг., а в последние пять лет стабилизировалась в диапазоне 80–120 мкг/дм³. До этого были зафиксированы очень существенные межгодовые перепады значений. Максимальная концентрация была незначительно выше средней и в последнюю пятилетку варьировала около 150 мкг/дм³ после значительных скачков в предыдущие три года. Концентрация нитритов синхронно повышалась или понижалась во всех районах прибрежья с периодом примерно в пять лет. В последние годы наблюдался постепенный и существенный подъем средних величин, при этом максимальные значения только дважды превышали допустимый уровень за весь период наблюдений. С начала регулярных наблюдений в конце прошлого века наблюдается постепенное снижение среднегодовой концентрации кремния во всех районах наблюдений до периода относительной стабилизации на уровне около 200 мкг/дм³ начиная с 2011 г., а в последние годы на еще более низком уровне (за исключением 2015 г.). Из-за стока многочисленных рек в районе между реками Мzymта и Сочи содержание силикатов обычно было значительно более высоким, чем на других участках. Кислородный режим на всех контролируемых участках был в пределах обычной межгодовой изменчивости, а дефицита растворенного кислорода в поверхностных водах исследуемой акватории отмечено не было. Минимальные значения содержания О₂ варьировали в узком диапазоне от 7,05 у Новороссийска до 7,53 мгО₂/дм³ у Анапы.

Воды района Адлер-Сочи

В районе Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи в 2022 г. средняя концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальные значения превышали норматив для определяемых по БПК₅ легко окисляемых органических веществ, железа и свинца. Как и в предыдущие годы, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 3 параметра (БПК₅, Pb и Fe) из 10 нормируемых превышали ПДК (30,0%). Воды района характеризуются неустойчивым (10–30%) загрязнением по органическим веществам (28,1%) и единичным загрязнением по железу (3,1%) и свинцу (3,1%). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением по свинцу, железу был низким (1,04–1,51). Как и в предыдущие годы, растворенная ртуть в водах района выявлена не была. Кислородный режим прибрежных вод района между устьями рек Мзымта и Сочи был в пределах нормы. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 8,97–11,50, в среднем 10,04 мгО₂/дм³.

Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,53), рассчитанный в целом для всей акватории морских вод Большого Сочи по средней концентрации БПК₅, железа, минерального фосфора и кислорода немного снизился по сравнению с прошлым годом (рис. 3.25). Уменьшение индекса связано со значительным снижением содержания фосфора фосфатов и повышенем концентрации растворенного кислорода. Одновременно несколько возросло содержание органических веществ и железа. «Уровень загрязнения эстuarного района и открытого моря был примерно одинаковым (ИЗВ=0,53 и 0,50), II класс, “чистые”, а воды района порта Сочи (0,61) несколько выше в пределах этого класса». В порту кроме органического загрязнения наибольшее значение имели железо и свинец. В многолетней динамике состояние вод различных участков акватории района Адлер-Сочи оценивается как стабильное, хотя межгодовые вариации в течение всего периода наблюдений были значительными.

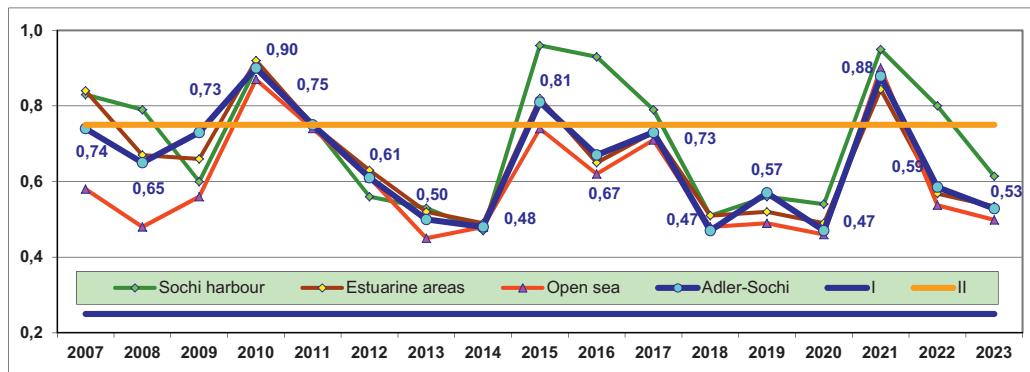


Рис. 3.23. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2007–2023 гг.

ГЛАВА 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

Ипатова С.В., Аляутдинов А.Р., Долгова А.О., Спирина В.А.,
Коришенко А.Н., Кочетков В.В.

4.1. Общая характеристика

Физико-географическое описание. Балтийское море является крупнейшим материковым морем севера Европы с площадью около 422,6 тыс.км² и объемом 20080 км³. На западе море ограничено линией мыс Скаген – юго-западная оконечность о. Чёрн. Обмен вод с Северным морем происходит через Датские проливы, которые включают проливы Малый Бельт (наименьшая ширина 0,5 км), Большой Бельт (3,7 км), Эресунн или Зунд (10,5 км), Каттегат (60 км) и залив Скагеррак (110 км). Из-за мелководности проливов (глубина на порогах снижается до 7–18 м) водообмен между Балтийским и Северным морями затруднен. Это играет важнейшую роль в формировании особенностей гидрологического режима моря в целом. Средняя глубина моря около 48 м, максимальная 459 м. На мелководье с глубинами до 50 м приходится 60% площади моря, а на долю впадин более 200 м только около 0,3%. Балтийское море имеет очень длинную изрезанную береговую линию (22,0 тыс.км), что обусловлено наличием многочисленных заливов и островов, особенно в северной его части. Общее количество островов составляет несколько тысяч, но большинство из них очень мелкие (Гидрометеорология, 1992).

4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы

В 2023 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (г. Санкт-Петербург) на 40 станциях государственной наблюдательной сети (ГНС). На акватории Невской губы к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) до устья реки Нева расположены 23 станции (рис. 4.1). Наблюдения в губе в навигационный период с мая по октябрь осуществлялись с использованием маломерного научно-исследовательского судна «Бриз» (Ns 18-RGM, водоизмещение 26 тонн, используется только для съемки на акватории дельты Невы и в Невской губе, поскольку не имеет морского регистра), в зимний период (феврале) со льда, а на курортных станциях с берега в течение всего периода мониторинга.

№ станции в Невской губе	Район	Глубина (м)	Периодичность отбора проб
1, 2, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 30, 39, 42	Центральная часть Невской губы	0,6–15,6	январь–ноябрь
C2	Район выхода трубы сброса вод с Северной станции аэрации в районе пос. Ольгино	3,2–4,4	февраль–октябрь
5	Морской торговый порт (СПб МТП)	13,8	январь–декабрь
12a	Северный курортный район	0,3–0,9	май–октябрь
11a, 14a, 17a	Южный курортный район	0,6–1,4	май–октябрь

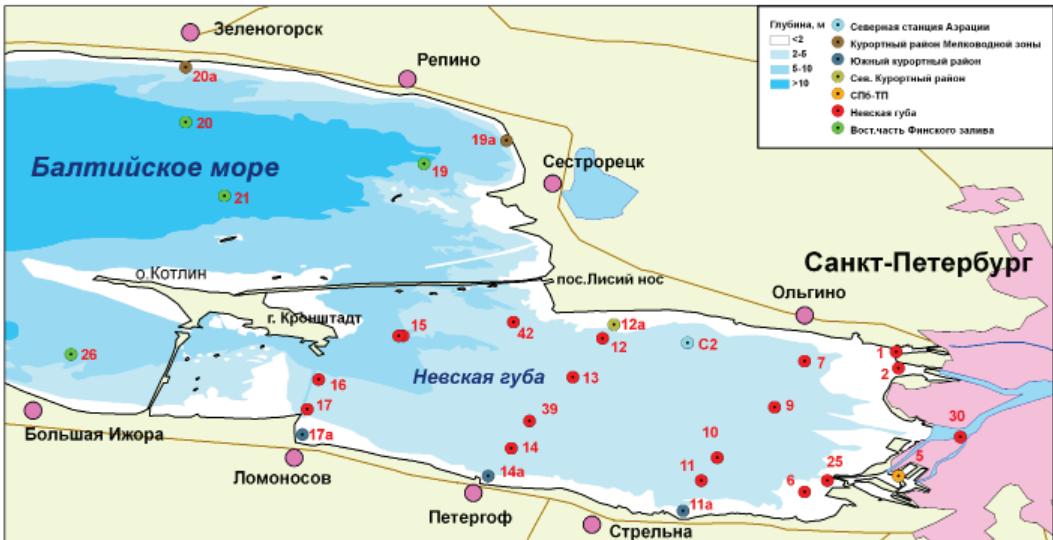


Рис. 4.1. Схема расположения станций мониторинга морской среды в Невской губе.

В водах Невской губы и восточной части Финского залива контролировались следующие показатели: соленость, pH, щелочность, растворенный в воде кислород (абсолютная концентрация и % насыщения вод), содержание органических веществ по БПК₅, фосфор фосфатный и общий, кремний, азот нитритный, нитратный, аммонийный и общий, тяжелые металлы (Pb, Cu, Cd, Mn, Zn, Ni, Co, Cr, Hg, Fe и Al), нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ и хлорорганические пестициды группы ДДТ и ГХЦГ. Учитывая в основном пресноводный характер Невской губы, при оценке качества вод были использованы значения ПДК для поверхностных вод суши, а для районов Финского залива за пределами КЗС морские нормативы. Различия могут быть очень существенными для двух типов вод, особенно для металлов. Поэтому прямое сравнение по индексу загрязненности вод районов Невской губы и восточной части залива может быть недостаточно корректным и должно рассматриваться в большей степени для анализа многолетней динамики.

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с современными утвержденными методиками. Химические анализы выполнялись в Аналитической лаборатории ФГБУ «Северо-Западное УГМС», аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре с номером РОСС-RU.0007.510422. Содержание нефтяных углеводородов определялось флуориметрическим методом; фенола – хроматографическим; СПАВ – (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим; металлов – методом атомно-абсорбционной спектрометрии фильтрованных проб воды. В тексте и таблицах для концентрации различных форм биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL, мкг/дм³) фосфатов РО₄ составлял 5,0, общего фосфора P_{total} 5,0, азота нитритов N-NO₂ 0,5, азота нитратов N-NO₃ 5,0, аммонийного азота N-NH₄ 20,0, фенола 0,1 мкг/дм³, СПАВ 100 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,005 мг/дм³ (0,1 ПДК, флуориметрический метод) и тяжелых металлов (мкг/дм³): свинец 3,0; кадмий 0,1; медь, никель, марганец, кобальт и хром 1,0; цинк 5,0, железо 50,0 и алюминий 10,0 мкг/дм³.

4.3. Центральная часть Невской губы

Гидрохимические съемки проводились ежемесячно в январе-марте со льда, а с мая по октябрь с борта маломерного судна из поверхностного, промежуточного и придонного слоев. Было отобрано и обработано 222 пробы. При оценке качества вод Невской губы были использованы значения ПДК для пресных вод. Диапазон гидрохимических показателей в слое поверхность-дно составил: температура 0,0–21,0°C; соленость 0,05–3,1/0,09‰; щелочность 0,48–1,19/0,56 ммоль/дм³; водородный показатель 7,03–8,07/7,55 ед.рН (табл. 4.1). Кислородный режим в целом был удовлетворительным (среднее содержание растворенного кислорода 9,89 мгО₂/дм³, насыщение вод 93,38%), за исключением отобранных в августе-сентябре семи проб; минимум составлял 4,54 мгО₂/дм³.

Таблица 4.1. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°C)	12,91/ 20,82	13,57 19,27	14,13/ 20,79	13,12/ 24,98	13,36/ 24,66	13,56/ 20,98
Соленость (‰)	0,06/ 0,31	0,06/ 0,24	0,07/ 0,43	0,15/ 3,70	0,07/ 0,510	0,09/ 3,05
Кислород * (мгО ₂ /дм ³)	10,08/ 7,96	9,86/ 7,92	9,55/ 6,27	9,95/ 6,40	9,97/ 5,13	9,89/ 4,54
Кислород (%)	94,06/ 113,40	93,14/ 122,60	91,7/ 122,60	92,71/ 115,50	93,76/ 121,60	93,38/ 128
pH	7,14/ 7,68	7,12/ 7,94	7,12/ 8,20	7,16/ 8,69	7,27/ 8,0	7,55/ 8,07
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,52/ 1,01	0,55/ 0,78	0,56/ 1,58	0,57/ 1,53	0,54/ 1,43	0,56/ 1,19

Кислород* – здесь и далее приведены средние и минимальные значения растворенного в воде кислорода.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Диапазон концентрации биогенных веществ в слое поверхность-дно составил: аммонийный азот NH₄ 0–1619 (4,1 ПДК), в среднем 91,24, это максимальное значение с 1999 г.; азот нитритов N-NO₂ 0–69,9 (2,9 ПДК)/13,3; азот нитратов N-NO₃ 35–663/240,7; фосфатный фосфор P-PO₄ 0–97,2 (1,9 ПДК)/6,0. Содержание различных форм биогенных веществ в центральной части Невской губы в целом было выше средних значений, а минерального фосфора превышало уровень последнего десятилетия (рис. 4.2, табл. 4.2).

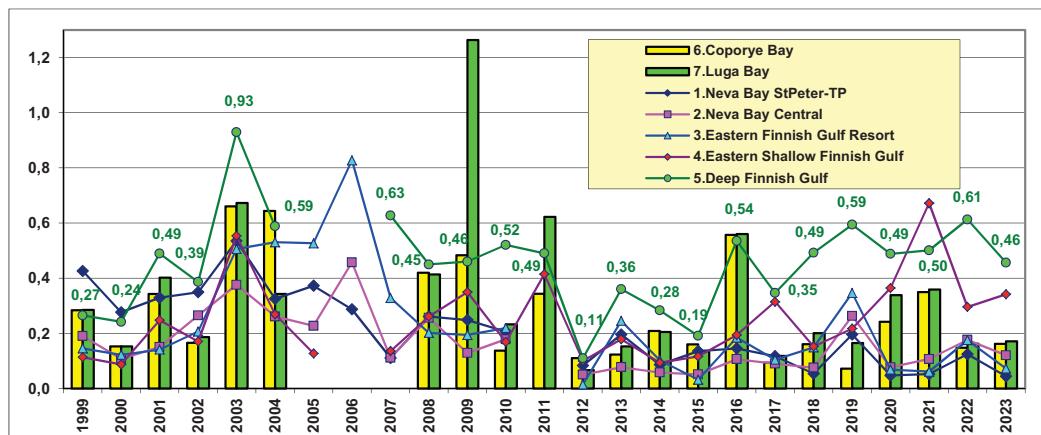


Рис. 4.2. Многолетняя динамика средней концентрации фосфатного фосфора P-PO₄ (в ПДК) в различных районах восточной части Финского залива.

Таблица 4.2. Средняя и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Центральной части Невской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	44,97/ 485	68,17/ 937	52,41/ 862	64,28/ 1162	85,35/ 1022	91,45/ 1619	389
Азот нитритов N-NO ₂ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	9,16/ 54,0	10,29/ 42,0	11,47/ 55,0	11,82/ 86,9	15,05/ 82,4	13,3/ 69,9	24
Азот нитратов N-NO ₃ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	215,15/ 619	230,41/ 670	221,20/ 921	225,36/ 694	250,20/ 664	240,65/ 663	9032
Общий азот N _{total} $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	636,02/ 1232	646,54/ 1759	636,67/ 2114	710,17/ 2506	766,14/ 2136	782,53/ 3215	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ $\text{мкгP}/\text{дм}^3$	3,75/ 54,0	13,14/ 84,0	3,83/ 100,0	5,34/ 124,6	8,81/ 85,6	6,0/ 97,2	50
Общий фосфор P _{total} $\text{мкгP}/\text{дм}^3$	9,64/ 63,0	18,10/ 89,0	11,16/ 124,0	13,39/ 159,4	16,02/ 103,1	15,13/ 137,4	
БПК ₅ $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	1,37/ 3,70	1,46/ 5,60	1,35/ 8,20	1,82/ 7,60	1,7/ 4,5	1,77/ 8,9	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs $\text{мг}/\text{дм}^3$	0,0018/ 0,160	0,0014/ 0,197	0,0001/ 0,006	0,0003/ 0,02	0,0001/ 0,01	0,00001/ 0,01	0,05
Фенолы, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0/ 0	0,011/ 0,60	0,003/ 0,10	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0/ 0	1,11/ 188,0	3,48/ 116,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ была очень высокой в отдельных пробах: 0–8,9 (4,2 ПДК)/1,77 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$. Во всей Невской губе нефтяные углеводороды зафиксированы только в пяти пробах в концентрации до 6 $\text{мкг}/\text{дм}^3$, а содержание СПАВ и фенолов во всех пробах было ниже предела обнаружения использованной методики анализа (табл. 4.2).

Металлы ($\text{мг}/\text{дм}^3$). Содержание металлов в водах центральной части губы находилось в диапазоне: Cu 0–27,5 (27,5 ПДК), в среднем 8,81 (8,8 ПДК); Zn 0–60,5 (6,1 ПДК)/13,47 (1,3 ПДК); Mn 0–59,8 (6,0 ПДК)/5,8; Fe 0–185 (1,9 ПДК)/67,27; Al 0–85,2 (2,1 ПДК)/27,91 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Содержание металлов находилось на среднем многолетнем уровне за исключением меди, средняя и максимальная концентрация которой показали абсолютный максимум за весь период наблюдений (рис. 4.3, табл. 4.3). Основной вклад в загрязнение вод центральной части Невской губы вносили медь, цинк и легкоокисляемые органические вещества по БПК₅. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) в 2023 г. составил 2,90, что относится к V классу загрязнения и определяет воды как «грязные» (табл. 4.4). Это худший показатель за последние пять лет.

Таблица 4.3. Средняя и максимальная концентрация металлов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Центральной части Невской губы в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	2,83/ 9,5	3,73/ 10,6	3,39/ 7,5	4,81/ 20,0	5,17/ 17,8	8,81/ 27,5	1
Zn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	8,33/ 30,8	21,38/ 88,0	32,58/ 97,0	19,71/ 77,0	16,22/ 83,0	13,47/ 60,5	10
Mn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	6,54/ 212,0	9,6/ 140,0	4,49/ 100,0	3,24/ 46,0	8,52/ 120,0	5,81/ 59,8	10
Fe, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	68,85/ 358,0	96,79/ 210,0	46,20/ 190,0	78,71/ 450,0	57,57/ 240,0	67,27/ 185	100

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Al, мкг/дм ³	23,25/ 47,0	25,34/ 54,0	22,18/ 59,0	28,62/ 78,0	24,60/ 88,0	27,91/ 85,2	40
Pb, мкг/дм ³	0,43/ 2,20	0,0/ 0,0	0,02/ 4,6	0,07/ 4,2	0,06/ 3,8	0,3/ 5,2	6

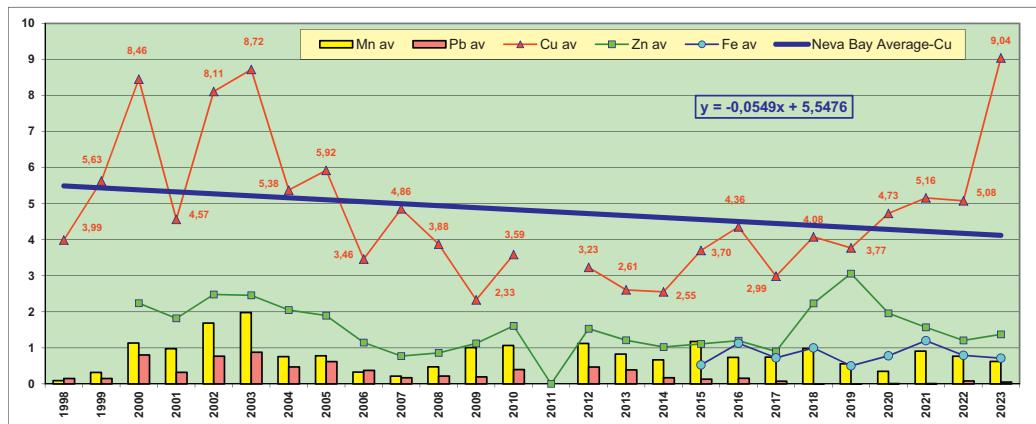


Рис. 4.3. Динамика средней концентрации меди Cu (мкг/дм³) в водах Невской губы в 1998–2023 гг. Av – средняя концентрация, Trend Neva Bay Average Cu – тренд средней концентрации меди в Невской губе.

4.4. Северный и Южный курортные районы

Наблюдения выполнялись в поверхностном слое с мая по октябрь. Диапазон солености в 24 пробах составил 0,06–0,21‰, в среднем 0,10‰; в северном районе 0,07, в южном 0,11‰; водородного показателя 6,92–9,01/7,84 ед.рН; щелочности 0,572–2,030 ммоль/дм³. Содержание растворенного в воде кислорода 7,59–16,86/10,66 мгO₂/дм³, шесть проб со значениями менее 9,0 мгO₂/дм³ отобраны в течение всего года на ст.№11а и 17а; насыщение вод кислородом 81,1–191,4/110,1%.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения в девяти пробах, а в остальных достигала 141; средняя (41,3) была в два раза меньше прошлогодней. Наибольшие значения ингредиента зафиксированы как на юге губы, так и на севере в октябре. В отличие от прошлого года на ст.№12а недалеко от оголовка трубы Северных очистных сооружений значения концентрации аммония были близкими к пределу обнаружения метода, за исключение октября (107). Концентрация нитритов была в диапазоне 2,5–71,1 (3,0 ПДК)/15,7 и почти не изменилась по сравнению с прошлым годом; максимум зафиксирован западнее Ломоносова. Диапазон концентрации нитратов 12–415/119; средняя в два раза меньше уровня прошлого года. Концентрация кремния составила 12–401/108. Содержание фосфатов в прибрежье губы было невысоким и варьировало от аналитического нуля в 2/3 проб до 16,5, в среднем 2,7. В отличие от аммония наибольшие величины фосфатов находились у северного берега губы. Средняя концентрация фосфатов (2,65) снизилась в 3,3 раза по сравнению с прошлым годом. Три наиболее высоких значения общего фосфора также были зафиксированы на ст.№12а; диапазон изменений 487–1506/833 мкг/дм³.

Концентрация НУ была ниже DL=0,5 мкг/дм³ во всех пробах. Содержание органических веществ по БПК₅ было очень высоким, хотя и немного снизилось: 1,5–10,8/3,9 мгO₂/дм³, максимальная величина равнялась уровню прошлого года, а средняя меньше в 1,7 раза.

Металлы (мг/дм³). Концентрация металлов в водах обоих районов находилась в диапазоне/средняя: меди 3,7–18,9 (18,9 ПДК)/10,8(10,8 ПДК), показатели очень близкие к прошлогодним, превышавшим средние многолетние величины почти в два раза; цинка от аналитического нуля в трех пробах до 58,9/15,9 (1,6 ПДК); марганца 0 (5 проб) – 37,7/15,9 (1,6 ПДК), все значения были равные или близкие к прошлогодним и существенно выше среднемноголетних; кадмия 0 (3 пробы) – 1,8/0,4; никеля 0 (3 пробы) – 5,1/2,0; железа 0 (5 проб) – 198 (2,0 ПДК)/82,5; алюминия 0 (одна проба) – 102,5/34,9 (0,3 ПДК); свинец отмечен в двух пробах у южного берега (3,3 и 5,0 мкг/дм³); содержание кобальта и хрома было ниже предела обнаружения.

Основной вклад в загрязнение вод Северного Курортного района Невской губы вносили медь, легкоисляемые органические вещества по БПК₅ и цинк. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) составил 4,49 (VI класс, «очень грязные»). Это худший показатель за последние десять лет среди всех районов Балтийского моря. В Южном курортном районе показатели стандартной гидрохимии и концентрации биогенных веществ были близкими к значениям северного прибрежья. Кислородный режим был удовлетворительный, случаев дефицита кислорода отмечено не было. Воды южного побережья не загрязнены НУ, фенолами и СПАВ. Концентрация меди стала максимальной с 2003 г., а цинка вернулась в диапазон средних многолетних значений после экстремально высоких показателей. Как и на севере, основной вклад в загрязнение вод Южного района вносили медь, органические вещества по БПК₅ и цинк. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) в 2023 году составил 3,45 (VI класс, «очень грязные»). Это худший показатель для района за весь период наблюдений.

4.5. Морской торговый порт СПб

В Морском торговом порту Санкт-Петербурга на одной станции с глубиной 14 м ежемесячно было отобрано 18 проб воды из поверхностного и придонного слоев. Стандартные гидрохимические параметры вод порта в пределах естественных межгодовых колебаний. Значения солености на поверхности изменялись в пределах 0,06–0,11‰, у дна 0,07–0,29‰. Среднее значение во всем столбе воды (0,09‰) равно прошлогоднему. Величина водородного показателя была в диапазоне 7,24–7,92; средняя величина (7,53 ед.рН) является максимальной с 2016 г. (табл. 4.5). Значения щелочности были незначительно выше прошлогодних и варьировали в интервале 0,497–0,616 ммоль/дм³. Диапазон концентрации растворенного в воде кислорода (7,55–13,70/10,64) был значительно уже прошлогоднего за счет снижения максимальной величины на 3,17 мгО₂/дм³. При этом среднее осталось практически неизменным. Шесть проб со значениями менее 9,0 мгО₂/дм³ отобраны в июле–сентябре в обоих слоях. Среднее насыщение вод кислородом (82,5–111,9/91,61%) существенно снизилось за счет наибольших значений при практически не изменившихся нижних.

Таблица 4.5. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°C)	10,14/ 19,94	10,39/ 18,4	10,92/ 19,52	10,04/ 22,32	10,37/ 22,50	10,13/ 19,80
Соленость (‰)	0,08/ 0,2	0,07/ 0,1	0,07/ 0,08	0,11/ 0,28	0,09/ 0,30	0,09/ 0,29
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,59/ 7,87	10,29/ 7,67	10,13/ 7,76	10,53/ 6,34	10,38/ 7,83	10,64/ 7,55
Кислород (%)	90,67/ 110,30	88,69/ 102,8	88,8/ 94,5	89,67/ 101,5	89,79/ 98,1	91,61/ 111,9
pH	7,12/ 7,49	7,22/ 7,53	7,09/ 7,54	7,07/ 7,25	7,26/ 7,65	7,53/ 7,92
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,55/ 0,68	0,57/ 0,64	0,58/ 0,63	0,58/ 0,65	0,54/ 0,61	0,56/ 0,62

Биогенные вещества ($\text{мкг}/\text{дм}^3$). Концентрация аммонийного азота на поверхности изменялась от аналитического нуля в одной пробе до 118 в середине октября, в придонном слое 22–105 (табл. 4.6). Среднее содержание ингредиента во всей толще воды (52,8) немного снизилось после прошлогоднего (68,5), максимального с 2018 г. Значения нитритного азота на поверхности были в диапазоне 2,2–50,1 (август), в придонном слое 7,7–38,8, оба максимума в августе. Средняя величина ингредиента во всей толще воды (16,2) увеличилась на 1,5 и стала наибольшей за весь период наблюдений. Максимальная концентрация нитратного азота на поверхности составила 470 (апрель), а у дна – 324 (середина октября). Среднее содержание нитратов (267) было очень близким к прошлогоднему (278), максимальному с 2017 г. Концентрация силикатов составила 28–640/303. Содержание фосфатного фосфора было ниже уровня определения в 14 пробах из восемнадцати, а в остальных достигала 12,1, в среднем 2,2 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Все значащие цифры отмечены в январе-апреле. Диапазон содержания общего фосфора 0–19,1, в среднем (10,1) немногого меньше прошлогоднего (13,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$).

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ было выше предела обнаружения во всех пробах, а в четырех из 18 превышало установленную норму. Диапазон значений 0,5–3,2 (1,52 ПДК), в среднем 1,5 $\text{мкгO}_2/\text{дм}^3$. Максимальная концентрация наблюдалась 1 декабря на поверхностном горизонте, а среднее значение в полтора раза выше прошлогоднего. В 2023 г. в водах морского порта концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности методик определения.

Таблица 4.6. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) и загрязняющих веществ в водах Морского торгового порта в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	55,67/ 102	65,72/ 120	59,17/ 102	55,67/ 87	68,5/ 212	52,83/ 118	389
Азот нитритов $\text{N-NO}_2 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$	8,22/ 16,0	8,10/ 13,0	12,05/ 27,0	10,06/ 22,6	14,71 66,7	16,17/ 50,1	24
Азот нитратов $\text{N-NO}_3 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$	205,56/ 330	232,0/ 339	248,24/ 351	265,72/ 413	277,5/ 513	267,39/ 470	9032
Общий азот $\text{N}_{\text{total}} \text{ мкгNm}^3$	648,83/ 842	618,72/ 797	660,71/ 841	692,39/ 806	739,89/ 886	694,83/ 853	
Фосфатный фосфор $\text{P-PO}_4 \text{ мкгP}/\text{дм}^3$	2,71/ 9,3	9,77/ 17,0	2,35/ 9,4	2,61/ 8,4	6,21/ 22,4	2,21/ 12,1	50
Общий фосфор $\text{P}_{\text{total}} \text{ мкгP}/\text{дм}^3$	8,06 15,0	13,63/ 24,0	9,09/ 13,0	9,43/ 12,5	13,04/ 27,7	10,13/ 19,1	
БПК ₅ $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	1,3/ 2,4	1,4/ 3,1	1,1/ 2,3	1,5/ 3,4	1,45/ 2,4	1,47/ 3,2	2,1
Нефтяные углеводороды $\text{TPHs mg}/\text{дм}^3$	0,004/ 0,04	0,019/ 0,028	0,001/ 0,019	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,089/ 0,9	0,1/ 0,8	0,012/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,611/ 11,0	7,059/ 120,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Металлы ($\text{мг}/\text{дм}^3$). Содержание меди превышало норматив ПДК во всех отобранных в МТП пробах. Концентрация на поверхности изменялась в диапазоне 4,4–19,7, на придонном горизонте 4,3–16,3 (табл. 4.7). Среднее содержание меди во всем столбе воды 9,7, это максимальное значение с 2005 г. Концентрация цинка превышала DL в 61%, как и в позапрошлом году. Средняя во всем столбе воды (1,2 ПДК) была немногого выше прошлогодней. Концен-

трация марганца превышала норматив в 5 пробах из 18, а диапазон значений на поверхности варьировал от аналитического нуля до 1,3 ПДК в мае, на дне 0,1–1,7 ПДК. Содержание алюминия составило: 14,9–48,7/32,5, средняя и максимум немного выше прошлогодних, но в целом в ряду последней трехлетки; железа превышало предельно допустимый уровень в 28% проб, максимальная концентрация 187 (1,87 ПДК) наблюдалась 1 декабря на поверхности, а средняя во всей толще воды (0,93 ПДК) несколько выше значений трех предыдущих лет; свинца отмечено в трех пробах (3,0; 3,2; 3,6); никеля 0 (1 проба) – 3,9/1,7 (практически равно прошлогоднему); кадмия 0 (1 проба) – 0,55/0,31 (без существенных изменений); содержание кобальта и хрома было ниже предела обнаружения.

Таблица 4.7. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu	4,77/ 12,0	4,8/ 18,1	4,26/ 6,9	4,53/ 8,1	5,26/ 12,6	9,74/ 19,7	1
Zn	24,79/ 54,0	27,19/ 62,0	16,39/ 30,0	15,86/ 30,5	10,93/ 28,6	11,91/ 29,7	10
Mn	13,76/ 47,0	7,59/ 71,0	6,67/ 27,6	6,03/ 23,2	7,5/ 57,8	6,64/ 16,5	10
Fe	129,33/ 260,0	102,05/ 460,0	80,71/ 180,0	71,39/ 140,0	85,2/ 143,0	92,3/ 187	100
Al	35,33/ 58,0	34,11/ 78,0	41,24/ 110,0	25,51/ 47,0	27,0/ 38,8	32,5/ 48,7	40
Pb	0,17/ 3,1	0/ 0	0,19/ 3,2	0,17/ 3,1	0,46/ 4,8	0,54/ 3,6	6

Основной вклад в загрязнение вод Морского порта Невской губы вносили медь, цинк и алюминий. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) составил 3,17 (VI класс, «очень грязные»). Это худший показатель с 2004 г. По сравнению с прошлым годом индекс вырос в полтора раза в первую очередь за счет повышения доли меди, немного выросла средняя концентрация цинка, а железо было вытеснено алюминием. Органические ЗВ не играли существенной роли. Кислородный режим был в пределах нормы, а наименьшие значения существенно превышали норматив.

4.6. Северная станция аэрации

На станции вблизи оголовка трубы сброса вод с Северной станции аэрации наблюдения проводились в феврале и с мая по октябрь. Всего было отобрано 14 проб с поверхности и у дна на глубине 4 м. Стандартные гидрохимические параметры вод Северной станции аэрации находились на уровне прошлогодних значений. Соленость в течение многих лет практически не изменяется и находится в пределах одной промилле (табл. 4.8). Значение водородного показателя (7,43 ед.рН) и щелочности (0,61 ммоль/дм³) немного превысили максимальные и средние значения за последние пять лет. Кислородный режим удовлетворительный и случаев дефицита кислорода зафиксировано не было.

Таблица 4.8. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°C)	12,52/ 19,23	13,27/ 18,92	13,32/ 18,0	12,50/ 22,63	13,14/ 24,71	12,97/ 19,9

Соленость (%)	0,06/ 0,07	0,06/ 0,08	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,08	0,06/ 0,08
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,00 8,09	9,08/ 5,93	9,61/ 8,36	9,81/ 5,87	9,32/ 6,53	9,51/ 7,04
Кислород (%)	91,80/ 97,30	84,31/ 96,2	90,66/ 98,6	89,4/ 101,7	86,82/ 115,7	87,96/ 100
pH	7,34/ 7,64	7,03/ 7,34	6,99/ 7,31	7,12/ 7,46	7,11/ 7,43	7,43/ 7,65
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,55/ 0,63	0,55/ 0,71	0,54/ 0,61	0,55/ 0,68	0,53/ 0,65	0,61/ 0,71

Биогенные вещества (мкг/дм³). Традиционно воды в районе оголовка Северной станции аэрации сильно загрязнены биогенными элементами. Среднее содержание аммонийного азота 746,9 (1,92 ПДК) показало максимальное значение за весь период наблюдений и в 1,7 раза превышало прошлогодний уровень (табл. 4.9). Диапазон значений на поверхности составил 29–1263/853 (октябрь), у дна 222–992/640 (октябрь, февраль). Диапазон концентрации нитритного азота составил 2,8–109,6 (4,6 ПДК)/42,1 (1,8 ПДК). Среднее значение ингредиента немного снизилось по сравнению с прошлогодним абсолютным максимумом 46,6 (1,94 ПДК) за весь период наблюдений. Диапазон значений и среднее в поверхностном слое (2,8–109,6/48,1) и у дна (13,8–76,4/36,1) различались незначительно. Максимальное содержание нитратного азота зафиксировано в середине июля как в поверхностном слое (919), так и у дна (618). Среднее значение нитратов во всей толще воды (364,1) снизилось в 1,2 раза по сравнению с прошлогодним уровнем. Средняя концентрация общего азота была наибольшей за последние шесть лет и немного превышала прошлогоднюю, диапазон 500–2433. В слое воды от поверхности до дна концентрация фосфатного фосфора изменялась в диапазоне от аналитического нуля в двух пробах до 52,4, что меньше прошлогодних границ; средняя также снизилась в 1,9 раза. Разница между слоями была (32,6/23,1) в целом была незначительной. Пределы концентрации общего фосфора составили 10,7–77,0, средняя величина заметно снизилась по сравнению с прошлым годом, но была выше двух предыдущих. Концентрация кремния составила 71–578/303.

Таблица 4.9. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	329,71/ 775	316,93/ 1347	148,71/ 510	231,5/ 830	459,6/ 938	746,93/ 1263	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	24,32 47,0	35,79/ 61,0	25,37/ 50,0	37,91/ 94,3	48,87/ 82,0	42,1/ 109,6	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	283,57/ 513	559,64/ 973	284,71/ 517	371,79/ 873	465,86/ 985	364,14/ 919	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	1116,7/ 1835	1317,9/ 2423	879,71/ 1442	1009,7/ 1781	1579,5/ 2516	1665,29/ 2433	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	20,54/ 60,0	66,0/ 135,0	11,50/ 55,0	13,79/ 63,7	48,96/ 93,3	27,82/ 52,4	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	34,23/ 94,0	76,21/ 145,0	21,29/ 70,0	22,29/ 80,9	65,96/ 126,8	43,87/ 77,0	
БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	1,92/ 2,6	3,29/ 7,5	2,08/ 2,9	2,70/ 6,0	3,49/ 6,4	4,33/ 6,9	2,1
Нефтяные углеводороды TPPhs мг/дм ³	0,006/ 0,04	0,018/ 0,032	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,001/ 0,017	0,0007/ 0,005	0,05

Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,007/ 0,1	0,007/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	16,67/ 100,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Среднее содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ показало абсолютный максимум за весь период наблюдений, диапазон составил 1,5–6,9 (3,3 ПДК). Разница средней концентрации у поверхности и в придонном слое была в целом небольшой (4,6/4,0), при этом, как и у биогенных веществ, поверхностный слой более насыщен органикой. Концентрация НУ была на уровне предела обнаружения в двух пробах, отобранных 15 мая, а в остальных ниже DL. Содержание СПАВ и фенолов было ниже предела определения.

Металлы (мг/дм³). Средняя и максимальная концентрация меди и алюминия показала абсолютный максимум за весь период наблюдений в этом районе, а цинка, марганца и железа в общем было на уровне средних многолетних значений (табл. 4.10). Средняя величина содержания марганца заметно превышала уровень последних трех лет. Свинец фиксируется в пробах второй год подряд в количестве менее норматива.

Таблица 4.10. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu	4,08/ 9,6	4,61/ 24,0	4,59/ 6,3	5,59/ 7,7	4,08/ 5,4	8,76/ 17,5	1
Zn	25,16/ 62,0	26,96/ 53,0	16,30/ 35,0	18,65/ 77,0	12,44/ 22,5	16,89/ 40,4	10
Mn	18,37/ 37,0	13,85/ 65,0	4,11/ 22,5	5,76/ 20,7	5,54/ 31,8	13,70/ 40,0	10
Fe	125,79/ 180,0	60,5/ 110,0	78,79/ 99,0	68,14/ 110,0	89,64/ 132,0	89,21/ 138	100
Al	27,78/ 36,0	21,36/ 36,0	22,07/ 34,0	24,36/ 38,0	22,66/ 36,0	31,37/ 54	40
Pb	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,81/ 4,2	0,24/ 3,3	6

Выходы

Основной вклад в загрязнение вод вблизи точки сброса Северной станции аэрации вносили медь, органические вещества по БПК₅ и аммонийный азот. В целом содержание различных форм азота было высоким, а аммонийного азота показало максимальное значение за весь период наблюдений и в 1,7 раза превышало прошлогодний уровень. Содержание минерального и общего фосфора оставалось высоким, хотя и немного снизилось по сравнению с 2022 г. Обычно содержание органики и биогенных веществ в поверхностном слое превышало придонный, хотя разница в целом была незначительной вероятно из-за мелководности точки отбора проб. Концентрация большинства органических загрязняющих веществ было ниже предела обнаружения. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) составил 3,34 (VI класс, «очень грязные»). Это худший показатель за весь период наблюдений (табл. 4.10). В основном такой высокий уровень определялся средней концентрацией меди, в расчет также вошли органические вещества по БПК₅ 2,06 и аммонийный азот.

В целом, 2023 г. характеризуется значительным повышением индекса ИЗВ во всех районах Невской губы, что говорит о значительном ухудшении экологического состояния акватории. Основным загрязняющим элементом стала медь, средняя концентрация которой в губе в 9 раз превышала норматив для пресных вод. Также существенный вклад внесли легкоокисляемые органические вещества по БПК₅ и цинк. Значительную роль в загрязнении играли биогенные вещества, особенно в прибрежье курортных районов и у точки сброса вод с Северной станции аэрации. Рассчитанный для всей акватории индекс загрязненности вод Невской губы ИЗВ=3,0 (V класс, «грязные»), (табл. 4.13).

Таблица 4.4. Оценка качества вод Невской губы Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2019–2023 гг.

Район	2019	2020	2021	2022	2023	Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	
Центральная часть Невской губы	1,99/ V	2,05/ V	2,07/ V	1,93/ V	2,90 V	Cu 8,81; Zn 1,35; БПК ₅ 0,84; O ₂ 0,61
Северный курортный р-н	2,50/ V	2,15/ V	2,29/ V	2,37/ V	4,49 VI	Cu 11,92; БПК ₅ 3,14; Zn 2,43; O ₂ 0,49
Южный курортный р-н	2,36/ V	2,09/ V	2,48 V	2,13 V	3,45 VI	Cu 10,47; БПК ₅ 1,43; Zn 1,31; O ₂ 0,59
Морской торговый порт	2,28/ V	1,88/ V	1,85/ V	1,95 V	3,17 VI	Cu 9,74; Zn 1,19; Al 1,18; O ₂ 0,56
Северная станция аэрации	2,38/ V	1,97/ V	2,41 V	2,06 V	3,34 VI	Cu 8,76; БПК ₅ 2,06; NH ₄ 1,92; O ₂ 0,63
Невская губа	2,30/ V	2,03/ V	2,22 V	1,95 V	3,00 V	Cu 9,04; Zn 1,38; БПК ₅ 1,00; O ₂ 0,60

Восточная часть Финского залива

В восточной части Финского залива за пределами КЗС отбор проб был выполнен в Курортном районе мелководной части Финского залива на 2 станциях, в Мелководной зоне залива на 6 станциях, в Лужской и Копорской губе на 4 станциях и в Глубоководном районе на 4 станциях центрального разреза, а также станции А на входе в Выборгский залив (рис. 4.4).

№ Станции	Район	Глубина (м)	Периодичность отбора проб
19а, 20а,	Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива	0,6–0,7	май–октябрь
19, 20, 21, 22, 24, 26	Мелководная зона восточной части Финского залива	7–22	август, октябрь
1, 2, 3, 4, А	Глубоководная зона восточной части Финского залива	28–62	август, октябрь
3к, 6к	Копорская губа	14–27	август, октябрь
6л, 18л	Лужская губа	11–29	август, октябрь



Рис. 4.4. Схема расположения станций мониторинга морской среды в восточной части Финского залива.

4.7. Курортный район мелководной зоны

В Курортном районе было отобрано и проанализировано 12 проб с поверхности горизонта. Среднее значение температуры за период наблюдений составило $16,87^{\circ}\text{C}$, что хорошо соответствует значениям прошлых лет (табл. 4.11). Соленость была заметно ниже значений последних лет, а минимальная (0,09‰) отмечена в мае на ст. №19а. Средняя и максимальная величины стали наименьшими за последние пять лет наблюдений. Значения водородного показателя изменились в узком диапазоне 7,21–7,95 ед. pH; щелочность 0,562–0,691 ммоль/дм³; кислород 8,76–12,7 мг О₂/дм³. Кислородный режим был в пределах нормы, а наименьшие значения существенно превышали норматив.

Таблица 4.11. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°С)	16,40/ 21,7	16,75/ 20,7	15,54/ 19,5	17,62/ 29,4	16,62/ 25,0	16,87/ 20,7
Соленость (‰)	0,43/ 0,88	0,60/ 1,96	0,46/ 0,79	0,54/ 1,35	0,77/ 2,49	0,34/ 0,83
Кислород* (мг О ₂ /дм ³)	10,01/ 8,55	9,39/ 6,07	9,8/ 8,86	10,51/ 9,20	10,94/ 8,10	10,18/ 8,76
Кислород (%)	102,26/ 135,7	96,48/ 114,9	99,31/ 117,4	109,4/ 138,9	113,91/ 198,3	105,12/ 138,4
pH	7,11/ 7,35	7,16/ 7,59	7,29/ 7,95	7,31/ 8,64	7,33/ 8,64	7,58/ 7,95
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,60/ 0,71	0,66/ 0,91	0,69/ 0,78	0,66/ 0,85	0,69/ 0,98	0,63/ 0,69

Биогенные вещества (мкг/дм³). Максимальная концентрация аммонийного азота (123; 0,31 ПДК) наблюдалась в мае, июне и октябре, а летом в шести пробах концентрация была ниже предела обнаружения методики, среднее значение было существенно меньше уровня двух последних лет (табл. 4.12, рис. 4.5). Среднее содержание нитритов стало максимальным за весь период наблюдений и продолжило тенденцию роста, а максимум превышал норматив в 1,3 раза и был отмечен в сентябре при пониженном содержании кислорода. Концентрация

нитратов была высокой в мае (средняя 356) и сентябре-октябре (335), а летом существенно ниже (66). В восьми пробах концентрация фосфатного фосфора была ниже аналитического нуля; ингредиент отмечен в мае (8,8–10,4 и октябре 9,8–14,6). Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов. Диапазон концентрации силикатов очень широкий (10–1720, октябрь), второе по величине (1586) зафиксировано в июне. Низкие значения концентрации азот- и фосфорсодержащих соединений свидетельствуют о незначительном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива. Повышенное содержание нитритов может быть связано с сезонными особенностями вод района.

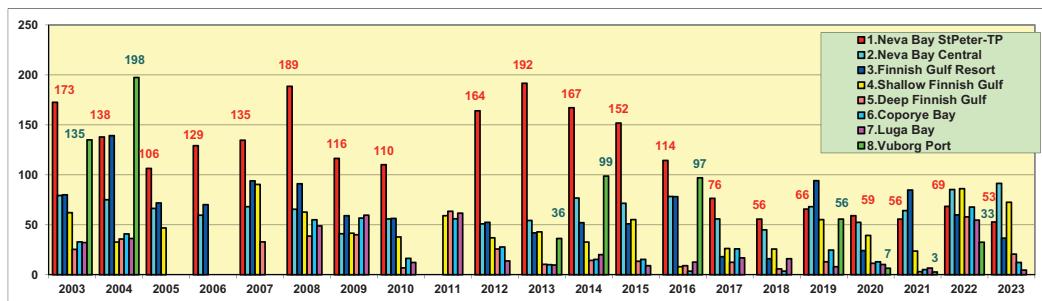


Рис. 4.5. Многолетняя динамика средней концентрации аммонийного азота $N-NH_4$ (мкг/дм³) в водах различных районов Невской губы и восточной части Финского залива.

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный $N-NH_4$ мкгN/дм ³	16,08/ 59	94,17/ 260	24,18/ 59	84,83/ 540	59,92/ 360	36,67/ 123	389
Азот нитритов $N-NO_2$ мкгN/дм ³	8,28/ 20,0	9,38/ 21,0	9,27/ 16,0	6,76/ 14,3	11,73/ 22,1	13,06/ 31,0	24
Азот нитратов $N-NO_3$ мкгN/дм ³	113,75/ 314	208,83/ 481	158,55/ 389	129,17/ 428	206,08/ 435	203,83/ 472	9032
Общий азот N_{total} мкгN/дм ³	741,98/ 1262	742,33/ 1068	718,64/ 983	833,25/ 1512	805,92/ 1036	866,17/ 1436	
Фосфатный фосфор $P-PO_4$ мкгP/дм ³	6,69/ 33,06	17,32/ 40,0	3,41/ 13,0	3,06/ 13,5	8,75/ 17,7	3,63/ 14,6	50
Общий фосфор P_{total} мкгP/дм ³	14,27/ 43,80	28,75/ 47,0	11,82/ 18,0	15,8/ 38,2	21,83/ 40,0	14,88/ 27,3	
Силикаты Si мкг Si/дм ³	266/ 901	301/ 1013	1059/ 4227	447/ 2135	1082/ 3396	415/ 1720	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	2,0/ 3,8	2,93/ 4,8	2,34/ 3,8	3,83/ 8,9	3,81/ 8,8	2,81/ 4,8	2,1
Нефтяные углеводороды ТРНs мг/дм ³	0,0/ 0,0	0,011/ 0,019	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0013/ 0,015	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,017/ 0,1	0,009/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	8,58/ 103,0	0,02/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Превышение содержания органических соединений по БПК₅ было отмечено в 10 из двенадцати проанализированных проб воды. Концентрации изменялись в диапазоне 1,0–4,8 мгО₂/дм³ (2,3 ПДК, июль); среднее (1,3 ПДК) и наибольшее значения заметно ниже уровня двух последних лет и являются наименьшими за шесть лет. Содержание нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ было ниже предела обнаружения выбранных методик химического анализа.

Металлы (мкг/дм³). В 2023 г. во всех пробах было зафиксировано превышение нормативного показателя для меди в морских водах. Диапазон значений составил 6,0–20,1 (4,02 ПДК, июль и октябрь ст. №19а), среднее значение – 11,38 (2,3 ПДК), (табл. 4.12). В целом наблюдаются существенные межгодовые колебания среднегодовых и максимальных величин. Превышение ПДК для цинка было отмечено в одной пробе (1,05 ПДК) в июле, в остальных пробах значения варьировали от аналитического нуля в одной пробе в августе до 21,4 в октябре. Концентрация марганца изменялась от 0 в одной пробе в июле до максимума в октябре, в остальных варьировала в диапазоне 1,0–20,9; средняя концентрация (0,16 ПДК) ниже прошлогоднего значения в 1,7 раз. Содержание железа в трех пробах не зафиксировано, в остальных пробах значения изменялись от 50 до 548 (10,96 ПДК, октябрь). Концентрация алюминия варьировала от аналитического нуля в двух пробах до 1,48 ПДК, в среднем 0,67 ПДК. Свинец обнаружен в трех пробах (3,2; 4,6; 5,0); никель в трех пробах не был обнаружен, а в остальных был в пределах 1,4–4,2/1,8; кадмий отнесен во всех пробах 0,3–1,3/0,59 мкг/дм³ (максимум 0,13 ПДК). Содержание хрома и кобальта в Курортном районе мелководной зоны восточной части Финского залива было ниже предела обнаружения во всех пробах.

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu, мкг/дм ³	11,38/ 30,0	6,33/ 16,5	3,96/ 7,6	7,17/ 25,0	6,18/ 10,2	11,38/ 20,1	5
Zn, мкг/дм ³	24,68/ 74,0	18,18/ 31,0	20,15/ 52,0	8,44/ 17,3	14,94/ 54,0	14,27/ 52,6	50
Mn, мкг/дм ³	11,93/ 36,0	23,85/ 170,0	11,92/ 56,0	4,6/ 25,7	20,52/ 84,0	8,18/ 48,7	50
Fe, мкг/дм ³	146,3/ 400	79,67/ 280	214,09/ 820	121,42/ 570	265,5/ 775	139,75/ 548	50
Al, мкг/дм ³	28,7/ 51,0	23,67/ 65,0	20,55/ 37,0	24,85/ 79,0	18,19/ 41,6	26,65/ 59,3	40
Pb, мкг/дм ³	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,98/ 5,1	1,07/ 5	10

Основной вклад в загрязнение вод двух северных прибрежных станций Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива вносила медь (табл. 4.13). Также очень высокие значения содержания железа и органических веществ по БПК₅ оказали влияние на расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,753, V класс, «грязные»). Это значение совсем немного превышает границу класса «умеренно загрязненные». Показатель существенно лучше прошлогоднего, но выше уровня предыдущих лет. Снижение произошло главным образом из-за снижения в два раза средней концентрации железа и незначительного органического вещества, при этом выросло содержание меди. Органические ЗВ (нефтяные углеводороды, фенолы и СПАВ) не играли существенной роли, и их содержание было ниже предела обнаружения выбранных методик химического анализа. Кислородный режим был ненарушенным, а его концентрация существенно превышала норматив.

4.8. Мелководная зона восточной части Финского залива

В 2023 г. гидрохимическая съемка Мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в августе и октябре на шести станциях с глубинами 7–22 м. Всего было отобрано 40 проб. В период наблюдений температура поверхностной воды изменилась в диапазоне 13,8–22,9°C, в промежуточном и придонном слоях в соответствии с глубиной в пределах 10,7–21,8°C (табл. 4.14). Соленость изменялась от 0,18 до 0,79‰ на поверхности и 0,20–3,66‰ в глубинных водах. Распреснение водной толщи до значений ниже половины промилле (18 проб) наблюдалось только на северных ст. №19–22. Значения щелочности воды на поверхности варьировали в интервале 0,540–0,821 ммоль/дм³, в глубинных водах 0,626–1,274 ммоль/дм³. Величина водородного показателя pH в поверхностном слое изменялась от 7,65 до 9,23 ед.рН, глубже 7,43–9,41 ед.рН. Последнее значение (ст. №20, август) стало максимальным за весь период наблюдений в этой части залива. Отмечено общее повышение значений pH за последние пять лет. Нарушение норматива по содержанию растворенного кислорода в мелководной зоне восточной части Финского залива было зафиксировано в пяти придонных пробах на разных станциях 9 августа. На ст. №19–20 (1,44 и 1,60 мгO₂/дм³) значения соответствовали уровню экстремально высокого загрязнения (ЭВ3), а на остальных (ст. №21, 22, 24) варьировали в пределах 3,17–5,86 мгO₂/дм³. Дефицит кислорода у дна в августе привел к относительно низкому среднему за период наблюдений содержанию, которое было заметно меньше предыдущих лет. Минимальное значение стало наименьшим за все годы наблюдений. Процент насыщения вод кислородом идентичен динамике растворенного кислорода и не соответствовал нормативу (70%) в тех же пяти придонных пробах и еще на одной возле Большая Ижора (ст. №26). Диапазон значений в августе в приповерхностном слое 93,1–137,9%, глубже 16,3–98,7%; в октябре 86,3–94,4% на поверхности и глубже 72,5–89,4%.

Таблица 4.14. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°C)	19,82/ 20,24	17,63/ 18,2	15,41/ 18,6	11,22/ 18,23	13,55/ 24,6	17,02/ 22,9
Соленость (‰)	1,28/ 2,58	1,35/ 3,86	1,58/ 3,98	1,24/ 4,44	1,43/ 5,79	1,0/ 3,66
Кислород* (мгO ₂ /дм ³)	8,31/ 5,72	8,19/ 4,52	7,71/ 2,47	10,55/ 6,96	8,76/ 3,63	7,85/ 1,44
Кислород (%)	91,55/ 111,2	86,38/ 100,0	77,40/ 108,7	94,09/ 111,1	88,62/ 140,3	81,72/ 137,9
pH	6,85/ 7,41	7,95/ 8,26	7,74/ 8,18	7,90/ 8,63	7,38/ 8,24	8,07/ 9,41
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,79/ 1,03	0,79/ 1,19	0,88/ 1,34	0,82/ 1,311	0,78/ 1,405	0,79/ 1,27

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в шести из тридцати проанализированных проб была ниже аналитического нуля. На поверхности диапазон значений составил 0–187; в придонном горизонте 0–191; средняя концентрация во всем столбе воды составила 72,5 (0,19 ПДК), (табл. 4.15). Концентрация нитритного азота на поверхности изменялась от 1,2 до 32,8 (1,37 ПДК); в придонном слое 1,7–48,9 (2,04 ПДК). Средняя величина в столбе воды стала максимальной за весь период наблюдений. В августе диапазон содержания нитратов на поверхностном горизонте составил 19–144, у дна 22–152; в октябре

105–375/ 87–323 соответственно. Концентрация фосфатного фосфора в августе на поверхности варьировала от 0 до 14,6; на придонном горизонте 0–62,8 (1,3 ПДК). В октябре 8,4–31,6 на поверхности и 13,8–35,3 мкг/дм³ у дна, что несколько выше летних показателей.

Таблица 4.15. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	25,8/ 113	55,2/ 236	39,37/ 185	23,8/ 76	86,11/ 644	72,52/ 191	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	6,52/ 14,0	11,49/ 48,0	7,73/ 16,0	4,60/ 8,30	7,07/ 14,8	12,79/ 48,9	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	46,6/ 140	58,87/ 131	111,57/ 304	136,87/ 269	124,07/ 319	125,93/ 375	9032
Общий азот N _{total}	525,73/ 730	565,8/ 755	578,13/ 1369	524,03/ 648	587,68/ 846	593,17/ 1399	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	7,61/ 33,00	10,87/ 43,0	18,20/ 60,0	33,61/ 141,7	14,78/ 62,4	17,08/ /62,8	50
Общий фосфор P _{total}	19,67/ 54,0	19,79/ 62,0	27,97/ 74,0	47,07/ 152,4	26,79/ 76,9	28,42/ 76,1	
БПК ₅ (мгO ₂ /дм ³)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,0/ 0,0	0,008/ 0,009	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0002/ 0,011	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,008/ 0,1	0,0/ 0,0	0,017/ 0,20	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Содержание всех органических ЗВ в августе и октябре 2023 г. в мелководной части восточной зоны Финского залива было ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы (мкг/дм³). Концентрация меди превышала норматив во всех проанализированных пробах. В поверхностном слое диапазон значений составил 8,4–20,1 (4,02 ПДК), в придонном 5,9–20,9 (4,18 ПДК), (табл. 4.16). Среднее значение во всем столбе воды составило 11,13 (2,23 ПДК), что является самым большим значением за весь период наблюдений. Содержание цинка находилось в пределах от аналитического нуля до 36,4 (0,73 ПДК, ст.№22, поверхность, август и октябрь); среднее значение во всей толще воды составило 14,72. В двух пробах (6,7%) на ст.№20 и 22 на придонном горизонте в августе было зафиксировано превышение нормативного значения по марганцу (1,48 и 2,26 ПДК соответственно), а среднее значение во всей толще (0,29 ПДК) стало минимальным с 2014 г. Никель отмечен в 2/3 проб в концентрации 1,0–4,9; в среднем 1,12. Концентрация общего железа была выше нуля в одной поверхностной пробе и трех придонных (50–66, 1,0–1,2 ПДК). Максимальное значение содержания алюминия (0,38 ПДК) зафиксировано на ст.№22 в поверхностном слое в августе; средняя концентрация меньше значений за последние пять лет наблюдений. Свинец отмечен в шести пробах в очень узком диапазоне 3,0–3,8, максимум (0,38 ПДК) на придонном горизонте в августе. Хром и кобальт отмечен в двух пробах в концентрации 1,0 мкг/дм³, в остальных пробах мелководной зоны восточной части Финского залива концентрация этих металлов, как и ртути, была ниже предела обнаружения.

Таблица 4.16. Средняя и максимальная концентрация металлов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	8,74/ 23,5	1,63/ 2,4	3,42/ 9,9	8,84/ 28,0	3,88/ 9,2	11,13/ 20,9	5
Zn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	12,63/ 21,6	8,25/ 15,3	21,56/ 50,0	11,94/ 28,9	7,50/ 24,1	14,72/ 36,4	50
Mn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	35,96/ 190,0	45,78/ 110,0	62,75/ 490,0	23,54/ 62,0	20,19/ 214,6	12,63/ 113	50
Fe, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0/ 0	0/ 0	4,7/ 57,0	21,83/ 85,0	12,75/ 70,0	9,67/ 66	50
Al, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	4,58/ 17,0	7,92/ 20,0	6,58/ 31,0	12,05/ 45,0	8,41/ 29,7	4,5/ 15,2	40
Pb, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0/ 0	0/ 0	0,0/ 0,0	1,33/ 6,7	0,82/ 3,8	10

Основным ингредиентом загрязнения вод Мелководной зоны восточной части Финского залива являлась медь со средней концентрацией 2,23 ПДК. Существенно меньшее значение имели нитриты и фосфаты. Индекс загрязненности вод ИЗВ=0,97, середина III класса, «загрязненные». По сравнению с предыдущими годами рост индекса был связан с увеличением средней концентрации меди почти в три раза при сохранении доли фосфатов и заменой в расчете марганца на нитритов. Органические ЗВ не были зафиксированы. В августе в пяти придонных пробах зафиксировано нарушение норматива по содержанию растворенного кислорода, а наименьшие значения (1,44 и 1,60 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) соответствовали уровню экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ). Дефицит кислорода у дна привел к низкому среднему за период наблюдений содержанию, которое было заметно меньше предыдущих лет. Минимальное значение стало наименьшим за все годы наблюдений. Процент насыщения вод кислородом идентичен динамике растворенного кислорода и не соответствовал нормативу (70%) в шести придонных пробах.

4.9. Глубоководная зона восточной части Финского залива

Исследования гидрохимического режима морских вод глубоководной зоны восточной части Финского залива проводились в 9–10 августа и 5–7 октября на четырех станциях центрального разреза и ст. А в Выборгском заливе. Всего было отобрано 67 проб из поверхностного, промежуточного и придонного горизонтов. Во время проведения съемок на поверхности диапазон температур составил 14,64–20,3/17,25°C; в более глубоких слоях 3,59–14,52/8,64°C (табл. 4.17). Средняя температура во всем столбе стала максимальной с 2012 г. В августе соленость на поверхности изменялась от 2,10 до 4,30‰, глубже 2,13–6,54‰. В октябре 1,92–4,76‰ на поверхности и 2,00–8,12‰ в промежуточном и придонном слоях. Максимальные значения были зафиксированы на самой западной ст. №4. С увеличением глубины значение солености возрастало, что обусловлено притоком солоноватых вод из центральной части Финского залива. Величина водородного показателя pH по всем горизонтам варьировала в диапазоне 7,23–8,09 ед.pH, что не выходило за нормативные величины ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) и было в пределах значений многолетних исследований. Среднее значение щелочности, постепенно возрастаю с глубиной, также оставалось на многолетнем уровне и составило 1,159 ммоль/дм³ на поверхности и 1,300 ммоль/дм³ глубже. Нарушение норматива по содержанию растворенного кислорода (6 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) в глубоководной зоне восточной части Финского залива было зафиксировано в одиннадцати пробах, 2/3 случаев на промежуточном горизонте, а в трети у дна. Значение 2,60 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ (В3), зафиксированное в августе на ст. №4

на придонном горизонте, стало минимальным с 2014 г. Среднее содержание растворенного кислорода составило 7,89 мгО₂/дм³. Процент насыщения вод кислородом на поверхностном горизонте изменялся от 89,9% до 106,3% и соответствовал нормативу (70%). В промежуточном слое диапазон значений находился в пределах 38,2–104%, в придонном слое 20,4–85,4%. В 16 пробах процент насыщения был ниже нормативного значения.

Таблица 4.17. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°С)	12,23/ 20,24	12,58/ 17,65	11,94/ 18,60	9,26/ 18,13	8,64/ 21,2	13,9/ 20,3
Соленость (‰)	4,17/ 7,08	4,83/ 7,94	3,50/ 6,92	3,78/ 6,74	4,19/ 7,46	4,12/ 8,12
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	6,72/ 3,02	7,21/ 3,44	8,34/ 3,02	9,69/ 3,50	8,06/ 3,02	7,89/ 2,60
Кислород (%)	65,14/ 104,1	70,97/ 105,8	78,3/ 115,0	83,09/ 114,3	72,41/ 109,5	76,9/ 106,3
pH	7,39/ 7,9	7,76/ 8,31	7,73/ 8,24	7,93/ 8,7	7,42/ 8,3	7,77/ 8,09
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,36/ 1,71	1,33/ 1,62	1,27/ 1,64	1,26/ 1,58	1,30/ 1,65	1,27/ 1,61

Биогенные вещества (мкг/дм³). В 28 из 52 проанализированных проб концентрация аммонийного азота была ниже аналитического нуля. В поверхностном слое диапазон значений составил 0–92/34,2; глубже 0–70/17,4 (табл. 4.18). Концентрация нитритного азота в приповерхностном слое изменялась в интервале 1,1–11,3/4,09; в глубоких слоях 0,5–32,1/5,05 (0,21 ПДК). В августе концентрация нитратов варьировала в пределах 20–44 на поверхностном горизонте и 9–213 глубже; в октябре значения изменились в пределах 83–110 и 57–375 соответственно; среднее во всем столбе. Максимальное значение (0,04 ПДК) было отмечено на промежуточном горизонте на ст. №2 в октябре и стало наибольшим с 2016 г. Концентрация фосфатного фосфора на поверхности варьировала от аналитического нуля в трех пробах до 22,0, в глубинных водах 0–113 (2,26 ПДК, август, ст. №4). Средняя концентрация во всей толще (22,8 мкг/дм³, 0,46 ПДК) находилась в диапазоне многолетних наблюдений.

Таблица 4.18. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	5,85/ 38	19,62/ 84	10,75/ 50	3,15/ 42	57,91/ 534	20,63/ 92	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	3,31/ 11,0	2,83/ 8,7	2,43/ 8,7	3,60/ 9,3	2,45/ 8,8	4,87/ 32,1	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	55,69/ 127	101,92/ 241	83,15/ 252	97,31/ 204	109,45/ 249	85,77/ 375	9032
Общий азот N _{total}	457,27/ 579	553,04/ 897	441,25/ 591	444,77/ 596	486,39/ 659	423,94/ 728	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	24,62/ 95,0	29,70/ 122,0	22,68/ 90,0	24,02/ 69,6	30,65/ 118,2	22,82/ 113	50
Общий фосфор P _{total}	32,20/ 108,0	38,02/ 129,0	34,04/ 102,0	36,05/ 85,8	41,13/ 127,9	37,99/ 141,1	

Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,0/ 0,0	0,007/ 0,008	0,0/ 0,0	0,0005/ 0,013	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,13/ 0,8	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Нефтяные углеводороды, фенолы и СПАВ в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2023 г. не были отмечены.

Металлы (мкг/дм³). Содержание меди превышало норматив в 19 из двадцати проанализированных проб. В поверхностном слое диапазон значений составил 5,2–11,6 (2,32 ПДК, август, ст.№1); в придонном слое 4,6–14,2 (2,84 ПДК, октябрь, ст.№4), (рис. 4.6, табл. 4.19). Средняя концентрация во всем столбе воды составила 8,06 (1,6 ПДК). Концентрация цинка варьировалась от минимально определяемой величины до 25,3 (0,5 ПДК, октябрь, ст.№3). Среднее значение во всей толще воды составило 12,29. В шести пробах (30%) было зафиксировано превышение норматива по марганцу. Максимальное значение (3,18 ПДК) отмечено в придонном слое в августе на ст.№4. Концентрация кадмия 0,35–1,2/0,62. Содержание железа, алюминия, хрома и ртути было ниже предела обнаружения методики. Кобальт (1,0 мкг/дм³) отмечен в одной пробе у дна в октябре на ст.№1. В 20% случаев содержание свинца было ниже предела обнаружения, а в остальных достигало 0,44 ПДК.

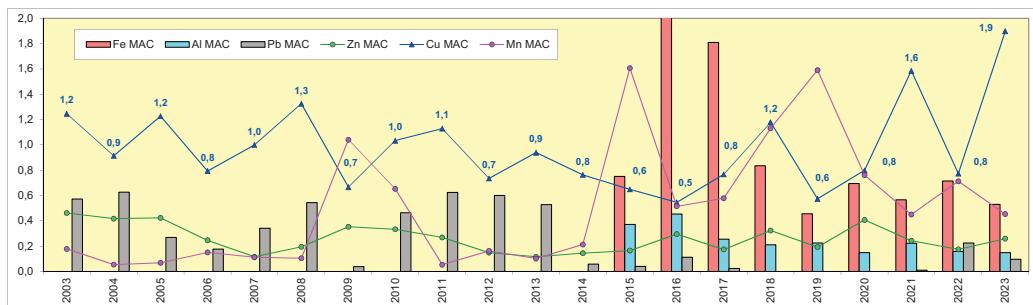


Рис. 4.6. Многолетняя динамика средней концентрации металлов (в ПДК) в водах восточной части Финского залива.

Таблица 4.19. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu, мкг/дм ³	0,37/ 2,6	1,51/ 3,3	4,79/ 8,4	8,08/ 29,0	3,05/ 5,3	8,06/ 14,2	5
Zn, мкг/дм ³	12,84/ 24,1	5,52/ 21,9	19,54/ 48,0	10,85/ 24,0	8,83/ 28,0	12,29/ 25,3	50
Mn, мкг/дм ³	105,4/ 360,0	175,31/ 470,0	23,88/ 120,0	23,35/ 59,0	35,66/ 295,0	39,17/ 159	50
Fe, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	2,95/ 59,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	50
Al, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,2/ 14,0	0,90/ 17,9	2,47/ 25,3	0,0/ 0,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	2,71/ 6,6	0,93/ 4,4	10

Как и в остальных районах восточной части Финского залива при расчете индекса загрязненности вод центрального разреза Глубоководной зоны основной вклад вносили медь, марганец и фосфаты. Значение ИЗВ=0,90 соответствовало примерно середине III класса, «умеренно загрязненные». Индекс вырос почти на треть за счет повышения в 2,5 раза доли меди, остальные ингредиенты (марганец и фосфаты) остались примерно на уровне прошлого года. Концентрация органических ЗВ, а также железа, алюминия, хрома и ртути была ниже предела обнаружения. Кислородный режим вод глубоководной зоны восточной части Финского залива был существенно нарушен. Значение ниже норматива по содержанию растворенного кислорода было зафиксировано в одиннадцати пробах, из которых 2/3 случаев зафиксировано на промежуточном горизонте, а остальные у дна. Значение 2,60 мгО₂/дм³ (уровень В3), зафиксированное в августе на ст.№4 в придонном слое, стало минимальным с 2014 г. Среднее содержание растворенного кислорода составило 7,89 мгО₂/дм³. Процент насыщения вод кислородом на поверхности горизонте (89,9–106,3%) соответствовал нормативу; в промежуточном слое диапазон значений составил 38,2–104%, в придонном слое 20,4–85,4%. В 16 пробах процент насыщения был ниже нормативного значения.

4.10. Копорская губа

В 2023 г. гидрохимическая съемка Копорской губы была выполнена в августе и октябре на двух станциях с глубинами 14 м и 27 м на разных горизонтах. Средняя температура во всем столбе воды на двух станциях в августе составила 18,03°C, в октябре 14,65°C. В августе диапазон значений солености на поверхности составил 2,53–2,60‰, при среднем 2,56‰, на придонном горизонте 2,91–3,72/3,32‰. В октябре соленость менялось в пределах 2,89–3,22/3,06‰ в поверхностном слое и 2,89–3,64/3,27‰ в придонном (табл. 4.20).

Таблица 4.20. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (ОС)	15,55/ 21,0	17,25/ 17,9	14,38/ 18,8	10,87/ 18,8	10,78/ 20,8	16,34/ 20,1
Соленость (‰)	3,21/ 4,97	4,29/ 4,48	2,88/ 4,09	3,16/ 4,47	3,21/ 5,71	3,03/ 3,72
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	7,55/ 4,57	8,50/ 6,43	7,82/ 4,34	10,52/ 5,64	8,00/ 4,87	8,77/ 4,42
Кислород (%)	81,05/ 102,4	90,48/ 99,4	78,2/ 107,5	93,02/ 113,4	77,77/ 106,1	90,37/ 108,3
pH	7,72/ 7,95	8,17/ 8,29	7,79/ 8,27	8,02/ 8,56	7,55/ 8,10	7,82/ 8,00
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,14/ 1,48	1,22/ 1,24	1,17/ 1,37	1,17/ 1,38	1,12/ 1,42	1,18/ 1,36

Значения водородного показателя варьировали в очень узком диапазоне 7,52–8,00 ед.pH, а средняя величина незначительно варьирует в последние годы. Вертикальные различия щелочности в слое поверхность-дно на обеих станциях были незначительными и составили 1,048–1,296 ммоль/дм³ в августе и 1,123–1,361 ммоль/дм³ в октябре. Концентрация органических веществ по БПК₅ не определялась. Кислородный режим вод Копорской губы был удовлетворительным. Только в одной придонной пробе 11 августа с горизонта 25 м концентрация кислорода была ниже норматива (4,42 мгО₂/дм³, 42,3% насыщения). Значения ниже установленного норматива (70%) зафиксированы в трех пробах августа из придонного и промежуточного слоя на глубине 20 м.

Биогенные вещества ($\text{мкг}/\text{дм}^3$). Концентрация аммонийного азота на поверхности составила 0–28 ($0,07 \text{ ПДК}$), в придонном слое 0–33 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ (рис. 4.7). Нарушение норматива по содержанию нитритного азота зафиксировано в одной пробе, отобранный в августе на придонном горизонте ($1,43 \text{ ПДК}$). В августе диапазон значений нитритов во всем столбе воды от поверхности до дна составил $1,3\text{--}34,3/8,9$, в октябре $2,3\text{--}5,7/3,7$. Содержание нитратного азота в августе изменялась в пределах $14\text{--}87$, в октябре $58\text{--}79$. Максимальное значение общего азота на горизонте 20 м стало наибольшим за последние 5 лет. Концентрация фосфатного фосфора изменялась от аналитического нуля в пяти пробах из двенадцати до $27,3$, при среднем $8,08 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. В целом значительного загрязнения вод Копорской губы биогенными элементами не выявлено (табл. 4.21).

Таблица 4.21. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) и загрязняющих веществ в водах Копорской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	3,67/ 22	24,67/ 66	13,0/ 72	5,17/ 62	67,83/ 481	12,25/ 33	389
Азот нитритов $\text{N-NO}_2 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$	3,22/ 4,5	2,02/ 3,2	2,61/ 7,4	5,13/ 11,8	3,27/ 9,5	6,36/ 34,3	24
Азот нитратов $\text{N-NO}_3 \text{ мкгN}/\text{дм}^3$	25,83/ 118	20,0/ 36	85,58/ 256	85,92/ 177	77,39/ 291	52,75/ 87	9032
Общий азот N_{total}	479,33/ 576	479,67/ 537	436,33/ 627	446,5/ 573	463,67/ 562	403,25/ 652	
Фосфатный фосфор P-PO_4	8,03/ 41,0	3,58/ 14,0	12,08/ 36,0	17,47/ 41,60	7,37/ 31,3	8,08/ 27,3	50
Общий фосфор P_{total}	15,95/ 47,0	12,48/ 20,0	21,23/ 46,0	28,55/ 53,5	16,6/ 42,5	18,65/ 45,9	
Нефтяные углеводороды $\text{TPHs mg}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,05/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,017/ 0,1	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

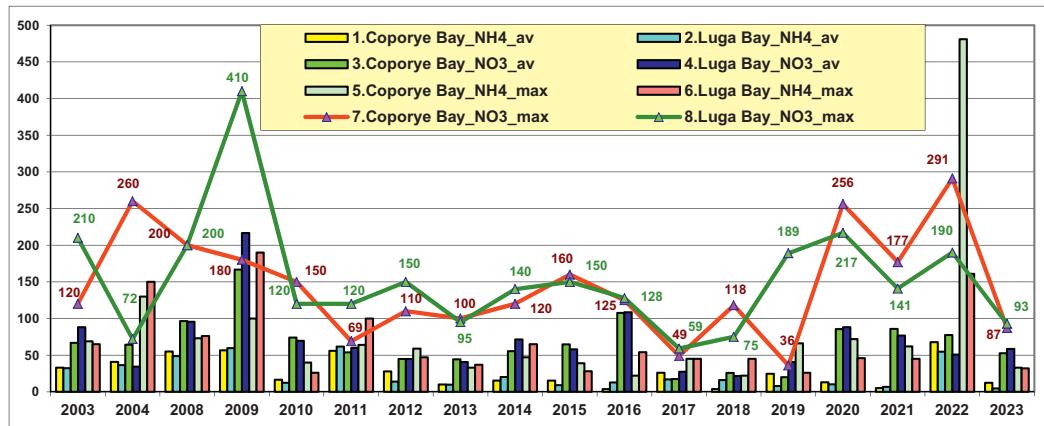


Рис. 4.7. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации аммонийного азота N-NH_4 и нитратов N-NO_3 ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Копорской и Лужской губ Финского залива.

Органические загрязняющие вещества. На всех станциях Копорской губы содержание нефтепродуктов, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) в период проведения гидрохимических съемок в августе и октябре 2023 г. было ниже предела обнаружения используемых методик химического анализа.

Металлы ($\text{мкг}/\text{дм}^3$). Содержание меди превышало уровень ПДК в шести пробах из восьми (табл. 4.22). Концентрация этого элемента на поверхности изменялась в интервале 4,5–7,9 (max 1,6 ПДК), в придонном слое диапазон составил 4,7–15,5. Среднее значение во всей толще вод составило 1,4 ПДК. Концентрация цинка во всех пробах изменялась от аналитического нуля в двух пробах до 0,37 ПДК в октябре у дна. В августе на придонном горизонте концентрация марганца превысила норматив и составила 2,92 ПДК. В остальных пробах диапазон значений ингредиента составил 1,2–19,3 на поверхности и 1,0–146,0 в придонном слое. Средняя концентрация марганца в слое поверхность–дно стала минимальной за последние шесть лет. Кадмий был найден во всех пробах в концентрации 0,28–0,65/0,45; никель в четырех – 1,0–2,3/0,81. Присутствие свинца было обнаружено в двух пробах в октябре – 3,2 и 3,6 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Концентрация общего железа, алюминия, кобальта, ртути и хрома во всех пробах была ниже предела обнаружения.

Таблица 4.22. Средняя и максимальная концентрация металлов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Копорской губы в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,88/ 1,3	3,63/ 6,1	7,95/ 22,8	3,84/ 8,9	7,06/ 15,5	5
Zn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	13,4/ 26,4	3,1/ 6,6	19,88/ 42,0	11,64/ 16,8	7,04/ 15,1	9,84/ 18,7	50
Mn, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	92,93/ 250	66,68/ 140	45,19/ 200	35,6/ 110	70,38/ 264	27,91/ 146	50
Fe, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	50
Al, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	3,25/ 13,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,45/ 11,6	3,72/ 12,0	0,0/ 0,0	40
Pb, $\text{мкг}/\text{дм}^3$	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,48/ 3,8	2,89/ 5,8	0,85/ 3,6	10

Для вод Копорской губы расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) был выполнен по средней концентрации меди, марганца и нитритов. ИЗВ Копорской губы в 2023 г. составил 0,73, что относит воды ко II классу («чистые») на самой границе следующего («умеренно загрязненные»). По сравнению с двумя предыдущими годами индекс немного снизился, медь и марганец поменялись местами примерно с такими же значениями, свинец был заменен нитритным азотом. Концентрация органических ЗВ, общего железа, алюминия, кобальта, хрома и ртути во всех пробах была ниже предела обнаружения. Кислородный режим вод Копорской губы в целом был в пределах нормы. Только в одной придонной пробе 11 августа с горизонта 25 м концентрация кислорода была ниже норматива ($4,42 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, 42,3% насыщения). Значения ниже установленного норматива (70%) зафиксированы в трех пробах августа из придонного и промежуточного слоя на глубине 20 м.

4.11. Лужская губа

Гидрохимические съемки Лужской губы проводились 10–11 августа и 6 октября на двух станциях с глубинами 27–28 м на разных горизонтах. Средняя температура во всем столбе

воды в августе составила 16,87°C, в октябре 14,28°C. Значения солености в поверхностном слое изменились от 2,99‰ до 3,65‰, в придонном 3,42–3,66‰ (табл. 4.23). Среднее содержание солености было на уровне среднего многолетнего. Диапазон величин водородного показателя составил 7,71–8,03 ед.рН, среднее также незначительно отличалось от уровня предыдущих лет. Вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными. Диапазон значений щелочности на поверхности составил 1,15–1,38, у дна 1,27–1,38 ммоль/дм³. Среднее значение стало самым большим за последние шесть лет. Концентрация растворенного в воде кислорода была в целом в пределах нормы, за исключением одной придонной пробы с глубины 28 м в августе. Относительное содержание кислорода было ниже норматива (70%) в трех пробах августа из придонного и слоя и горизонта 20 м: 40,3–68,7%. Концентрация органических веществ по БПК₅ не определялась.

Таблица 4.23. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Температура (°C)	14,82/ 20,0	15,55/ 18,2	12,64/ 18,8	9,85/ 18,2	11,3/ 21,1	15,58/ 19,4
Соленость (‰)	3,38/ 5,23	4,28/ 5,61	3,34/ 4,24	3,53/ 4,55	3,40/ 4,74	3,43/ 3,70
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	7,24/ 4,69	8,08/ 4,21	8,12/ 5,03	10,34/ 4,29	8,63/ 5,97	8,88/ 4,37
Кислород (%)	76,27/ 101,8	84,77/ 107,6	79,1/ 117,5	90,13/ 107,1	83,91/ 110,1	90,31/ 111,2
pH	7,58 7,80	8,09/ 8,34	7,69/ 8,28	7,91/ 8,38	7,56/ 8,2	7,84/ 8,03
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,27 1,53	1,29/ 1,35	1,26/ 1,54	1,25/ 1,36	1,22/ 1,47	1,31/ 1,38

Биогенные вещества (мкг/дм³). Аммонийный азот зафиксирован только в двух октябрьских пробах с поверхности и у дна на станции у устья реки Луга (23 и 32), (табл. 4.24). В одной пробе на ст. №6л в августе на придонном горизонте зафиксирована очень высокая концентрация нитритного азота (1,66 ПДК). В остальных случаях на поверхности диапазон значений составил 1,4–4,5/2,9, у дна 3,2–9,8/4,4. Средняя и максимальная концентрация нитритов стали самыми большими за последние шесть лет. Максимальная концентрация нитратного азота (0,01 ПДК) была зафиксирована в августе у дна. Среднее и максимальное содержание общего азота во всей толще воды стало минимальным за последние годы. Средняя концентрация фосфатного фосфора у поверхности составила 5,2, у дна 12,33; максимальная (0,46 ПДК) зафиксирована в августе у дна. Концентрация силикатов составляла 124–924/365 мкг/дм³. В целом воды Лужской губы не загрязнены биогенными элементами.

Таблица 4.24. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2018–2023 гг.

Ингредиент	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	16,0/ 45	8,0/ 26	10,33/ 46	6,67/ 45	54,76/ 161	4,58/ 32	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	4,08/ 5,5	3,37/ 4,2	3,94/ 12,0	4,57/ 7,2	2,83/ 9,3	7,89/ 39,8	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	21,67/ 75	40,5/ 189	88,17/ 217	76,67/ 141	50,76/ 190	58,42/ 93	9032

Общий азот N _{total}	520,0/ 576	548,67/ 660	454,08/ 574	454,58/ 583	464,0/ 626	404,92/ 517	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	10,02/ 45,0	8,23/ 40,0	16,92/ 41,0	17,93/ 38,6	8,12/ 31,7	8,56/ 23,0	50
Общий фосфор P _{total}	15,47 45,00	16,28/ 44,0	26,17/ 53,0	30,68/ 54,4	17,44/ 45,0	20,7/ 38,2	
Нефтяные углеводороды ТРНс мг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,001/ 0,012	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,03/ 0,2	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Во всех пробах из Лужской губы содержание НУ, СПАВ, фенолов и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) в период проведения гидрохимических съемок в августе и октябре 2023 г. было ниже предела обнаружения.

Металлы (мкг/дм³). Превышение содержания меди выше норматива было зафиксировано в семи пробах из восьми; диапазон значений 3,6–15,2 (табл. 4.25). Среднее и максимальное значения этого элемента (1,6 ПДК и 3,1 ПДК) стали самыми большими за последние шесть лет. Содержание цинка в столбе воды изменялось в диапазоне 6,1–18,1, max у дна. Концентрация марганца в одной пробе у дна в августе почти достигала 2,3 ПДК, а среднее содержание стало минимальным за последние годы. Концентрация кадмия во всех пробах 0,34–0,70/0,51; никель в пяти – 1,0–1,5/0,78. Присутствие свинца было обнаружено в трех пробах в октябре 3,1–4,7, кобальта – в одной (1,0 мкг/дм³). Концентрация общего железа, алюминия, ртути и хрома во всех пробах была ниже предела обнаружения.

Таблица 4.25. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2018–2023 гг.

Металлы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	ПДК
Cu	0,65/ 2,6	1,6/ 1,9	4,11/ 7,0	5,93/ 11,3	3,67/ 6,1	7,8/ 15,2	5
Zn	12,68/ 17,4	4,85/ 7,7	19,51/ 39,0	22,13/ 109,0	8,46/ 21,1	10,86/ 18,1	50
Mn	94,23/ 280	121,0/ 330	28,59/ 95	31,04/ 59	50,75/ 269	27,73/ 115	50
Fe	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	50
Al	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,75/ 14,0	2,95/ 12,5	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	40
Pb	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,51/ 4,1	3,85/ 5,4	1,48/ 4,7	10

Основной вклад в загрязнение вод Лужской губы традиционно вносили поменявшиеся местами медь и марганец, а также заменившие свинец нитриты. Индекс загрязнения вод (ИЗВ=0,78) увеличился незначительно, однако класс качества района немного повысился и пересек границу «умеренно загрязненные». Содержание биогенных соединений в целом было в норме. Только в одной пробе в августе на придонном горизонте зафиксирована очень высокая концентрация нитритного азота (1,66 ПДК). Из-за этого максимума средняя и максимальная величины стали самыми большими за последние шесть лет. В остальных случаях нитритов было существенно меньше. Концентрация органических ЗВ (НУ, фенолов, СПАВ),

общего железа, алюминия, хрома и ртути во всех пробах была ниже предела обнаружения. Кобальт отмечен в одной пробе (1,0 мкг/дм³). Кислородный режим вод Лужской губы в целом был в пределах нормы. Только в одной придонной пробе 11 августа с горизонта 25 м концентрация кислорода была ниже норматива (4,42 мгО₂/дм³, 42,3% насыщения). Значения ниже установленного норматива насыщения вод кислородом (70%) зафиксированы в трех пробах августа из придонного и промежуточного слоя.

В целом воды восточной части Финского залива западнее комплекса защитных сооружений оцениваются как «умеренно загрязненные», за исключением северного побережья Мелководного района и Копорской губы (табл. 4.13). Первый участок с двумя станциями Курортного района из-за высокой концентрации железа и меди, а также высокого содержания органических веществ по БПК₅ при расчете индекса загрязненности вод очень незначительно пересек границу класса «грязные» воды. При этом кислородный режим оставался в пределах нормы. Воды Копорской губы характеризуются как «чистые», однако на самой границе класса «умеренно загрязненные». Во всех районах залива приоритетными ЗВ были металлы медь и марганец. Отсутствие серьезных антропогенных источников этих и некоторых других металлов позволяет предположить, что высокое содержание их в воде залива определяется геохимическим фоном поступающего с Балтийского щита речного стока. В отдельных районах к металлам присоединяются биогенные соединения – фосфаты и нитриты. Концентрация органических ЗВ (НУ, фенолов, СПАВ) и некоторых тяжелых металлов, включая ртуть, во всех пробах из залива была ниже предела обнаружения использованных методов химического анализа. Кислородных режим поверхности слоя вод остается в режиме нормы, тогда как в глубоких придонных и промежуточных слоях часто наблюдается существенный дефицит кислорода, иногда соответствовавший уровню ЭВЗ и ВЗ в водах Мелководной зоны и на центральном разрезе восточной части Финского залива.

Таблица 4.13. Оценка качества вод восточной части Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2019–2023 гг.

Район	2019	2020	2021	2022	2023	Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	ИЗВ/ класс	
Курортный район МЗВЧ	1,22/ IV	1,70/ IV	1,56/ IV	2,23/ V	1,753/ V	Fe 2,80; Cu 2,28; БПК ₅ 1,34; O ₂ 0,59
Мелководная зона восточной части ФЗ	0,61/ II	0,79/ III	0,87/ III	0,54/ II	0,97/ III	Cu 2,23; NO ₂ 0,53; PO ₄ 0,34; O ₂ 0,76
Глубоководная зона восточной части ФЗ	1,33/ IV	0,66/ II	0,80 III	0,67/ II	0,90/ III	Cu 1,61; Mn 0,78; PO ₄ 0,46; O ₂ 0,76
Копорская губа	0,57/ II	0,69/ II	0,81/ III	0,80/ III	0,73/ II	Cu 1,41; Mn 0,56; NO ₂ 0,26; O ₂ 0,68
Лужская губа	0,91/ III	0,63/ II	0,71/ II	0,71/ II	0,78/ III	Cu 1,56; Mn 0,55; NO ₂ 0,33; O ₂ 0,68
Восточная часть Финского залива	0,92/ III	0,89/ III	0,95/ III	0,99/ III	0,90/ III	Cu 1,61; Mn 0,78; PO₄ 0,46; O₂ 0,76

Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

*Жохова Н.В., Красавина А.С., Чauc О.М., Устинова А.А.,
Нестерова А.А., Гущина А.С.*

5.1. Общая характеристика

Белое море относится к внутренним морям Северного Ледовитого океана. На севере соединяется с Баренцевым морем проливами Горло и Воронка; границей между морями является линия между мысами Святой Нос на Кольском п-ве и Канин Нос на п-ве Канин. Площадь моря вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова, составляет 90,8 тыс.км², объем воды 4,4 тыс.км³ (Лоция Белого моря, 2006). Сильно изрезанная береговая линия моря имеет сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский. Акваторию Белого моря обычно делят на несколько районов: Воронка и Горло на севере, центральная часть (Бассейн) и заливы. Берега моря имеют собственные названия и традиционно разделяются в порядке перечисления против часовой стрелки от побережья Кольского полуострова на Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний, Мезенский и Канинский берега; иногда Мезенский разделяют на Абрамовский и Конушинский, а часть Онежского называют Ляминским берегом. Берега северной части моря мало изрезаны, обычно обрывистые, высокие и безлесные, а юго-восточные берега Бассейна и его заливов пологие и низкие, отличаются большой изрезанностью и на всем протяжении покрыты лесом (Лоция, 2006). Длина сильно изрезанной береговой линии не менее 2000 км. В скандинавской мифологии Белое море известно под названием «Гандвик», а также как «Bäy of Serpents» из-за изогнутой береговой линии. Белое море представляет собой сравнительно неглубокий водоём. Рельеф дна сложный. Большая отмель в южной части моря с глубинами до 50 м в Двинском и Онежском заливах переходит в склон, а потом во впадину в центральной части моря с глубинами 100–200 м. В северо-западной части Бассейна моря и в Кандалакшском заливе наблюдаются глубины свыше 250 м, а в Горле свыше 50 м. Средняя глубина моря 67 м, а максимальная 340 м. Центральную часть моря занимает замкнутая котловина, отделенная от Баренцева моря порогом, препятствующим обмену глубинными водами. Донные отложения на мелководье и в Горле состоят из гравия, гальки, песка и иногда ракушечника, а в центре моря дно покрыто мелкозернистым глинистым илом коричневого цвета.

Климатический метеорологический режим региона Белого моря является переходным от морского к континентальному, и по условиям образования он принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса (Гидрометеорология, 1991–1, Филатов, 2007). Распределение температуры воды на поверхности моря характеризуется разнообразием и значительной сезонной изменчивостью. В летний период поверхностные воды заливов и центральной части моря прогреваются до 15–16°C, а в Онежском заливе и Горле остаются не выше 9°C. Зимой температура поверхностных вод понижается до –1,3...–1,7°C в центре и на севере моря, а в заливах до –0,5...–0,7°C. Зимой близкая к поверхностной температура наблюдается в слое до 30–45 м глубины. Глубже, в образовавшемся вследствие летнего прогрева теплом промежуточном слое, температура несколько повышается до горизонта 75–100 м, а затем снова понижается. С глубины около 130–140 м и до дна она постоянная в течение всего года и составляет +1,4°C. Весной поверхность моря прогревается до глубин примерно 20 м, а далее следует резкое понижение температуры до 0°C на горизонте 50–60 м. Летом толщина прогретого слоя увеличивается до 30–40 м. В Горле из-за интенсивного

приливного турбулентного перемешивания вертикальное распределение температуры практически однородное.

Средняя соленость вод моря составляет 29‰. Опреснение распространяется до глубины 10–20 м. Глубже соленость сначала резко, а далее плавно увеличивается до дна. Горизонтальное распределение солености крайне неравномерное, наименьшие значения (около 10–12‰) приурочены к заливам, а наибольшие (34,5‰) обычно фиксируются в Бассейне. Устойчивая вертикальная стратификация исключает развитие конвекции на большей части моря ниже слоя 50–60 м. Это является характерной особенностью Белого моря. До 80–100 м вертикальная зимняя циркуляция проникает вблизи Горла, где этому способствует связанная с приливами интенсивная турбулентность. В море обычно выделяют несколько водных масс: баренцевоморские воды, опресненные воды вершин заливов, глубинные воды Бассейна и воды Горла (Гидрометеорология, 1991).

Общий характер горизонтальной циркуляции вод моря циклонический. Вдоль западных берегов в Белое море поступают более солёные баренцевоморские воды, а вдоль восточных берегов опреснённые поверхности поступают в Горло и далее на север. Скорость течений обычно составляет 10–15 см/с. Хорошо выражены приливы, которые имеют правильный полусуточный характер. Средняя высота сизигийных приливов колеблется от 0,6 (Зимняя Золотица) до 3 метров, а в некоторых узких заливах превышает 7 м, до 7,7 м в устье реки Сёмжа в Мезенской губе. Приливная волна проникает вверх по течению впадающих в море рек на расстояние до 120 км (на Северной Двине). На небольшой площади поверхности моря хорошо развита штормовая деятельность. Во время штормов осенью высота волн достигает 6 м. Сгонно-нагонные явления в холодное время года достигают на море величины 75–90 см (Гидрометеорология, 1991).

Акватория Белого моря ежегодно покрывается льдом. Обычно он наблюдается с ноября по май, но иногда появляется в начале октября и исчезает в первой половине июля. Раньше всего лед образуется в устьях рек, а далее появляется у отмелых берегов. В начале ноября ледообразование начинается в вершинах Двинского, Онежского и Кандалакшского заливов. Центральная часть моря обычно покрыта плавучими льдами, составляющими до 90% ледового покрова. Их толщина достигает 35–40 сантиметров, а в суровые зимы до полутора метров (Лоция, 2006).

В Белое море впадают реки Северная Двина, Мезень, Пено, Онега и Кемь; годовой речной сток в среднем оценивается в 215 км³. Основные города и порты на берегах Белого моря: Архангельск (294 914 человек в 2025 г.), расположенный на обоих берегах Северной Двины и островах дельты в 30–35 км от места впадения реки в Белое море, основан по указу Ивана Грозного в 1584 г. вблизи Михайло-Архангельского монастыря, грузооборот – 6,6 млн.т; Северодвинск (155 365 чел.); Онега (16 449); Беломорск (7 407); Кандалакша (28 438); Кемь (9 712) и Мезень (2832), расположенный на берегах реки Мезени в 45 км от ее впадения в Белое море (<https://ru.wikipedia.org/wiki>).

5.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Речной сток является главным источником загрязнения Белого моря. Реки выносят в прибрежные акватории загрязняющие вещества, поступающие от предприятий целлюлозно-бумажной промышленности, Минэнерго, жилищно-коммунального хозяйства, рыбоводных заводов, судов речного и морского флота. Значительным источником загрязнения вод Белого моря является сброс сточных вод предприятиями коммунального хозяйства городов и поселков, расположенных в прибрежных районах и устьевых областях рек.

5.3. Двинский залив

В центральной части Двинского залива и на юге в приусьевом районе Северной Двины на семи стандартных станциях были отобраны 56 проб в двух гидрохимических съёмках 13–14 июля и 11–12 ноября (рис. 5.1). Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного слоев на мелководных станциях, а на глубоководных дополнительно из промежуточного слоя со стандартных гидрологических горизонтов. В состав наблюдений вошло определение температуры, солености, pH, концентрации растворенного в воде кислорода, фосфатов и общего фосфора, силикатов, аммонийного, нитритного и нитратного азота, нефтяных углеводородов, СПАВ, меди и свинца. Содержание металлов в воде анализируется с 2018 г. Пробы отбирались и обрабатывались в судовой лаборатории океанологом и гидрохимиком на солёность, pH и кислород. Определение остальных показателей проводилось в лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод ЦМС Северного УГМС (г. Архангельск).

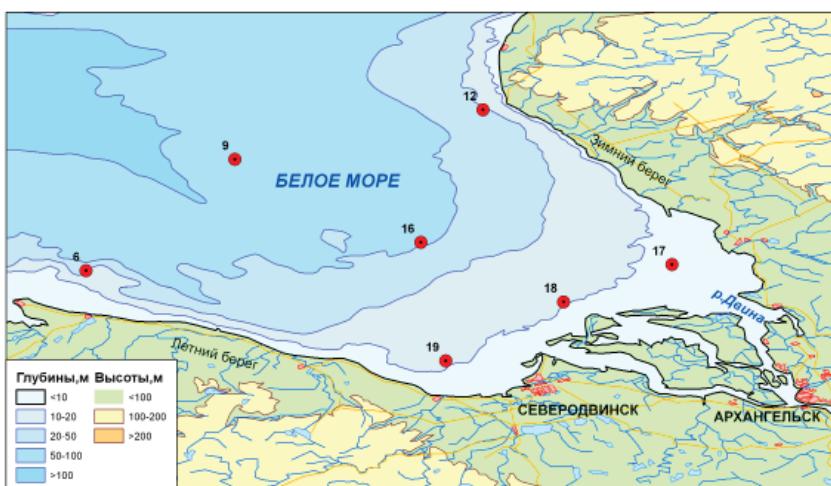


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2023 г.

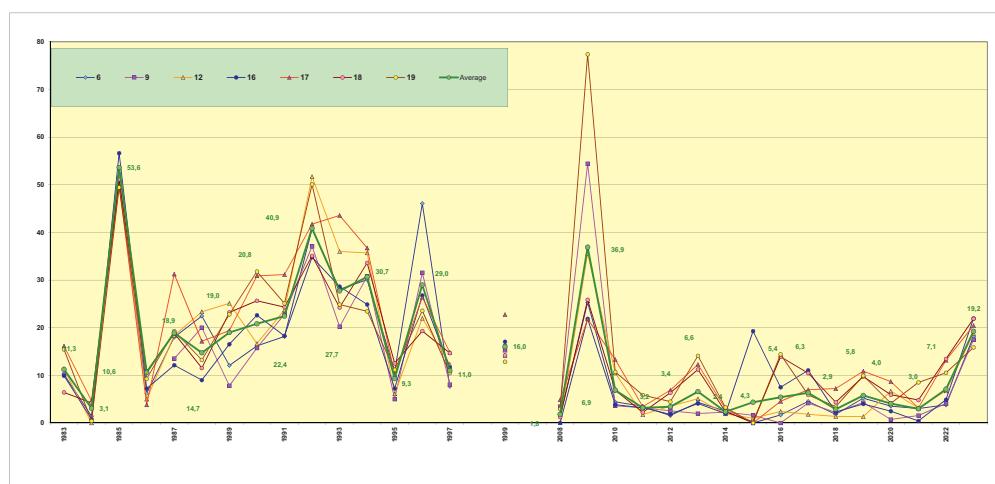


Рис. 5.2. Многолетняя динамика среднего значения содержания аммонийного азота ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в 1983–2023 гг.

Значения температуры воды летом были в диапазоне от $-0,4^{\circ}\text{C}$ до $+13,6^{\circ}\text{C}$, а осенью $0,34\text{--}4,99^{\circ}\text{C}$. Соленость в диапазоне $14,33\text{--}28,285\%$, а среднее значение ($24,54\%$) повысилось по сравнению с прошлым годом. Значения рН изменились от 7,7 до 8,14, в среднем составив 7,96 ед.рН. Прозрачность вод залива по диску Секки варьировала от 1,0 (12 ноября на ст.№17) до 4 м при среднем 2,7 м, что ниже значения прошлого года (3,8 м).

Содержание различных форм биогенных элементов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) составило: аммонийный азот изменялся в пределах от 4 до 29, в среднем 19,2 (рис. 5.2, табл. 5.1); нитраты ($0\text{--}136,1/52,05$) остались на уровне прошлого года, хотя максимумы снизились (рис. 5.3); нитриты $0,6\text{--}6,7/2,6$; фосфаты $5\text{--}36,3/14,6$, максимум составил 0,72 ПДК и был зафиксирован в июле на ст.№12 у Зимнего берега; общий фосфор $5,94\text{--}44,09/18,08 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, что в целом меньше прошлого года.

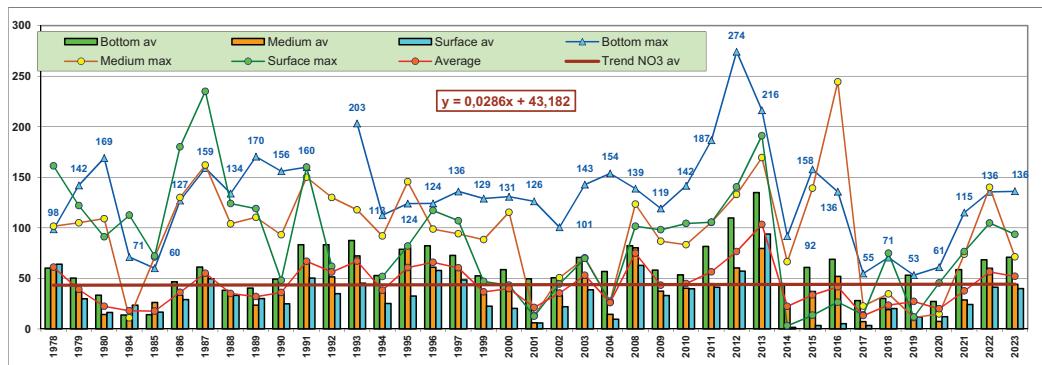


Рис. 5.3. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2023 гг.

Концентрация силикатов варьировала в диапазоне $191,5\text{--}656,4/372 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, т.е. снизилась по сравнению с прошлым годом во всех трех слоях вод залива (рис. 5.4). В целом в режиме многолетней динамики содержания кремнекислоты очевидно выделяются циклические подъемы и спады примерно 11-летнего периода, в 2023 г. зафиксирован спад.

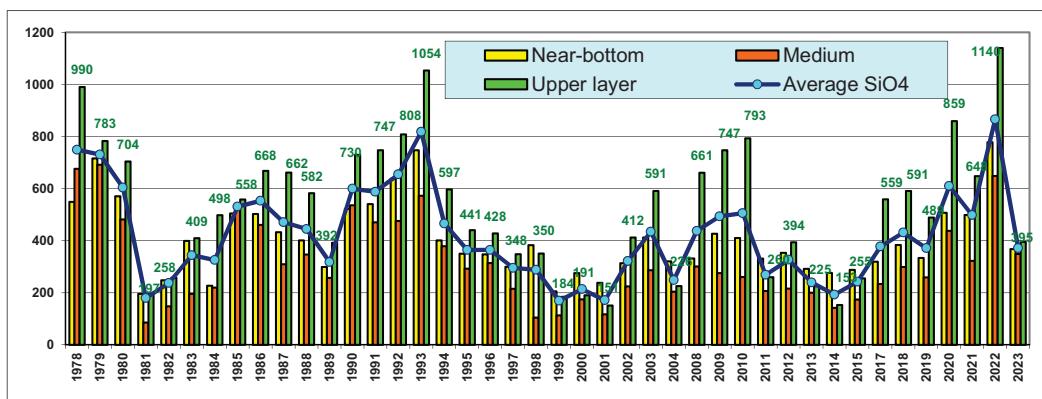


Рис. 5.4. Динамика средней и максимальной концентрации силикатов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2023 гг.

Содержание нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) изменялось от 0,015 до 0,124 при среднем 0,015, что чуть ниже 0,018 $\text{мг}/\text{дм}^3$ в 2022 г. (рис. 5.5). Максимум 2,48 ПДК зафиксирован 12 ноября на ст. №17 напротив устья Корабельного рукава вблизи о. Мудьюг на глубине 5 м, среднее значение на этой станции также самое высокое.

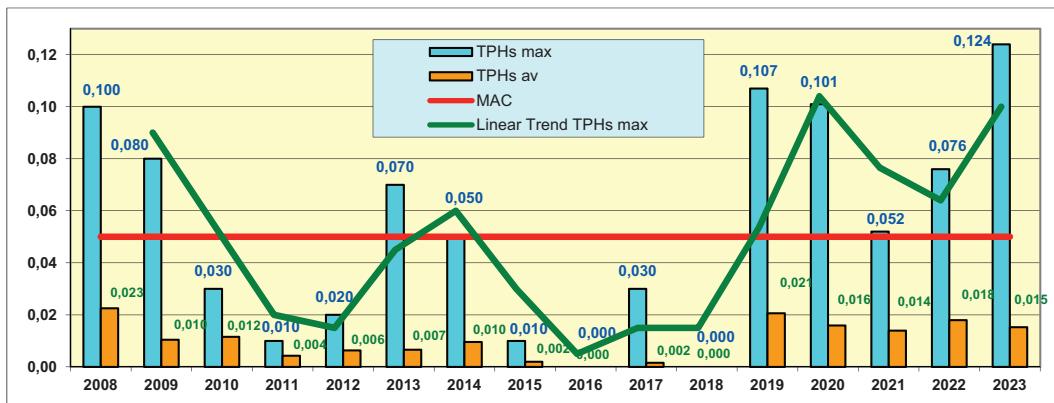


Рис. 5.5. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в 2008–2023 гг.

Продолжает быть высоким загрязнение вод залива СПАВ (0–630/156 $\text{мкг}/\text{дм}^3$), хотя среднее значение 1,56 ПДК немного меньше прошлогоднего (1,69 ПДК). Содержание меди (0–2,33/0,70) и свинца (0–6,3/0,61 $\text{мкг}/\text{дм}^3$) также снизилось в 1,5 и 2 раза, а максимумы обоих металлов составили лишь 0,47 ПДК и 0,06 ПДК.

Концентрация кислорода изменялась в пределах 8,04–11,41, среднее значение 9,75 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ немного выше прошлогоднего (рис. 5.6). Процент насыщения вод кислородом изменялся в диапазоне 71,0–102,0/89,5%. Для расчета ИЗВ использованы средние значения СПАВ (1,56), НУ (0,31), фосфатов (0,29) и кислорода (0,62). Значение ИЗВ=0,69 соответствовало уровню II класса, «чистые».

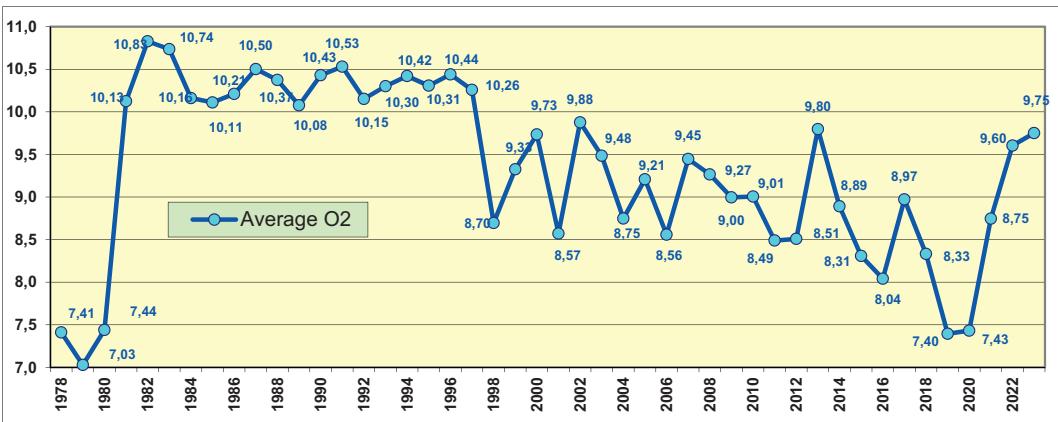


Рис. 5.6. Динамика среднего содержания кислорода ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в период 1978–2023 гг.

5.4. Кандалакшский залив

На расположенной на акватории Кандалакшского морского торгового порта (МТП) водоструе в период с марта по октябрь было отобрано 6 проб из приповерхностного слоя. Значения температуры были в диапазоне от $-0,2^{\circ}\text{C}$ в марте до $17,4^{\circ}\text{C}$ в августе; соленость воды 6,3–17,8‰, среднее значение (9,98‰) осталось на уровне прошлогоднего. Водородный показатель варьировал в пределах 7,0–8,92 ед.рН, среднее значение 7,63 ед.рН. Взвешенные вещества содержались в 3 пробах из 6 и находились в диапазоне 3,9–32 мг/дм³.

В последние годы в водах МТП фиксируется существенное загрязнение биогенными соединениями (мкг/дм³). В 2023 г. значения аммонийного азота в пяти пробах из 6 значительно превысили норматив ПДК при солености <13‰ (или близких), максимум в марте составил 3000 (7,71 ПДК). Среднее 1830 (4,70 ПДК) более чем в два раза больше прошлогоднего значения 879. Такое высокое содержание аммония наблюдалось только в последние четыре года и достигало максимума 10813 в 2020 г. Средняя величина за весь период наблюдений с 2011 г. с учетом четырех экстремальных величин ≥ 3000 составила 421,2, а без «выбросов» – 160,9 мкг/дм³. По фосфатам в июне и июле 2023 г. было зафиксировано многократное превышение установленной нормы (165,0 и 269,7; соответственно 3,3 ПДК и 5,4 ПДК), а в остальных пробах было ниже норматива. Среднее 92,38 (1,85 ПДК) осталось на уровне прошлого года (1,87 ПДК). С 2018 г. в водах водоструя шесть раз были зафиксированы значения выше 100, а максимум составил 1374 в 2020 г. Средняя величина с учетом высоких значений за весь период наблюдений равняется 44,7, а без экстремумов – 11,6 мкг/дм³. Результаты не являются ошибками и подтверждаются химлабораторией Мурманского УГМС. Возможной причиной появления экстремальных значений («выбросов») является бесконтрольный залповый сброс загрязненных биогенными веществами сточных вод в акваторию Кандалакшского МТП. В многолетнем ряду наблюдений «выбросы» не являются типичными, однако отмечается тенденция к увеличению доли этих очень высоких значений среди набора данных по году и частоты их повторяемости. Содержание нитритов было в диапазоне 1,1–17,9, среднее значение (7,0) было в 4 раза выше прошлогоднего; нитраты 6–50/19,6 (в полтора раза ниже); силикаты 273–1228/746 (в прошлом году 927 мкг/дм³).

Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в пяти пробах из 6 изменялось от 1,2 до 2,1 (1,0 ПДК). Среднее значение составило 1,32 (0,63 ПДК), что существенно выше прошлогоднего (0,37 мгО₂/дм³; 0,17 ПДК). Концентрация нефтяных углеводородов в водах порта варьировала в диапазоне 0,006–0,217 мг/дм³, максимум составил 4,34 ПДК в июле. Средняя величина 0,053 мг/дм³ (1,07 ПДК) в два раза выше прошлогоднего уровня и максимальная с 2011 г. (рис. 5.7). СПАВ не были обнаружены.

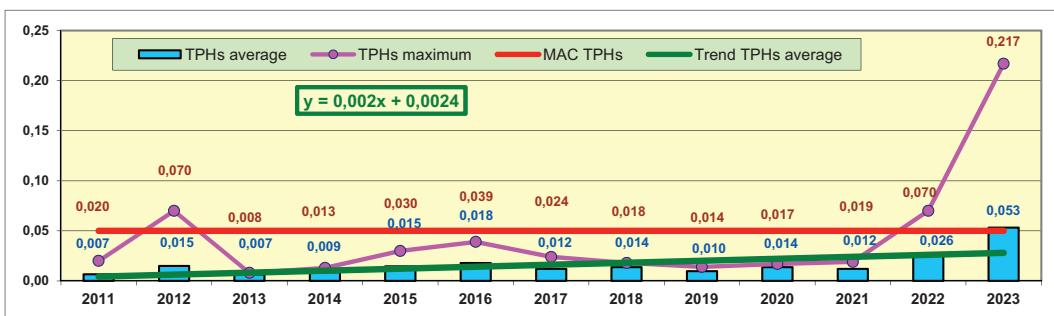


Рис. 5.7. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Кандалакшского залива Белого моря в 2011–2023 гг.

Концентрация растворенных форм тяжелых металлов составила (мкг/дм³): медь 1,2–7,2, максимум 1,44 ПДК отмечен в мае, среднее значение 4,62 (0,92 ПДК↑ выше прошлогоднего); никель 0–3,0/1,3 (0,13 ПДК↓); марганец 2,7–22,9/10,13 (0,2 ПДК=); цинк 11,0–32,3/19,2 (0,38 ПДК↓); кадмий обнаружен в двух пробах (0,3 и 0,6); свинец не обнаружен; железо 31–86/52,17 (1,04 ПДК, максимум 1,72 ПДК отмечен в августе); хром найден в трех пробах – 1,7; 2,9 и 6,8; средняя 1,9 мкг/дм³↑. Содержание ртути было ниже предела обнаружения. По сравнению с прошлым годом наблюдается увеличение средней концентрации железа, меди, кадмия и хрома, по остальным металлам отмечено снижение, а ртути и свинца до аналитического нуля. Превышение ПДК наблюдалось по меди и железу.

Содержание растворенного в воде кислорода менялось в диапазоне 7,27–12,54, составив в среднем 10,12 мгО₂/дм³. Кислородный режим в районе порта значительно улучшился, поскольку среднее значение существенно выше прошлогоднего (7,79 мгО₂/дм³). При небольшом количестве анализов в течение года (6 проб в год) наличие «выбросов» не могло не сказаться на определении среднего годового значения параметров, в частности приоритетных аммонийного азота и фосфатов. Их доли при расчете ИЗВ составили 4,7 и 1,85 соответственно (табл. 5.2). Значение индекса ИЗВ=2,05, что соответствует V классу качества, воды оцениваются как «грязные».

Таблица 5.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Двинский залив (7 ст., 56 проб)	НУ	0,014	0,28	0,018	0,36	0,015	0,31
		0,052	1,04	0,076	1,52	0,124	2,48
	СПАВ	74,3	0,74	169,1	1,69	155,6	1,56
		750	7,50	326,0	3,26	630,0	6,30
	Нитриты	2,0	0,08	3,00	0,12	2,59	0,11
		4,7	0,20	22,15	0,92	6,69	0,28
	Аммонийный азот	3,0	<0,01	7,09	0,02	19,24	0,05
		28,0	0,07	30,65	0,08	29,41	0,08
	Медь	0,93	0,19	1,08	0,22	0,70	0,14
		10,7	2,14	10,97	2,19	2,33	0,47
	Свинец	0,083	<0,01	1,173	0,12	0,611	0,06
		0,37	0,04	10,66	1,07	6,30	0,63
	Растворенный кислород	8,75		9,60		9,75	
		7,92		7,95		8,04	
	% насыщения	86,5		92,0		89,5	
		70,2		78,6		71,0	
Кандалак- шский залив: порт Кандалакша (6 проб)	НУ	0,012	0,24	0,026	0,52	0,053	1,07
		0,019	0,38	0,070	1,40	0,217	4,34
	СПАВ	0,0		25,0	0,25		
		0,0		150,0	1,50		
	Медь	3,4	0,68	3,88	0,78	4,62	0,92
		8,1	1,62	11,80	2,36	7,20	1,44
	Никель	1,2	0,12	2,48	0,25	1,30	0,13
		4	0,40	5,80	0,58	3,00	0,30
	Свинец	0,0		0,67	0,07		
		0,0		2,00	0,20		

Марганец	7,6	0,15	10,83	0,22	10,13	0,20
	13,8	0,28	28,80	0,58	22,90	0,46
Железо	43,0	0,86	36,50	0,73	52,17	1,04
	140	2,80	100	2,00	86	1,72
Ртуть	0,0025	0,03	0,005	0,05		
	0,015	0,15	0,015	0,15		
Аммонийный азот	156	0,40	879,9	2,26	1829,5	4,70
	493	1,27	3428,0	8,81	3000,0	7,71
БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	0,18	0,09	0,37	0,17	1,32	0,63
	1,1	0,52	1,10	0,52	2,10	1,00
Растворенный кислород	11,53		7,79		10,12	
	9,35		6,68		7,27	

Примечания:

- Среднегодовая концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ), БПК₅ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; металлов, СПАВ, аммонийного азота и нитритов – в мкг/дм³
- Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

Таблица 5.2. Качество вод в Двинском и Кандалакшском заливах Белого моря в 2021–2023 гг.

Район моря	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Двинский залив	0,50	II	0,77	III	0,69	II	СПАВ 1,56; НУ 0,31; РО ₄ 0,29; О ₂ 0,62
Торговый порт, г. Кандалакша	0,66	II	1,42	IV	2,05	V	NH ₄ 4,70; РО ₄ 1,85; НУ 1,07; О ₂ 0,59

Выводы

В Двинском заливе в 2023 г. было выполнено две гидрохимических съемки в июле и ноябре, поэтому сравнительная межгодовая оценка качества вод может быть дана только ориентировочно. По сравнению с прошлым годом загрязнение НУ и биогенными элементами осталось примерно на том же уровне, СПАВ в среднем немного понизилось, хотя максимум превышал 6 ПДК. Загрязнение медью и свинцом снизилось. Содержание нефтяных углеводородов превышало норматив лишь в одной пробе, а среднее значение составило треть ПДК. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось. В 2023 г. продолжилась тенденция улучшения кислородного режима, а содержание растворенного в воде кислорода менее установленного норматива не наблюдалось. Как и в прошлом году приоритетными загрязняющими веществами были СПАВ, НУ и фосфаты, Значение ИЗВ=0,69 немного снизилось и воды залива могут быть охарактеризованы как «чистые», II класс.

Загрязнение вод Кандалакшского залива в 2023 г. нефтяными углеводородами немного превысило ПДК и оказалось максимальным с 2011 г., СПАВ не были обнаружены. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ повысилось практически в два раза. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива, а средняя величина превышала прошлогоднее значение. По сравнению с прошлым годом увеличилось среднее содержание железа, меди, кадмия и хрома; никеля и марганца снизилась, а концентрация ртути и свинца была ниже аналитического нуля. Превышение ПДК наблюдалось по меди и железу. Приоритетными ЗВ были аммонийный азот, фосфаты и нефтяные углеводороды. Индекс загрязненности вод увеличился с 1,42 до 2,05. Воды залива соответствуют V классу качества вод, «грязные».

Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

Чекменева Н.А., Красавина А.С., Чauc О.М., Устинова А.А.

6.1. Общая характеристика

Баренцево море относится к Северному Ледовитому океану. Оно ограничено северным берегом Европы и островами архипелагов Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. В южной части сообщается с Карским морем проливом Карские ворота, а с Белым проливами Горло и Воронка. Берега преимущественно высокие и сильно изрезанные, фьордовые и скалистые; восточнее п-ова Канин низкие и слабо изрезанные. Площадь моря составляет 1424 млн.км², объем 316 тыс. км³, средняя глубина 222 м, наибольшая около 600 м. Годовой речной сток равен около 163 км³/год. Климат полярный морской. Море находится под сильным влиянием теплых вод течения Гольфстрим, поэтому южная и западная его части не замерзают. Температура воды на поверхности зимой составляет 0–5°C, летом на юге 8–9°C, в центральной части 3–5°C, на севере 0°C. Вертикальное распределение температуры зависит от рельефа дна, распределения атлантических вод и интенсивности зимнего охлаждения. В юго-западной части моря температура плавно понижается ко дну. На северо-востоке моря зимой температура понижается до горизонта 100–200 м, а затем снова повышается ко дну. Летом невысокая температура поверхностных вод понижается до глубины 25–50 м (до -1,5°C). В слое 50–100 м температура повышается до -1°C, а затем ко дну до +1°C. Между горизонтами 50 и 100 м располагается холодный промежуточный слой (ХПС). В результате обтекания глубинными атлантическими водами подводных возвышенностей над ними образуются «шапки холода», характерные для банок Баренцева моря.

Соленость составляет на юго-западе 35‰, на севере 32–33‰. Вертикальное распределение солености характеризуется ее увеличением от 34‰ на поверхности до 35,1‰ у дна. Сезонные изменения вертикального хода солености выражены незначительно. Глубина проникновения вертикальной зимней циркуляции составляет 50–75 м. В море выделяются водные массы: поверхностные атлантические воды с повышенными температурой и соленостью; поверхностные арктические воды с пониженными температурой и соленостью; прибрежные воды, поступающие из Белого моря, Норвежского моря и с материковым стоком. Последние характеризуются низкой соленостью, летом высокой температурой а зимой низкой. Общий характер поверхностной циркуляции циклонический. Полусуточные приливы вызываются главным образом атлантической приливной волной и достигают высоты 6,1 м. Хорошо выражены сгонно-нагонные колебания уровня моря: у Кольского побережья (до 3 м) и у Шпицбергена (порядка 1 м).

Водообмен с соседними морями имеет большое значение в водном балансе Баренцева моря. В течение года через проливы поступает и столько же выходит из него примерно $\frac{1}{4}$ часть общего объема воды моря. Наибольшее количество воды несет теплое Нордкапское течение, оказывающее исключительно большое влияние на гидрометеорологический режим моря. Общий речной сток в море составляет в среднем 200 км³ в год (Арктическая энциклопедия, 2017).

Баренцево море ледовитое, но никогда полностью не замерзает. Ледообразование начинается в сентябре, а к концу лета ото льда очищается все море за исключением районов, прилегающих к Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и Шпицбергену. Толщина ледяного покрова не превышает 1 м. Припай в море развит слабо, преобладают плавучие льды, в том числе айсберги. Ледовитость Баренцева моря изменяется от года к году, что

связано с различной интенсивностью Нордкапского течения, характером крупномасштабной атмосферной циркуляции, общим потеплением или похолоданием Арктики в целом (Баренцево море, 1990). Наиболее крупные поселения на российском берегу моря расположены в Кольском заливе – города Мурманск (267 422 чел.) и Североморск (43 394).

6.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Антропогенное загрязнение Баренцева моря в основном происходит вследствие выноса загрязняющих веществ в результате водообмена из губ и заливов, куда производят сброс промышленных и муниципальных сточных вод предприятия и коммунальные организации Мурманской области. Имеет значение также перенос ЗВ морскими течениями из сопредельных морей. Кольский залив характеризуется высоким уровнем загрязнения. В залив производят сброс производственных и хозяйствственно-бытовых сточных вод муниципальные организации и очистные сооружения, суда гражданского и военно-морского флота, а также расположенные на его берегах предприятия различных ведомств. Основной объем сточных вод поступает от ГОУП «Мурманскводоканал», МУП «Североморскводоканал», АО «Главное управление жилищно-коммунального хозяйства», ПАО «Мурманский морской торговый порт» и АО «Мурманский морской рыбный порт». Обычно в водах и донных отложениях залива постоянно отмечается повышенное содержание нефтепродуктов, фенолов и тяжелых металлов. Дополнительным источником поступления ЗВ является разработка месторождений полезных ископаемых, захоронение грунта (дампинг) и случайные аварийные ситуации. В настоящее время освоение нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличить поступление нефтепродуктов, как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. Для северных морей разработка нефтяных месторождений представляет особую опасность, из-за низких темпов химического, биохимического и микробиологического окисления углеводородов вследствие низких температур воды и воздуха. С точки зрения радиационного загрязнения особую опасность представляют собой корабли Северного флота и хранилища отходов ФГУП “Атомфлот”.

6.3. Загрязнение вод Кольского залива

В период с января по ноябрь 2023 г., один раз в два месяца, Мурманское УГМС выполнило отбор шести проб воды из поверхностного слоя только на водострую в торговом порту г. Мурманска (рис. 6.1, ВПМ). В пробах были выполнены определения показателей: температура, соленость, pH, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК₅, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов и металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, ртути, цинка и кадмия). В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгO₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) фосфатов РО₄ составлял 2,0 мкг/дм³, силикатов SiO₃ 10 мкг/дм³, азота нитритов N-NO₂ 0,5 мкг/дм³, азота нитратов N-NO₃ 1,0 мкг/дм³, аммонийного азота N-NH₄ 5,0 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК), СПАВ 1,0 мкг/дм³ и тяжелых металлов (мкг/дм³): медь 1,0, никель 0,2, марганец 2,0, свинец 0,1, хром 0,05, железо 2,0, ртуть 0,01, цинк 0,1 и кадмий 0,1 мкг/дм³.

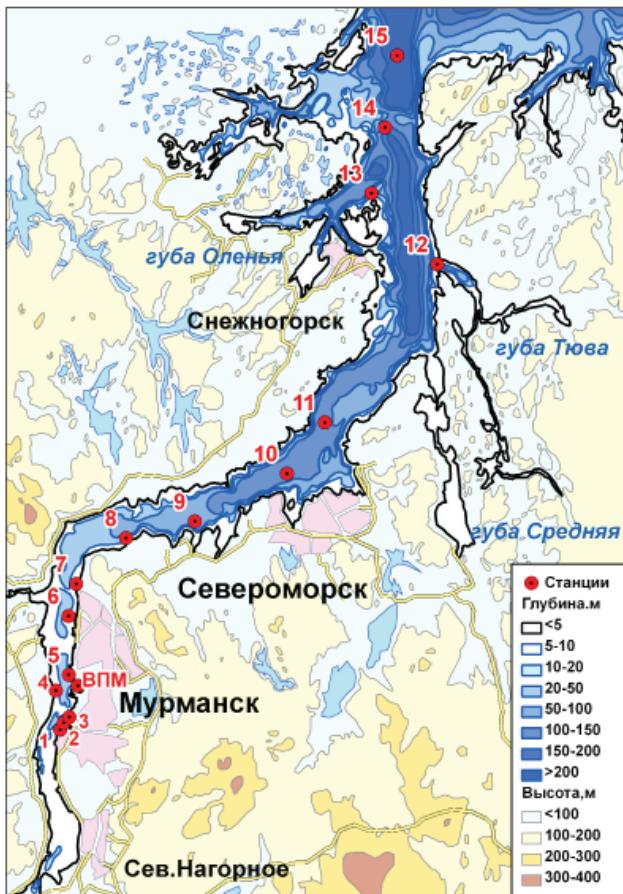


Рис. 6.1. Станции гидрохимического мониторинга в Кольском заливе Баренцева моря.

Температура воды за период наблюдений варьировала в пределах от 1,0 до 9,0°C (в июле). Сохраняется тенденция повышения температуры воды с 2019 г.; хотя максимальное значение в 2023 г. было ниже прошлогоднего на 2,5°C, однако среднегодовое значение выше на 0,2°C. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 11,7–27,7‰, минимум отмечен в мае, а максимум в январе. Величина водородного показателя была в диапазоне 6,49–7,94 ед.рН; максимум наблюдался в ноябре. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от нулевого значения до 1,492 мг-экв/дм³; среднегодовая составила 1,015 мг-экв/дм³. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ во все месяца было на уровне аналитического нуля, кроме июля (1,49 мгO₂/дм³). Это выше значения января прошлого года (1,0 мгO₂/дм³), но близко к уровню марта позапрошлого (1,3 мгO₂/дм³).

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от 32,0 (в марте) до 130,0 (в сентябре), при среднем значении 72,0 (0,02 ПДК), (табл. 6.1). Содержание нитритного азота изменялось в диапазоне 2,54–4,50 (0,19 ПДК), в среднем 3,50 (0,14 ПДК); нитраты – 6,08–77,22/26,48. Силикаты варьировали в пределах 611–1784 при среднем значении 1123,2. Содержание силикатов продолжает снижаться и стало ниже уровня 2020 г. Концентрация фосфатов была в пределах 2,07–39,71, в среднем 19,58 (0,39 ПДК). По сравнению с прошлым годом максимальная концентрация стала ниже

почти в 2 раза, а среднегодовое значение осталось на том же уровне (рис. 6.2). Сохраняется тенденция снижения содержания биогенных элементов в морской воде вблизи водопоста в торговом порту г. Мурманска.

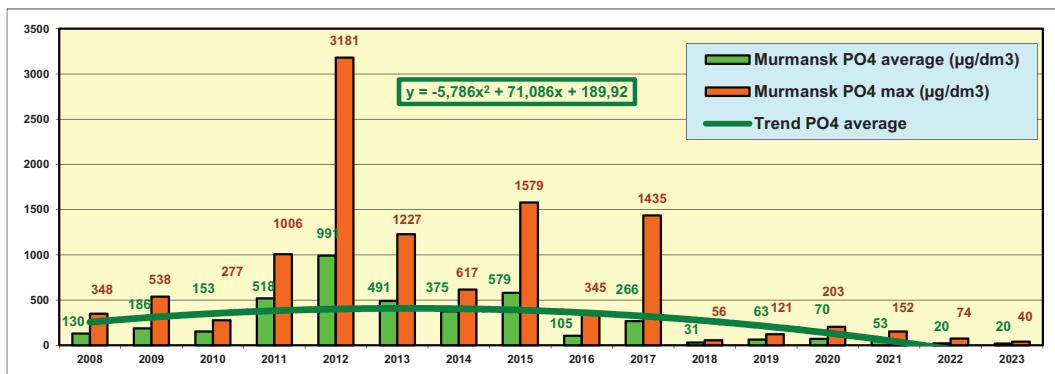


Рис. 6.2. Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO₄ ($\text{мкг}/\text{dm}^3$) в водах водопоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2023 гг.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту Мурманска несколько повысилось по сравнению с прошлым годом, нарушая тенденцию уменьшения НУ в водах Кольского залива вблизи поста ВПМ. Концентрация была в диапазоне от 0,024 до 0,135 (2,7 ПДК), в среднем 0,055 мг/дм³ (табл. 6.1). Максимальное значение отмечено в январе. Многолетняя динамика показывала до 2023 г. существенное снижение уровня загрязнения в водах в районе водопоста в последние четыре года со стабилизацией в районе ПДК (рис. 6.3). Количество органических веществ было выше аналитического нуля только в середине июля (1,5 мгО₂/дм³). Содержание взвешенных веществ изменялось в диапазоне от нулевых значений до 2,93, при среднем значении 1,6 мг/дм³.

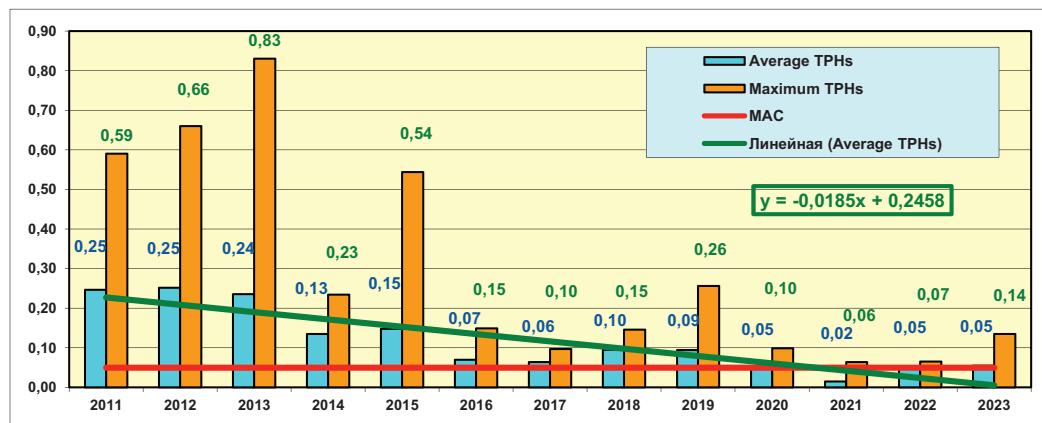


Рис. 6.3. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в торговом порту Мурманска в 2011–2023 гг.

Загрязнение вод порта **тяжелыми металлами** ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в 2023 г. несколько повысилось за счёт повышения концентрации марганца и железа (табл. 6.1). Медь была обнаружена в

четырех пробах, а средняя и максимальная концентрация немного повысилась (рис. 6.4). Содержание кадмия, ртути и свинца было ниже предела обнаружения использованной методики анализа. Никель отмечен только в одной пробе (3,0) в середине января, а в остальных концентрация была ниже DL. Средняя концентрация марганца (5,6) равна прошлогодней, но более равномерно распределена по месяцам, диапазон 3,3–8,9. Хром отмечен в двух пробах (1,6 и 5,9). Содержание железа (12–84/48,5), максимальное достигало 1,7 ПДК, а среднее значение увеличилось на треть. Цинк был обнаружен во всех пробах (9,7–18,2), а средняя величина составила 0,3 ПДК.

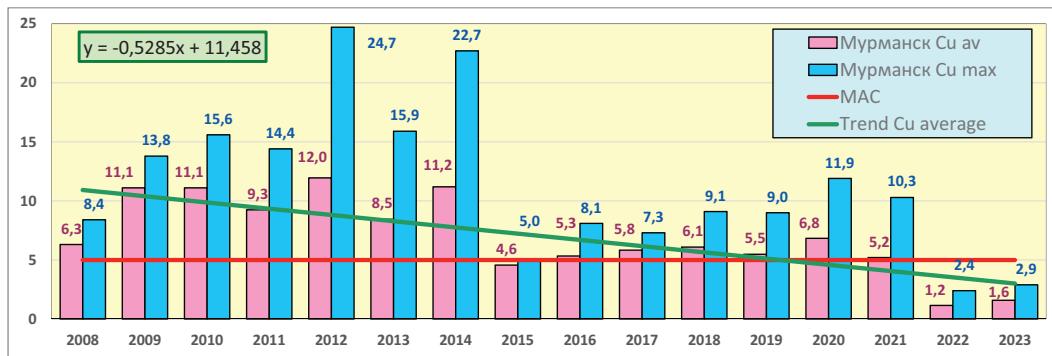


Рис. 6.4. Динамика средней и максимальной концентрации меди ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах водопоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2023 гг.

В 2023 г. в Кольском заливе в торговом порту г. Мурманска у водопоста среднегодовая концентрация **кислорода** составляла 9,73, а минимум (8,40 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) был существенно выше норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 75,7–95,1%. Значения кислорода в 2023 г. были немного ниже прошлогодних, но в целом соответствовали средней многолетней динамике. Согласно значению индекса загрязненности вод ИЗВ произошло ухудшение качества вод в Кольском заливе Баренцева моря (ИЗВ=0,77, III класс, «умеренно загрязнённые»), тенденция улучшения качества вод нарушилась (табл. 6.2, рис. 6.5).

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах торгового порта г. Мурманска в Кольском заливе Баренцева моря в 2021–2023 гг..

Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
НУ	0,034	0,68	0,051	1,03	0,055	1,10
	0,064	1,28	0,065	1,30	0,135	2,70
СПАВ	0		18,3	0,18	0	
	0		110	1,10	0	
Медь Cu	5,20	1,04	3,10	0,62	1,58	0,32
	10,3	2,06	7,30	1,46	2,93	0,59
Никель Ni	1,00	0,10	1,15	0,12	0,50	0,05
	3,0	0,30	2,4	0,24	3,0	0,30
Свинец Pb	0		0,53	0,05	0	
	0		3,2	0,32	0	
Ртуть Hg	0,002	0,02	0		0	
	0,012	0,12	0		0	

Кадмий Cd	0,10	0,01	0		0	
	0,40	0,04	0		0	
Марганец Mn	1,90	0,04	5,55	0,11	5,65	0,11
	6,4	0,13	12,9	0,26	8,9	0,18
Железо Fe	22,8	0,46	36,5	0,73	48,5	0,97
	37	0,74	69	1,38	84	1,68
Аммонийный азот N-NH ₄	136,0	0,06	161,5	0,06	72,0	0,02
	270,8	0,12	266	0,09	130	0,04
Фосфатный фосфор P-PO ₄	52,77	1,05	19,93	0,40	19,58	0,39
	151,66	3,03	73,6	1,47	39,71	0,79
БПК ₅ , мгO ₂ /дм ³	0,22	0,10	0,17	0,08	0,25	0,12
	1,3	0,62	1,0	0,48	1,50	0,71
Растворенный кислород O ₂	9,32		9,93		9,73	
	8,56		8,98		8,40	
% насыщения O ₂	83,42		86,0		87,7	
	88,6		76,3		75,7	

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ), растворенного в воде кислорода и биохимического потребления кислорода БПК₅ приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного азота, фосфатного фосфора и металлов – в мкг/дм³.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

Таблица 6.2. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2021–2023 гг.

Район моря	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	0,70	II	0,65	II	0,77	III	НУ 1,10; Fe 0,97; PO ₄ 0,39; O ₂ 0,62

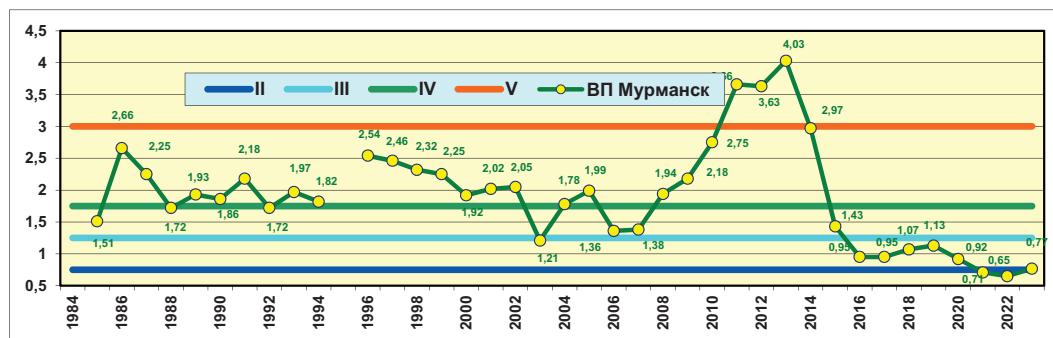


Рис. 6.5. Изменение индекса загрязнения вод ИЗВ в районе водопоста торгового порта г. Мурманска в период 1984–2023 гг.

Выходы

В 2023 г. качество вод в Кольском заливе Баренцева моря немного ухудшилось, поскольку индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,77) перешел в следующий III класс качества, «умеренно загрязнённые». В расчет индекса включены нефтяные углеводороды, железо и

фосфаты. Среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов осталась примерно на уровне значения прошлого года и составила 0,055 мг/дм³, а максимальная возросла почти в 2 раза (табл. 6.3). Средняя величина содержания минерального фосфора сохранилась прошлогодней, хотя максимум уменьшился почти в два раза. Третьим ингредиентом стало железо, по средней величине заменившее никель. Максимум увеличился в 1,2 раза и достигал 1,68 ПДК. Содержание меди уменьшилось примерно в 2 раза, и даже максимальная концентрация не превышала нормативное значение. Концентрация СПАВ и ртути была ниже предела обнаружения во всех пробах. Концентрация органических веществ по БПК₅ достигала 1,5 мгО₂/дм³, а взвешенных веществ достигала в июле 13,2 (1,3 ПДК), в среднем 2,93 мг/дм³. Уровень насыщения вод кислородом был значительно выше норматива, хотя немного снизился в пределах многолетних изменений. Минимум составил 8,40 мгО₂/дм³.

Таблица 6.3. Динамика средней концентрации приоритетных загрязняющих веществ (в единицах ПДК) в районе водомерного поста торгового порта г. Мурманска.

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Нефтяные углеводороды	2,96	1,39	1,28	1,90	1,88	1,04	0,69	1,03	1,10
Железо	1,20	0,75	0,65	0,59	0,83	0,70	0,46	-	0,97
Медь	0,91	1,07	1,17	1,22	1,10	1,37	1,04	0,62	0,32

Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демешкин А.С., Крутелев С.П., Пядушкин С.А., Чекменева Н.А.

7.1 Общая характеристика

Гренландское море – часть Северного Ледовитого океана, расположенная между островами Гренландия, Исландия, архипелагом Шпицберген, островами Медвежий и Ян-Майен. В южной части сообщается с Норвежским морем и Атлантическим океаном через Датский пролив, на востоке – с Баренцевым морем. Дно моря представляет собой обширную котловину с подъёмами и впадинами, ограниченную подводными хребтами Мона и Книповича, Гренландско-Исландским порогом. Побережья Гренландского моря представляют собой скалистые бухты, заливы и фьорды. Площадь моря составляет около 1205 тыс.км², средняя глубина 1444 м, наибольшая 5527 м. Приливы полусуточные, достигают более 4 метров высоты.

Климат в регионе арктический. Температура воздуха колеблется между -49°C вблизи Шпицбергена зимой и $+25^{\circ}\text{C}$ у побережья Гренландии летом. Средние значения в самом холодном месяце (феврале) составляют -10°C на юге и -26°C на севере. Соответствующие значения для самого теплого месяца, августа, составляют 5°C на юге и 0°C на севере. Лето очень короткое. Количество дней в году с температурой выше 0°C варьирует от 225 на севере до 334 на юге. Годовое количество осадков составляет 250 мм на севере и 500 мм на юге. Гренландское море является ледовитым. Центральная и северная части круглогодично насыщены плавающими ледовыми полями, а зимой они покрываются цельным ледовым покровом (Советская энциклопедия, 1972).

Соленость поверхностных вод составляет 32–34‰. Обычно соленость зимой выше, что обусловлено образованием на море пресного льда. Средняя температура поверхностных вод составляет около -1°C и ниже на севере и $1\text{--}2^{\circ}\text{C}$ на юге; соответствующие летние температуры составляют около 0 и 6°C . Холодные воды Северо-Атлантического течения погружаются в Северном Ледовитом океане и возвращаются на юг в виде холодного Восточно-Гренландского течения. Последнее является важной частью Атлантического конвейерного пояса, текущего вдоль западной части Гренландского моря. Вдоль восточной части протекает теплое течение Шпицбергена, часть Гольфстрима. Сочетание этих течений создает поток воды против часовой стрелки в центральной части моря (Советская энциклопедия, 1972).

7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В августе 2023 г. в прибрежных водах архипелага Шпицберген (Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» был выполнен отбор 20 проб морской воды и донных отложений. Три пробы воды были получены 11 августа на двух станциях в западной части акватории залива Биллефьорд у поселка Пирамида, остальные 14 августа из поверхностного и придонного горизонтов (до 100 м) на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории пос. Баренцбург (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель pH, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал Eh, общая щелочность, растворенный кислород, БПК₅), содержание в воде биогенных элементов (нитриты, нитраты, аммоний, общий азот, фосфаты, общий фосфор, кремнекислота), а также загрязняющие вещества – тяжелые металлы ТМ и мышьяк, ХОС (пестициды групп ДДТ и ГХЦГ, гептахлор, альдрин, октахлорстирен, гептахлорэпоксид, транс-хлордан, цис-хлордан,

транс-нонахлор, цис-нонахлор, фотомирекс и мирекс; полихлорированные бифенилы ПХБ: 15 конгенеров #28 – #187), углеводороды: нефтяные углеводороды НУ, полициклические ароматические углеводороды ПАУ, неполярные алифатические углеводороды НАУ и летучие ароматические углеводороды ЛАУ (бензол, толуол, сумма пара- и метаксилолов, орто-ксилол, изопропилбензол и триметилбензол), индивидуальные фенолы (алкилфенолы, хлорфенолы и нитрофенолы), синтетические поверхностно-активные вещества СПАВ. Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и тяжелых металлов используется единица мкг/дм³; абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³; взвешенных веществ и НУ – мг/дм³; ПАУ, ЛАУ, хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) – нг/дм³. Предел обнаружения (DL) биогенных элементов составлял (мкг/дм³): фосфор фосфатов Р-Ро₄ 5,0, общего фосфора Ptотal 5,0, силикатов SiO₃ 10, азота нитритов N-NO₂ 0,5, азота нитратов N-NO₃ 5,0, аммонийного азота N-NH₄ 20,0; взвешенных веществ 5,0 мг/дм³ (0,5 ПДК); НУ 0,005 (0,1 ПДК); органических ЗВ: СПАВ 10,0 (0,1 ПДК), фенолов 0,5 (0,5 ПДК), пестицидов, ПХБ, ЛАУ 0,01–0,1, ПАУ 1–20 нг/дм³; тяжелых металлов (мкг/дм³): ртуть 0,01, кадмий 0,1, медь, никель, кобальт, хром, цинк и марганец – 1,00, свинец 3,0, железо 50,0 и мышьяк 5,0.

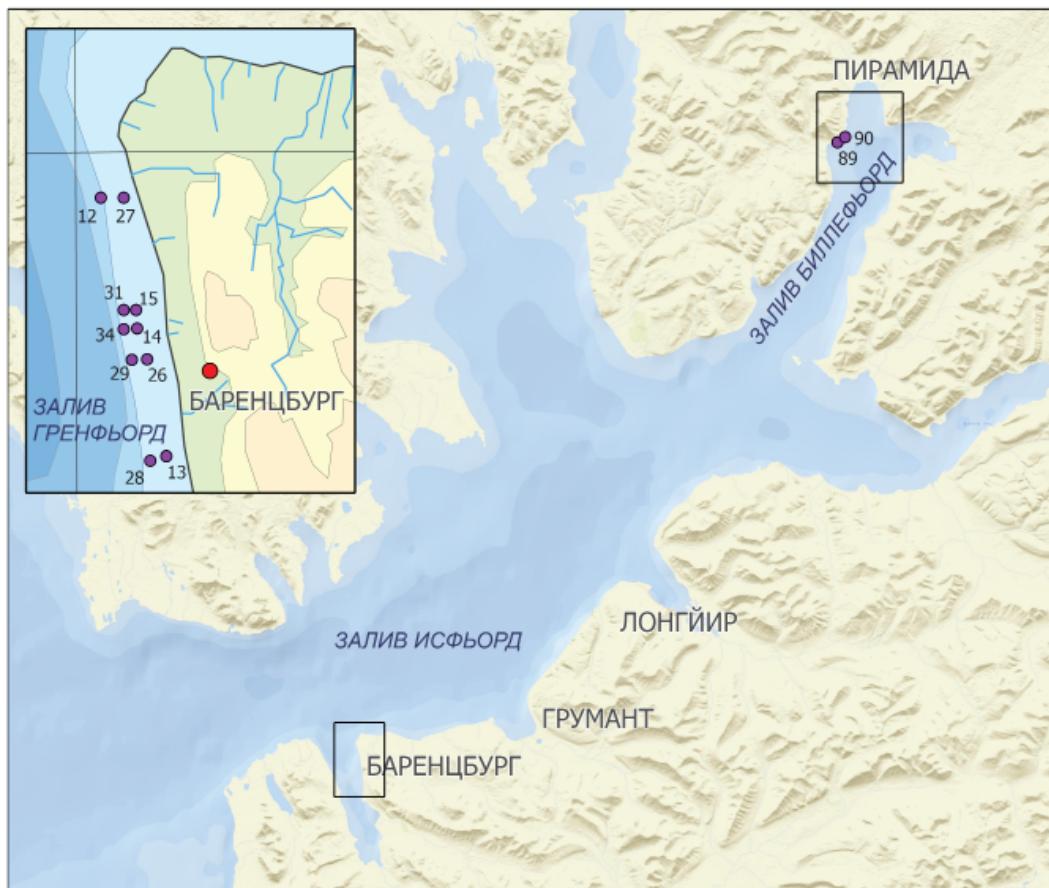


Рис. 7.1. Район мониторинга на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд архипелага Шпицберген в августе 2023 г.

7.3. Гидрохимические показатели

Значения водородного показателя (рН) морских вод в заливе Гренфьорд находились в интервале 7,90–8,02, в среднем 7,96 ед. рН. В заливе Биллефьорд значения рН были в таком же диапазоне – 7,97–7,99. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) вод обследованных акваторий варьировал в диапазоне 217–258 мВ, составляя в среднем 240 мВ. Щелочность (Alk) в заливе Гренфьорд составляла 1,55–1,73/2,29, в заливе Биллефьорд 1,28–1,58 мг-моль/дм³. Значение электропроводности морской воды было в диапазоне от 44,60 до 49,40 мС/см в водах вблизи пос. Баренцбург и 29,10–42,50 мС/см у берегов пос. Пирамида. Содержание взвешенных веществ в водах двух заливов было существенно ниже прошлогодних значений и варьировало в диапазоне 1,35–2,32, при среднем значении 1,71 мг/дм³ (0,2 ПДК).

Биогенные вещества (мкг/дм³). Значения концентрации общего и аммонийного азота в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в августе 2023 г. были ниже предела обнаружения используемых методик анализа. Содержание нитратного азота в заливе Гренфьорд варьировало в пределах от 0 (в 12-ти пробах) до 31,80, в заливе Биллефьорд – от 6,93 до 15,80; нитритного азота в первом было от аналитического нуля в восьми пробах до 1,33, а в заливе Биллефьорд значения были немного выше – 2,13–2,30. Содержание общего фосфора в водах у Баренцбурга было зафиксировано во всех пробах и составило от 13,40 до 41,90, в среднем 25,31; у поселка Пирамида все значения были выше предела обнаружения методики анализа (8,40–61,20). Минеральный фосфор был зафиксирован в заливе Гренфьорд в пяти из 17 проб в пределах 2,1–2,8, а пос. Пирамида только в одной пробе у поверхности (3,1). Силикаты в водах двух заливов были в диапазоне 25,3–316,0/122,4 мкг/дм³.

Содержание растворенного кислорода на всех станциях было высоким и находилось в пределах 12,09–13,11 мгО₂/дм³ (90,90–112,20% насыщения). В придонном слое, как и в предыдущие годы, значения были в среднем на 0,5–1,0 мг/дм³ выше, чем в поверхностном. Значение биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод в августе 2023 г. понизилось по сравнению с прошлым годом, минимальное, максимальное и среднее значение в 17 пробах из залива Гренфьорд составляло 1,35–2,08/1,68, в трех пробах из залива Биллефьорд – 1,60–2,32/1,91, в среднем 1,71 мгО₂/дм³ (0,81 ПДК), (рис. 7.2).

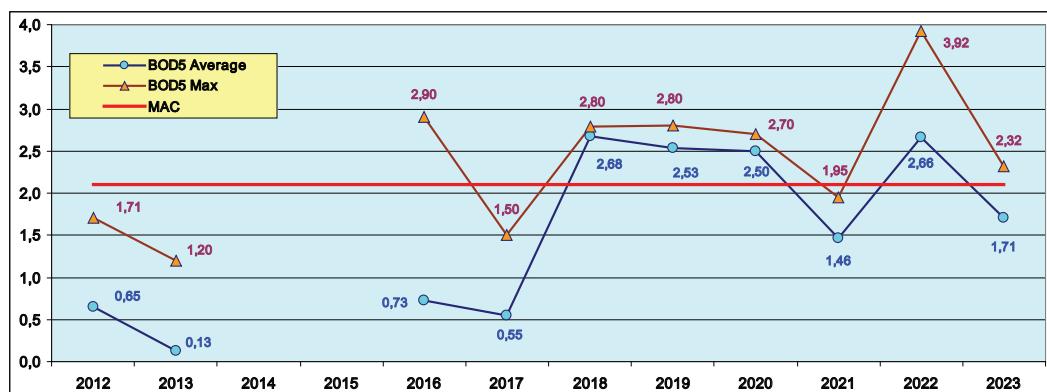


Рис. 7.2. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации органических веществ по БПК₅ (мгО₂/дм³) в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в 2012–2023 гг.

7.4. Загрязняющие вещества

Концентрация СПАВ на всех станциях, как и в предыдущие четыре года, была ниже предела обнаружения. Содержание фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, неполярных али-

фатических и летучих ароматических углеводородов в водах обоих заливов была также ниже предела чувствительности используемых методов химического анализа.

Нефтяные углеводороды в воде были зафиксированы только в трех пробах из залива Гренфьорд (6,3; 6,8 и 7,1), средняя величина 1,0 мкг/дм³. Максимальная концентрация (0,14 ПДК), как и в прошлом году, была зафиксирована на поверхном горизонте в центральной части залива севернее пос. Баренцбург. Содержание НУ в водах залива Биллефьорд находилось ниже предела обнаружения используемого метода анализа.

Из 16 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ, нг/дм³), которые подлежали анализу, в морских водах залива Гренфьорд в большинстве проб были обнаружены только два соединения: антрацен (0–2,0/0,8) и флуорантен (0–125/29,8). Кроме последнего соединения (в среднем 70,5) в водах залива Биллефьорд также выявлены фенантрен (7,2), хризен (4,9), бензо(б)флуорантен (6,5) и бензо(к)флуорантен (1,1 нг/дм³), в основном в придонных водах. Среднее общее содержание ПАУ в восточной части залива Гренфьорд в летний период 2023 года составило 23,5, в то время как в заливе Биллефьорд оно достигло 81,9; по всей акватории 32,3 нг/дм³. Начиная с 2012 г. суммарное содержание ПАУ в контролируемых районах в основном варьировало в узком диапазоне 25–60, за исключением трех лет пониженных величин (0,0–6,5–12,7) и максимума 128 нг/дм³ в первый год мониторинга.

В отличие от прошлого года содержание пестицидов ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД; гексахлорбензола, других хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов было ниже предела обнаружения используемых для анализа методик. В предыдущий период различные хлорорганические пестициды часто были отмечены в пробах воды в различной концентрации. Содержание ГХЦГ и его конгенеров было ниже предела обнаружения, как и в прошлом году.

Среднее содержание определяемых тяжелых металлов в прибрежных водах по сравнению с прошлым годом для большинства металлов понизилось за исключением никеля, марганца и хрома (табл. 7.1, рис. 7.3). Массовая доля свинца, железа и ртути в морской воде находилась ниже пределов обнаружения.

Таблица 7.1. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в прибрежных водах Шпицбергена в 2013–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	0,4	0,1	0,1	0,02	0,7	1,4	3,7	3,1	0,3	0
	1,4	0,002	0,07	0,08	0,3	1,7	1,9	2,1	0,05	0,008
	0,1	0,66	0,04	0,31	1,6	1,4	6,5	0,4	0	0,011
	3,9	0,08	6,49	0,13	2,7	20,1	6,6	16,8	2,77	0,006
	3,0	0	0,10	1,04	8,95	5,2	15,2	4,6	0	0,003
	3,7	0	2,9	0,2	4,84	12,4	10,0	2,3	1,7	<0,01
	2,0	0	0,29	0,35	13	5	3	14	0	0,005
	0,88	0	0,25	0	1,16	0	5,37	0	0,11	0
		0	0	1,49	7,5	33,6	5,60	12,3	0,22	0,003
	8,7		0,28	1,813	3,4	85,3	5,8	7,2	0,1	0,0005
Максимальная	3,5		0,01	0,694	6,2	13,4	11,4	0,0	1,0	0
	1,7	0,8	0,3	0,1	2,4	5,6	14,0	6,4	1,2	0
	2,6	0,04	0,16	0,6	0,99	14,0	6,5	3,8	0,6	0,06
	0,55	2,22	0,16	0,44	2,9	4,7	14,6	1,4	0	0,016
	9,0	3,20	12,00	2,80	4,8	36,0	12,0	370,0	5,30	0,080
	11,0	0	0,36	2,50	18,0	28,0	44,0	17,0	0	0,023
	5,3	0,0	3,9	3,2	8,40	19,3	25,0	29,5	3,4	<0,01
	4,2	0	0,42	1	16,0	102	5	72	0	0,008

	2,4	0	0,38	0	1,96	0	10,6	0	2,2	0
		0	0	2,5	10,0	138	10,5	31,1	1,9	0,014
	44	0	1,1	5,8	13	300	16	12,13	1,7	0,013
	14,3	0	0,156	1,8	15,9	26,3	19,7	0	9,49	0
ПДК сред	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0
	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	0,11
	0,78	<0,1	0,65	<0,1	0,27	0,40	0,13	0,34	0,14	<0,1
	0,60		<0,1	0,21	0,90	0,10	0,30	<0,1		<0,1
	0,74		0,29	0,04	0,48	0,25	0,20	<0,1	<0,1	
	0,4		0,03	0,07	1,28	<0,1	0,06	0,28		0,05
	0,18		0,02		0,12		0,10		<0,1	
				0,30	0,75	0,67	0,11	0,25	0,01	0,03
	1,73		0,03	0,36	0,34	1,71	0,12	0,14		<0,01
ПДК max	0,69		<0,01	0,14	0,62	0,27	0,23			
	0,34	<0,1	<0,1	<0,1	0,24	0,11	0,28	0,11	<0,1	0
	0,52	<0,1	<0,1	0,12	<0,1	0,28	0,13	<0,1	<0,1	0,60
	0,11	0,22	<0,1	<0,1	0,29	<0,1	0,29	<0,1	<0,1	0,16
	1,80	0,32	1,20	0,56	0,48	0,72	0,24	7,40	0,27	0,80
	2,20		<0,1	0,50	1,80	0,56	0,88	0,34		0,23
	1,06		0,39	0,64	0,84	0,39	0,50	0,59	0,17	
	0,84		0,04	0,20	1,60	2,04	0,10	1,44		0,08
	0,48		0,04		0,20		0,21		0,11	
				0,50	1,00	2,76	0,21	0,62	0,10	0,14
	8,80		0,11	1,16	1,30	6,00	0,32	0,24		0,13
	2,86		0,02	0,36	1,59	0,53	0,39			

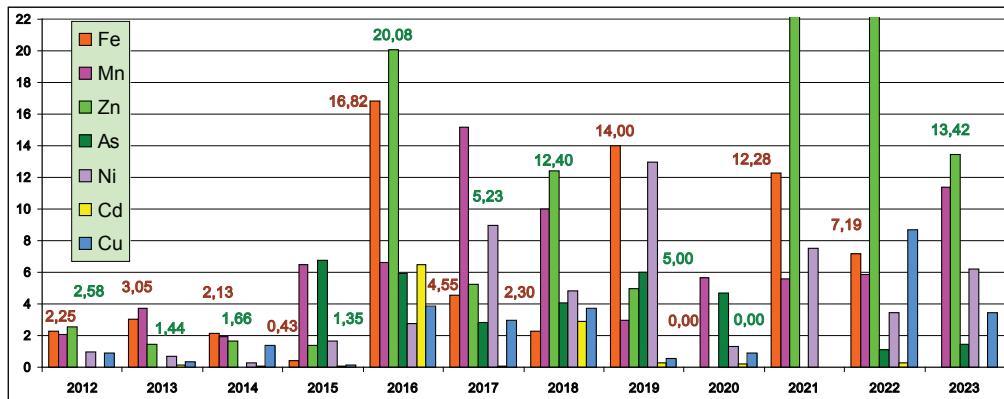


Рис. 7.3. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах о. Шпицберген. Концентрация цинка в 2021–2022 гг. достигала 33,6 и 85,3 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$.

Концентрация большинства органических загрязняющих веществ в водах заливов Гренфьорд и Биллфьорд на Шпицбергене в 2023 г. была в пределах обычного диапазона значений для прибрежных районов северных морей с незначительным влиянием береговых источников загрязнения на морскую среду. Содержание металлов также было в пределах естественной многолетней изменчивости. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных

нормативов позволяет классифицировать воды обследованных акваторий заливов Гренфьорд у поселка Баренцбург и Биллефьорд у посёлка Пирамида как «чистые» (ИЗВ=0,65), II класс (табл. 7.2). Для расчета индекса была использована средняя концентрация меди, никеля и органических веществ по БПК₅. По сравнению с предыдущими двумя годами воды заливов в 2023 г. были намного чище за счёт отсутствия ряда загрязняющих веществ (пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, гексахлорбензола, полихлорированных бифенилов), снижения показателя БПК₅ и содержания некоторых тяжёлых металлов. В итоге изменилась начавшаяся в 2017 г. тенденция увеличения степени загрязнения прибрежных морских вод о. Шпицберген.

Таблица 7.2. Оценка качества вод в заливе Гренфьорд в 2021–2023 гг.

Район моря	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Гренландское море	2,01	V	1,29	IV	0,65	II	БПК ₅ 0,81; Cu 0,69; Ni 0,62; O ₂ 0,47

7.5. Загрязнение морских донных отложений

В донных отложениях обследованной части акватории залива Гренфьорд проводилось определение содержания загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов, НАУ, ПАУ, фенолов, тяжелых металлов и ХОС. Суммарное содержание нефтяных углеводородов достигало 61 мкг/г при среднем значении 58 мкг/г. Концентрация неполярных алифатических углеводородов (НАУ), фенолов и всех 16 определяемых полилипидических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях прибрежной части залива Гренфьорд находилась ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода. Содержание суммы нефтяных углеводородов (НУ) доходило до 1,22 ДК. Остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК. Максимальная концентрация тяжелых металлов в пробах морских донных отложений составляла (мкг/г): железа 33,1 мг/г, марганца 158, цинка 60,4, меди 16, никеля 20,5, кобальта 9,08, свинца 12,6, кадмия 0,09, хрома 30,6, ртути 0,04 и мышьяка 15,8 мкг/г.

Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Гидрохимические наблюдения в морях Северного Ледовитого океана в 2023 г. не проводились, за исключением Баренцева (Кольский залив), Гренландского (о. Шпицберген) и Карского морей. К морям этого океана относят Гренландское, Норвежское, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Бофорта и Линкольна; внутренние моря: Белое и Баффина; самым крупным заливом является Гудзонов залив (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Моря Северного Ледовитого океана

8.1. Карское море

Демешкин А.С., Крутелев С.П., Пядушкин С.А.

Исследования проводились в августе 2023 г. Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» в южной части Карского моря. Была отобрана серия проб морских вод для определения основных гидрохимических показателей: водородного показателя (рН), электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала (Eh), растворенного кислорода, БПК₅, содержания в воде биогенных элементов (нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремнекислоты), а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов и мышьяка, ХОС (включая пестицидов и полихлорированных бифенилов), ПАУ, НУ, ЛАУ, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ.

Водородный показатель (рН) морских вод находился в пределах 7,78–8,45 ед.рН. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) морских вод обследованной акватории варьировали в пределах 184–244 мВ, составляя в среднем 206 мВ. Значения электропроводности морской воды летом были в диапазоне 44,1–52,8 мС/см при средней величине 46,4 мС/см. Концентрация растворенного кислорода в поверхностном слое вод летом варьировала от 9,35 до 11,69 мгO₂/дм³; насыщение вод кислородом 96–110%. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод составляли от 0,65 до 1,95 мгO₂/дм³ (0,93 ПДК).

Биогенные элементы (мкг/дм³). Концентрация нитратного и аммонийного азота в водах обследованной акватории находилась ниже предела обнаружения. Содержание общего азота в водах района изменялось от 206 до 1056; нитритного азота достигало 3,82, а силикатного кремния 54. Концентрация фосфатного фосфора в водах района исследований находилась в пределах 4,5–15,7, содержание общего фосфора изменялось от 24,0 до 51,3 мкг/дм³.

Содержание синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) и неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в водах обследованной акватории за период наблюдений было ниже предела чувствительности используемого метода анализа. Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в морских водах обследованной акватории достигало 78 мкг/дм³. Из 16 контролируемых поликлинических ароматических углеводородов (ПАУ) обнаружены только нафталин и бенз(а)антрацен. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах Карского моря составило 72 нг/дм³.

Из хлороганических соединений (ХОС) за период наблюдений зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Значимых значений полихлорбензолов обнаружено не было. Максимальная концентрация идентифицированных ХОС составляла (нг/дм³): для суммы ГХЦГ 0,4; для суммы ДДТ 0,31; для суммы ПХЦД 0,5; для суммы ПХБ 0,8 нг/дм³.

Содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды достигало значений (мкг/дм³): железо 14, марганец 6,1, цинк 7,0, медь 3,1, никель 3,2, кобальт 1,0, кадмий 0,41 и мышьяк 1,48 мкг/дм³. Концентрация ртути, свинца, олова и хрома находилась ниже предела обнаружения.

Расчеты индекса ИЗВ для морских вод выполнялись с использованием значений концентрации растворенного кислорода и трех показателей с наибольшими средними значениями. Согласно полученным результатам воды южной части Карского моря в 2023 году оценивалась как «чистые» и относились ко II классу качества.

Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (ТИХИЙ ОКЕАН)

Погожева М.П., Копаница М.В.

9.1. Общая характеристика

Омываемое водами Тихого океана юго-восточное побережье полуострова Камчатка сильно изрезано крупными заливами – Камчатским, Кроноцким, Авачинским, Карагинским и др. Далеко в море выступают скалистые полуострова (Шипунский, Кроноцкий, Камчатский, Озерной). Крупнейшей бухтой является Авачинская губа, которая представляет собой закрытую внутреннюю часть Авачинского залива (рис. 9.1). Длина бухты 24 километра, ширина у входа составляет три километра, общая площадь водного зеркала 215 км², максимальная глубина 26 метров. В бухту впадают реки Авача и Паратунка. На берегах бухты находится крупнейший город полуострова Петропавловск-Камчатский (примерно 162,5 тыс. жителей) и закрытое административно-территориальное образование город Вилючинск (около 21,8 тыс.), получивший название от расположенного в округе Вилючинского вулкана.

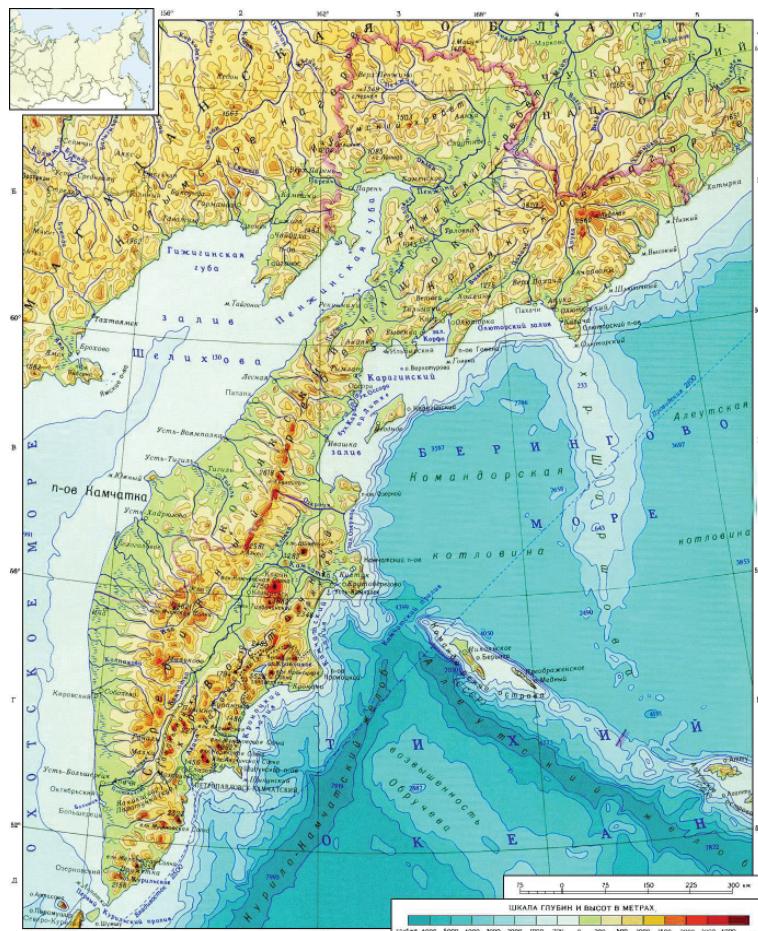


Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.

9.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Основными источниками загрязнения морских вод Авачинской губы являются реки, предприятия портовой инфраструктуры, судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыбопромыслового и транспортного флотов, а также хозяйствственно-бытовые стоки города Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов. Сведения о количественном и качественном составе сбрасываемых сточных вод предоставляются Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ (табл. 9.1). В 2023 г. в Авачинскую губу было сброшено 41,8 млн.м³ сточных вод (на 80,19 тыс.м³ выше прошлого года), из которых загрязненных без очистки 4,5 млн.м³, недостаточно очищенных 0,9 млн.м³, нормативно очищенных 7,5 млн.м³ и нормативно чистых 28,7 млн.м³. В общем объеме поступивших в губу сточных вод отмечено уменьшение в сравнении с прошлым годом количества нефтепродуктов в 3,9 раза, фосфатов по фосфору в 1,9 раза, СПАВ в 1,3 раза. Отмечено незначительное снижение содержания взвешенных веществ и сульфатов, а также увеличение аммония и хлоридов. По сравнению с прошлым годом расход воды рек Авача и Паратунка увеличился на 12,4% и 3,5% соответственно. Отмечено повышение количества поступивших в море загрязняющих веществ: фенолов 51 т (на 53,7%); нефтепродуктов 272 т (в 6 раз); взвешенных веществ 252,86 тыс.тонн (в 3 раза); неорганических соединений азота и фосфора 1,531 тыс.тонн (на 17%). Исключение из общей ситуации повышения составил только нитритный азот, количество которого составило 21 т, что на 39,5% меньше прошлогоднего (табл. 9.2).

Таблица 9.1. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от предприятий в Авачинскую губу в 2023 г.

Лпередпринимае Oтреpнeтиe Bcero 6e3 oнcтиki		hpoмtнtнho hpoмtнtнho hpoмtнtнho		AMониn-nоn (T) B3eмeHhпie		CThA (kr) HeftepnpoAkytpi (hеftp), (T)		CThnфaтн-hоn (no фoсfоpы), (T)		XнупnA-hоn (xнупnA), (T)	
г. Петропавловск-Камчатский											
АО "Петропавловск-Камчатский морской торговый порт"	13,40	13,40				0,007	0,007	0,333	97,683	0,003	0,134
АО "ПСРЗ"	127,24	0,00	0,00	124,00	3,24	0,058	0,025	0	0,43	0,005	0,97
ООО "Железно-бандочная фабрика и Ко"	129,68	0,00	0,00	129,68	0,49	0,45	0,00346	30,58	0	2,35	1,66
ООО "Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод"	81,26	0,00		81,26	0,122	0,164	0,009	5,343	0,031	2,265	0,854
ООО "Экология"	2,00			2,00	0,021	0,0001	0	0,050	0	4,589	31,08
ООО "Рем-Нова ДВ"	81,56			66,00	15,56	0,224	0,0680	0,003	1,6700	0,016	1,012
АО "Судоремсервис»	137,51	0		137,51	2,371	1,784	0,018	18,182	0,199	3,77	5,04
Рыболовецкий колхоз им. В.И.Ленина	855,12	0,00	855,12		2,311	0,233	0,103	54,534	0,096	10,484	21,821
ООО "Аквадиши"	5,48	0,00	0,84		4,64	0,178	0,043	0	5,643	0,059	0,119
Краевое ГУП "Камчатский водоканал"	10018,09	3144,72		6873,37	790,552	289,99	2,44	9587,145	30,394	397,057	552,959
ООО "Терминал "Серолазка"	2,76		2,76		0,013	0	0	0	0	0	0
ООО "УКР"	254,40	254,40			0,28	0,006	0,002	1,272	0		
ПАО "Камчатскнефтегаз"	28303,59	71,52	42,07	28190,00	0,892	0,013	0,009	3,2	0,022	26,753	192,779
г. Вилючинск											
"Вилючинский водоканал"	1227,76	977,41			250,35	118,992	44,403	0,873	461,52	11,187	68,421
АО "СВРЦ"	528,39	1,61		352,00	1,60	0,722	0,388	0,001	1,946	0,005	2,444
Отделение Вилючинск «ДальРАО»	0,56				0,008	0,004	0	0,183	0,003	0,031	0,015
ИТОГО в 2023 г.	41768,80	4463,06	901,35	28732,00	7499,21	917,24	347,58	3,79	10269,38	42,02	520,40
в 2022 г.	41688,61	4948,62	695,59	28895,23	7136,58	305,41	1071,26	13085,10	14,63	551,57	78,26
											839,70

Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2023 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
Расход воды (м ³ /с)	163,0		38,0		201,0
Наименование вещества	мг/дм ³	тыс. т	мг/дм ³	тыс. т	тыс. т
Фенолы	0,008	0,041	0,008	0,010	0,051
Нефтепродукты	0,028	0,144	0,107	0,128	0,272
Взвешенные вещества	46,30	238,00	12,40	14,86	252,86
Азот нитритный	0,004	0,021	0	0,000	0,021
Азот нитратный	0,199	1,023	0,169	0,203	1,225
Азот аммонийный	0,032	0,164	0,004	0,005	0,169
Фосфор минеральный	0,023	0,118	0,015	0,018	0,136

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2023 г. специалистами Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Камчатское УГМС» было проведено 6 гидрохимических съемок с мая по октябрь на 11 станциях ГНС (рис. 9.2). В Авачинской губе наблюдения выполнены с борта арендованного маломерного судна с горизонтов 0 м, 10 м и из придонного слоя на глубинах от 11 до 26 м, а в прибрежных водах Авачинского залива в районе Халактырского пляжа с берега из поверхностного слоя. Всего было обработано 150 проб морской воды. В состав наблюдений вошли стандартные гидрохимические параметры и загрязняющие вещества: температура, pH, взвешенные вещества, объемная концентрация растворенного кислорода (млO₂/дм³), щелочность, азот нитритный, нитратный и аммонийный, кремний, фосфор общий и фосфаты по фосфору (минеральный фосфор), АСПАВ, фенолы, нефтепродукты. Расчетным путем были получены массовая концентрация растворенного кислорода (мгO₂/дм³), насыщение вод кислородом (%), соленость и хлорность. На пяти морских береговых гидрометеорологических станциях проводились визуальные наблюдения за загрязнением водной поверхности прилегающих районов моря нефтяной пленкой. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и фенолов используется единица мкг/дм³; абсолютного содержания кислорода мгO₂/дм³; нефтяных углеводородов мг/дм³. Предел обнаружения (DL, мкг/дм³) аммонийного азота составил 20; нитритов 0,5; нитратов 5,0; фенолов 0,5; СПАВ 100, а нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³.

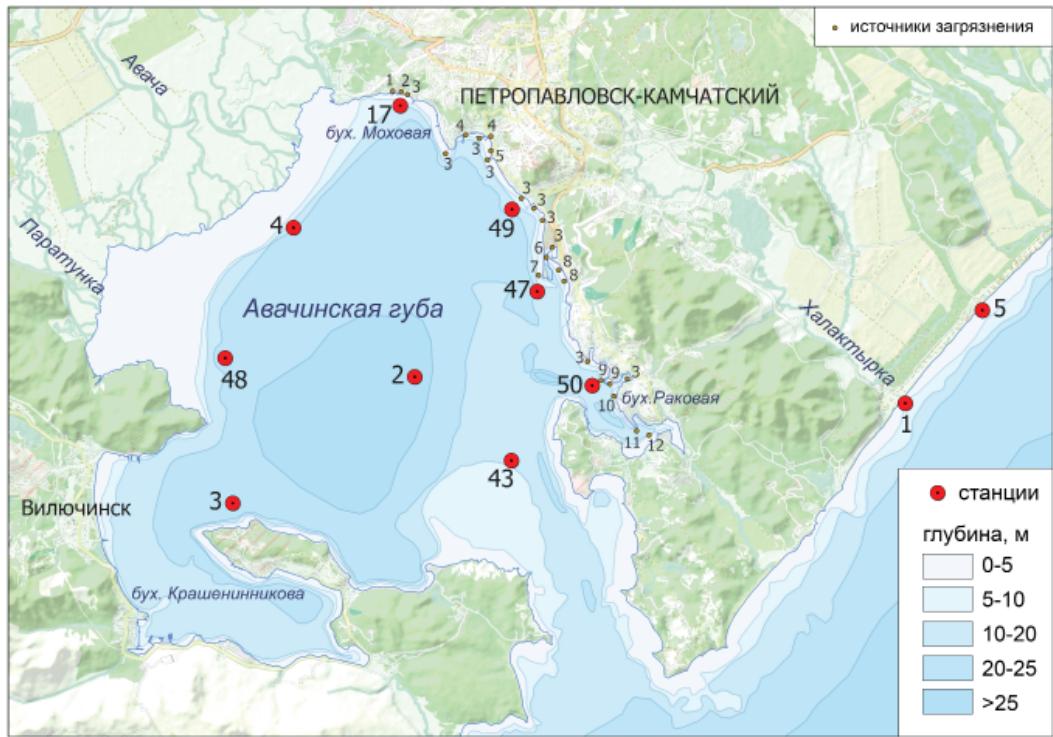


Рис. 9.2. Карта-схема расположения станций наблюдений за качеством вод в Авачинской губе.

Соленость в водах Авачинской губы изменялась в очень широком диапазоне от 1,590‰ в июне в Моховой бухте (ст.№17) до 33,006‰ в августе возле судоремонтного завода (ст.№49), составив в среднем для всей толщи вод губы 27,701‰. В придонном слое соленость не опускалась ниже 22,618‰. Средняя соленость за пять лет составила 28,19‰. Значения хлорности изменились в диапазоне 0,88–18,27‰; средняя для поверхностного слоя 12,76‰, промежуточного 16,94‰, придонного 17,59‰; в среднем для всей толщи 15,33‰. Температура морской воды изменялась от 1,97°C в придонном слое на входе в бухту Красшенинникова (ст.№3) 30 мая до 16,39°C в поверхностном слое приустьевой зоны р. Авача (ст.№4) 24 августа. В течение периода наблюдений показатели температуры в толще вод изменились в диапазоне 2,67–8,27°C; на поверхности в пределах 2,60–16,39°C; в придонном слое 1,97–7,84°C. Значения pH были в диапазоне 7,57–9,02. Мутность воды варьировала от 1,5 мг/дм³ в Моховой бухте до 26,2 мг/дм³ возле судоремонтного завода; среднегодовой показатель 22,02 мг/дм³ (2,2 ПДК).

Биогенные элементы. Концентрация минерального фосфора изменялась в широком диапазоне от аналитического нуля до 168,30, общего фосфора 0,00–173,75; средние значения 37,19 и 56,22 мкг/дм³ соответственно, что немного выше прошлогодних значений. Максимальная концентрация общего фосфора была отмечена в августе в придонном слое в центре Авачинской губы. Повешенное содержание минерального и общего фосфора фиксировалось в районе морского порта, а также на выходе и в центральном районе губы. С глубиной величины возрастают, что связано с поступлением с поверхности и накоплением в придонном слое содержащих фосфор взвесей и дальнейшей их минерализацией. По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация нитритного азота в водах Авачинской губы незначительно увеличилась с 4,6 до 5,8 мкг/дм³. Нитриты

являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до нитратов, которые преобладают в морской воде как конечный продукт минерализации. Содержание нитратов в среднем по толще было ниже прошлогоднего и составляло 122,74 мкг/дм³. Наибольшее значение было отмечено в придонном слое в центре Авачинской губы (402,15). Среднее содержание аммонийного азота незначительно снизилось с 42,9 до 38,9 мкг/дм³. В течение всего периода наблюдений количество аммонийного азота в придонном слое превышало величины на поверхности. Весной наблюдался рост средней концентрации, который достигал максимума 81,46 мкг/дм³ в июле. В это время отмечалась и самая высокая разовая концентрация этого вещества (311,10) на придонном горизонте центральной части губы.

В 2023 г. концентрация силикатов в водах Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива (район Халактырского пляжа) варьировала в широком диапазоне 11–7363 мкг/дм³. Поскольку основным источником поступления кремния в море является речной и термальный сток, поэтому среднее содержание кремния на поверхности обычно в несколько раз превышает его концентрацию у дна. По данным многолетних наблюдений повышенная концентрация силикатов отмечается в периоды половодья и дождевых паводков. В 2023 г. такие высокие значения (более 3000 мкг/дм³—13 проб) отмечались в поверхностном слое на входе в бухту Крашенинникова, в Моховой бухте, Морском порту и в эстуариях рек Авача и Паратунка. Максимальная разовая концентрация фиксировалась в мае на поверхностном горизонте в Моховой бухте (ст.№17), а минимальная в октябре в Морском порту (ст.№47). Сезонные изменения количества кремния зависят от интенсивности речного стока. В период с мая по июль 2023 г. в среднем по толще вод наблюдался рост содержания кремния, а в августе в период межени его количество снизилось. Повышенное содержание кремния отмечалось в сентябре и по времени совпало с дождевым поводком на реках Авача и Паратунка. Концентрация в целом по толще вод была меньше прошлогодней на 33% и составила 2093 мкг/дм³.

В 2023 г. количество растворенных **нефтяных углеводородов** превышало установленный норматив в 1,4 раза только в одной пробе воды, отобранной в августе на поверхностном горизонте прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа (ст.№5). Концентрация НУ в 122 из 150 была ниже предела обнаружения, а средняя составила 0,006 мг/дм³. За последние пять лет среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов снизилась с 2,2 до 0,1 ПДК (рис. 9.3).

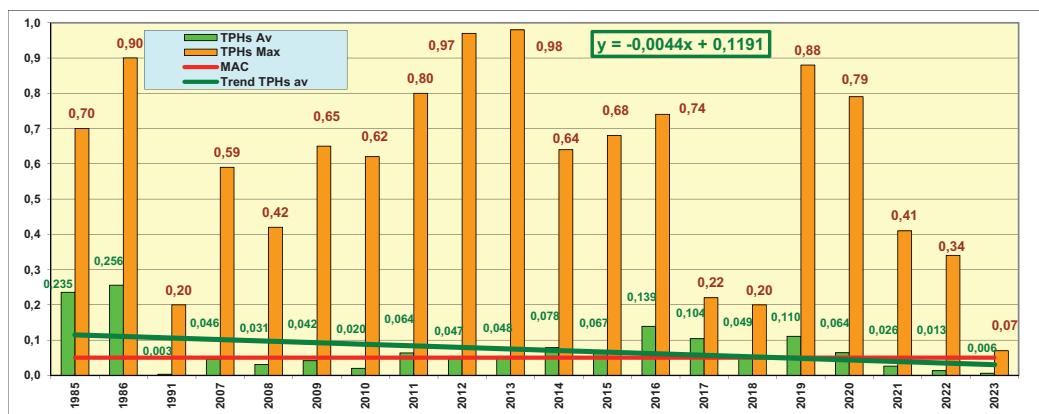


Рис. 9.3. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Авачинской губы в 1985–2023 гг.

В 2023 г. визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих морских акваторий проводились на 5 гидрометеорологических станциях ФГБУ «Камчатское УГМС». На побережье Берингова моря в бухте Оссора нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС Остров Беринга (о. Беринга, Тихий океан) у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов практически во все месяцы года (кроме января, марта и октября) с повторяемостью от 1 до 6 дней отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности. На МГ-II Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности с покрытием 10% видимой акватории отмечалась с марта по декабрь с частотой 32–90%, а в начале года отсутствовала. С апреля по июль визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами затруднены из-за туманов и моросящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости. Как и в предыдущие годы, наиболее загрязненной была Авачинская губа. При отсутствии льда на МГ-I Петропавловск-Камчатский ежедневно отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности. На западном побережье Камчатки в районе поселка Озерновский (Охотское море) с марта по октябрь пленка слабой интенсивности (1 балл), покрывавшая 10% видимой поверхности моря, регистрировалась с длительностью от 4 до 24 дней. В другие месяцы загрязнение не отмечалось.

Детергенты входят в состав моющих/чистящих средств и поступают в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми, промышленными стоками, а также с речной водой. На протяжении длительного ряда лет содержание анионных СПАВ в морских водах было небольшим. Однако в последний год их концентрация превышала предел обнаружения (1,0 ПДК) в 17 пробах из 150; среднее значение составило 15,8 мкг/дм³. Наибольшие среднемесячные величины детергентов (0,5 ПДК и 0,3 ПДК) отмечались в сентябре и октябре. Максимальная концентрация детергентов (172 мкг/дм³) зафиксирована в сентябре на промежуточном горизонте ст.№3 у входа в бухту Крашенинникова.

Загрязнение **фенолами** в среднем по толще вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива увеличилось с 0,3 до 0,6 ПДК. Концентрация выше норматива возросла с 2,8% до 22,5%. Чаще всего превышение ПДК фенолов наблюдалось в акватории морского порта (семь проб на ст.№47) и в центре губы (четыре пробы на ст.№2), однако повышенные значения были отмечены еще на семи станциях по всей акватории, включая эстuarную зону реки Халактырка (ст.№1). Максимальная разовая концентрация фенолов (4,7 ПДК) зафиксирована в сентябре у входа в бухту Крашенинникова на поверхности (рис. 9.4).

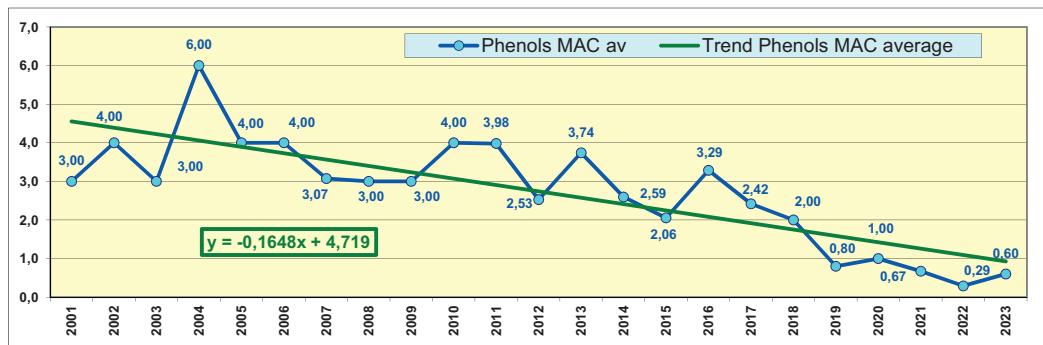


Рис. 9.4. Многолетняя динамика среднегодовой концентрации фенолов (ПДК) в Авачинской губе в 2001–2023 гг.

Кислородный режим вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа в 2023 г. в целом был удовлетворительным. Содержание растворенного в воде кислорода в период наблюдений изменялось в пределах 5,94–14,02 (50,6–163,6% насыщения), составив в среднем 10,37 мгО₂/дм³ (102,6% насыщения), (табл. 9.3). Концентрация растворенного кислорода ниже норматива была определена только в одной пробе, отобранный в августе в центре Авачинской губы на глубине 26 м (ст.№2). По многолетним наблюдениям в теплый период года пониженные величины растворенного кислорода регистрируются здесь на придонном горизонте постоянно (рис. 9.5).

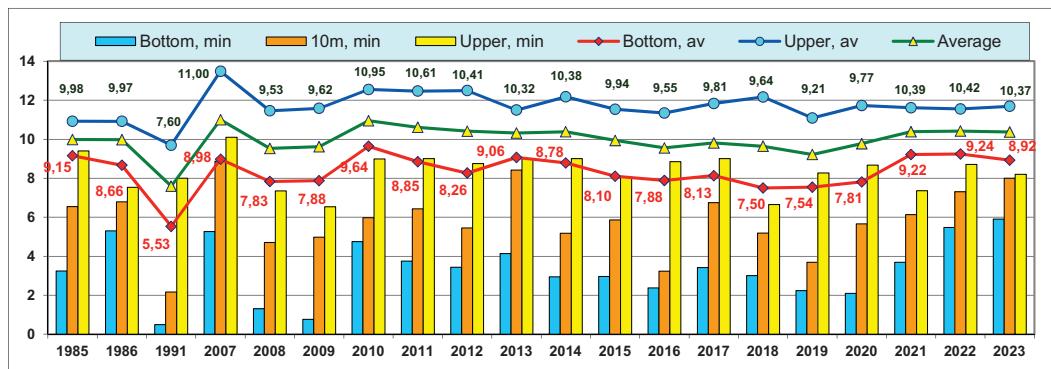


Рис. 9.5. Многолетняя динамика минимальных и средних значений растворенного кислорода ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) в Авачинской губе в 1985–2023 гг. Примечания: Bottom, min – минимальное значение на придонном горизонте; 10 m, min – на глубине 10 м; Upper, min – в поверхностном слое; Bottom, av – среднее значение в придонном слое; Upper, av – в поверхностном слое.

Таблица 9.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,026	0,52	0,013	0,26	0,006	0,12
		0,41	8,20	0,34	6,80	0,070	1,40
	Фенолы	0,67	0,67	0,29	0,29	0,60	0,60
		2,0	2,00	1,4	1,40	4,66	4,66
	СПАВ	6,23	0,06	0,93	<0,01	15,77	0,16
		130	1,30	140	1,40	172	1,72
	Азот аммонийный N-NH ₄	59,47	0,03	42,89	0,02	38,9	0,01
		278,60	0,12	313,40	0,14	311,1	0,11
	Азот нитритный N-NO ₂	6,92	0,29	5,82	0,24	4,6	0,19
		22,38	0,93	28,75	1,20	27,52	1,15
	Фосфор фосфатов P-PO ₄	38,33	0,77	28,85	0,58	37,19	0,74
		152,79	3,04	110,70	2,21	168,3	3,37
	Растворенный кислород	10,39		10,42		10,37	
		3,69	0,62	5,47	0,91	5,94	0,99
	% насыщения	101,5		102,7		102,6	
		33,6		50,5		56,6	

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (C*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфатов, фенолов – в мкг/дм³.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

Таблица 9.4. Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	0,52	II	0,43	II	0,53	II	NO ₂ 0,19; PO ₄ 0,74; Фенолы 0,60; O ₂ 0,58

Примечание 1. Ранее фосфор фосфатов не учитывался при подсчете ИЗВ.

Выводы

Основным загрязнителем вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива являются фенолы. Их среднегодовая концентрация в 2023 г. возросла с 0,3 ПДК до 0,6 ПДК. Количество проб с фенолами выше норматива увеличилось с 2,8% до 22,5%. В сентябре их содержание в морской воде было наибольшим и в среднем по толще вод достигало 1,8 ПДК, с максимумом 4,7 ПДК у входа в бухту Крашенинникова на поверхности. В 2023 г. количество нефтяных углеводородов только в одной пробе воды с Халактырского пляжа превысило допустимое значение в 1,4 раза. В 81,3% проб содержание НУ было ниже предела обнаружения. За последние пять лет среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов снизилась с 2,2 ПДК до 0,12 ПДК. Среднее по толще вод содержание СПАВ в морских водах губы на протяжении длительного ряда лет было небольшим, однако в 2023 г. их количество возросло до 0,2 ПДК (15,8 мкг/дм³). Частота обнаружения величин выше норматива составила 12,3%. Максимальная концентрация детергентов составила 172 мкг/дм³ в сентябре у входа в бухту Крашенинникова. Повышенная концентрация нитритов отмечалась в июле на придонном горизонте в приустьевых зонах рек Авача (1,0 ПДК) и Паратурка (1,1 ПДК), в центральной части Авачинской губы (1,4 ПДК); а в августе в центральной части губы (1,3 ПДК). Остальные биогенные элементы (соединения азота нитратного, аммонийного и фосфатов) находились в пределах установленных норм. Степень насыщения морских вод кислородом в среднем по всей толще составляла 10,37 мгO₂/дм³ (102,6% насыщения). Концентрация растворенного кислорода ниже норматива была зафиксирована только в одной пробе в августе в придонном слое центрального района Авачинской губы (5,94 мгO₂/дм³). Согласно расчету индекса загрязненности качество вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа по-прежнему остается во II классе, «чистые» (ИЗВ=0,53), (табл. 9.4). Расчет выполнен по средней концентрации нитритов, фосфатов и фенолов.

Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

Щербаков К.А., Артамонова Е.М., Долгова А.О., Кориленко А.Н.

10.1. Общая характеристика

Охотское море является одним из наиболее крупных и глубоких морей мира. Его площадь равна 1603 тыс.км², объем около 1316 тыс.км³, средняя глубина 821 м, наибольшая глубина 3521 м. Охотское море относится к окраинным морям смешанного материково-океанского типа. Берега обычно относительно пологие, но встречаются обрывистые участки и скалы. Протяженная береговая линия изрезана относительно слабо, но образует несколько крупных заливов (Анива, Терпения, Сахалинский, Академии, Тугурский, Аян, Шелихова) и губ (Удская, Тауйская, Гижигинская и Пенжинская). Проливами Невельского, Татарским и Лаперуза оно сообщается с Японским морем, Курильскими проливами – с Тихим океаном (Залогин, 1999).

Проливы Невельского (ширина около 7 км) и Лаперуза (ширина 43–186 км, глубина 53–118 м) сравнительно узкие и мелководные. Суммарная ширина Курильских проливов около 500 км, а максимальная глубина самого глубокого пролива Буссоль превышает 2300 м. Возможность водообмена Охотского моря с Японским существенно меньше, чем с Тихим океаном. Рельеф дна северной части представляет собой материковую отмель (22% поверхности моря). Большая часть (70%) находится в пределах материкового склона (от 200 до 1500 м); остальная часть представляет собой участок ложа (Залогин, 1999).

Охотское море расположено в зоне муссонного климата умеренных широт, на который существенно влияют физико-географические особенности моря. Значительная его часть на западе глубоко вдается в материк и лежит сравнительно близко от полюса холода азиатской суши. Поэтому главный источник холода для Охотского моря находится на западе, а не на севере. Сравнительно высокие хребты Камчатки затрудняют проникновение теплого тихоокеанского воздуха. Только на юго-востоке и на юге море открыто к Тихому океану и Японскому морю, откуда в него поступает значительное количество тепла. Муссонный режим значительно стяживает различия климата в разных частях большого моря (Добровольский, 1982).

Зимой в северной части моря температура воды составляет -1,5°C-1,7°C. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой (ХПС) с температурой около минус 1,7°C. Толщина ХПС составляет от нескольких десятков метров в юго-восточной части моря до 500–900 м в северо-западной и западной частях. Сезонное изменение температуры охватывает слой до горизонта 200–300 м. В южной части моря высокая температура воды на поверхности наблюдается на пути движения тихоокеанских вод с юго-востока на северо-запад. Зимой в районе Курильских островов температура воды на поверхности в среднем составляет примерно 3,5°C, а летом 7–14°C; с глубиной температура понижается до 1,5–2,5°C на горизонте 400 м (Охотское море, 1992).

Распределение солености в Охотском море сравнительно мало изменяется по сезонам. Соленость повышается в восточной части моря, находящейся под воздействием тихоокеанских вод, и понижается в опресняемой материковым стоком западной части. В западной части соленость на поверхности 28–31‰, а в восточной 31–32‰ и более до 33‰ вблизи Курильской гряды. Вследствие опреснения в северо-западной части моря соленость на поверхности равна 25‰ и менее, а толщина опресненного слоя составляет около 30–40 м. С глубиной в Охотском море происходит увеличение солености. На горизонтах 300–400 м в западной части моря соленость равна 33,5‰, а в восточной около 33,8‰. На горизонте 1000 м соленость равна 34‰ и далее к дну возрастает незначительно на 0,5–0,6‰. В отдельных заливах/проливах величина и

вертикальная стратификация солености может значительно отличаться от вод открытого моря в зависимости от местных условий (Охотское море, 1998, Залогин, 1999).

В Охотское море впадает много преимущественно небольших рек. Поэтому при значительном объеме его вод материковый сток относительно небольшой и составляет примерно 600 км³/год, при этом около 65% дает Амур. Другие сравнительно крупные реки (Пенжина, Охота, Уда, Большая на Камчатке) приносят в море значительно меньше пресной воды. Она поступает главным образом весной и в начале лета. В это время влияние материкового стока наиболее ощутимо в прибрежной зоне, особенно вблизи устьевых областей крупных рек (Добровольский, 1982).

В Охотском море наблюдается общая циклоническая циркуляция вод, сильно осложненная местными условиями. Эта циркуляция создается под воздействием двух основных факторов: преобладающего в среднем за год северо-западного направления ветра и компенсационного течения из океана. Характерные скорости течений составляют 5–10 см/с. В море выделяются три водные массы: собственно охотоморская, которая образуется в результате зимней конвекции и располагается в слое 0–200 м; промежуточная появляется из-за приливной трансформации верхнего слоя тихоокеанских вод в Курильских проливах и располагается в слое от 200 до 500–800 м; глубинная тихоокеанская образуется теплыми водами Тихого океана.

Приливы преимущественно неправильные суточные (до 12,9 м у мыса Астрономического), хотя наблюдаются и смешанные. Вдали от берега скорость приливных течений небольшая (5–10 см/с), но в проливах, заливах и у берегов значительно больше. В Курильских проливах скорость течений доходит до 2–4 м/с. С октября по июнь море покрыто льдом, однако в южной части моря лед держится не более трех месяцев в году, а крайняя южная часть никогда не замерзает. В зимнее время в Охотском море нет такого места, где полностью исключалось бы наличие льда. Осеню велика повторяемость штормов со скоростью ветра до 30 м/с. В море наблюдаются цунами с высотой волн до 20 м и периоде 30–95 с, скорости распространения от 400 до 800 км/час и длине в несколько километров (Охотское море, 1992).

Растительность и животный мир отличаются большим разнообразием. По запасам промыслового краба море занимает первое место в мире. Большую ценность представляют лососевые рыбы: кета, горбуша, кижуч, голец, чавыча и нерка. Ведется интенсивный лов сельди, минтая, камбалы, трески, наваги, мойвы и других рыб. В море обитают киты, тюлени, сивучи и морские котики. Большой интерес в последнее время приобретает промысел моллюсков и морских ежей. На литорали острова повсеместно распространены различные водоросли. В связи со слабой освоенностью прилегающих территорий морской транспорт приобрел основное значение. Важные морские пути ведут от порта Корсаков на острове Сахалин до Магадана, Охотска и другим населенным пунктам. Для охраны прибрежных экосистем Охотского моря на различных участках побережья созданы участки ООПТ федерального и регионального уровня – Курильского, Магаданского, Поронайского и Джугджурского заповедников. Охотское море омыает побережья Российской Федерации и Японии (о. Хоккайдо). На побережье Охотского моря выходят четыре субъекта Российской Федерации – Магаданская и Сахалинская области, Камчатский и Хабаровский края.

10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин

Многолетние регулярные гидрохимические наблюдения выполняются ФГБУ «Сахалинское УГМС» в течение теплого времени года с мая по октябрь в трех прибрежных акваториях острова Сахалин. Пробы морской воды и донных осадков отбираются на побережье в окрестностях села Стародубское Долинского городского округа Сахалинской области; в акватории порта Пригородное Корсаковского городского округа и в акватории порта Корсаков (рис. 10.1). В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов использу-

зуется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$; абсолютного содержания кислорода и легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; взвешенного вещества и нефтяных углеводородов $\text{мг}/\text{дм}^3$. Предел обнаружения (DL, $\text{мкг}/\text{дм}^3$) аммонийного азота составил 20; нитритов 0,5; нитратов 5,0; фосфатов 5,0; фенолов 2,0 (2 ПДК); СПАВ 50 (0,5 ПДК); меди; цинка; свинца и кадмия 0,3 $\text{мкг}/\text{дм}^3$; органического вещества 1,0 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; нефтяных углеводородов 0,02 $\text{мг}/\text{дм}^3$.

10.2.1. Район села Стародубское

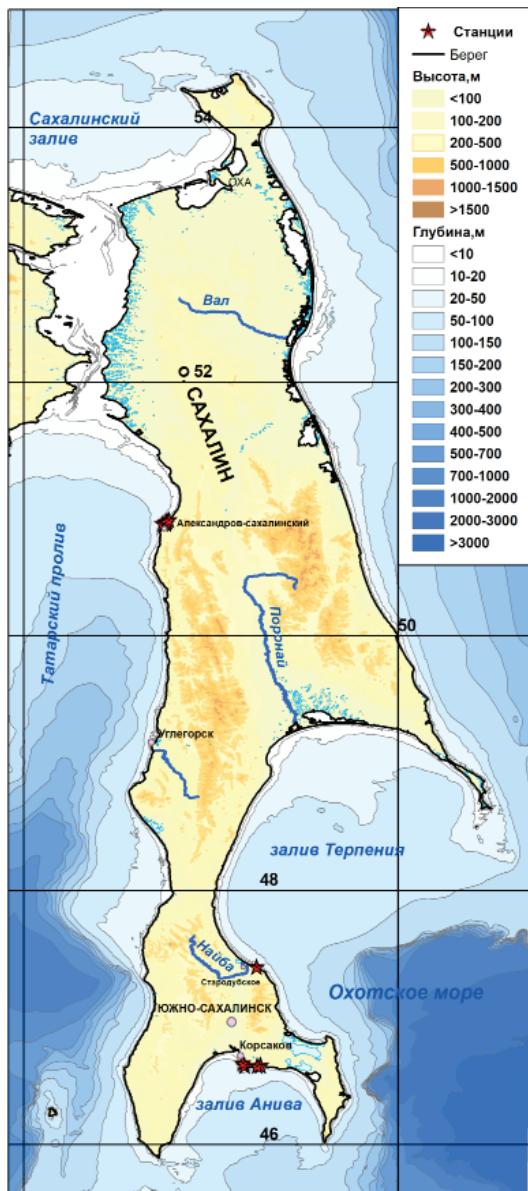


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2023 г.

На одной станции мониторинга в районе села Стародубское в мае-октябре 2023 г. раз в месяц было отобрано шесть проб воды с поверхности и шесть проб донных отложений. Температура поверхностного слоя воды находилась в пределах 11,2–19,8°C; соленость 29,25–34,20‰, в среднем 32,25‰; хлорность 16,19–18,93‰; концентрация ионов водорода менялась в диапазоне 7,78–8,12 ед.рН; значения щелочности составили 2,240–2,544/2,230 $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$; концентрация твердых взвешенных веществ 19,7–240/86,2 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (8,6 ПДК); легко окисляемого органического вещества по БПК₅ варьировало в пределах 1,3–6,6, средняя равняется прошлогодней (4,0 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, 1,9 ПДК), (табл. 10.1). Содержание **фосфатов** в прибрежных водах изменилось в очень широком диапазоне 51,9–366, наиболее высокие значения отмечены в июне и августе; среднее составило 203,7 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ (4,1 ПДК). Концентрация кремния варьировала в пределах 145–1550, средняя 654,5 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ была вдвое больше прошлогодней. Содержание соединений азота ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в целом находились в пределах естественных межгодовых колебаний. В мае были отмечены только нитриты (0,96), в остальные месяцы зафиксированы все формы: аммоний 0–650/213,4; нитриты 0,96–72,23 и нитраты 0–39,0/23,1 $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

Нефтяные углеводороды ($\text{мг}/\text{дм}^3$) были отмечены во всех пробах (0,020–0,074), средняя концентрация составила 0,036 (0,72 ПДК), максимальная ниже в два раза по сравнению с прошлогодним значением (рис. 10.2). Прибрежные воды села Стародубское из всех районов мониторинга шельфовой зоны о. Сахалин были наименее загрязнены нефтяными углеводородами.

Концентрация СПАВ ($DL=50$ мкг/дм 3) только в двух пробах в августе и сентябре была выше предела обнаружения (55–53), средняя за период наблюдений 0,18 мкг/дм 3 . Фенолы обнаружены только в августе (2,2 мкг/дм 3), а в предыдущие два года их содержание во всех пробах было ниже предела обнаружения при фотометрическом методе измерений (<2,0 мкг/дм 3). Тяжелые металлы (мкг/дм 3): содержание кадмия было выше предела обнаружения в двух пробах из шести (0,46 и 0,38), по сравнению с 2020–2022 гг. снизилась средняя (3,5) и максимальная (5,1; 1,02 ПДК); концентрация меди составила 2,3–5,1/3,5; цинка 6,2–10,0/7,6; свинец отмечен в двух пробах в августе и сентябре (0,58 и 0,49), средняя 0,18 мкг/дм 3 .

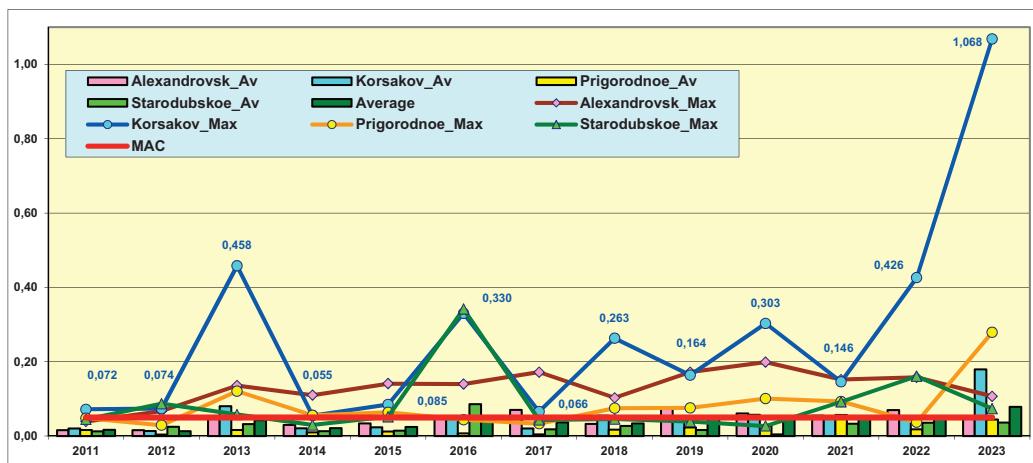


Рис. 10.2. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм 3) в прибрежных водах Сахалина в 2011–2023 гг. MAC – предельно допустимая концентрация (ПДК), Av – средняя концентрация, Max – максимальная концентрация.

Концентрация растворенного в воде **кислорода** (мгО $_2$ /дм 3) была выше норматива только в одной майской пробе (7,17), а в остальных опускалась до 4,61. Среднее содержание растворенного кислорода составило 5,44. Уровень насыщения вод кислородом во все месяцы был ниже нормы и составлял 56,4–79,6%, в среднем 65,7%. Уровень загрязненности морских вод района села Стародубское (ИЗВ=1,31) по сравнению с двумя предыдущими годами значительно ухудшился. Класс качества вод снизился до класса «грязные воды» (табл. 10.3). Расчет индекса выполнен по средним значениям концентрации НУ, органического вещества по БПК $_5$, фосфатов и кислорода.

В **данных отложениях** в районе села Стародубское концентрация нефтяных углеводородов была на уровне 2022 г. (среднее значение 31,2 мкг/г, 0,62 ДК; максимальное 83 мкг/г, 1,66 ДК). Содержание фенолов во всех пробах было ниже предела обнаружения ($DL=0,05$ мкг/г). Концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в морских осадках района составила: медь (4,4–5,7/5,0), кадмий (0,031–0,046/0,036), а цинка и свинца была ниже предела обнаружения, $DL=50$ и 4 соответственно (табл. 10.2).

10.2.2. Залив Анива. Район порта Пригородное

На побережье залива Анива в окрестностях бывшего села Пригородное к юго-востоку от города Корсаков в феврале 2009 г. был запущен первый в России завод СПГ в рамках проекта Сахалин-2 с проектной производственной мощностью до 9,6 млн.т сжиженного

природного газа. Местность расположения завода получила название производственный комплекс «Пригородное». В комплекс построек завода входят портовые сооружения для перевалки продукции в морские суда. В прибрежных водах акватории порта Пригородное в 2023 г. в соответствии с программой мониторинга было отобрано 18 проб воды и 18 проб донных отложений на трех станциях с мая по октябрь.

Температура поверхностного слоя морских вод в период наблюдений изменялась в диапазоне 8,3–16,3°C; соленость в теплый период варьировала в очень широком диапазоне в зависимости от интенсивности берегового стока 11,89–31,96/27,52‰; хлорность 6,58–17,69‰; водородный показатель был близок к прошлогоднему 7,52–8,17/8,02 ед.рН; щелочность 1,460–2,352/2,131 мг-экв/дм³. В отличие от прошлого года концентрация твердых взвешенных веществ была выше предела обнаружения (DL=2,5) и изменялась в пределах 4,1–46,9/20,0 мг/дм³ с максимумом в сентябре. Концентрация легко окисляемого органического вещества по БПК₅ изменялась от нуля в трех пробах (DL=1,0) до 6,8 (3,2 ПДК), средняя (2,5) практически не отличалась от прошлогодней 2,3 мгО₂/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в водах залива в районе порта Пригородное была выше аналитического нуля в шести пробах из 18 (DL=20) и достигала 155,3 (0,40 ПДК) в июне, в среднем 20,6; нитриты были отмечены во всех пробах 1,00–78,6/10,1, максимум (3,28 ПДК) и средняя были примерно в два раза выше прошлогодних; нитраты (6,9–532,0/121,2) в 8,2 и 3,7 раз больше прошлого года соответственно. Концентрация неорганического фосфора варьировала в диапазоне 6,9–320,0/61,1 была примерно на треть ниже прошлогодней. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне 91–5112/889 мкг/дм³, среднее значение выросло в полтора раза.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в поверхностном слое у порта изменилась от значений ниже предела обнаружения в трех пробах до 0,279 (5,58 ПДК) в мае, а следующее по величине значение 0,077 зафиксировано в октябре. Средняя (0,044 мкг/дм³, 0,88 ПДК) была в 2,4 раза больше прошлогодней, однако в целом она была в пределах обычных межгодовых изменений (рис. 10.2). Последний раз фенолы в этом районе были зафиксированы в 2015 г. Содержание СПАВ было ниже уровня обнаружения во всех пробах.

В районе порта Пригородное отмечено незначительное снижение средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³): (2,3; 0,46 ПДК и 7,0; 1,40 ПДК). Содержание цинка во всех пробах было выше аналитического нуля (2,8–10,2/7,6, 0,15 ПДК) и очень близким к уровню последних лет. Концентрация свинца во всех пробах была ниже предела обнаружения. Кадмий был отмечен в трех пробах, а средняя вернулась примерно на уровень позапрошлого года.

Концентрация растворенного **кислорода** ниже норматива была отмечена в десяти пробах, минимальная опускалась до 3,99 мгО₂/дм³, а средняя была немного меньше уровня последних лет. Процент насыщения вод был в диапазоне 48,9–105,0%, в среднем 71,7%. По индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,06) прибрежные воды залива Анива в районе порта Пригородное относятся к III классу, “умеренно загрязненные”. За прошедший год класс качества вод немного ухудшился, но все равно был лучше позапрошлого года. К приоритетным загрязняющим веществам в 2023 г. относились нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества по БПК₅ и фосфаты, заменившие в расчете индекса медь.

В **донных отложениях** содержание нефтяных углеводородов превысило уровень прошлого года – среднее значение 23,9 мкг/г, 0,5 ДК; максимальное 53,1 мкг/г, 1,1 ДК. Концен-

трация фенолов была выше предела обнаружения ($DL=0,05$ мкг/г) в шести пробах, а максимум доходил до 0,08 мкг/г.

Концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях участка составила: медь 2,2–4,4/3,0 (в 1,7 раза меньше прошлогоднего значения), а содержание кадмия (0,031–0,056/0,038) полностью соответствовало 2022 г.; цинка и свинца было ниже предела обнаружения, $DL=50$ и 4 мкг/г соответственно (табл. 10.2).

10.2.3. Залив Анива. Район порта г. Корсакова

На трех станциях мониторинга в порту Корсакова было отобрано восемнадцать проб воды, а на одной из них шесть проб донных отложений. Температура поверхностного слоя морских вод в период наблюдений в 2023 г. изменялась в диапазоне 11,2–19,8°C; соленость была в узком диапазоне 29,25–34,20/32,25‰; хлорность 16,14–18,81‰; водородный показатель 7,48–8,20/8,02 ед.рН; щелочность 2,144–2,520/2,286 мг-экв/дм³. Концентрация взвешенных веществ была выше предела обнаружения во всех пробах ($DL=2,5$) и изменялась в пределах 2,5–530,0/79,5 мг/дм³ с наибольшими значениями на ст.№104 в сентябре и октябре. Концентрация органического вещества по БПК₅ варьировалась в течение периода мониторинга от 1,3 до 6,7, средняя и максимальная мало отличались от прошлогодних.

В 2023 г. концентрация различных форм **азота** (мкг/дм³) в районе порта Корсаков существенно снизилась до уровня примерно среднемноголетних показателей. Только в пяти пробах значения аммонийного азота были выше предела обнаружения. Средняя концентрация вернулась до значений позапрошлого года, а максимальная достигала только тысячных долей норматива для морских вод. Средняя и максимальная концентрация нитритов существенно снизилась примерно до обычных величин менее норматива. Показатели нитратов 4,9–530/81,8; фосфатов от аналитического нуля в одной пробе до 58,1, средняя (29,2) была в полтора раза ниже выше прошлогодней. Концентрация кремния варьировала в очень широком диапазоне 96–2893, в среднем 533 мкг/дм³.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в прибрежных водах залива у порта была ниже предела обнаружения в двух пробах и достигала 12 октября чрезвычайно высокой величины 1,07 мг/дм³ (21,40 ПДК). Следующие значения составили 13,6 ПДК и 14,6 ПДК. В целом содержание НУ около ст.№104 и №105 было очень высоким (0,357 и 0,153), тогда как у ст.№106 было существенно ниже норматива (0,029 мг/дм³). Как и в предыдущий год и средняя, и максимальная концентрация выросла в 3,6 и 2,5 раз (рис. 10.2). Загрязнение акватории порта нефтяными углеводородами вызвано интенсивным использованием портовой инфраструктуры, прежде всего при операциях с транспортировкой топлива и нефтепродуктов, а также промышленными и коммунальными сточными водами. Фенолы были обнаружены в трех пробах. Средняя концентрация незначительно повысилась и составила 0,6 ПДК, при этом максимальная снизилась до 4,3 ПДК. Содержание меди несколько лет остается на высоком уровне, но в 2023 г. немного снизилось до 0,7 ПДК, а максимальное повысилось до 2,5 ПДК (рис. 10.3). Содержание цинка во всех пробах было выше аналитического нуля (4,8–13,1/8,1; в среднем 0,16 ПДК) и очень близким к уровню последних лет. Концентрация свинца в десяти пробах была ниже предела обнаружения, а в остальных достигала 1 ПДК; в среднем 0,12 ПДК. Кадмий был отмечен в шести пробах, а средняя вернулась примерно на уровень позапрошлого года.

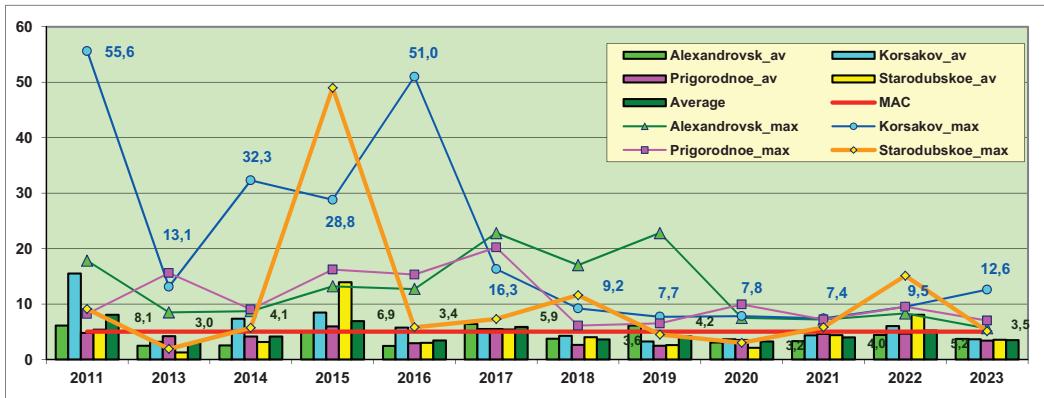


Рис. 10.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Сахалина в 2011–2023 гг.

Как и в предыдущие годы концентрация растворенного в воде **кислорода** была существенно пониженной. Ее значения ниже норматива были отмечены в восьми пробах; минимальная опускалась до $4,33 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а средняя и максимальная были немного меньше уровня последних лет. Процент насыщения вод был в диапазоне 55,1–94,7%, в среднем 73,7%, в прошлом году 71,7%. По индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,79) прибрежные воды залива Анива в районе порта Корсаков относятся к V классу, “грязные”. За прошедший год класс вод сильно ухудшился, а снижение качества вод происходит последовательно на протяжении целого ряда лет. К приоритетным загрязняющим веществам в 2023 г. относились нефтяные углеводороды (средняя концентрация которых выросла более трех раз), немного увеличилось содержание органических веществ по БПК₅ и снизилось медь. Кислородный режим ухудшился.

В шести пробах **донных отложений** с одной станции №104 из прибрежной зоны залива Анива в районе устья реки Корсаковка в 2023 г. отмечено кратное повышение содержания нефтяных углеводородов: среднее значение составило $976 \text{ мкг}/\text{г}$, 19,5 ДК; максимальное $2513 \text{ мкг}/\text{г}$, 50,3 ДК, увеличение в 3,7 и 5,1 раза соответственно. Ранее концентрация НУ в донных отложениях на этом участке всегда превышала допустимую концентрацию и была значительно выше, чем в других точках мониторинга на юго-восточном побережье о. Сахалин. Начиная с 2,0 ДК в 2015 г. загрязнение осадков волнобразно повышалось до 14,3 ДК в 2020 г., затем спад до 5,3 ДК в прошлом году. Фенолы отмечены в половине проб ($DL=0,05 \text{ мкг}/\text{г}$), максимальное содержание 0,08, а среднее составило 0,035, что в 2 раза ниже прошлогодней величины ($0,068 \text{ мкг}/\text{дм}^3$). Тяжелые металлы ($\text{мкг}/\text{г}$) были отмечены во всех пробах: содержание кадмия ($0,033\text{--}0,070/0,058$, средняя 0,07 ПДК) осталось на уровне последних трех лет и существенно снизилось после периода очень высоких средних величин $0,280\text{--}1,200$ в 2016–2020 гг., в предыдущей пятилетке значения варьировали от 0 до 0,159; медь также осталась практически на прошлогоднем уровне ($6,5\text{--}10,2/8,5, 0,24 \text{ ПДК}$); концентрация цинка соответствовала прошлогоднему уровню ($91\text{--}115/103,8, 0,74 \text{ ДК}$); свинец ($4,2\text{--}5,5/4,85 \text{ мкг}/\text{г}, 0,06 \text{ ПДК}$). В целом содержание металлов в донных отложениях в устьевой зоне реки Корсаковка оставалось практически неизменным последние три года и не превышало условный норматив.

Таблица 10.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах шельфа о. Сахалин в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
село Стародубское (1 станция, 6 проб)	НУ	0,033	0,66	0,036	0,72	0,036	0,73
		0,092	1,84	0,161	3,22	0,074	1,48
	Фенолы	0		0		0,37	0,37
		0		0		2,2	2,20
	СПАВ	9,7	0,10	19,7	0,20	18,0	0,18
		45	0,45	62,0	0,62	55,0	0,55
	Кадмий	0,10	0,01	0,16	0,02	0,14	0,01
		0,6	0,06	0,56	0,06	0,46	0,05
	Медь	4,37	0,88	8,07	1,61	3,53	0,71
		5,8	1,16	15,1	3,02	5,1	1,02
	Цинк	7,0	0,14	7,7	0,15	7,6	0,15
		8,4	0,17	11,2	0,22	10,1	0,20
	Свинец	0,95	0,10	0,75	0,08	0,18	0,02
		2,8	0,28	4,5	0,45	0,58	0,06
	Аммонийный азот	18,1	<0,01	43,6	0,02	213,5	0,07
		44,4	0,02	90,0	0,03	650,0	0,22
	Нитритный азот	3,09	0,13	3,7	0,15	15,1	0,63
		6,82	0,28	5,87	0,24	72,23	3,01
	БПК ₅	2,38	1,13	4,00	1,90	3,99	1,90
		3,4	1,62	5,2	2,48	6,6	3,14
	Кислород	6,83		6,02		5,44	
		5,35	0,89	4,69	0,78	4,61	0,77
Залив Анива: порт г. Корсакова (3 станции, 18 проб)	НУ	0,052	1,04	0,050	1,00	0,180	3,59
		0,146	2,92	0,426	8,52	1,07	21,40
	Фенолы	0		0,41	0,41	0,58	0,58
		0		5,2	5,20	4,3	4,30
	СПАВ	25	0,25	14,4	0,14	0,0	
		75	0,75	89,0	0,89	0,0	
	Кадмий	0,13	0,01	0,20	0,02	0,21	0,02
		0,6	0,06	0,54	0,05	0,78	0,08
	Медь	4,36	0,88	6,01	1,20	3,64	0,73
		7,4	1,48	9,5	1,90	12,6	2,52
	Цинк	6,9	0,14	6,9	0,14	8,1	0,16
		15,1	0,30	10,8	0,22	13,1	0,26
	Свинец	0,9	0,09	0,2	0,02	1,2	0,12
		4,0	0,40	2,2	0,22	10,9	1,09
	Аммонийный азот	21,1	<0,01	58,1	0,03	11,8	<0,01
		130,4	0,06	299,0	0,13	70,2	0,03
	Нитритный азот	3,68	0,15	7,41	0,31	4,87	0,20
		16,41	0,68	59,2	2,47	18,7	0,78
	БПК ₅	2,37	1,10	3,51	1,67	3,97	1,89
		4,2	2,00	6,2	2,95	6,7	3,19
	Кислород	7,05		6,74		6,34	
		4,24	0,71	4,76	0,79	4,33	0,72

Залив Анива: порт Пригородное (3 станции, 18 проб)	НУ	0,057	1,14	0,018	0,36	0,043	0,86
		0,093	1,86	0,037	0,74	0,279	5,58
	Фенолы	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	
	СПАВ	28	0,28	20,6	0,21	0,0	
		167	1,67	72,0	0,72	0,0	
	Кадмий Cd	0,22	0,02	0,06	<0,01	0,18	0,02
		0,6	0,06	0,41	0,04	0,71	0,07
	Медь Cu	4,60	0,92	4,7	0,93	3,41	0,68
		7,2	1,44	9,5	1,90	7,0	1,40
	Цинк Zn	6,3	0,13	7,6	0,15	7,3	0,15
		11,1	0,22	10,2	0,20	12,5	0,25
	Свинец Pb	0,8	0,08	0		0,03	<0,01
		1,8	0,18	0		0,62	0,06
	Аммонийный азот N-NO ₃	73,7	0,03	52,2	0,02	20,6	0,01
		419,2	0,19	365,0	0,13	155,3	0,05
	Нитритный азот N-NO ₂	5,83	0,24	6,67	0,28	10,10	0,42
		51,77	2,16	31,45	1,31	78,6	3,28
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	278,4	5,57	89,2	1,78	61,1	1,22
		3417	68,34	429	8,58	320	6,40
	БПК ₅	4,70	2,24	2,29	1,09	2,51	1,20
		38,6	18,38	5,3	2,52	6,8	3,24
	Кислород O ₂	6,60		6,63		6,38	
		4,45	0,74	5,34	0,89	3,99	0,67

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК₅ приведена в мг/дм³; СПАВ, фенолов, металлов, фосфатов, нитритного и аммонийного азота в мкг/дм³.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

Таблица 10.2. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях шельфа о. Сахалин в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022г.		2023 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
село Стародубское (6 проб)	НУ	49,5	0,99	32,4	0,65	31,2	0,62
		103,9	2,08	84,9	1,70	83,0	1,66
	Фенолы	0,00		0,10		0,00	
		0,00		0,23		0,00	
	Медь	4,83	0,14	5,43	0,16	4,95	0,14
		10,2	0,29	7,9	0,23	5,7	0,16
	Цинк	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	
	Кадмий	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
		0,08	0,10	0,05	0,06	0,046	0,06
	Свинец	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	

порт г. Корсакова (6 проб)	НУ	182,25	3,65	263,0	5,26	975,5	19,51
		298	5,96	488	9,76	2513	50,26
	Фенолы	0,02		0,07		0,05	
		0,1		0,12		0,1	
	Медь	7,7	0,22	7,55	0,22	8,50	0,24
		9,7	0,28	8,8	0,25	10,2	0,29
	Цинк	87	0,62	98,2	0,70	103,8	0,74
		104	0,74	115	0,82	115	0,82
	Кадмий	0,09	0,11	0,07	0,09	0,06	0,07
		0,14	0,18	0,08	0,10	0,07	0,09
	Свинец	4,2	0,05	4,2	0,05	4,9	0,06
		4,5	0,05	4,3	0,05	5,5	0,06
порт Пригородное (18 проб)	НУ	10,0	0,20	9,4	0,19	23,9	0,48
		43,7	0,87	27,9	0,56	53,1	1,06
	Фенолы	0,01		0,13		0,02	
		0,22		0,67		0,08	
	Медь	3,9	0,11	2,62	0,07	2,95	0,08
		6,4	0,18	3,2	0,09	4,4	0,13
	Цинк	19	0,14	0,0		0,0	
		66	0,47	0,0		0,0	
	Кадмий	0,01	0,01	0,0		0,04	0,05
		0,04	0,05	0,0		0,056	0,07
	Свинец	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	

В донных отложениях концентрация НУ, фенолов и металлов приведена в мкг/г. Для донных отложений допустимый уровень концентрации ингредиента (ДК) приведен в табл. А.5.

Таблица 10.3. Оценка качества морских вод Охотского моря в прибрежной акватории о. Сахалин в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
село Стародубское	0,89	III	1,31	IV	1,95	V	РО ₄ 4,07; БПК ₅ 1,90; НУ 0,73; О ₂ 1,10
порт Корсаков	0,97	III	1,19	III	1,79	V	НУ 3,59; БПК ₅ 1,89; Cu 0,73; О ₂ 0,95
порт Пригородное	1,30	IV	0,82	III	1,06	III	РО ₄ 1,22; БПК ₅ 1,20; НУ 0,86; О ₂ 0,94

10.3. Выводы

По результатам гидрохимического мониторинга вод Охотского моря в 2023 г. уровень загрязнения вод в заливах Анива и Терпение на прибрежных участках шельфа острова Сахалин ухудшился во всех трех местах контроля. У села Стародубское снижение качества вод последовательно происходит последние четыре года до уровня «грязные» (ИЗВ=1,95), в основном за счет фосфатов, органических веществ по БПК₅ и нефтяных углеводородов. Также очень ухудшился кислородный режим и неоднократно фиксировались случаи дефицита О₂. Также очень значительное ухудшение произошло вблизи порта Корсаков (ИЗВ=1,79,

«грязные») за счет очень резкого роста средних значений НУ с 1,00 ПДК в прошлом году до 3,59 ПДК в 2023 г. Количество органических веществ также несколько возросло, и это, вероятно, повлияло на ухудшение аэрации вод из-за процессов биохимического разложения. Содержание меди немного снизилось. У порта Пригородное ухудшение качества вод было не столь значительным (ИЗВ=1,06, «умеренно загрязненные»), однако все расчетные органические параметры (БПК₅, НУ и РО₄) несколько выросли, и только содержание меди немного снизилось. Все эти вещества являлись приоритетными загрязнителями. В среднем по всем районам контроля в заливах на шельфе Сахалина уровень концентрации нефтяных углеводородов резко увеличился до 0,079 (1,58 ПДК) против 0,047–0,053 мг/дм³(0,94–1,06 ПДК) в предыдущие три года. Органическое загрязнение на шельфе острова (2,61 мгО₂/дм³, 1,24 ПДК в 2023 г.) оставалось примерно на одном уровне в течение восьми лет с 2015 г. (2,20–2,99 мгО₂/дм³), а в пятилетку до этого года только один раз превышало норматив. Следовательно, общий уровень загрязнения органикой прибрежья стабилизировался на высоком уровне и не показывает тенденцию к снижению. Содержание фосфатов (мкг/дм³) в морских водах в заливах острова в последний год в целом немного снизилось до 67,8, хотя до этого два года составляло 123,6–146,3, а до этого периода с 2014 г. в среднем составляло 91,0 мкг/дм³. Традиционно фиксируется высокое содержание меди в водах прибрежья в единицах ПДК, особенно это относится к максимальным значениям в пределах до 2–3 ПДК. В последний год в среднем концентрация металлов составила (мкг/дм³): медь 3,52, 0,7 ПДК; цинк 7,67, 0,15 ПДК; свинец 0,56, 0,06 ПДК и кадмий 0,19, 0,02 ПДК.

По данным мониторинга в прибрежных донных отложениях на шельфе о. Сахалин в заливе Терпения и у портового комплекса Пригородное содержание нефтяных углеводородов было в обычном многолетнем диапазоне на уровне половины допустимой концентрации для средней величины и в 2–3 раза больше для максимальной. В устьевой области реке Корсаковка концентрация НУ была на порядок больше. Значения достигли примерно 20 ДК для средней величины и 50 ДК для максимальной. Последняя (2513 мкг/г) была наибольшей за весь период наблюдений с 2011 г. В целом наблюдается постепенное повышение уровня загрязненности за полтора последних десятилетия. Содержание фенолов на всех участках контроля было стабильным и невысоким. Концентрация четырех тяжелых металлов была в пределах десятих-сотых долей допустимой концентрации.

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Тихонова О.В., Онищук М.В., Артамонова Е.М., Матвейчук И.Г.,
Долгова А.О., Кочетков В.В.

11.1. Общая характеристика

Японское море проливами Татарским, Невельского и Лаперуза соединяется с Охотским морем, проливом Цугару (Сангарским) – с Тихим океаном, а Корейским проливом – с Восточно-Китайским и Желтым морями. Площадь моря составляет 1062 тыс.км², объем воды – 1715 тыс.км³, средняя глубина – 1750 м, наибольшая – 3720 м. Берега преимущественно гористые. Рельеф дна к северу от 44°с.ш. представляет собой постепенно сужающийся широкий желоб. В центральной части находится глубокая замкнутая котловина. К югу от 40°с.ш. на подводном склоне Корейского п-ва между хребтами прослеживаются широкие подводные долины.

Температура воды на поверхности зимой изменяется от 0°C на севере до 12°C на юге, летом – от 17°C до 26°C соответственно. Вертикальная изменчивость температуры наиболее значительная в юго-восточной части моря, где летом разность может достигать 22°C, а зимой снижается до 10°C. В северной и в северо-западной частях моря зимой разность температур небольшая и обычно не превышает 1°C, а летом возрастает до 12°C. В северной части моря сезонные изменения температуры отсутствуют уже на глубине 100–150 м, в южной и восточной частях они прослеживаются до глубины 200–250 м. Соленость в западной части на поверхности составляет 32–33‰, а в центральной и восточной повышается до 34,0–34,8‰. Зимой в связи с интенсивным охлаждением вод развивается вертикальная циркуляция, глубина распространения которой достигает 3000 м. Около 97% общего годового количества поступающей в море воды приходится на Корейский пролив. Зимой устойчивый северо-западный муссон препятствует поступлению вод в море через этот пролив, вызывая ослабление вертикальной циркуляции.

В Японском море преобладает циклонический круговорот с центром в северо-западной части моря. Выделяют три водные массы: тихookeанская, японская поверхностная и глубинная. По происхождению все они представляют собой результат трансформации поступающих в море тихookeанских вод. Для моря характерны приливы всех основных видов: полусуточные, суточные и смешанные. Максимальные приливные колебания уровня моря достигают 2,3–2,8 м в Татарском проливе. Во время зимнего муссона в результате сгонно-нагонных колебаний у западных берегов Японии уровень может повышаться на 20–25 см, а у материкового берега настолько же понижаться. Летом наблюдается обратное явление.

Климат в регионе муссонный, резко выражен зимний муссон. Циклоны в Японском море можно подразделить на два вида: тропические циклоны океанического происхождения (тайфуны), которые обычно наблюдаются в теплое время года, и континентальные циклоны в холодный период. Повторяемость континентальных циклонов составляет 50–55 случаев в год, а океанических тайфунов около 25 случаев. Однако сила ветра и вызываемое волнение при тайфунах намного больше.

На севере моря лед образуется ежегодно начиная с октября. К югу от Татарского пролива устойчивое льдообразование наблюдается только в глубоко вдающихся в материк заливах и бухтах. Последний лед задерживается на севере моря иногда до середины июня. Припай развит незначительно. Толщина ледяного покрова в середине февраля доходит до 1 м.

11.2. Источники загрязнения и программа мониторинга

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Основные источники загрязнения залива Петра

Великого расположены в г. Владивосток (административный, политический, культурный, научно-образовательный и экономический центр Приморского края, крупный город и порт на юге Дальнего Востока, 597,3 тыс. жителей в 2023 г.), г. Находка (136,1), сухой порт Артем рядом с аэропортом Кневичи с железнодорожной, терминальной, складской и таможенной инфраструктурой, г. Уссурийск в 80 км от Владивостока на реках Комаровка и Раковка (180,0), горнорудный моногород Дальнегорск в восточных отрогах горной системы Сихотэ-Алинь в долине реки Рудная, в 35 км от побережья моря (33,0), г. Большой Камень на северном берегу Уссурийского залива с предприятием по ремонту и обслуживанию кораблей с ядерными энергетическими установками (40,4), база Тихоокеанского флота Фокино (19,4), шахтерский город Партизанск (Сучан, 33,2) и муниципальных районов Шкотовского, Хасанского и Надеждинского. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и бухт вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот. Существенное значение также имеют бытовые муниципальные сточные воды (коммунальные сбросы жилых массивов), ливневый поверхностный сток с прилегающей загрязненной территории, сброс в море твердых отходов и мусора (Marine Litter). Нефтяное загрязнение прибрежной зоны моря происходит за счет сброса балластных и льяльных вод с судов в связи с отсутствием береговых нефтеочистных сооружений или недостаточной их мощностью. Поступающие в морскую среду загрязняющие вещества в значительной степени адсорбируются на мелкодисперсных иловых частицах и в основной массе оседают на дно в местах осадконакопления. Они могут полностью или на длительный срок выйти из оборота элементов в морской среде. Однако при сильном волнении и/или в половодье рек донные отложения на мелководье могут взмучиваться и становиться источником вторичного загрязнения морских вод. Такое же негативное влияние оказывают дноуглубительные, строительные, взрывные работы и дампинг грунта на шельфе и в портах. Отдельные районы залива Петра Великого испытывают неравномерную антропогенную нагрузку. Бухты Золотой Рог и Диомид, а также пролив Босфор Восточный наиболее интенсивно подвергаются влиянию городских стоков г. Владивостока. На их акваторию поступают сточные воды городской канализации; негативное воздействие оказывают городские порты и судоремонтные заводы, маломерный и крупнотоннажный флот.

Материалы о поступлении ЗВ в морскую воду залива Петра Великого предоставлены территориальным отделом Водных ресурсов по Приморскому краю на основании таблиц 2ТП-водхоз. В Приморском крае 292 организации отчитались в 2023 г. о сбросе в водные объекты загрязненных вод. Мощность очистных сооружений уменьшилась по сравнению с 2022 г. на 1,27% и составила 595,29 млн.м³. Объем сточных вод (млн.м³) уменьшился на 4,01% и составил 353,54 , в том числе было сброшено без очистки 205,6; недостаточно очищенных 32,19; нормативно очищенных 88,96; нормативно чистых 25,61 млн.м³. Реками побережья Японского моря сбрасывается 306,09 сточных вод, имеющих загрязняющие вещества. Основной вклад в загрязнение побережья Японского моря вносит река Объяснения: Владивостокская ТЭЦ-2–197,02, КГУП “Приморский водоканал” – 65,15 млн.м³.

В воды бассейна Японского моря было сброшено (т): 14,29 АСПАВ, 9,29 т НСПАВ, 10,56 нефтепродуктов, 0,51 фенолов, 2585,76 БПК_{полное}, 2896,30 взвешенных веществ, 383,45 сухого остатка, 0,52 жиров природного происхождения, 8,54 танидов, 445082,61 сульфатов, 3170294,99 хлоридов, 135,07 фосфатов по фосфору, 596,91 аммония, 2378,56 нитратов, 31,64 нитритов, 960,97 кальция, 11,11 бора, 47,08 железа, 3,70 алюминия, 2,48 марганца, 2,76 цинка; в кг: 0,11 кадмия, 932,29 меди, 273,23 никеля и 17,68 кг свинца.

Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива Петра Великого вносят реки Раздольная с притоками Комаровка и Раковка, а также реки Артёмовка, Партизанская,

Рудная и Объяснения. В реку Раздольная с притоками с недостаточно-очищенными и загрязненными сточными водами города Уссурийска и Октябрьского муниципального района (МУП «Уссурийск-Водоканал», КГУП «Приморский водоканал», АО «ННК-Приморнефтепродукт», АО «Приморавтотранс») поступило (т): СПАВ 3,12, азот аммонийный 58,17, БПК_{полн} 244,04, железо 2,50, медь 0,32, взвешенные вещества 1000,78 т. Река Партизанская с притоками принимает недостаточно очищенных и загрязненных сточных вод города Партизанска. В водоток со сточными водами предприятий (АО «Восточный Порт», КГУП «Примтеплоэнерго», базы отдыха) поступило (т): СПАВ 0,75, аммонийный азот 0,028, БПК_{полн} 56,49, железо 11,67, взвешенные вещества 30,27 т.

В 2023 г. исследования гидрохимических параметров и уровня загрязнения морских вод и донных отложений прибрежной зоны Японского моря (за исключением Татарского пролива, см. раздел 11.9) проводились лабораторией мониторинга загрязнения морских вод Приморского Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток) с мая по октябрь в шести прибрежных районах залива Петра Великого на 39 постоянных станциях. Отбор 216 проб вокруг г. Владивостока в бухтах Золотой Рог (5 станций), Диомид (1) и в проливе Босфор Восточный (3) проводился на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС» в мае, августе и октябре; а в крупных заливах Амурском (9) и Уссурийском (9) в июне и сентябре-октябре, в заливе Находка (12 станций) в июне, августе и октябре на э/с «Атлас» ДВНИГМИ. Загрязнение донных отложений исследовали в мае-июне и августе-октябре на 31 станции (108 проб), а анализ гранулометрического состава выполнен в сентябре и октябре. Программа наблюдений в морской воде включала мониторинг показателей естественного гидролого-гидрохимического режима (температура, соленость, прозрачность по диску Секки, водородный показатель pH), измерение концентрации взвешенных веществ, растворенного кислорода, органических веществ по БПК_s, биогенных веществ, а также загрязняющих веществ (ЗВ): нефтяных углеводородов (НУ), фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и тяжелых металлов (ТМ). В донных отложениях контролировалось содержание НУ, фенолов, ТМ и хлорорганических соединений (ХОС): пестицидов групп ДДТ, ГХЦГ, альдрина и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Обработка проб проводилась в соответствии со стандартными методическими руководствами. Оценка степени загрязнения морских вод выполнена в соответствии с утвержденными нормативами ПДК-2016. Концентрация ЗВ в донных отложениях сравнивалась с критериями экологической оценки загрязненности грунтов по Neue Niderlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица А.4). В тексте и таблицах для концентрации в воде тяжелых металлов, биогенных элементов, фенолов и СПАВ (АПАВ) используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК_s – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов и взвешенных частиц – мг/дм³.

11.3. Бухта Золотой Рог

Длинная узкая бухта Золотой Рог вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый (43°06' с. ш., 131°53' в. д.) и находящимся в 1,2 морской мили к северо-востоку от него мысом Голдобина. Она защищена от всех ветров, кроме штормовых, и волнения. Глубины во входе в бухту 20–27 м и далее к вершине постепенно уменьшаются. Берег кутовой части бухты низкий и к нему выходит долина, по которой протекает чрезвычайно загрязненная речка Объяснения. На северо-западе она ограничена полуостровом Шкота с холмистыми берегами, а в южной части они обрывистые и на всем протяжении приглубые. Северный, южный и восточный берега возвышенные и обрывистые, окаймлены узкой прибрежной полосой, которая искусственно выровнена и местами расширена для портовых сооружений, укреплена стенками, оборудованными причалами и пирсами. На берегах бухты Золотой Рог расположен город Владивосток с торговым и рыбным портами, судоремонтными предприятиями, а также частями Тихоокеанского флота. Через бухту про-

ложен вантовый Золотой мост. Площадь поверхности бухты 4,44 км². Грунт в бухте илистый. Летом в районе бухты Золотой Рог преобладают южные и юго-восточные ветра, часто идут дожди или туманы. Последние в бухте наблюдаются с апреля по август, а наиболее часто в июне-июле. Обычно туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива, при штиле туманы бывают реже. Осенью и зимой дуют преимущественно северные и северо-западные ветра, сопровождающиеся сухой и ясной погодой, значительным понижением температуры и повышением атмосферного давления. Они бывают продолжительными и достигают скорости 6–8 м/с и более, а весной и летом обычно меньше. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамёрзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.

В 2023 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в мае, августе и октябре на четырех постоянных станциях мониторинга (рис. 11.1). В 36 пробах воды из бухты Золотой Рог значения температуры морской воды изменялись в период наблюдений от 10,40°C в придонном слое в мае на ст. №11 до 28,30°C в придонном слое в августе в вершине бухты на ст. №1. Среднегодовая соленость (%) составила 29,665. Она изменялась от 27,910 в поверхностном слое в мае и августе на ст. №1 до 30,270 в придонном слое в мае и августе на ст. №12. Значения водородного показателя pH изменились от 7,32 в поверхностном слое в августе на ст. №1 до 8,15 в придонном слое в мае на ст. №12; среднегодовая величина составила 7,86 ед. pH. Средняя концентрация взвешенных частиц в водах бухты Золотой Рог не изменилась по сравнению с 2022 г. и составила 7,14 мг/дм³ (0,71 ПДК), (табл. 11.1). Максимум (15,40, 1,54 ПДК) был зафиксирован в октябре на поверхностном горизонте на ст. №7. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) в толще воды бухты изменилось в диапазоне 1,00–9,98 мг O₂/дм³; максимум (4,75 ПДК) отмечен в октябре на поверхностном горизонте на ст. №11. Среднегодовое значение (2,39 ПДК) выше уровня предыдущего года (1,20 ПДК) практически в 2 раза. Прозрачность вод бухты по диску Секки составила в среднем 1,8 м при максимуме 4,0 м.



Рис. 11.1. Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид.

Концентрация аммонийного азота ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в толще вод бухты Золотой Рог в целом была невысокой, максимальная величина составила 939,5 (0,42 ПДК) в августе в кутовой части бухты устья реки Объяснения в поверхностном слое. Только в пяти пробах из вершины бухты концентрация превышала 200. Поэтому среднее содержание аммонийного азота составило всего 192,0 (0,09 ПДК) и по сравнению с прошлым годом оно повысилось примерно в два раза. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще вод бухты повысилась с 0,55 до 1,63 ПДК. Максимальная составила 5,65 ПДК и была зафиксирована в октябре на ст. №1 в поверхностном слое. Среднее содержание нитратов повысилось в 2,6 раза с 15,8 до 41,02, а максимум (142,6) был отмечен в мае в кутовой части бухты в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация общего азота повысилась по сравнению с прошлым годом с 617,1 до 741,7; а пределы изменений были в очень широком диапазоне 332,0–2367,0. Концентрация органического азота варьировала от 169 до 1736, средняя составила 476,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

В 2023 г. среднегодовая концентрация ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) минерального (фосфатов) и общего фосфора в бухте Золотой Рог составила 47,59 и 57,94 соответственно. Максимальное содержание фосфатов (426,8) было зафиксировано в мае в вершине бухты у устья реки Объяснения; там же было отмечено наибольшее значение общего фосфора (499,4). Среднегодовая концентрация минерального фосфора повысилась в 2,6 раза, а общего фосфора в 2,1 раза по сравнению с прошлым годом. Средняя концентрация кремния повысилась в 3,3 раза с 324,5 до 1061,96, а значения в течение периода наблюдений изменились в диапазоне 139–3444 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Максимум был зафиксирован у поверхности в августе на ст. №11 в середине бухты.

Среднее содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах бухты Золотой Рог не изменилось по сравнению с прошлогодним уровнем и составило 1,05 ПДК (табл. 11.1). Концентрация НУ превысила норматив в 37,5% проб, а максимальное значение (2,40 ПДК) зарегистрировано в мае на поверхностном горизонте в вершине бухты. Среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшие величины средней концентрации нефтяных углеводородов были зафиксированы в бухтах Золотой Рог и Диомид, проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе (рис. 11.2). Наиболее высокое максимальное значение НУ в морской воде (5,40 ПДК) зафиксировано в проливе Босфор Восточный на ст. №23. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Золотой Рог покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

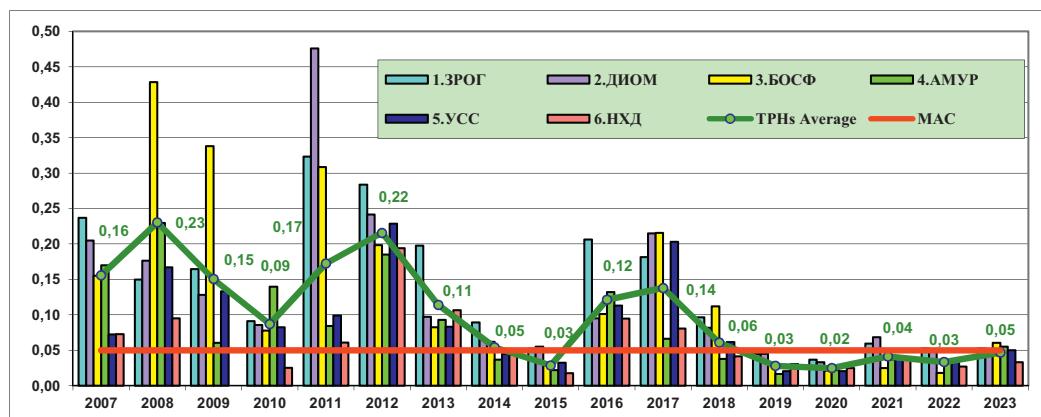


Рис. 11.2. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах отдельных районов залива Петра Великого Японского моря. 1 – бухта Золотой Рог, 2 – бухта Диомид, 3 – пролив Босфор Восточный, 4 – Амурский залив, 5 – Уссурийский залив, 6 – залив Находка.

Среднегодовая концентрация **фенолов** не изменилась по сравнению с прошлым годом и составила 1,75 ПДК, диапазон значений 1,0–2,3 мкг/дм³. Содержание фенолов превышало норматив в 95,8% проб. Максимум был зарегистрирован в октябре в куте бухты на поверхности. Среднее содержание АПАВ в водах бухты повысилось в 2,5 раза до 2,56 ПДК. Диапазон концентрации составил 36–782 мкг/дм³. Максимальное значение, как и других ЗВ, было отмечено в августе на ст.№1 в устье реки Объяснения в поверхностном слое. Концентрация АПАВ превысила предельно допустимое значение в 79,2% проб по сравнению с 51,3% в прошлом году.

Среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых металлов, кроме железа, в водах бухты Золотой Рог не превышала предельно допустимых значений (табл. 11.2). Среднее содержание железа составило 1,03 ПДК, а максимальное (162,0 мкг/дм³, 3,24 ПДК) было зафиксировано в мае на ст.№1 на поверхностном горизонте. На ст.№7 недалеко от моста через бухту в мае в придонном слое было зафиксировано максимальное значение цинка (1,62 ПДК). Там же, только на поверхности, была отмечена максимальная концентрация ртути (2,30 ПДК). Среднее содержание меди и железа немного повысилось по сравнению с прошлым годом, а никеля, цинка, марганца и ртути снизилось.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах бухты Золотой Рог в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	1,24	0,22	0,31	0,44	7,16	19,59	76,6	0,010
	0,80	0,21	0,23	0,37	6,03	5,77	28,23	0,001
	1,56	0,59	0,23	1,61	22,69	10,87	35,00	0,023
	1,60	0,24	0,19	0,78	19,12	5,67	33,90	0,026
	1,82	0,56	1,28	0,54	9,07	5,98	24,70	0,041
	1,64	0,32	0,84	0,79	17,04	2,04	55,66	0,035
	1,58	2,18	0,29	0,62	13,94	0,92	36,56	0,034
	0,66	0,03	0,01	0,37	3,65	1,55	25,55	0,034
	1,90	0,08	0,04	1,19	11,41	6,22	22,6	0,015
	1,11	0,20	0,05	0,53	4,43	3,42	-	0,015
Максимальная	2,42	1,44	0,19	3,29	52,12	3,64	35,59	0,058
	3,04	1,63	0,11	1,65	38,53	2,10	51,51	0,023
	6,3	1,2	5,5	1,4	31	73	624	0,12
	2,3	0,7	1,9	1	55	29	220	0,01
	4,9	7,9	2,2	7,3	100	103	181	0,34
	6,1	2,1	0,7	6	61	33	99	0,09
	4,7	2,3	16	2,3	23	36	47	0,16
	3,9	3,2	3,5	1,5	112	12	214	0,1
	4,2	9,9	0,8	1,7	37,5	3,3	193	0,09
	2,1	0,3	0,1	2	9,6	35,5	142,6	0,06
ПДК средняя	5,6	0,4	0,5	5,5	27,2	59,6	221,6	0,04
	1,9	0,8	1,4	5,8	12,8	32,7	-	0,06
	4,8	5,1	0,7	24,6	158,7	23,5	262,5	0,44
	6,2	3,7	0,2	3,8	81,1	13,7	162,0	0,23
	0,25	0,02	0,03	0,04	0,14	0,39	1,53	0,10

	0,33	0,03	0,08	0,08	0,34	0,04	1,11	0,35
	0,32	0,22	0,03	0,06	0,28	0,02	0,73	0,34
	0,13	0,00	<0,01	0,04	0,07	0,03	0,51	0,34
	0,38	0,01	<0,01	0,12	0,23	0,12	0,45	0,15
	0,22	0,02	0,01	0,05	0,09	0,07	-	0,15
	0,48	0,14	0,02	0,33	1,04	0,07	0,71	0,58
	0,61	0,16	0,01	0,17	0,77	0,04	1,03	0,23
ПДК максимальная	1,26	0,12	0,55	0,14	0,62	1,46	12,48	1,20
	0,46	0,07	0,19	0,10	1,10	0,58	4,40	0,10
	0,98	0,79	0,22	0,73	2,00	2,06	3,62	3,40
	1,22	0,21	0,07	0,60	1,22	0,66	1,98	0,90
	0,94	0,23	1,60	0,23	0,46	0,72	0,94	1,60
	0,78	0,32	0,35	0,15	2,24	0,24	4,28	1,00
	0,84	0,99	0,08	0,17	0,75	0,07	3,86	0,90
	0,42	0,03	0,01	0,20	0,19	0,71	2,85	0,60
	1,12	0,04	0,05	0,55	0,54	1,19	4,43	0,40
	0,38	0,08	0,14	0,58	0,26	0,65	-	0,60
	0,96	0,51	0,07	2,46	3,17	0,47	5,25	4,40
	1,24	0,37	0,02	0,38	1,62	0,27	3,24	2,30

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого наблюдается нарушение кислородного режима, обычно в летнее время. Концентрация **кислорода** во время наблюдений в 2023 г. в бухте Золотой Рог изменилась в пределах 5,32–14,26, в среднем составила 8,73. Абсолютный минимум 5,32 мгО₂/дм³ (70,9% насыщения) был зафиксирован в октябре в куте бухты в поверхностном слое (рис. 11.3). По сравнению с прошлым годом кислородный режим в бухте в среднем практически не изменился. За год отмечено 2 случая с концентрацией растворенного кислорода ниже норматива. Кроме бухты Золотой Рог ситуация с нарушением насыщения вод очень напряженная в проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе, в основном в районах вблизи г. Владивостока. Здесь дефицит кислорода наблюдается практически ежегодно. Чуть лучше ситуация в бухте Диомид и в заливах Уссурийском и Находка, где ситуация относительно благополучная и случаи резкого дефицита кислорода отмечаются реже.

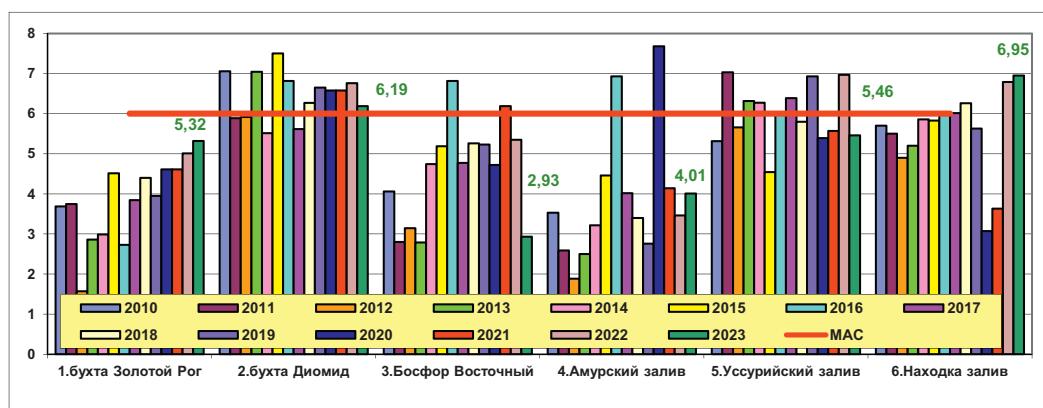


Рис. 11.3. Динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода (мгO₂/дм³) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2023 гг.

В 2023 г. качество вод бухты Золотой Рог по индексу ИЗВ (1,85) существенно ухудшилось по сравнению с прошлым годом и соответствовало V классу «грязные» (табл. 11.3, рис. 11.4). Общий линейный тренд значений индекса отсутствует. Приоритетными загрязняющими веществами являются детергенты, фенолы, растворенное органическое вещество по БПК₅ и нефтяные углеводороды, первые три входят в расчет индекса. Содержание основных определяемых металлов было относительно невысоким; среднегодовое значение концентрации превысило ПДК по железу (1,03), а максимальные значения были выше установленного норматива по меди (1,24), железу (3,24) и ртути (2,30). Воды бухты также весьма мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода в целом пониженное. По этой характеристике бухта наихудшая среди всех районов залива Петра Великого. Особенно сильно нарушенным кислородный режим был в кутовой части бухты вблизи устья реки Объяснения.

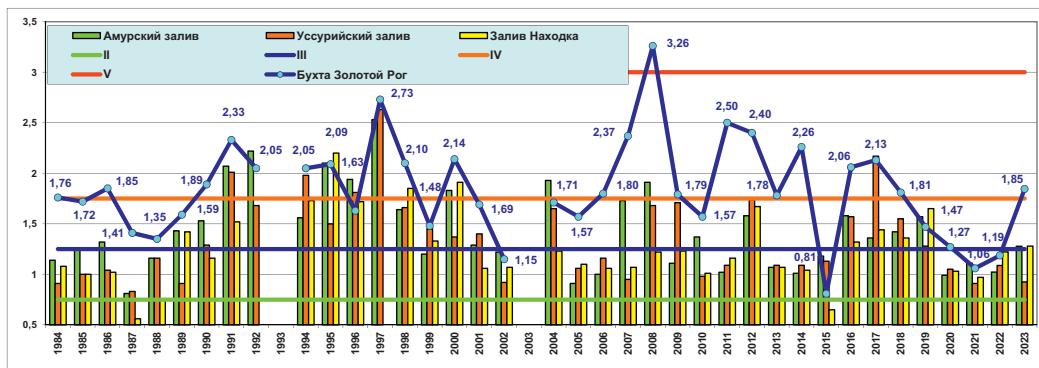


Рис. 11.4. Динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных частях залива Петра Великого и бухте Золотой Рог в 1984–2023 годах.

В 2023 г. в бухте Золотой Рог наблюдения за **донными отложениями** проводились в мае и октябре на четырех станциях в глубине бухты; всего было отобрано 8 проб. Грунты в бухте почти на всех станциях илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. В октябре гранулометрический состав донных отложений бухты был представлен частицами размером от 0,001 до 2,0, а преобладали мелкодисперсные фракции 0,1–0,2 мм. Среднее содержание илистых частиц размером менее 0,001 мм составило 0,25%; 0,001–0,005–0,16%; 0,005–0,01–12,40%; 0,01–0,05–18,85%; 0,05–0,1–16,25%; 0,1–0,2–23,54%; 0,2–0,5–10,01%; 0,5–1,0–2,37% и размером 1,0–2,0 мм – 0,16%.

Содержание НУ в пробах изменялось в пределах 2980–16980, составив в среднем 8577,5 мкг/г, что всего в 1,05 раза ниже прошлогодней величины. Динамика средней концентрации НУ по годам: 2005 г. – 1440; 2006–12850; 2007–15447; 2008–3322; 2009–8147; 2010–8346; 2011–8928; 2012–6966; 2013–6136; 2014–10524; 2015–13089; 2016–10084, 2017–12856; 2018–16728; 2019–14788; 2020–12790; 2021–9755 мкг/г; 2022–9037 мкг/г. В 2023 г. средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов в 171,55 раз (табл. А.4). Максимальное значение (339,6 ДК) было отмечено в мае в кутовой части бухты у устья реки Объяснение. Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб. Содержание фенолов в пробах изменялось в пределах 1,5–8,3, в среднем составило 4,14 мкг/г и по сравнению с прошлым годом повысилось в 1,4 раза. Максимум отмечен в октябре на ст. №11.

В 2023 г. среднегодовое содержание свинца и кадмия снизилось; практически не изменилось кобальта, никеля, хрома и ртути; и повысилось меди с 3,25 до 3,76 ДК, цинка с 1,90 до

2,15 ДК (табл. 11.4). Диапазон концентрации железа составил 326–35540; марганца 112–256; меди 5,8–365,9; кобальта 3,2–5,6; кадмия 0,3–4,1; свинца 4,1–241,7; никеля 8,2–15,4; цинка 92,4–587,8; хрома 0–194,5 и ртути 0,41–1,81 мкг/дм³. В последние два года наибольший уровень содержания этих металлов отмечается в центральной части бухты на ст.№11 и №12 с глубинами 20–24 м, реже на ст.№7 у изгиба бухты и моста на глубине 14 м. В прошлом наибольшие значения обычно отмечались в вершине бухты на ст.№1 у устья реки Объяснения. Концентрация Fe в весенних пробах была в 4,9 раз больше осенней, Mn – 1,2, Cu – 8,1, Co – 0,8, Cd – 2,7, Pb – 5,2, Ni – 1,2, Zn – 2,3, Cr – 12,7 и Hg – в 1,6 раза. Возможной причиной существенного повышенных значений концентрации металлов в донных отложениях бухты Золотой Рог весной после половодья может быть вынос элементов с водами загрязненной реки Объяснения. Депонируется мелкодисперсная взвесь с адсорбированными металлами обычно на приглубых участках мелководья, где ветровое волнение в меньшей степени влияет на повторное взмучивание осадков.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	133,10	133,30	1,61	4,87	13,40	326,30	216,50	33607	38,80	0,725
	132,80	142,20	1,91	4,45	15,20	339,40	189,80	32871	39,40	0,458
	121,53	120,73	2,07	4,07	13,95	292,73	111,57	25455	38,13	0,787
	149,90	195,30	3,74	6,05	20,90	380,50	199,50	28742	76,00	1,539
	89,80	92,40	1,90	4,14	11,52	285,30	199,60	25609	37,58	0,678
	145,80	168,10	2,81	4,32	12,63	382,70	185,40	25024	16,60	1,074
	191,74	199,70	2,22	5,05	13,44	474,05	220,09	24750	45,06	1,129
	168,83	175,90	1,50	4,40	33,36	495,74	202,12	28542	31,97	0,280
	132,38	147,18	2,47	5,17	14,12	344,99	171,82	25724	37,02	1,298
	108,00	129,73	1,91	4,57	14,77	272,69	127,59	20850	32,75	1,041
	113,64	130,85	1,86	3,70	10,62	266,35	129,30	14721	32,39	1,005
	131,75	100,31	1,58	4,01	11,58	301,54	165,00	16186	37,23	0,996
Максимальная	275,0	274,0	3,9	7,2	15,0	559,0	458,0	38760	59,0	1,32
	242,0	368,0	3,7	5,8	20,0	612,0	388,0	35957	68,0	1,84
	310,0	273,0	4,6	6,8	21,0	678,0	207,0	34982	59,0	1,50
	280,0	439,0	6,2	14,0	32,0	611,0	321,0	35161	130,0	5,27
	161,0	181,0	3,6	6,8	18,0	441,0	522,0	30735	87,0	1,84
	416,0	351,0	9,3	6,0	16,0	832,0	294,0	27690	25,0	2,07
	493,2	519,9	4,4	6,9	18,0	977,2	389,3	29162	74,0	2,69
	368,9	425,7	5,1	5,6	63,6	808,0	349,2	31555	48,4	0,60
	322,6	276,6	5,6	7,8	27,2	648,5	273,9	31985	62,0	2,90
	258,8	276,4	4,1	6,1	21,1	560,3	208,5	35708	50,9	2,23
	273,3	263,8	3,8	5,1	12,7	565,5	195,1	17226	51,3	2,85
	365,9	241,7	4,1	5,6	15,4	587,8	256,0	35540	194,5	1,81
ПДК средняя	3,80	1,57	2,01	0,24	0,38	2,33			0,39	2,42
	3,79	1,67	2,39	0,22	0,43	2,42			0,39	1,53
	3,47	1,42	2,58	0,20	0,40	2,09			0,38	2,62
	4,28	2,30	4,68	0,30	0,60	2,72			0,76	5,13
	2,57	1,09	2,38	0,21	0,33	2,04			0,38	2,26
	4,17	1,98	3,51	0,22	0,36	2,73			0,17	3,58
	5,48	2,35	2,78	0,25	0,38	3,39			0,45	3,76
	4,82	2,07	1,88	0,22	0,95	3,54			0,32	0,93

ПДК максимальная	3,78	1,73	3,09	0,26	0,40	2,46			0,37	4,33
	3,09	1,53	2,39	0,23	0,42	1,95			0,33	3,47
	3,25	1,54	2,33	0,19	0,30	1,90			0,32	3,35
	3,76	1,18	1,97	0,20	0,33	2,15			0,37	3,32
	7,86	3,22	4,88	0,36	0,43	3,99			0,59	4,40
	6,91	4,33	4,63	0,29	0,57	4,37			0,68	6,13
	8,86	3,21	5,75	0,34	0,60	4,84			0,59	5,00
	8,00	5,16	7,75	0,70	0,91	4,36			1,30	17,57
	4,60	2,13	4,50	0,34	0,51	3,15			0,87	6,13
	11,89	4,13	11,63	0,30	0,46	5,94			0,25	6,90
	14,09	6,12	5,50	0,35	0,51	6,98			0,74	8,97
	10,54	5,01	6,38	0,28	1,82	5,77			0,48	2,00
	9,22	3,25	7,00	0,39	0,78	4,63			0,62	9,67
	7,39	3,25	5,13	0,31	0,60	4,00			0,51	7,43
	7,8	3,1	4,8	0,3	0,4	4,0			0,5	9,5
	10,5	2,8	5,1	0,3	0,4	4,2			1,9	6,0

* выделенные значения выше ДК.

11.4. Бухта Диомид

Бухта Диомид расположена на северном берегу залива Петра Великого в городе Владивостоке между мысом Голдобина и мысом Абросимова полуострова Черкавского. Бухта защищена от всех ветров, кроме юго-западных. Глубины во входе в бухту 22–26 м. Около юго-восточного берега находится отмель с глубинами менее 2 м. Грунт дна илистый. Зимой бухта не замерзает: образующийся ледяной покров разрушается судами. Северо-западный берег высокий, берег вершины низкий, юго-восточный берег по мере приближения к мысу Абросимова постепенно повышается и становится обрывистым. На берегах бухты Диомид расположены жилые дома и другие постройки, морская промзона и портовый пункт Диомид Владивостокского морского рыбного порта. На северо-западном берегу расположен портовый комплекс ООО «Востокморсервис» (три причала общей длиной 504 м, с глубинами до 9,5 м).

В 2023 г. гидрохимические наблюдения в бухте Диомид проводились в мае, августе и октябре на одной станции, всего отобрано 6 проб воды и 2 пробы грунта (рис.11.1). Значения температуры в летне-осенний период варьировали в интервале 13,70–24,80°C. Соленость (%) изменилась от 29,93 в мае и августе в придонном слое до 30,18% в октябре на поверхности горизонте; среднее значение составило 30,03%. Водородный показатель варьировал в пределах 7,85–8,10 ед.рН. Содержание взвешенных в воде частиц изменилось в диапазоне 1,8–9,4 (max 0,94 ПДК, август, поверхность), в среднем 5,08 мг/дм³, что меньше прошлого года в 1,4 раза. Средний показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) повысился с 1,70 до 5,08 мгO₂/дм³; максимальное значение (4,29 ПДК) зарегистрировано в августе на поверхности. Прозрачность воды бухты не более 4 м.

Содержание аммонийного азота (мкг/дм³) в водах бухты изменилось в пределах 17,1–172,8; среднегодовая концентрация повысилась с 40,52 до 66,73 (0,03 ПДК). Концентрация нитритов в морской воде снизилась в 2,6 раза, а нитратов повысилась в 1,8 раза: 2,67 и 13,1 соответственно. Максимальное содержание общего азота составило 583,0, а среднее повысилось с 384,0 до 433,0. Среднегодовая концентрация органического азота повысилась с 329,0 до 350,0, максимальная составила 444,0 мкг/дм³.

В период проведения работ концентрация фосфатов (мкг/дм³) была в диапазоне 9,3–23,6, средняя концентрация составила 14,73, что в 1,1 раза выше прошлогодней (13,3); максимум

был в августе в придонном слое. Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 14,4–42,6, среднее 23,93, что в 1,2 раза выше прошлогоднего; максимум отмечен также в августе у дна. Концентрация кремния в пределах 340–3629/1027, средняя в 5 раз выше прошлогодней, а максимум зафиксирован в августе в поверхностном слое.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** в 2023 г. составило 52, диапазон изменений 20–90 мкг/дм³ (табл. 11.1). Средняя величина не изменилась, максимальная концентрация (1,80 ПДК) зарегистрирована в мае в поверхностном слое. Превышение предельно-допустимой концентрации отмечено в двух пробах. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано. Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,8–1,8 мкг/дм³; среднее содержание составило 1,45 ПДК. Максимум (1,8 ПДК) был зафиксирован дважды в августе в поверхностном и придонном слоях. Уровень загрязненности морских вод фенолами снизился по сравнению с прошлым годом в 1,2 раза, однако был ниже норматива всего в одной пробе (рис. 11.5).

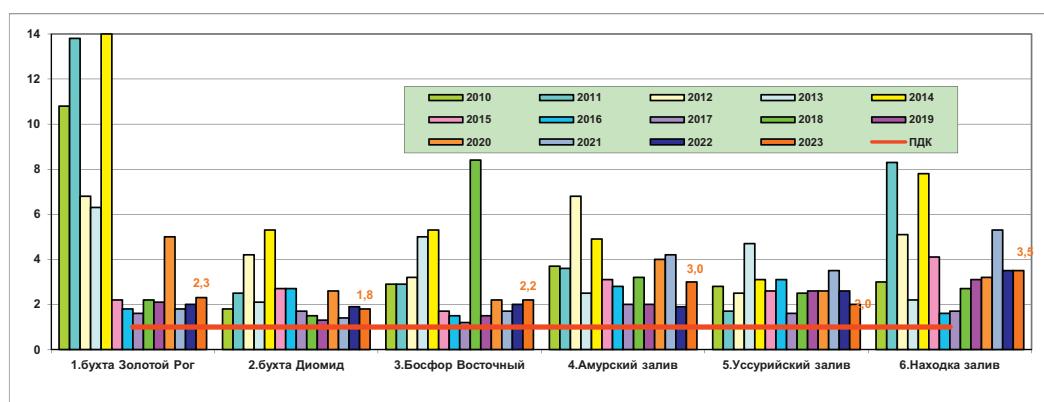


Рис. 11.5. Динамика максимальной концентрации фенолов (мкг/дм³) в водах отдельных районов залива Петра Великого Японского моря в 2011–2023 гг.

Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 87–276 мкг/дм³, максимум отмечен в августе в придонном слое. Среднегодовая величина (1,56 ПДК) повысилась по сравнению с прошлым годом в 1,9 раза. Только в двух пробах значения были ниже ПДК.

Среднегодовая и максимальная концентрация исследуемых тяжелых **металлов** (мкг/дм³), за исключением железа, в водах бухты не превышала предельно допустимый уровень. Среднее содержание железа повысилось в 2,5 раза с 0,42 до 1,04 ПДК при диапазоне концентрации 17,8–92,5; максимум зафиксирован в мае в придонном слое. Среднее и максимальное значения составили: цинка 29,22/67,60; свинца 1,12/1,90; меди 2,58/6,00; кадмия 0,10/0,20; никеля 1,2/3,9; марганца 2,13/5,60 и ртути 0,008/0,01 мкг/дм³.

Среднегодовая концентрация растворенного в водах бухты Диомид **кислорода** повысилась в 1,1 раза и составила 8,46 мгО₂/дм³ (105,9% насыщения). Минимальное значение (6,19) было отмечено в августе в придонном слое. По индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,54, IV класс, «загрязненные») качество вод бухты Диомид ухудшилось по сравнению с прошлым годом, в основном за счет существенного роста концентрации органических веществ и СПАВ, а нефтяные углеводороды и цинк выпали из расчета. Также повысилась концентрация железа в морской воде, но немного снизилось содержание фенолов, цинка и

ртути. Содержание тяжелых металлов в водах бухты по-прежнему не превышало норматива за исключением повысившейся концентрации железа.

В бухте Диомид в мае и октябре были отобраны две пробы **донных отложений**, в которых проводилось определение содержания нефтяных углеводородов, фенолов и тяжелых металлов. Содержание НУ в майской пробе составило 3520 (70,4 ДК), в октябрьской пробе 3600 мкг/г сухого остатка (72,0 ДК). С начала наблюдений в 2014 г. этот показатель всегда был выше 100 ДК, однако в последние три года он резко снизился менее этого уровня и составил в последний год 71,2 ДК. В заливе Петра Великого два прибрежных района резко выделяются среди других по уровню загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами – бухты Золотой Рог и Диомид (рис. 11.6). Здесь среднее содержание НУ превышает этот показатель в других районах на порядок и более. Также достаточно высокий уровень загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами в проливе Босфор Восточный (32,44 ДК в 2023 г.). В остальных районах залива Петра Великого среднее содержание НУ в донных отложениях изменялось в диапазоне 2,19–3,93 ДК. Концентрация фенолов в пробах составила 4,0 и 4,6 мкг/г; средняя по сравнению с прошлым годом повысилась в 1,3 раза.

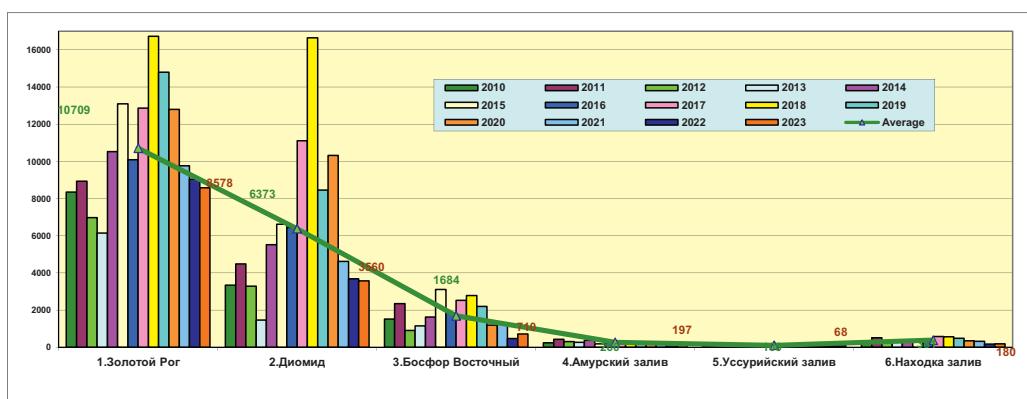


Рис. 11.6. Многолетние изменения средней концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2011–2023 гг.

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми металлами было традиционно высоким, однако ниже прошлого года. Среднегодовое содержание большинства элементов многократно превышало ДК (табл. 11.5). Содержание меди снизилось в 4,9 раза, кобальта в 1,4 раза, кадмия в 2,4, свинца в 1,9, никеля в 2,0, цинка в 2,9, хрома в 4,1, ртути в 1,5 и марганца в 1,7 раза. Повысилось только среднее содержание железа в 1,2 раза. Среднее содержание кобальта, никеля и хрома было ниже принятого норматива ДК.

Таблица 11.5. Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	360,50	245,00	1,45	4,15	15,00	877,50	169,00	37401	194,50	0,320
	185,00	111,00	2,20	3,00	11,50	324,50	128,00	26080	76,00	0,150
	195,00	129,00	2,23	4,47	12,33	386,33	290,67	28869	54,00	0,433

	487,50	182,50	5,85	3,10	27,50	765,00	229,50	32195	313,00	1,120
	638,50	350,50	3,75	15,05	42,00	2202,00	860,00	37838	359,50	0,545
	1231,00	224,50	4,30	8,20	77,50	1367,50	337,00	35998	66,00	1,265
	546,20	323,95	4,90	5,65	19,70	1115,35	205,00	31535	27,35	1,225
	963,80	251,00	4,20	7,50	54,30	1543,75	392,70	42373	218,45	0,395
	461,55	260,90	5,05	5,15	20,30	638,50	185,10	40512	183,95	1,750
	446,40	249,45	3,90	6,10	20,75	334,95	165,35	32818	139,55	2,090
	511,05	214,40	3,30	4,75	19,35	776,20	205,00	14626	112,25	1,885
	104,65	112,70	1,40	3,30	9,80	270,95	117,50	17507	27,55	1,220
Максимальная	504,0	369,0	2,7	5,2	19,0	1422,0	211,0	48487	309,0	0,36
	278,0	150,0	3,4	3,9	13,0	458,0	136,0	30579	111,0	0,17
	402,0	270,0	4,1	8,5	14,0	800,0	761,0	35324	84,0	0,94
	678,0	186,0	6,4	5,2	30,0	1088,0	279,0	32766	521,0	1,39
	1098,0	487,0	4,2	22,0	49,0	2633,0	1427,0	54941	468,0	0,57
	1473,0	249,0	4,8	11,0	135,0	1705,0	424,0	39079	68,0	1,31
	733,7	364,3	5,3	6,3	22,3	1703,8	233,7	32447	31,7	1,24
	1266,5	258,2	4,3	7,8	68,3	2056,8	445,4	42479	228,5	0,68
	604,1	299,7	5,1	6,0	26,1	837,8	202,3	48706	209,6	1,76
	457,5	282,8	4,3	6,4	24,4	646,4	172,2	35425	187,1	2,1
	560,3	216,1	3,9	4,8	20,1	1119,0	258,6	18595	126,3	2,01
	119,0	166,5	2,3	5,2	14,0	337,1	130,0	18880	40,4	1,8
ПДК средняя	10,30	2,88	1,81	0,21	0,43	6,27			1,95	1,07
	5,29	1,31	2,75	0,15	0,33	2,32			0,76	0,50
	5,57	1,52	2,79	0,22	0,35	2,76			0,54	1,44
	13,93	2,15	7,31	0,16	0,79	5,46			3,13	3,73
	18,24	4,12	4,69	0,75	1,20	15,73			3,60	1,82
	35,17	2,64	5,38	0,41	2,21	9,77			0,66	4,22
	15,61	3,81	6,13	0,28	0,56	7,97			0,27	4,08
	27,54	2,95	5,25	0,38	1,55	11,03			2,18	1,32
	13,19	3,07	6,31	0,26	0,58	4,56			1,84	5,83
	12,75	2,93	4,88	0,31	0,59	2,39			1,40	6,97
	14,60	2,52	4,13	0,24	0,55	5,54			1,12	6,28
	2,99	1,33	1,75	0,17	0,28	1,94			0,28	4,07
ПДК максимальная	14,40	4,34	3,38	0,26	0,54	10,16			3,09	1,20
	7,94	1,76	4,25	0,20	0,37	3,27			1,11	0,57
	11,49	3,18	5,13	0,43	0,40	5,71			0,84	3,13
	19,37	2,19	8,00	0,26	0,86	7,77			5,21	4,63
	31,37	5,73	5,25	1,10	1,40	18,81			4,68	1,90
	42,09	2,93	6,00	0,55	3,86	12,18			0,68	4,37
	20,96	4,29	6,63	0,32	0,64	12,17			0,32	4,13
	36,19	3,04	5,38	0,39	1,95	14,69			2,29	2,27
	17,26	3,53	6,38	0,30	0,75	5,98			2,10	5,87
	13,07	3,33	5,38	0,32	0,70	4,62			1,87	7,00
	16,0	2,5	4,9	0,2	0,6	8,0			1,3	6,7
	3,40	2,0	2,9	0,3	0,4	2,4			0,4	6,0

11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс

Пролив Босфор Восточный соединяет Амурский и Уссурийский заливы и отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русского и Елены. Глубины в средней части пролива (26–38 м) постепенно увеличиваются до 50 м на западе и 42 м на восток. Грунт в проливе Босфор Восточный преимущественно ил и песок. При свежих юго-восточных и восточных ветрах в пролив заходит крупная зыбь. Для якорной стоянки судов выставляются швартовные бочки. В проливе действуют постоянные поверхностные течения, идущие из Амурского залива в Уссурийский вдоль южного берега и в обратном направлении вдоль северного. Средняя скорость этих течений в узостях пролива 0,2–1,2 узлов. Приливные течения в проливе Босфор Восточный слабые. С конца декабря пролив и все бухты вдоль его берега, за исключением бухты Золотой Рог, покрываются льдом. Замерзанию восточной части пролива препятствуют непрекращающиеся всю зиму судоходство и ледокольные работы.

В 2023 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод и донных отложений в проливе Босфор Восточный (ст.№14,18,23) и бухте Улисс (ст.№19) проводились в мае, августе и октябре (рис. 11.1). Всего проанализировано 24 пробы морской воды и 12 донных отложений. В период наблюдений минимальная температура воды была зафиксирована в июне у мыса Безымянного в придонном слое и составила 9,60°C, максимальная в августе на ст.№18 на поверхности (25,00°C). Значения солености изменялись в диапазоне 29,74–30,85, в среднем 30,18‰. Значения водородного показателя варьировали в пределах 7,80–8,32, среднее значение составило 8,05 ед.рН. Концентрация взвешенных частиц в воде варьировала в диапазоне 2,6–11,2 (1,12 ПДК); среднее значение практически не изменилось и составило 6,08 мг/дм³. Средняя концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ составила 4,73 (2,25 ПДК), что в 2,8 раза выше прошлогодней. Значения изменились в диапазоне 1,0–9,0 мгО₂/дм³ (4,29 ПДК, на поверхности у мыса Безымянного 18 августа). Прозрачность морских вод в проливе Босфор Восточный не превышала 3 м.

Концентрация **биогенных элементов** (мкг/дм³) в водах пролива и бухте Улисс в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного азота изменялось в диапазоне 11,0–205,2, а среднее было очень невысоким 67,3 (0,03 ПДК). Среднегодовая концентрация нитритов повысилась в 3 раза, а максимум в 11 раз до 7,55 ПДК; максимум был отмечен в августе в поверхностном слое у мыса Новосильского. Диапазон значений нитратного азота был 9,7–213,0/35,6 максимум был в пробе с наибольшим значением нитритов, а среднегодовая повысилась в 3,7 раза. Значения общего азота изменились в диапазоне 339–826/532,2, средняя величина в 1,4 раза больше прошлогодней. Средняя концентрация органического азота составила 425, что выше прошлогоднего значения (283) в 1,5 раза; содержание органического азота изменилось в пределах 109–688 мкг/дм³. Содержание минерального фосфора (мкг/дм³) повысилось по сравнению с прошлым годом в 1,5 раза и составило в среднем 15,75, диапазон изменения 6,9–37,8 в наблюдаемые месяцы. Максимальная концентрация фосфатов и общего фосфора (10,1–41,1/21,16 повышение в 1,4 раза) была отмечена в августе у мыса Безымянного в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива снизилась в 1,1 раза и составила 4,7, диапазон 0,9–10,1 мкг/дм³. Концентрация кремния изменилась в очень широком диапазоне 59–3827; максимум зарегистрирован в августе на поверхности в бухте Улисс. Средняя концентрация выросла в 2,6 раза и составила 1272,3 мкг/дм³.

Концентрация **НУ** в водах пролива в период наблюдений изменилась от 0,01 до 0,27 мг/дм³ (5,40 ПДК). Среднее содержание повысилось и составило 0,06 (1,21 ПДК). Максимальная

концентрация была отмечена в мае у мыса Безымянного в поверхностном слое. В 37,5% проб концентрация НУ не превышала норматив. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод пролива Босфор Восточный покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

Концентрация фенолов в пробах воды варьировала в диапазоне 1,0–2,2 мкг/дм³; среднегодовое содержание составило 1,65 ПДК. Максимум отмечен дважды на поверхности в августе на ст. №18 и октябре на ст. №14. По сравнению с 2022 г. среднее содержание фенолов не изменилось. Превышение ПДК отмечено в 100% проб. Концентрация АПАВ была в пределах 10–648 мкг/дм³; а средняя составила 150,8 (1,51 ПДК), что в 1,6 раза выше уровня прошлого года. Концентрация АПАВ превышала норматив в 83,3% проб. Сезонные изменения концентрации СПАВ были весьма значительными: средняя в мае 80,9, в августе 225,9 и в октябре 145,6. По многолетним данным системы государственного мониторинга во всех прибрежных районах залива Петра Великого четыре года (2016–2019 гг.) наблюдался резкий рост уровня загрязненности морских вод поверхностно-активными веществами по сравнению со всеми предыдущими годами наблюдений (рис. 11.7). Далее этот процесс остановился во всех районах и среднегодовой показатель не превышал норматива, за исключением залива Находка (1,12 ПДК). В 2023 г. рост уровня загрязненности морских вод СПАВ возобновился. Особенно ярко это проявилось в бухте Золотой Рог.

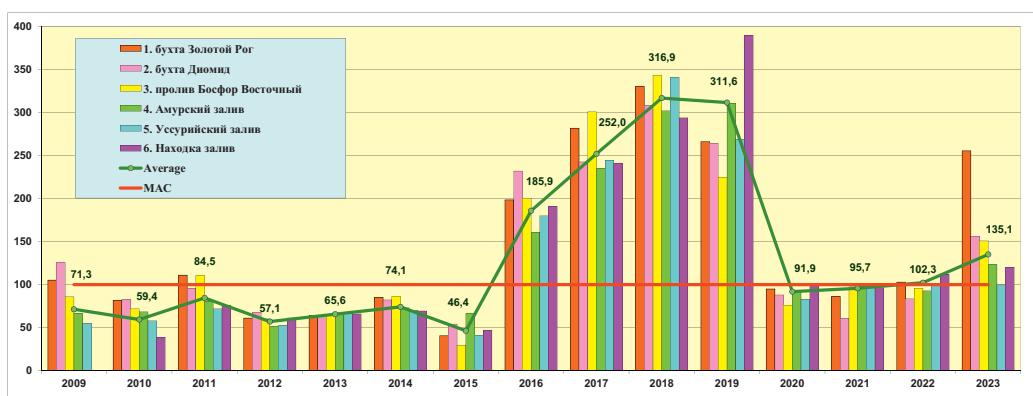


Рис. 11.7 Межгодовая динамика средней концентрации поверхностно-активных веществ (мкг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2009–2023 гг.

Средняя концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах пролива Босфор Восточный не превышала установленный норматив за исключением железа (табл. 11.6). Среднее содержание железа повысилось в 2,4 раза до 1,44 ПДК при диапазоне концентрации 10,4–481,6 мкг/дм³; максимум почти достигал очень высокой величины 10 ПДК и был зафиксирован 30 мая у выхода из бухты Золотой Рог в поверхностном слое с пониженной соленостью (29,80‰), повышенной температурой (14,40°C) и относительно повышенным содержанием СПАВ (131 мкг/дм³). Вероятно это была выходящая из бухты загрязненная вода. Среди остальных металлов незначительное превышение нормы зафиксировано для максимальной концентрации цинка и меди, причем первый отмечен в одной пробе с железом, то второй в то же время и месте, только у дна на глубине 28 м. В целом для всех металлов отмечены незначительные межгодовые изменения, за исключением ртути, и среднее и экстремальное значение резко снизились.

Таблица 11.6. Среднее и максимальное значение концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах пролива Босфор Восточный в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	0,79	0,12	0,13	0,31	7,31	19,59	84,1	0,001
	0,63	0,17	0,25	0,31	5,67	4,41	27,61	0,000
	1,36	0,29	0,12	1,02	11,75	5,27	26,59	0,027
	3,12	0,10	0,16	0,69	26,73	3,83	27,00	0,022
	1,99	0,64	0,78	0,67	9,62	4,96	26,86	0,041
	1,71	0,29	0,96	1,10	18,21	4,62	62,30	0,037
	1,43	2,02	0,19	0,99	18,73	2,14	33,14	0,023
	0,73	0,19	0,04	0,49	6,57	2,59	29,73	0,017
	2,80	0,18	0,07	2,64	18,24	9,83	7,6	0,037
	1,02	0,21	0,03	0,40	4,27	2,04		0,051
	3,66	1,85	0,12	2,28	36,16	2,50	29,90	0,045
	2,98	2,51	0,19	2,29	37,92	3,89	71,95	0,011
Максимальная	2,30	0,40	0,50	0,70	113,00	111,00	711,00	0,02
	1,40	0,80	5,60	0,50	118,00	46,00	302,00	0,00
	3,70	1,00	0,40	2,90	38,00	31,00	91,00	0,40
	55,00	0,50	0,40	6,50	301,00	13,00	45,00	0,05
	3,30	2,90	6,60	1,40	27,00	23,00	81,00	0,28
	5,20	0,80	3,80	2,80	89,00	43,00	155,00	0,10
	5,10	12,50	0,40	3,10	63,70	17,70	87,00	0,07
	3,70	1,60	0,50	2,00	42,10	20,30	187,80	0,04
	14,50	0,70	0,20	18,00	79,20	49,50	27,20	0,16
	3,40	0,90	0,60	0,80	10,50	10,60		0,29
	20,6	5,3	0,4	12,8	123,5	14,6	273,9	0,32
	8,2	6,0	0,4	5,3	109,9	17,7	481,6	0,04
ПДК средняя	0,16	0,01	0,01	0,03	0,15	0,39	1,70	0,01
	0,13	0,02	0,02	0,03	0,11	0,09	0,55	
	0,27	0,03	0,01	0,10	0,24	0,11	0,53	0,27
	0,62	0,01	0,02	0,07	0,53	0,08	0,54	0,22
	0,40	0,06	0,08	0,07	0,19	0,10	0,54	0,41
	0,34	0,03	0,10	0,11	0,36	0,09	1,25	0,37
	0,29	0,20	0,02	0,10	0,37	0,04	0,66	0,23
	0,15	0,02	<0,01	0,05	0,13	0,05	0,59	0,17
	0,56	0,02	<0,01	0,26	0,36	0,20	0,15	0,37
	0,20	0,02	<0,01	0,04	0,09	0,04		0,51
	0,73	0,19	0,01	0,23	0,72	0,05	0,60	0,45
	0,60	0,25	0,02	0,23	0,76	0,08	1,44	0,11
ПДК максимальная	0,46	0,04	0,05	0,07	2,26	2,22	14,20	0,20
	0,28	0,08	0,56	0,05	2,36	0,92	6,04	
	0,74	0,10	0,04	0,29	0,76	0,62	1,82	4,00
	11,00	0,05	0,04	0,65	6,02	0,26	0,90	0,50
	0,66	0,29	0,66	0,14	0,54	0,46	1,62	2,80
	1,04	0,08	0,38	0,28	1,78	0,86	3,10	1,00
	1,02	1,25	0,04	0,31	1,27	0,35	1,74	0,70
	0,74	0,16	0,05	0,20	0,84	0,41	3,76	0,40
	2,90	0,07	0,02	1,80	1,58	0,99	0,54	1,60
	0,68	0,09	0,06	0,08	0,21	0,21		2,90
	4,12	0,53	0,04	1,28	2,47	0,29	5,48	3,20
	1,64	0,60	0,04	0,53	2,20	0,35	9,63	0,40

В 2023 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный и бухты Улисс незначительно повысилось и составило 8,61 (108% насыщения), диапазон изменений 2,93–11,49 мгО₂/дм³. Дефицит кислорода отмечен 13 октября на поверхности у мыса Новосильского (2,93) и в тот же день в бухте Улисс также в поверхностном слое (3,36 мгО₂/дм³). По ИЗВ (1,53) качество вод пролива в 2023 г. резко ухудшилось и соответствовало IV классу «загрязненные». Как и в прошлом году, расчет выполнен по средней концентрации кислорода, фенолов, дегтергентов и органических веществ по БПК₅. Ухудшение качества вод произошло за счет резкого роста содержания органики почти в 3 раза и заметного СПАВ.

В проливе Босфор Восточный и бухте Улисс в мае и октябре было отобрано восемь проб на содержание ЗВ в **донных отложениях** на глубине 26–41 м. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 420–1590, составив в среднем 710 мкг/г (14,2 ДК, увеличение по сравнению с прошлым годом в полтора раза). Максимальная концентрация превысила ДК в 31,8 раза и была зафиксирована в мае в бухте Улисс. В предыдущие годы средняя концентрация НУ составила: в 2005–120; 2006–820; 2007–2560; 2008–1780; 2009–2690, 2010–1507, 2011–2343, 2012–902, 2013–1143, 2014–1625, 2015–3107, 2016–1842, 2017–2523, 2018–2800, 2019–2185, 2020–1188, 2021–129,7; 2022–465 мкг/г сухого остатка. Превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. Существенной разницы среднего уровня загрязнения д.о. весной (738) и осенью (683 мкг/г) не наблюдалось. Среднее содержание фенолов в донных отложениях пролива повысилось с 2,92 до 3,075, при диапазоне концентрации 2,2–4,0 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в октябре в бухте Улисс.

Средняя концентрация всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях пролива по сравнению с прошлым годом существенно повысилась, хотя и ранее уровень загрязнения осадков был высоким (табл. 11.7). Почти не изменилось только среднее содержание ртути. Максимальная концентрация меди составила 22,74 ДК у мыса Новосильского в октябре на глубине 32 м, из-за этого значения сильно выросла и средняя величина; вторая по уровню содержания меди была проба на выходе из бухты Золотой Рог (164,9 мкг/г). Наибольший уровень всех металлов был зафиксирован сенью на ст. №18, за исключением ртути (бухта Улисс). Экстремальное содержание меди увеличилось в 22,3 раза, кобальта в 1,9 (0,35 ПДК), кадмия в 9,5, свинца в 7,6, никеля в 2,2 (0,62 ПДК), цинка в 7,3, хрома в 10,4; и только ртути снизилось в 1,7 раза.

Таблица 11.7. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	30,19	41,83	0,32	4,28	10,37	101,67	134,08	28593	23,67	0,940
	33,17	43,33	0,50	3,23	13,50	131,83	139,33	29525	27,67	0,182
	40,00	63,78	0,64	3,40	15,11	137,89	99,12	28094	29,22	0,296
	56,67	73,50	2,15	7,97	20,50	136,33	166,67	28822	67,17	0,697
	30,50	42,00	0,97	6,30	12,53	116,50	117,67	25852	27,83	0,233
	35,33	40,70	1,97	3,90	12,48	125,50	143,83	25229	12,83	0,475
	37,00	69,05	0,52	4,45	12,07	128,72	146,68	26767	28,43	0,425
	37,17	53,90	0,30	3,27	24,87	126,07	131,37	25213	22,17	0,185
	30,53	41,88	0,62	3,42	10,43	103,97	113,45	19018	21,97	0,287
	33,78	64,23	0,37	3,65	10,62	79,05	91,60	12062	20,47	0,668
	29,93	51,40	0,23	3,27	7,90	93,83	109,38	14274	19,93	0,430
	161,98	136,25	1,13	4,86	13,93	271,04	187,88	24697	59,93	0,411

Максимальная	64,0	71,0	0,8	5,2	14,0	179,0	177,0	34324	37,0	7,6
	54,0	55,0	0,8	3,7	17,0	224,0	174,0	31887	37,0	0,22
	54,0	167,0	0,8	6,0	20,0	231,0	184,0	49382	34,0	0,6
	79,0	125,0	3,4	14,0	27,0	200,0	194,0	36457	85,0	1,53
	51,0	65,0	1,3	11,0	17,0	170,0	161,0	29691	44,0	0,29
	51,0	57,0	7,4	4,8	16,0	146,0	183,0	28060	15,0	1,14
	59,1	114,5	0,8	4,9	14,0	169,4	174,0	34582	39,9	0,94
	56,9	87,8	0,6	3,7	49,5	160,0	163,7	28187	27,2	0,36
	46,1	62,3	1,1	4,9	13,1	136,1	134,0	23392	26,2	0,43
	52,1	128,5	0,7	4,6	12,0	113,5	113,2	19086	28,8	1,1
	35,7	61,8	0,4	3,6	9,8	124,1	135,3	16513	26,2	0,89
	795,9	472,3	3,8	6,9	21,7	915,4	288,0	28560	271,2	0,53
ДК средняя	0,86	0,49	0,40	0,21	0,30	0,73			0,24	3,13
	0,95	0,51	0,63	0,16	0,39	0,94			0,28	0,61
	1,14	0,75	0,81	0,17	0,43	0,98			0,29	0,99
	1,62	0,86	2,69	0,40	0,59	0,97			0,67	2,32
	0,87	0,49	1,21	0,32	0,36	0,83			0,28	0,78
	1,01	0,48	2,46	0,20	0,36	0,90			0,13	1,58
	1,06	0,81	0,65	0,22	0,34	0,92			0,28	1,42
	1,06	0,63	0,38	0,16	0,71	0,90			0,22	0,62
	0,87	0,49	0,77	0,17	0,30	0,74			0,22	0,96
	0,97	0,76	0,46	0,18	0,30	0,56			0,20	2,23
	0,86	0,60	0,29	0,16	0,23	0,67			0,20	1,43
	4,63	1,60	1,41	0,24	0,40	1,94			0,60	1,37
ДК максимальная	1,83	0,84	1,00	0,26	0,40	1,28			0,37	25,33
	1,54	0,65	1,00	0,19	0,49	1,60			0,37	0,73
	1,54	1,96	1,00	0,30	0,57	1,65			0,34	2,00
	2,26	1,47	4,25	0,70	0,77	1,43			0,85	5,10
	1,46	0,76	1,63	0,55	0,49	1,21			0,44	0,97
	1,46	0,67	9,25	0,24	0,46	1,04			0,15	3,80
	1,69	1,35	1,00	0,25	0,40	1,21			0,40	3,13
	1,63	1,03	0,75	0,19	1,41	1,14			0,27	1,20
	1,32	0,73	1,38	0,25	0,37	0,97			0,26	1,43
	1,49	1,51	0,88	0,23	0,34	0,81			0,29	3,67
	1,02	0,73	0,50	0,18	0,28	0,89			0,26	2,97
	22,74	5,56	4,75	0,35	0,62	6,54			2,71	1,77

11.6. Амурский залив

Длина Амурского залива около 65 км, ширина от 9 до 20 км, глубина до 50 м. Площадь поверхности 966 км². Среди других акваторий Приморского края залив наиболее глубоко вдаётся в сушу и отличается значительной изрезанностью береговой линии. От открытого моря он отгорожен полуостровом Муравьёва-Амурского и протяжённой цепью островов архипелага Евгении. Вследствие относительно континентального климата в заливе наблюдается наиболее раннее образование льда. Ледяной покров в заливе Угловом и бухте Новик появляется уже в конце ноября, а сходит только в конце марта – начале апреля. Уже в мае вода в этих заливах прогревается до +14°C. Прочный припай, позволяющий безопасно передвигаться по льду, образуется в феврале и покрывает северную часть залива полностью. Максимальная граница распространения неподвижного льда обычно проходит

восточнее линии мыс Песчаный – мыс Марковского (остров Попова). Рельеф дна сравнительно ровный. От берегов вершины залива в северной части простираются обширные отмели. На юго-запад, в сторону выхода из залива глубины постепенно нарастают. К северу от линии мыс Песчаный – Вторая Речка средние глубины составляют 10–20 м. Напротив Владивостока и острова Русский глубины 15–30 м, у островов Попова и Рейнеке уже более 30 м. Максимальная глубина 50 м находится на входной линии залива между мысом Брюса и островом Рикорда. На восточном берегу залива расположен порт и город Владивосток и посёлок Трудовое, а также большая курортная зона с пансионатами, санаториями и детскими лагерями.

В 2023 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в июне и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 36 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.8). В период наблюдений **температура** воды изменилась от 3,48°C в июне на ст. №37 в придонном слое до 22,37°C в сентябре на ст. №12 на поверхности горизонте. Соленость варьировалась в широком диапазоне от 19,22‰ в сентябре на поверхности в куту залива до 33,79‰ тоже в сентябре в придонном слое на глубине 38 м на выходе из залива, составив в среднем 30,17‰. Значения pH изменились в диапазоне 7,78–8,69; среднее 8,23 ед. pH. Среднее содержание взвешенных веществ снизилось в 1,8 раза и составило 5,10 мг/дм³ (0,51 ПДК), диапазон 1,1–12,0, максимум был отмечен в сентябре на самой южной станции в поверхностном слое. Содержание органических веществ по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ изменялось в диапазоне 1,0–4,0, составив в среднем 1,61 мг О₂/дм³ (0,77 ПДК). Максимальное значение (1,9 ПДК) было зафиксировано в июне на ст. №39 в придонном слое. Прозрачность вод в заливе не более 8 метров.

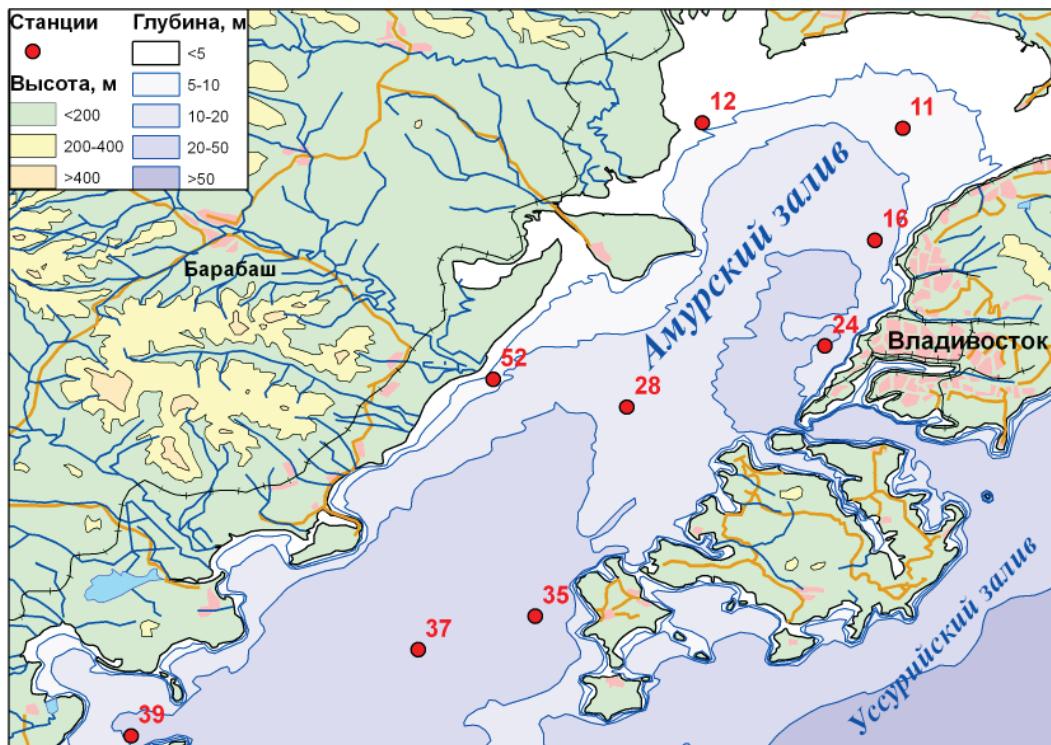


Рис. 11.8. Станции отбора проб в Амурском заливе в 2023 г.

Концентрация аммонийного азота ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Амурского залива изменялась в пределах 15,2–281,6, составив в среднем $47,6\uparrow$ (0,02 ПДК, увеличение в 2 раза по сравнению с 2022 г.) Содержание нитритов в морской воде было в диапазоне $1,7\text{--}375,2/42,0\uparrow$; 1,75 ПДК, повышение практически в 3 раза, нитратов $9,3\text{--}399,5/48,79\downarrow$, снижение в 1,1 раза, общего азота $270\text{--}1570/513,89\uparrow$ повышение в 1,2 раза. Среднее содержание органического азота очень незначительно повысилось с 351 до 376; максимальное значение 510,0. Концентрация фосфатов в водах Амурского залива изменялась в диапазоне $5,7\text{--}88,8/15,96\downarrow$, снижение всего на 0,24 $\text{мкг}/\text{дм}^3$; общего фосфора $6,7\text{--}104,0/18,4\downarrow$, снижение в 1,3 раза. Максимальное значение обоих параметров отмечено в сентябре на станции у Владивостока в придонном слое. Значения органического фосфора в толще вод залива изменились от 1,0 до 15,2, среднее значение составило $2,7 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Средняя концентрация кремния в водах Амурского залива практически не изменилась по сравнению с прошлым годом и составила $667,3 \text{ мкг}/\text{дм}^3$; максимум (1814) был отмечен в сентябре в вершине залива на поверхности в расщепленной линзе с соленостью 23,24%.

В период проведения наблюдений содержание **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменилось от 0,01 до $0,14 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (2,8 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в сентябре в поверхностном слое в середине южной части залива. Среднегодовая концентрация ($0,055\uparrow$; 1,1 ПДК) по сравнению с прошлым годом повысилась в 1,8 раза. В заливе с 2017 г. отмечалось постепенное снижение среднегодовой концентрации НУ в морских водах, однако в последние годы отмечен некоторый рост этого показателя (рис. 11.2). В 2023 г. превышение ПДК было отмечено в 27,8% проб (2020–2,1%; 2021–14,6%, в 2022–20,8%). По визуальным наблюдениям в июне за состоянием поверхности вод Амурского залива покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано. Из шести прибрежных районов залива Петра Великого наиболее высокий уровень загрязненности морских вод нефтяными углеводородами наблюдался в бухтах Золотой Рог, Диомид и проливе Босфор Восточный – в прибрежных водах вокруг Владивостока (рис. 11.9). В 2023 г. самый высокий среднегодовой показатель был отмечен в проливе Босфор Восточный (1,21 ПДК). В других районах редко наблюдалась критически высокая концентрация НУ. В 2011–2012 и 2016–2017 годах на всех участках в заливе был отмечен резкий рост содержания нефтяных углеводородов. Хотя в последние годы ситуация улучшилась, однако средняя концентрация почти повсеместно варьирует в районе 1 ПДК. В последний год она ниже только в заливе Находка, а в отдельных пробах значения выше норматива есть во всех контролируемых районах.

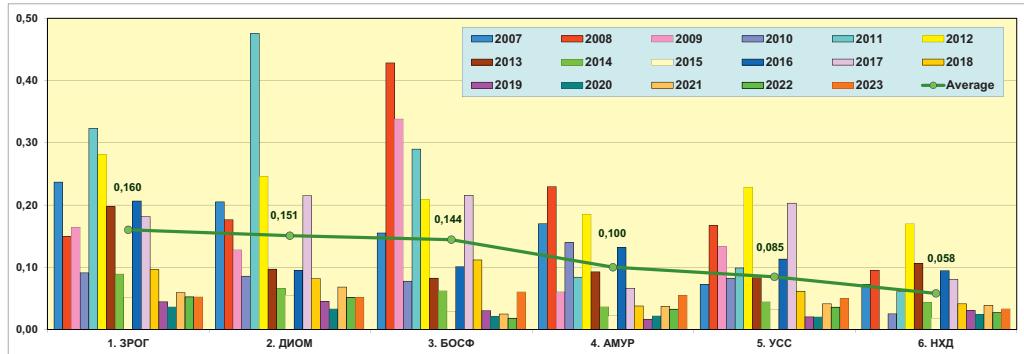


Рис. 11.9. Межгодовые изменения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах залива Петра Великого Японского моря: 1.ЗРОГ – бухта Золотой Рог, 2.ДИОМ – бухта Диомид, 3.БОСФ – пролив Босфор Восточный, 4.АМУР – Амурский залив, 5.УСС – Уссурийский залив, 6.НХД – залив Находка.

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** снизился в среднем с 1,63 (1,6 ПДК) до 1,56; диапазон значений 0,6–3,0 мкг/дм³; максимальная концентрация была зафиксирована в июне в центре залива на поверхности. В 77,8% случаев содержание фенолов в пробах превышало норматив. Концентрация АПАВ была в широком диапазоне 11,0–356,0, составив в среднем 123,3[↑] мкг/дм³ (1,23 ПДК). Максимальная (3,56 ПДК) была зафиксирована также в центре в сентябре на поверхности. Уровень загрязненности морских вод детергентами в Амурском заливе по сравнению с прошлым годом повысился в 1,3 раза (рис. 11.7). А их концентрация в пробах превышала ПДК в 33,3% случаев.

Средние показатели всех определяемых в морской воде **металлов** не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.8). А вот максимальная концентрация пяти элементов превышала ПДК в 1–2,5 раза. Наибольшее значение меди зафиксировано в июне на самой южной станции в придонном слое, а остальных металлов (железо, цинк, свинец, никель) также летом в кутовой части залива. По сравнению с прошлым годом средний уровень загрязненности морских вод медью, цинком, свинцом и кадмием в разной степени незначительно повысился; не изменился у марганца и немного снизился у железа. Средняя концентрация ртути снизилась в 2,3 раза, а максимальная в 5,0 раз. В июне 2023 года содержание в воде залива ртути было почти в четыре раза больше осеннего. Значения выше 2 ПДК отмечены в восьми пробах практически из всех частей залива и в шести из них из придонного слоя.

Таблица 11.8. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Амурского залива в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	0,90	0,15	1,01	0,53	8,41	3,84	80,70	0,001
	0,59	0,16	0,13	0,49	7,31	1,99	32,96	0,000
	1,87	0,29	0,30	2,20	15,01	3,97	31,81	0,014
	0,97	0,16	0,17	0,56	11,11	15,31	116,69	0,036
	1,34	2,30	1,22	0,79	15,76	10,96	74,95	0,030
	1,25	0,23	0,34	0,72	11,01	12,70	40,13	0,019
	1,30	1,55	0,19	1,01	19,57	5,17	43,91	0,032
	0,44	0,16	0,14	1,09	9,27	2,27	30,23	0,030
	1,21	0,35	0,05	0,81	7,75	3,13	18,4	0,032
	0,80	0,11	0,02	0,67	7,26	3,55		0,021
	1,81	0,91	0,14	1,09	33,64	2,95	18,20	0,055
	3,16	2,41	0,33	2,43	42,64	2,88	29,33	0,024
Максимальная	4,6	1,2	29,0	5,4	353,0	62,0	535,0	0,02
	1,5	0,6	1,2	1,0	160,0	14,0	1085,0	0,01
	6,1	2,0	1,0	43,0	61,0	25,0	216,0	0,06
	1,7	0,8	0,9	1,5	31,0	174,0	1870,0	0,08
	5,8	9,1	31,0	3,7	80,0	103,0	539,0	0,06
	3,6	1,0	1,5	1,6	33,0	160,0	119,0	0,04
	5,5	12,1	0,7	7,7	59,0	27,2	627,4	0,24
	3,3	1,7	1,2	14,6	48,0	26,2	200,5	0,11
	2,6	6,2	0,5	3,8	34,9	10,1	138,9	0,14
	1,2	0,4	0,2	6,8	17,3	32,7		0,17
	3,7	7,0	0,3	4,1	115,2	12,8	115,3	0,45
	7,9	18,8	1,3	10,8	128,6	15,6	95,2	0,09

ПДК средняя	0,18	0,01	0,10	0,05	0,17	0,08	1,60	0,01
	0,12	0,02	0,01	0,05	0,15	0,04	0,66	0,00
	0,37	0,03	0,03	0,22	0,30	0,08	0,64	0,14
	0,19	0,02	0,02	0,06	0,22	0,31	2,33	0,36
	0,27	0,23	0,12	0,08	0,32	0,22	1,50	0,30
	0,25	0,02	0,03	0,07	0,22	0,25	0,80	0,19
	0,26	0,15	0,02	0,10	0,39	0,10	0,88	0,32
	0,09	0,02	0,01	0,11	0,19	0,05	0,60	0,30
	0,24	0,03	<0,01	0,08	0,15	0,06	0,40	0,32
	0,16	0,01	<0,01	0,07	0,15	0,07		0,21
	0,36	0,09	0,01	0,11	0,67	0,06	0,36	0,55
	0,63	0,24	0,03	0,24	0,85	0,06	0,59	0,24
ПДК максимальная	0,92	0,12	2,90	0,54	7,06	1,24	10,7	0,20
	0,30	0,06	0,12	0,10	3,20	0,28	21,70	0,10
	1,22	0,20	0,10	4,30	1,22	0,50	4,32	0,60
	0,34	0,08	0,09	0,15	0,62	3,48	37,40	0,80
	1,16	0,91	3,10	0,37	1,60	2,06	10,78	0,60
	0,72	0,10	0,15	0,16	0,66	3,20	2,38	0,40
	1,10	1,21	0,07	0,77	1,18	0,54	12,55	2,40
	0,60	0,17	0,12	1,46	0,96	0,52	4,01	1,10
	0,52	0,62	0,05	0,38	0,70	0,20	2,8	1,40
	0,24	0,04	0,02	0,68	0,35	0,65		1,70
	0,74	0,70	0,03	0,41	2,30	0,26	2,31	4,50
	1,58	1,88	0,13	1,08	2,57	0,31	1,90	0,90

Содержание растворенного **кислорода** в водах Амурского залива ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) изменялось в диапазоне 4,01–14,18, средняя величина повысилась в 1,1 раза и составила $10,53\uparrow$ (128,20% насыщения). В период проведения наблюдений отмечено два случая с концентрацией растворенного кислорода ниже норматива. Самое низкое значение (4,01, 51,8% насыщения) было зафиксировано в сентябре в придонном слое у Владивостока на глубине 21 м. Второй (5,62) отмечен также осенью в центре залива у дна на глубине 36 м. Качество вод Амурского залива в 2023 г. незначительно ухудшилось, а значение расчетного индекса ИЗВ (1,28) немного превысило нижнюю границу IV класса, «загрязненные воды», за счет повышения уровня загрязненности морских вод НУ, СПАВ. В расчет индекса были включены фенолы, СПАВ и нитриты, заменившие в формуле прошлого года органические вещества и внесшие наибольший вклад в повышение оценки. Загрязненность вод металлами в среднем немного возросла, и только средняя и максимальная концентрация ртути снизилась в 2,3 и 5,0 раз. Кислородный режим в заливе в целом улучшился, однако сезонное летне-осенне снижение аэрированности вод влияет на оценку качества морской среды.

В июне и сентябре 2023 г. в Амурском заливе было отбрано 18 проб **донных отложений**. Среднее содержание НУ составило 196,7 мкг/г сухого остатка (3,93 ДК); диапазон изменений концентрации в пробах 50–600 мкг/г, а разница между июнем (164,4) и сентябрем (228,9) была относительно небольшой. Максимум (12 ДК) отмечен в сентябре вблизи Владивостока. По сравнению с прошлым годом среднее содержание практически не изменилось. Концентрация фенолов в донных отложениях залива изменилась в пределах 2,3–10,0, составив в среднем 5,25 мкг/г, максимум был отмечен в сентябре на ст. №12, самой мелководной точке в вершине залива (глубина 10 м). Средняя величина снизилась в 1,1 раза.

Средняя концентрация всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях Амурского залива немного повысилась по сравнению с прошлым годом (табл. 11.9). Однако все значения были ниже допустимого уровня, а наибольшая величина была у меди и достигала только 0,41 ДК. Максимальная концентрация меди также была наивысшей из всех анализируемых элементов и составила 0,74 ДК, второе значение у ртути 0,73 ДК. Оба максимума были на ст. №24 у Владивостока. Общий уровень загрязнения осадков Амурского залива ртутью существенно ниже, чем в бухтах Золотой Рог и Диомид, и в проливе Босфор Восточный (рис. 11.10). Во всех остальных районах среднее содержание ртути не превышало допустимого уровня, а максимальные величины не превышали 2 ДК.

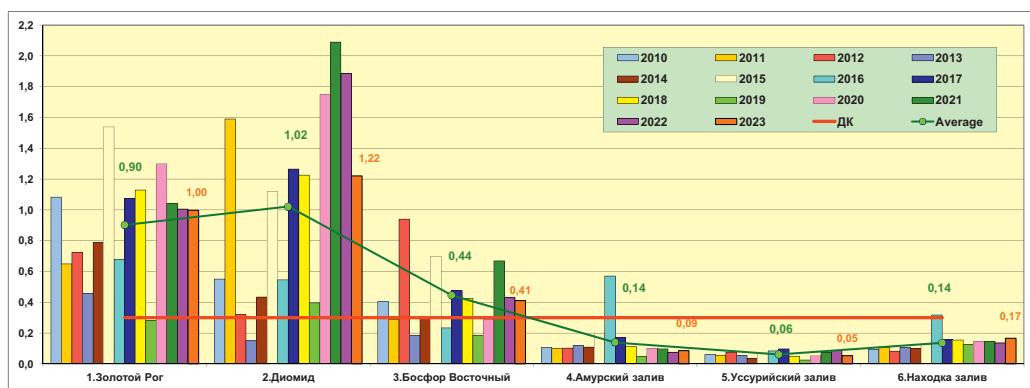


Рис. 11.10. Многолетние изменения средней концентрации ртути (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2011–2023 гг.

Таблица 11.9. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	12,69	13,93	0,27	4,23	11,05	85,56	108,72	25763	21,62	0,102
	13,10	10,72	0,87	5,11	14,66	63,06	116,06	30441	18,31	0,117
	13,13	19,61	0,51	4,47	16,17	65,37	139,19	26509	29,26	0,109
	16,19	16,11	1,67	3,73	18,14	68,56	151,44	25825	54,06	0,196
	11,98	11,46	1,11	4,86	17,43	61,50	122,56	23076	22,91	0,571
	13,72	12,58	0,67	6,06	12,55	60,76	109,44	24935	16,13	0,172
	13,78	14,57	0,39	4,93	13,38	71,43	141,43	22989	22,54	0,112
	14,68	17,31	0,09	4,21	13,05	75,11	136,41	23816	20,72	0,049
	13,58	24,27	0,39	4,24	31,36	59,21	109,31	22434	23,32	0,099
	12,20	16,65	0,41	6,54	20,20	55,11	130,16	17700	19,79	0,097
Максимальная	9,92	11,08	0,05	4,09	10,27	36,43	95,53	11463	13,32	0,074
	14,26	16,73	0,18	4,19	10,76	44,92	89,22	13779	20,65	0,086
	27,0	28,0	0,7	6,4	18,0	437,0	179,0	39040	39,0	0,25
	42,0	24,0	1,6	8,3	24,0	140,0	177,0	54655	36,0	0,29
	32,0	34,0	0,9	8,1	27,0	110,0	261,0	46272	37,0	0,42
	34,0	51,0	4,6	16,0	40,0	124,0	341,0	38839	71,0	0,93
	24,0	28,0	2,2	7,4	26,0	99,0	294,0	38331	42,0	2,32
	24,0	35,0	2,0	13,0	22,0	125,0	178,0	32390	26,0	0,78
	28,0	33,0	0,6	8,3	20,5	135,9	227,3	39882	33,8	0,32
	34,1	42,4	0,4	6,5	23,2	147,9	282,0	40964	35,6	0,15

	27,6	63,2	1,1	9,3	98,7	111,0	204,2	36617	36,8	0,38
	25,5	35,6	0,6	15,8	102,4	125,7	367,7	43211	35,1	0,31
	20,9	26,5	0,2	6,6	17,6	61,0	186,4	18172	22,5	0,21
	25,9	27,9	0,4	6,3	15,2	63,6	162,0	18020	35,7	0,22
ДК средняя	0,36	0,16	0,33	0,21	0,32	0,61			0,22	0,34
	0,37	0,13	1,09	0,26	0,42	0,45			0,18	0,39
	0,38	0,23	0,64	0,22	0,46	0,47			0,29	0,36
	0,46	0,19	2,08	0,19	0,52	0,49			0,54	0,65
	0,34	0,13	1,39	0,24	0,50	0,44			0,23	1,90
	0,39	0,15	0,84	0,30	0,36	0,43			0,16	0,57
	0,39	0,17	0,49	0,25	0,38	0,51			0,23	0,37
	0,42	0,20	0,11	0,21	0,37	0,54			0,21	0,16
	0,39	0,29	0,49	0,21	0,90	0,42			0,23	0,33
	0,35	0,20	0,51	0,33	0,58	0,39			0,20	0,32
	0,28	0,13	0,06	0,20	0,29	0,26			0,13	0,25
	0,41	0,20	0,22	0,21	0,31	0,32			0,21	0,29
	0,77	0,33	0,88	0,32	0,51	3,12			0,39	0,83
	1,20	0,28	2,00	0,42	0,69	1,00			0,36	0,97
ДК максимальная	0,91	0,40	1,13	0,41	0,77	0,79			0,37	1,40
	0,97	0,60	5,75	0,80	1,14	0,89			0,71	3,10
	0,69	0,33	2,75	0,37	0,74	0,71			0,42	7,73
	0,69	0,41	2,50	0,65	0,63	0,89			0,26	2,60
	0,80	0,39	0,75	0,42	0,59	0,97			0,34	1,07
	0,97	0,50	0,50	0,33	0,66	1,06			0,36	0,50
	0,79	0,74	1,38	0,47	2,82	0,79			0,37	1,27
	0,73	0,42	0,75	0,79	2,93	0,90			0,35	1,03
	0,60	0,31	0,25	0,33	0,50	0,44			0,23	0,70
	0,74	0,33	0,50	0,32	0,43	0,45			0,36	0,73

11.7. Уссурийский залив

На западе Уссурийский залив ограничивает мыс Маячный на острове Шкота и мыс Сысоева на востоке. Длина 51 км, ширина у входа 42 км, глубина до 67 м. С декабря по март Уссурийский залив у северных берегов частично замерзает с незначительным ледяным покровом. На берегу залива расположены города Владивосток и Большой Камень, посёлки Емар, Шкотово и Подъяпольское. На западном побережье залива имеется большая курортная зона с пансионатами, санаториями и детскими лагерями.

В 2023 г. гидрохимические наблюдения на акватории Уссурийского залива проводились в июне, сентябре и октябре на 9 станциях, всего получено 54 пробы воды. Весной и осенью было отобрано 18 проб донных отложений (рис. 11.11).

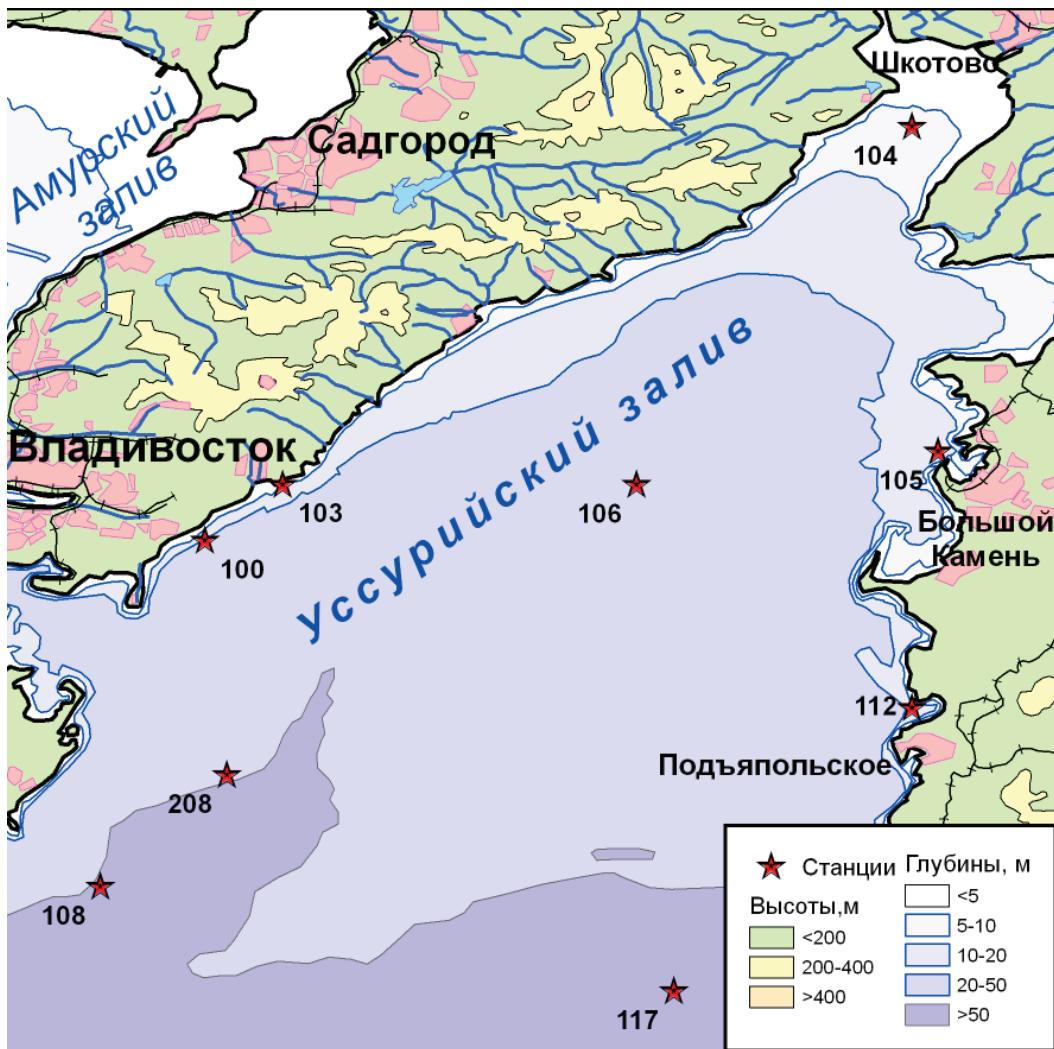


Рис. 11.11. Станции отбора проб в Уссурийском заливе.

В период проведения работ температура воды изменялась от 1,04°C в апреле на выходе из залива в придонном слое на глубине 64 м до 21,72°C там же в сентябре на поверхности. Значения солености изменялись от 24,18‰ в октябре в вершине залива на поверхности до 34,43‰ в сентябре и октябре на выходе из залива в придонном слое; средний показатель составил 31,15‰. Значения pH изменялись от 7,89 до 8,38, в среднем 8,24 ед. pH. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,0–10,5 мг/дм³, составив в среднем 4,26 мг/дм³; максимальное значение (1,05 ПДК) зарегистрировано в июне на выходе из залива на придонном горизонте. По сравнению с 2022 г. среднее содержание взвешенных частиц снизилось в 1,5 раза. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК₅ практически не изменилось по сравнению с прошлым годом и составило 1,76 мгO₂/дм³ (2012–2,17; 2013–1,01; 2014–3,73, 2015–2,38; 2016–1,66; 2017–1,88; 2018–1,07; 2019–1,93; 2020–2,01; 2021–1,26; 2022–1,64). Максимальное значение (7,00 мгO₂/дм³, 3,33 ПДК) было зарегистрировано в октябре на выходе из залива в придонном слое. Прозрачность вод не более 12 метров на самой глубоководной ст. №117 (68 м) в апреле.

Содержание биогенных элементов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Уссурийского залива в 2023 г. было в пределах многолетней изменчивости. Средняя за период наблюдений концентрация аммонийного азота не превысила 0,2 ПДК и по сравнению с предыдущим годом практически не изменилась. Значения изменились в пределах 13,7–394,5/45,2. Среднегодовое содержание аммония во всех крупных районах залива Петра Великого остается примерно на одном уровне последние годы, при этом существенно уступает уровню загрязненности вод вблизи Владивостока (рис. 11.12). Концентрация нитритов повысилась в 1,5 раза и составила 0,38 ПДК при диапазоне значений 1,4–56,5; максимум (2,35 ПДК) зарегистрирован в июне на ст. №108 в поверхностном слое. Средняя величина нитратов (19,1) снизилась в 1,4 раза при диапазоне значений 11,2–69,2; максимум отмечен в июне на выходе из залива в поверхностном слое. Среднее содержание общего азота повысилось в 1,4 раза до 447,26; диапазон значений 263–1154. Среднегодовая концентрация органического азота в толще вод залива составила 374 при диапазоне 71–783 $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

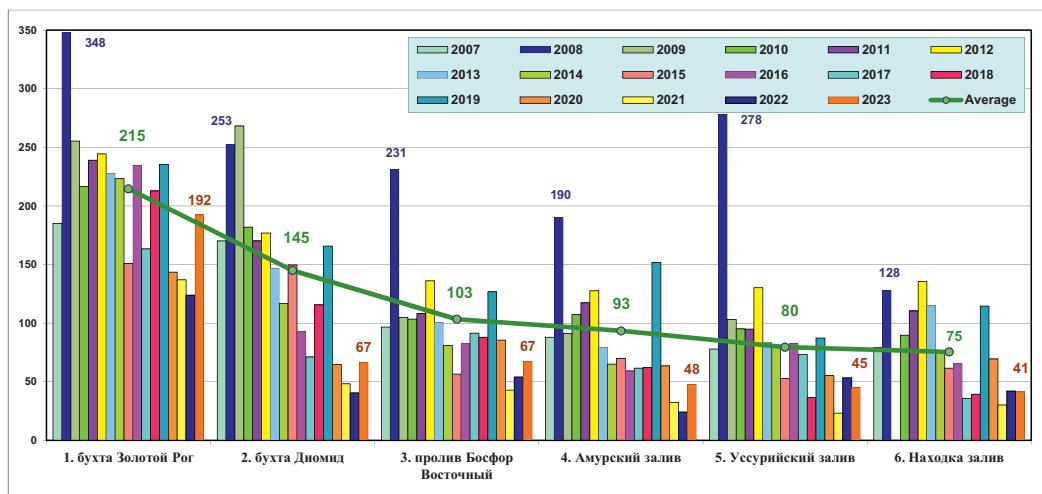


Рис. 11.12. Динамика средней концентрации аммонийного азота $N-\text{NH}_4$ ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2023 гг.

Содержание фосфатов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах Уссурийского залива изменялось в пределах 6,0–38,1; среднее составило 13,48, что соответствует уровню прошлого года. Максимум был зарегистрирован в сентябре на ст. №100 в прибрежной зоне вблизи Владивостока в придонном слое на глубине 24 м. Среднее содержание общего фосфора по сравнению с предыдущим годом практически не изменилось и составило 18,25 при диапазоне значений 7,0–49,2. Наибольшее значение зафиксировано в октябре на той же станции у Владивостока и тоже в придонном слое. Концентрация органического фосфора в пробах составила 0,7–20,3/7,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Средняя концентрация кремния в воде практически не изменилась и составила 456,7 при диапазоне значений 101–1132 $\text{мкг}/\text{дм}^3$; максимум отмечен дважды в октябре в прибрежной зоне вблизи пос. Большой Камень в придонном слое.

Концентрация нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах Уссурийского залива изменилась от величин ниже предела обнаружения в четырех пробах ($\text{DL}=0,01$) до 0,15 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (3,0 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в сентябре на ст. №208 в поверхностном слое. По сравнению с 2022 г. среднегодовая концентрация НУ повысилась в 1,25 раза и составила 1,0 ПДК (рис. 11.9). Содержание НУ в воде залива превышало ПДК в 22,2%

проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности Уссурийского залива случаев покрытия более 50% видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов не наблюдалось.

Содержание фенолов в пробах изменялось в диапазоне 0,5–2,0 мкг/дм³; средняя концентрация снизилась в 1,7 раза и составила 1,18 ПДК. Максимальная концентрация фенолов в морской воде (2 ПДК) была зафиксирована трижды в сентябре на двух станциях у Владивостока в обоих слоях. Превышение ПДК наблюдалось в 64,8% проб. В предыдущие годы эта величина составляла: 2010–51,4%; 2011–40,3%; 2012–51,4%; 2013–56,9%; 2014–86,2%; 2015–37,5%; 2016–25%; 2017–11,1%; 2018–34,7%; 2019–77,8%, 2020 и 2021 –75%, в 2022–100%. Уровень загрязненности вод залива детергентами в среднем практически не изменился и составил 1,0 ПДК. Диапазон концентрации 10,0–287,0; максимум был отмечен в сентябре в куту залива в поверхностном слое. В 42,6% проб концентрация АПАВ превышала ПДК.

Воды Уссурийского залива относительно бухты Золотой Рог меньше загрязнены тяжелыми **металлами**, средняя концентрация здесь превышала половину норматива по меди, железу и цинку (табл. 11.10). Эта величина немного увеличилась по меди, свинцу, кадмию и цинку; практически не изменилась по марганцу, железу и никелю, а по ртути снизилось в 2,7 раза. Значения максимальной концентрации железа, цинка, никеля и меди превышали норматив в пределах немного более 2 ПДК и были зафиксированы практически по всей акватории залива в обоих слоях. За все время наблюдений только наибольшее содержание железа регулярно превышала норматив и достаточно часто для меди, цинка, никеля и ртути.

Таблица 11.10. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Уссурийского залива в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	0,96	0,21	0,21	0,34	8,10	6,74	43,3	0,003
	0,46	0,15	0,21	0,49	4,37	2,52	41,21	0,0001
	1,12	0,32	0,24	0,63	12,58	12,25	58,33	0,033
	0,85	0,13	0,21	1,07	10,36	8,08	112,72	0,034
	1,74	0,61	1,02	0,66	12,50	3,22	53,03	0,045
	0,93	0,32	0,27	0,70	9,13	3,70	78,32	0,023
	0,75	0,53	0,15	0,80	13,44	2,04	36,89	0,033
	0,49	0,17	0,17	0,30	7,89	0,45	16,69	0,027
	1,06	0,11	0,06	1,09	8,56	0,96	17,80	0,014
	0,95	0,13	0,02	0,76	5,83	2,73		0,048
	1,97	1,34	0,21	2,91	19,99	1,41	34,40	0,054
	2,78	2,50	0,47	2,57	43,01	1,71	33,85	0,020
Максимальная	8,0	1,9	3,2	3,8	91,0	35,0	309,0	0,04
	1,9	0,6	0,5	1,9	10,0	30,0	569,0	0,01
	2,4	1,4	0,9	4,1	50,0	91,0	275,0	0,20
	2,5	0,6	1,5	24,0	55,0	75,0	505,0	0,09
	22,0	2,8	12,0	2,0	53,0	21,0	377,0	0,17
	3,1	4,2	1,2	15,0	26,0	12,0	290,0	0,09
	2,6	3,8	1,2	12,3	47,7	8,2	289,5	0,31
	1,9	0,6	0,9	1,1	33,1	2,4	128,4	0,09
	4,1	0,7	1,0	14,9	34,9	4,2	63,9	0,09
	7,2	0,6	0,1	8,3	29,6	37,8		0,16
	4,9	12,4	3,0	28,0	109,0	5,7	170,7	0,26
	9,0	5,8	1,1	22,4	83,9	13,0	90,2	0,08

ПДК средняя	0,19	0,02	0,02	0,03	0,16	0,13	0,87	0,03
	0,09	0,01	0,02	0,05	0,09	0,05	0,82	<0,01
	0,22	0,03	0,02	0,06	0,25	0,25	1,17	0,33
	0,17	0,01	0,02	0,11	0,21	0,16	2,25	0,34
	0,35	0,06	0,10	0,07	0,25	0,06	1,06	0,45
	0,19	0,03	0,03	0,07	0,18	0,07	1,57	0,23
	0,15	0,05	0,02	0,08	0,27	0,04	0,74	0,33
	0,10	0,02	0,02	0,03	0,16	0,01	0,33	0,27
	0,21	0,01	<0,01	0,11	0,17	0,02	0,40	0,14
	0,19	0,01	<0,01	0,08	0,12	0,05		0,48
	0,39	0,13	0,02	0,29	0,40	0,03	0,69	0,54
	0,56	0,25	0,05	0,26	0,86	0,03	0,68	0,20
	1,60	0,19	0,32	0,38	1,82	0,70	6,20	0,40
	0,38	0,06	0,05	0,19	0,20	0,60	11,38	0,10
	0,48	0,14	0,09	0,41	1,00	1,82	5,50	2,00
ПДК максимальная	0,50	0,06	0,15	2,40	1,10	1,50	10,10	0,90
	4,40	0,28	1,20	0,20	1,06	0,42	7,54	1,70
	0,62	0,42	0,12	1,50	0,52	0,24	5,80	0,90
	0,52	0,38	0,12	1,23	0,95	0,16	5,79	3,10
	0,38	0,06	0,09	0,11	0,66	0,05	2,57	0,90
	0,82	0,07	0,10	1,49	0,70	0,08	1,30	0,90
	1,44	0,06	0,01	0,83	0,59	0,76		1,60
	0,98	1,24	0,30	2,80	2,18	0,11	3,41	2,60
	1,80	0,58	0,11	2,24	1,68	0,26	1,80	0,80

Среднее за период наблюдений содержание растворенного **кислорода** ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) в водах Уссурийского залива повысилось по сравнению с прошлым годом с 9,64 до 11,52 (135,6% насыщения). Концентрация растворенного в воде кислорода изменялась в пределах 5,46–14,58. На акватории Уссурийского залива зафиксировано два случая, когда концентрация растворенного кислорода была ниже норматива. Максимально низкое содержание в воде растворенного кислорода было зафиксировано в сентябре у пос. Большой Камень на придонном горизонте и составило 5,46 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ (71,6% насыщения). Качество вод Уссурийского залива в 2023 г. по индексу загрязненности вод (ИЗВ=0,92) оценивается III классом, «умеренно загрязненные». По сравнению с прошлым годом класс качества практически не изменился. Расчет выполнен по средней концентрации НУ, фенолов и СПАВ. Кроме трех расчетных ингредиентов к числу приоритетных загрязняющих веществ в водах залива также относятся металлы: медь, железо, цинк, никель и ртуть. Максимальная концентрация ртути была ниже допустимого уровня, а остальных достигала уровня немного более 2 ПДК. Кислородный режим в целом в период наблюдений был в пределах нормы.

Содержание нефтяных углеводородов в пробах **донных отложений** Уссурийского залива изменялось от 60 до 100 мкг/g сухого остатка, составив в среднем 68,33 (1,37 ДК). Максимум отмечен в июне у пос. Шкотово в вершине залива. По сравнению с прошлым годом среднее содержание НУ снизилось в 1,3 раза. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 100% проб. Концентрация фенолов в пробах была в диапазоне 2,4–7,5/2,85 мкг/g ; средняя увеличилась в 1,3 раза. Наибольшее значение зафиксировано в октябре на ст. №117.

Уровень загрязнённости донных отложений Уссурийского залива тяжелыми металлами в целом невысокий. Средние значения всех определяемых ТМ варьировали

в пределах 0,16–0,43 ДК (табл. 11.11). Максимальное содержание меди вблизи пос. Большой Камень в октябре составило 2,58 ДК. Наибольшая концентрация кадмия резко возросла с 0,38 до 2,63 ДК. Загрязнение донных отложений ртутью снизилось в 1,8 раза: концентрация в пробах изменялась в диапазоне 0,03–0,10, составив в среднем 0,05 нг/г (0,18 ДК); максимальная концентрация, обнаруженная в октябре на ст. № 112 и 208 составила 0,33 ДК.

Таблица 11.11. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	8,92	12,33	0,14	2,11	5,92	49,22	92,89	16786	16,67	0,076
	7,89	12,88	0,62	3,43	10,78	41,33	93,56	18000	12,63	0,052
	8,42	11,45	0,42	3,12	8,34	47,74	70,74	16933	21,24	0,036
	11,44	11,78	1,49	4,59	8,59	37,89	104,61	14045	37,72	0,065
	9,43	11,17	0,74	3,77	10,38	37,56	77,78	13246	13,71	0,084
	12,47	11,96	0,61	3,83	7,87	18,00	89,89	18147	9,49	0,096
	7,94	11,58	0,30	2,26	6,19	34,07	84,23	13258	11,47	0,048
	7,26	11,61	0,19	2,61	12,50	32,38	59,59	12231	11,43	0,024
	7,33	11,29	0,47	3,83	14,78	30,12	82,17	11102	12,28	0,052
	9,72	18,04	0,34	5,22	16,69	47,13	118,16	14397	16,92	0,073
	13,60	9,52	0,13	2,74	6,12	36,56	61,17	8049	6,86	0,086
	15,10	14,29	0,23	3,29	10,99	41,91	79,94	12049	16,40	0,053
Максимальная	40,0	44,0	0,5	5,4	13,0	193,0	164,0	32529	30,0	0,31
	23,0	27,0	1,1	9,0	21,0	109,0	228,0	39543	38,0	0,16
	27,0	30,0	0,8	6,2	17,0	111,0	194,0	45842	39,0	0,08
	40,0	45,0	2,4	24,0	27,0	101,0	201,0	33553	64,0	0,34
	27,0	33,0	1,4	7,4	55,0	82,0	228,0	25019	35,0	0,23
	58,0	59,0	2,1	6,9	12,0	52,0	180,0	27398	18,0	0,48
	25,6	37,9	0,4	4,8	11,2	82,9	212,0	27657	19,9	0,16
	20,0	34,8	0,7	5,7	56,3	76,5	171,0	26622	20,7	0,07
	14,5	23,1	0,9	8,4	72,5	59,7	219,6	22954	24,4	0,1
	23,0	55,5	0,6	15,8	102,4	125,7	367,7	43211	35,1	0,19
	83,0	36,4	0,3	6,2	12,5	74,7	141,3	16571	14,5	0,59
	90,4	36,8	2,1	9,2	34,8	73,3	145,0	26247	54,1	0,1
ДК Средняя	0,25	0,15	0,17	0,11	0,17	0,35			0,17	0,25
	0,23	0,15	0,77	0,17	0,31	0,30			0,13	0,17
	0,24	0,13	0,52	0,16	0,24	0,34			0,21	0,12
	0,33	0,14	1,87	0,23	0,25	0,27			0,38	0,22
	0,27	0,13	0,92	0,19	0,30	0,27			0,14	0,28
	0,36	0,14	0,76	0,19	0,22	0,13			0,09	0,32
	0,23	0,14	0,38	0,11	0,18	0,24			0,11	0,16

	0,21	0,14	0,24	0,13	0,36	0,23			0,11	0,08
	0,21	0,13	0,59	0,19	0,42	0,22			0,12	0,17
	0,28	0,21	0,42	0,26	0,48	0,34			0,17	0,24
	0,39	0,11	0,16	0,14	0,17	0,26			0,07	0,29
	0,43	0,17	0,28	0,16	0,31	0,30			0,16	0,18
ДК максимальная	1,14	0,52	0,63	0,27	0,37	1,38			0,30	1,03
	0,66	0,32	1,38	0,45	0,60	0,78			0,38	0,53
	0,77	0,35	1,00	0,31	0,49	0,79			0,39	0,27
	1,14	0,53	3,00	1,20	0,77	0,72			0,64	1,13
	0,77	0,39	1,75	0,37	1,57	0,59			0,35	0,77
	1,66	0,69	2,63	0,35	0,34	0,37			0,18	1,60
	0,73	0,45	0,50	0,24	0,32	0,59			0,20	0,53
	0,57	0,41	0,88	0,29	1,61	0,55			0,21	0,23
	0,41	0,27	1,13	0,42	2,07	0,43			0,24	0,33
	0,66	0,65	0,75	0,79	2,93	0,90			0,35	0,63
	2,37	0,43	0,38	0,31	0,36	0,53			0,15	1,97
	2,58	0,43	2,63	0,46	0,99	0,52			0,54	0,33

11.8. Залив Находка

Залив Находка на востоке залива Петра Великого включает бухты Находка, Врангеля, Козьмина, Новицкого и небольшие другие. Площадь поверхности 140 км². На берегу залива расположен город Находка, 4 порта и 4 судоремонтных завода для судов Приморского морского пароходства. Приливы в заливе незначительные: в среднем 16–17 см, максимум 60 см. Остров Лисий защищает от морских волн западную часть залива. Акватория имеет мягкий ледовый режим, толщина льда не превышает 6–7 см. В течение зимы происходит 2–3 полных очищения бухты Находка от льда, а бухта Врангеля вообще практически не замерзает. В северную часть залива впадает река Партизанская со среднегодовым расходом воды 36,9 м³/с.

На акватории залива Находка, который делится на центральную часть залива, бухты Находка, Козьмина и Врангеля, гидрохимические наблюдения проводились в июне, сентябре и октябре на 12 станциях; было отобрано 72 пробы воды и 24 пробы донных отложений (рис. 11.13).

В период наблюдений **температура** воды изменялась в пределах 3,70–26,60°C, в среднем 13,38°C. Соленость варьировала от 14,54‰ в августе в бухте Находка на поверхности до 33,22‰ в июне в придонном слое в центральной части залива. Среднегодовое значение составило 29,49‰. Значения pH изменялись в диапазоне 8,12–8,52/8,32 ед.pH;звешенных частиц 1,8–16,4/7,37 мг/дм³, максимум (1,64 ПДК) отмечен в октябре на выходе из бухты Находка в поверхностном слое, а средняя величина снизилась в 1,4 раза по сравнению с прошлым годом. Среднее значение биохимического потребления кислорода по БПК₅ (2,67 мгO₂/дм³, 1,27 ПДК) повысилось в 1,2 раза. Максимальное значение содержания органических веществ составило 9,00 мгO₂/дм³ (4,29 ПДК) и было отмечено в августе в вершине бухты Находка в поверхностном слое. Прозрачность вод не более 8 м.

Концентрация аммонийного **азота** (мкг/дм³) в водах залива изменялась в диапазоне 16,4–129,9/42,1, максимум был отмечен в июне на поверхности в кутовой части бухты Находка, а среднее значение осталось практически на уровне прошлого года. Там же была

зарегистрирована максимальная концентрация нитритов (1,6–170,7/22,90). Средняя величина повысилась в 1,3 раза, а наибольшая в 1,1 раза (рис. 11.14). В заливе Находка продолжилось повышение содержания нитритов в морской воде. В целом в заливе Петра Великого уровень загрязненности морских вод нитритами в последние 15 лет в среднем был невысоким. В 2023 г. в исследованный период времени среднее значение нитритов в морских водах пре-высили норматив только в Амурском заливе (2,01 ПДК).



Рис. 11.13. Станции отбора проб в заливе Находка.

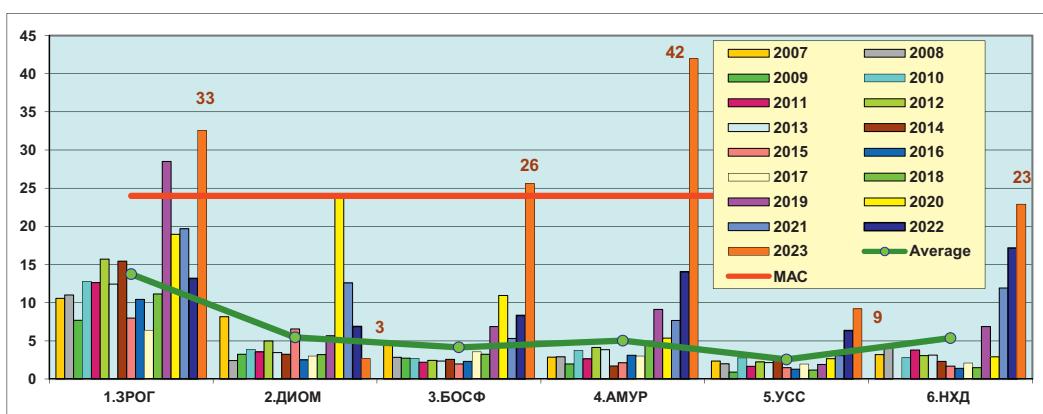


Рис. 11.14. Средние значения содержания нитритов ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2023 гг.

Концентрация нитратов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) была в диапазоне 3,6–210,9, среднее содержание 32,4 повысилось в 1,2 раза. Максимум был зафиксирован в сентябре на поверхности в вершине бухты Находка. Среднее содержание общего азота немного повысилось с 438 до 479; диапазон значений 273–841. Средняя концентрация органического азота в толще воды снизилась до 374 с прошлогодней 470; диапазон значений 71–783 $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

Содержание **фосфатов** ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах залива Находка изменялось в пределах 7,5–34,7/17,7, средняя величина повысилась в 1,2 раза, а максимальная была зарегистрирована в июне в бухте Новицкого в придонном слое. Однако наиболее загрязненным фосфатами районом залива остается бухта Находка – среднее содержание фосфатов здесь составило 20,81. Значения общего фосфора изменились в диапазоне 11,8–46,2; средняя величина 24,58 практически не изменилась. Содержание кремния в водах залива Находка повысилось в 1,5 раза с 726 до 1111; диапазон 217–4665. В четырнадцати пробах концентрация силикатов превышала 1000 $\text{мкг}/\text{дм}^3$; максимум был зафиксирован в октябре в поверхностном слое вод в бухте Находка.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах залива Находка в период наблюдений изменилось в диапазоне от 0,01 до 0,06, в среднем 0,033 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (0,66 ПДК). Уровень загрязненности вод НУ остался практически на уровне прошлого года. Максимальная концентрация была зафиксирована в октябре на ст. №15 у о. Лисий в поверхностном слое. В 1,9% из разных участков акватории залива концентрация НУ была выше норматива. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод залива Находка случаев покрытия более 50% видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов не наблюдалось.

Концентрация фенолов изменилась в пределах 0,5–3,5, среднее значение 2,09 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ было в 1,1 раза выше прошлогоднего. Максимальная величина (3,5 ПДК) была зарегистрирована в июне в поверхностном слое. В 98,1% от всех отобранных проб концентрация фенолов была выше ПДК. Содержание АПАВ по сравнению с предыдущим годом повысилось в среднем в 1,1 раза; диапазон значений составил 0,0–356,0, в среднем 120,0 $\text{мкг}/\text{дм}^3$. Максимальная концентрация была зарегистрирована в августе на ст. №15 в придонном слое. В 50% проб концентрация детергентов была выше предельно допустимого значения.

Средняя концентрация определяемых тяжелых **металлов**, кроме железа, в водах залива Находка составляла десятые доли норматива (табл. 11.12). Содержание железа в среднем превысило ПДК в 1,28 раза; максимум был отмечен в июне и августе на ст. №152 вблизи о. Лисий в поверхностном слое. В наибольшей степени в морских водах была представлена медь (0,52 ПДК), цинк (0,30 ПДК) и ртуть (0,20 ПДК). Для цинка экстремум зафиксирован в июне и августе на ст. №14 в поверхностном слое. Наибольшее значение ртути (0,60 ПДК) было в 3,8 раза ниже прошлогоднего и отмечено в поверхностном горизонте в центральном районе залива на ст. №152 у о. Лисий.

Таблица 11.12. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$) в водах залива Находка в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	1,06	0,14	0,33	0,31	7,99	5,55	35,50	0,006
	0,53	0,12	0,09	0,33	5,73	3,47	18,05	0,000
	1,29	0,26	0,32	0,69	15,31	7,79	48,51	0,054
	0,63	0,09	0,19	0,42	9,67	3,71	24,20	0,043
	1,11	0,52	0,35	1,04	10,69	2,66	36,62	0,027
	0,90	0,24	0,40	0,64	12,13	8,94	53,93	0,026
	0,87	0,94	0,18	0,44	9,90	2,31	21,46	0,033
	0,94	0,22	0,07	0,91	7,73	0,94	16,58	0,032

	1,06	0,10	0,06	1,03	8,18	5,31	18,20	0,025
	0,88	0,18	0,05	2,24	5,83	2,84		0,014
	2,09	1,21	0,10	1,56	18,77	1,13	64,94	0,026
	2,60	2,11	0,11	3,17	14,94	0,95	63,76	0,020
Максимальная	10,0	0,4	1,9	1,6	49,0	38,0	437,0	0,23
	1,4	0,4	0,5	0,7	109,0	23,0	43,0	0,00
	3,0	1,6	3,8	3,0	137,0	60,0	387,0	0,60
	1,8	0,6	1,1	2,3	53,0	19,0	170,0	0,15
	5,1	2,7	5,2	42,0	55,0	17,0	112,0	0,13
	6,3	2,8	1,6	3,2	52,0	122,0	176,0	0,09
	7,8	8,0	1,1	2,1	32,2	42,2	135,0	0,12
	5,5	2,1	0,3	17,1	20,5	13,9	117,3	0,12
	3,9	0,6	0,5	15,2	24,9	135,0	118,0	0,28
	2,0	0,5	0,6	29,8	20,1	17,7		0,10
	6,3	6,7	1,2	20,8	146,5	6,4	854,8	0,23
	4,5	8,1	0,2	15,4	59,3	17,8	622,9	0,06
	0,21	0,01	0,03	0,03	0,16	0,11	0,70	0,06
	0,11	0,01	0,01	0,03	0,11	0,07	0,36	
ПДК средняя	0,26	0,03	0,03	0,07	0,31	0,16	0,97	0,54
	0,13	0,01	0,02	0,04	0,19	0,07	0,48	0,43
	0,22	0,05	0,04	0,10	0,21	0,05	0,73	0,27
	0,18	0,02	0,04	0,06	0,24	0,18	1,08	0,26
	0,17	0,09	0,02	0,04	0,20	0,05	0,43	0,33
	0,19	0,02	<0,01	0,09	0,15	0,02	0,33	0,32
	0,21	0,01	<0,01	0,10	0,16	0,11	0,36	0,25
	0,18	0,02	<0,01	0,22	0,12	0,06		0,14
	0,42	0,12	0,01	0,16	0,38	0,02	1,30	0,26
	0,52	0,21	0,01	0,32	0,30	0,02	1,28	0,20
	2,00	0,04	0,19	0,16	0,98	0,76	8,70	2,30
	0,28	0,04	0,05	0,07	2,18	0,46	0,86	
	0,60	0,16	0,38	0,30	2,74	1,20	7,74	6,00
	0,36	0,06	0,11	0,23	1,06	0,38	3,40	1,50
ПДК максимальная	1,02	0,27	0,52	4,20	1,10	0,34	2,24	1,30
	1,26	0,28	0,16	0,32	1,04	2,44	3,52	0,90
	1,56	0,80	0,11	0,21	0,64	0,84	2,70	1,20
	1,10	0,21	0,03	1,71	0,41	0,28	2,35	1,20
	0,78	0,06	0,05	1,52	0,50	2,70	2,40	2,80
	0,40	0,05	0,06	2,98	0,40	0,35		1,00
	1,26	0,67	0,12	2,08	2,93	0,13	17,10	2,30
	0,90	0,81	0,02	1,54	1,19	0,36	12,46	0,60

Кислородный режим залива Находка в теплый период года в целом улучшился. Средняя концентрация растворенного в воде **кислорода** изменилась с 10,8 до 12,44 (138,7% насыщения), диапазон составил 6,95–17,54 мгО₂/дм³. Случаи снижения содержания кислорода ниже допустимого норматива не отмечены. По значению расчетного индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,28, IV класс) качество вод во всем заливе Находка немного ухудшилось за счет повышения средней концентрации фенолов и легко окисляемых органических веществ по БПК₅, которые заменили СПАВ в расчете. При этом среднее содержание железа практически не изменилось. За счет этих изменений выполненная оценка превысила нижнюю границу класса «загрязненные». Было отмечено небольшое повышение средней концентрации нитритов, а

очень высокая максимальная величина (7,11 ПДК) только незначительно превысила прошлогоднюю. Содержание других форм биогенных элементов было в пределах обычных межгодовых изменений. Фенолы традиционно превышали нормативы, хотя разброс значений относительно небольшой. Концентрация СПАВ варьировала в широких пределах, максимальная в три раза превышала среднюю. Концентрация тяжелых металлов в водах залива Находка в целом была невысокой; экстремальные показатели только никеля и цинка немного превышали норму. Исключение составило железо с наибольшим значением почти 12,5 ПДК и средним выше норматива. Средняя концентрация ртути в пробах немного снизилась, а максимальное значение уменьшилось почти в 4 раза до уровня ниже норматива (0,60 ПДК).

В трех наиболее загрязненных частях залива качество вод немножко ухудшилось по сравнению с прошлым годом. В бухтах Находка, Врангеля и Козьмина качество вод по ИЗВ оценивалось IV классом, «загрязненные». Традиционно наиболее загрязненной была бухта Находка, где наблюдалось максимальное загрязнение органическими веществами. Как следствие, в водах бухты было очень высоким содержание нитритов из-за разложения органики и фенолов. Несмотря на это, кислородный режим на всех участках акватории залива Находка был не нарушенным и существенно лучше, чем в водах вокруг Владивостока.

В заливе Находка в июне и октябре 2023 г. было отобрано 24 пробы **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в диапазоне 40–2010, составив в среднем 179,6 мкг/г (3,59 ДК, в 1,1 раза больше прошлогодних 3,17 ДК). Максимальное значение достигало 40,2 ДК и было зарегистрировано в июне на ст. №1. В остальных пробах концентрация НУ не превышала 700 мкг/г. Без экстремума в куту бухты Находка среднее значение составило всего 100 мкг/г. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 83,3% проб. В целом уровень загрязненности донных отложений залива Находка нефтяными углеводородами сильно различается в разных районах. Наибольшие значения традиционно отмечаются в пробах из бухты Находка, в остальных районах залива они меньше на порядок (табл. 11.13). Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 1,6–6,7, среднее значение составило 3,7, что немного ниже прошлогоднего (4,1 мкг/г). Максимальная концентрация отмечена в июне в бухте Новицкого.

Таблица 11.13. Минимальная, максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных участков залива Находка в 2017–2023 гг.

Акватория	Кол-во проб 2022	Min	Max	Средняя
Залив Находка (центральная часть)	24	70/ 110/ 80/ 70/ 20 20 50	490/ 670/ 380/ 620/ 400 900 200	167/ 245/ 152,5/ 170/ 126,3 113,2 78
Бухта Врангеля	3	120/ 270/ 110/ 90/ 40 60 70	170/ 280/ 120/ 290/ 40 60 70	145/ 275/ 115/ 190/ 40 60 70

Бухта Находка	6	1720/ 1819/ 1700/ 910/ 540 500 40	3890/ 2580/ 2650/ 1870/ 2480 1020 2010	2600/ 2195/ 2100/ 1222,5/ 1325 760,0 700
Бухта Козьмина	3	90/ 90/ 90/ 70/ 40 10 60	120/ 130/ 120/ 90/ 40 70 60	105/ 110/ 105/ 80/ 40 40,0 60

В 2023 г. средняя концентрация всех определяемых **тяжелых** металлов в пробах донных отложений залива Находка не достигала условно допустимого уровня (табл. 11.14). Среднее содержание марганца, меди, свинца, цинка, железа и хрома незначительно снизилось; содержание кадмия, кобальта, никеля и ртути ненемного возросло. Максимальная концентрация превысила условный норматив по меди (2,29), кобальту (2,45), никелю (2,10), цинку (1,45) и ртути (1,40 ДК). Наибольшие значения остальных определяемых тяжелых металлов в донных отложениях залива Находка не превысили допустимого уровня. Средняя и максимальная величина содержания ртути повысилась по сравнению с прошлым годом в 1,2 и 1,1 раза соответственно.

Таблица 11.14. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2012–2023 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	24,31	18,60	0,24	4,14	9,63	83,42	145,21	26340	23,28	0,082
	15,65	18,68	0,79	2,75	13,43	72,32	139,75	20935	12,66	0,106
	19,08	20,05	0,43	4,22	11,26	75,53	122,06	22406	22,94	0,099
	17,42	10,18	1,29	3,18	14,36	70,21	153,92	22495	33,75	0,127
	19,05	16,65	2,13	4,84	15,33	71,96	125,71	19810	16,95	0,316
	20,25	14,84	0,33	5,36	8,73	84,12	116,60	21823	38,80	0,156
	19,65	21,60	0,23	4,74	11,11	84,74	147,49	24102	19,04	0,154
	20,08	20,71	0,06	4,48	21,34	108,70	126,31	20493	17,36	0,127
	19,27	15,63	0,19	4,10	20,58	76,28	104,93	17303	10,64	0,144
	27,07	24,41	0,33	6,34	18,02	99,80	172,50	31460	18,96	0,146
Максимальная	24,25	32,62	0,13	3,90	9,20	77,95	122,83	15993	11,08	0,135
	12,76	15,89	0,20	5,60	11,41	61,36	116,46	14482	10,70	0,165
	177,0	134,0	1,1	7,3	15,0	408,0	232,0	44018	43,0	0,39
	71,0	107,0	2,3	6,0	22,0	288,0	345,0	39423	36,0	0,53
	95,0	74,0	1,0	7,1	19,0	260,0	191,0	36024	37,0	0,47
	65,0	45,0	3,6	5,6	31,0	212,0	251,0	35049	62,0	0,57
	132,0	73,0	21,0	8,6	33,0	301,0	260,0	30611	44,0	2,25
	117,0	56,0	1,6	8,3	16,0	310,0	210,0	41188	88,0	0,55
	110,6	114,9	0,7	7,8	19,6	308,0	296,0	34422	33,3	1,23
	82,3	65,1	0,4	7,2	75,5	292,5	189,0	39708	33,5	1,59

ДК средняя	0,69	0,22	0,30	0,21	0,28	0,60			0,23	0,27
	0,45	0,22	0,98	0,14	0,38	0,52			0,13	0,35
	0,55	0,24	0,54	0,21	0,32	0,54			0,23	0,33
	0,50	0,12	1,61	0,16	0,41	0,50			0,34	0,42
	0,54	0,20	2,66	0,24	0,44	0,51			0,17	1,05
	0,58	0,17	0,42	0,27	0,25	0,60			0,39	0,52
	0,56	0,25	0,29	0,24	0,32	0,61			0,19	0,51
	0,57	0,24	0,07	0,22	0,61	0,78			0,17	0,42
	0,55	0,18	0,23	0,21	0,59	0,54			0,11	0,48
	0,77	0,29	0,41	0,32	0,51	0,71			0,19	0,49
	0,69	0,38	0,16	0,20	0,26	0,56			0,11	0,45
	0,36	0,19	0,25	0,28	0,33	0,44			0,11	0,55
	5,06	1,58	1,38	0,37	0,43	2,91			0,43	1,30
	2,03	1,26	2,88	0,30	0,63	2,06			0,36	1,77
	2,71	0,87	1,25	0,36	0,54	1,86			0,37	1,57
ДК максимальная	1,86	0,53	4,50	0,28	0,89	1,51			0,62	1,90
	3,77	0,86	26,25	0,43	0,94	2,15			0,44	7,50
	3,34	0,66	2,00	0,42	0,46	2,21			0,88	1,83
	3,16	1,35	0,88	0,39	0,56	2,20			0,33	4,10
	2,35	0,77	0,50	0,36	2,16	2,09			0,34	5,30
	2,65	0,72	0,88	0,58	2,19	2,16			0,23	2,17
	3,21	1,02	1,13	0,75	1,65	2,73			0,33	1,73
	3,53	3,95	0,63	0,36	0,46	2,38			0,28	1,30
	2,29	0,85	0,75	2,45	2,10	1,45			0,29	1,40

11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский являются сбросы загрязненных хозяйствственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными загрязнителями являются предприятия коммунально-бытовых служб, нефтебаза и флот из-за неконтролируемого сброса льяльных вод и нефтесодержащего мусора с маломерных судов. В районе г. Александровска исследования состояния загрязнения морских вод и донных отложений проводились Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск). В 2023 г. в период с мая по октябрь ежемесячно на 5 станциях было отобрано и обработано 30 проб воды из поверхностного слоя и 30 донных отложений.

В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и тяжелых металлов используется единица $\text{мкг}/\text{дм}^3$; абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; взвешенных веществ и НУ – $\text{мг}/\text{дм}^3$. Предел обнаружения (DL) биогенных элементов составлял ($\text{мкг}/\text{дм}^3$): фосфор фосфатов Р-РО₄ 5,0, силикатов SiO₃ 10, азота нитритов N-NO₂ 0,5, азота нитратов N-NO₃ 5,0, аммонийного азота N-NH₄ 20,0; взвешенных веществ 5,0 $\text{мг}/\text{дм}^3$ (0,5 ПДК); НУ 0,02 (0,4 ПДК); СПАВ 50,0 (0,5 ПДК), фенолов 2,0 (2,0 ПДК); тяжелых металлов ($\text{мкг}/\text{дм}^3$): медь и цинк 1,0, свинец и кадмий 0,3.

В исследуемый теплый период времени года температура воды изменялась от 2,1°C в мае до наибольшего прогрева 20,0°C в августе. Солнечность варьировала в пределах 16,83–33,01%, составив в среднем 28,25%; низкие значения менее 24,0% зафиксированы в мае и июне на всех станциях района. Хлорность была в диапазоне 9,31–18,27/15,63%; значения водородного показателя 7,83–8,10/8,01 ед. pH; щелочности 1,399–2,224/1,983 $\text{мг-экв}/\text{дм}^3$. Концентрация взвешенных частиц в морской воде изменялась в диапазоне 8–186/54,87 $\text{мг}/\text{дм}^3$, средняя в 1,2 раза меньше прошлогоднего значения (6,56 ПДК). Максимум был зарегистрирован в мае в поверхностном слое. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ была в

пределах от аналитического пробах в трех нуля до 5,1, средняя 1,58 мгО₂/дм³ (0,75 ПДК) была немного меньше прошлогодней. Максимальная величина (2,43 ПДК) была зафиксирована в мае, что почти в 3,2 раза ниже прошлогоднего значения (7,81 ПДК).

Концентрация **биогенных** элементов (мкг/дм³) в исследуемый период была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения в четырех пробах (22,0–36,0), среднее значение 3,57. Максимальная концентрация (<0,01 ПДК) была отмечена в мае. Содержание нитритов было выше аналитического нуля всего в шести пробах, в которых достигало 2,0. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений в 18 пробах до 115,0, среднее 20,4 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в октябрьской пробе. В период проведения наблюдений в 20 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения. Среднее содержание фосфатов в 2023 г. составило 5,72, что почти в 16,4 раза ниже уровня прошлого года (94,03); максимум 24,53 мкг/дм³ был отмечен в октябре на трех станциях. Диапазон концентрации кремния составил 74–904/331 мкг/дм³; средняя концентрация в 1,2 раза ниже прошлогодней. Максимум был отмечен в июне.

В 2023 г. содержание **нефтяных углеводородов** в водах рейда порта г. Александровск изменилось от аналитического нуля в пяти пробах июня и октября до 0,107 мг/дм³ (2,14 ПДК, август). По сравнению с 2022 г. средняя концентрация НУ снизилась с 1,39 до 0,94 ПДК (табл. 11.15). В период проведения наблюдений концентрация фенолов была ниже предела обнаружения.

Тяжелые металлы (мкг/дм³). Среднее содержание меди в 2023 г. несколько снизилось и составило 3,7 (0,74 ПДК). Максимум достигал 5,6 (1,12 ПДК) и был зафиксирован в июне в поверхностном слое. Средняя концентрация цинка практически не изменилась и составила 0,14 ПДК, максимальная 0,25 ПДК. Содержание свинца в период проведения наблюдений изменилось в диапазоне 0,0–0,96/0,12 (0,01 ПДК). Концентрация кадмия была выше предела обнаружения в пяти пробах и достигала 0,52, составив в среднем 0,078 мкг/дм³ (0,01 ПДК).

Кислородный режим в водах Татарского пролива в целом соответствовал многолетней норме: среднее содержание растворенного кислорода в воде составило 8,967 мгО₂/дм³. Диапазон концентрации составил 7,05–11,11 мгО₂/дм³. По значению индекса ИЗВ (0,79) качество вод Татарского пролива в 2023 г. несколько улучшилось и по-прежнему соответствовало III классу, “умеренно загрязненные” (табл. 11.14). Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Кислородный режим в целом соответствовал среднемноголетней норме.

Таблица 11.15. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Татарского пролива Японского моря у г. Александровск-Сахалинский в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Татарский пролив: Александровск Сахалинский (30 проб)	НУ	0,055	1,1	0,070	1,39	0,047	0,94
		0,152	3,04	0,158	3,16	0,107	2,14
	СПАВ	14,3	0,14	7,5	0,08	1,9	<0,01
		26	0,26	68,0	0,68	0,056	<0,01
	Кадмий	0,12	0,01	0,04	<0,01	0,08	<0,01
		0,8	0,08	0,6	0,06	0,52	0,05
	Медь	3,29	0,66	4,4	0,89	3,7	0,74
		7,2	1,44	8,3	1,66	5,6	1,12
	Цинк	7,09	0,14	6,9	0,14	7,7	0,15
		13,2	0,26	12,9	0,26	12,3	0,25
	Свинец	0,47	0,05	0,0		0,12	0,01
		1,1	0,11	0,0		0,96	0,10

	Аммонийный азот	3,23	<0,01	30,5	0,01	3,6	<0,01
		31	0,01	331,0	0,11	36,0	0,01
Нитритный азот	0,43	0,02	1,5	0,06	0,40	0,02	
	2,0	0,08	27	1,13	2,0	0,08	
БПК ₅	1,94	0,92	2,0	0,94	1,6	0,75	
	4,2	2,0	16,4	7,81	5,1	2,43	
Кислород	8,35		8,51		8,97		
	7,21		3,07	0,51	7,05		

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК₅ приведена в мг/дм³; СПАВ, тяжелых металлов, нитритного и аммонийного азота в мкг/дм³.

2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.

В пробах **донных отложений**, отбираемых ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 0,0–64,1 мкг/г (1,28 ДК); среднее значение (23,38 мкг/г, 0,47 ДК) было в 2,35 раза выше прошлогоднего (табл. 11.16). Содержание фенолов в донных отложениях изменялось в диапазоне 0,0–0,24; среднегодовая концентрация равнялась 0,01 мкг/г. Среднее содержание меди, цинка и кадмия в осадках этого прибрежья о. Сахалин не изменилось: 0,11; 0,42; 0,04 ДК соответственно. Свинец в период проведения наблюдений не обнаружен.

Таблица 11.16. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
Татарский пролив: г. Александровск - Сахалинский	НУ	20,42	0,41	9,9	0,20	23,4	0,47
		123,5	2,47	32	0,64	64,1	1,28
	Фенолы	0,005		0,07		0,01	
		0,08		0,24		0,08	
	Медь	3,95	0,11	3,82	0,11	3,91	0,11
		15,2	0,43	4,9	0,14	5,6	0,16
	Цинк	56,78	0,41	64,9	0,46	59,0	0,42
		102,3	0,73	105	0,75	89	0,64
	Кадмий	0,026	0,033	0,02	0,03	0,033	0,04
		0,11	0,14	0,06	0,08	0,044	0,06
	Свинец	0,31	<0,01	0,1	<0,01	0,0	
		5,2	0,06	4,1	0,05	0,0	

Выводы

Залив Петра Великого. В 2023 г. гидрохимический мониторинг прибрежных акваторий залива Петра Великого выполнялся с мая по октябрь на 39 станциях (216 проб); 108 проб донных отложений были отобраны весной и осенью. Почти во всех прибрежных районах залива Петра Великого среднегодовая концентрация НУ повысилась: в проливе Босфор Восточный в 3,3 раза; в Амурском заливе в 1,83; Уссурийском заливе в 1,25; в заливе Находка в 1,1. В бухтах Золотой Рог и Диомид уровень загрязненности морских вод НУ не изменился и составил 1,05 и 1,03 ПДК соответственно. Максимальная концентрация НУ в морской воде в мае была отмечена в бухте Золотой Рог (2,40 ПДК, вершина бухты), в бухте Диомид (1,80 ПДК) и в

проливе Босфор Восточный (5,40 ПДК). А в больших заливах в сентябре: в центральной части Амурского залива (2,80 ПДК), в Уссурийском заливе у прибрежье Владивостока (3,00 ПДК) и в заливе Находка в бухте Врангеля и в центральной части залива (1,20 ПДК).

Уровень загрязненности прибрежных районов залива Петра Великого фенолами повысился в заливе Находка в 1,1 раза до 2,09 ПДК. Во всех остальных районах он или не изменился или незначительно снизился: не изменилось среднее содержание фенолов в бухте Золотой Рог (1,75 ПДК), в проливе Босфор Восточный (1,65 ПДК), в Амурском заливе – (1,56 ПДК); в бухте Диомид снизилось в 1,6 раза до 1,45 ПДК, а в Уссурийском заливе до 1,66 ПДК. Максимальные значения были отмечены в вершине залива Находка в июле (3,50 ПДК) и в центральной части Амурского залива в июне (3,0 ПДК).

Загрязненность морских вод АПАВ повысилась в 2023 г. во всех прибрежных районах за исключением Уссурийского залива. В бухте Золотой Рог она увеличилась в 2,48 раза до 2,56 ПДК, в бухте Диомид в 1,86 раза до 1,56 ПДК, в проливе Босфор Восточный в 1,51 раза до 1,58 ПДК, в Амурском заливе в 1,32 раза до 1,23 ПДК и в заливе Находка в 1,07 раза до 1,20 ПДК. Абсолютный максимум был зафиксирован в бухте Золотой Рог в августе (7,82 ПДК), второе значение (6,48 ПДК) было отмечено в проливе Босфор Восточный между мысом Безымянный и маяком Токаревского также в августе.

В прибрежных водах залива Петра Великого среднее содержание определяемых металлов (медь, железо, цинк, свинец, марганец и кадмий) практически везде было менее 1 ПДК. Превышение по железу было отмечено в бухтах Золотой Рог и Диомид (1,03–1,04 ПДК), в проливе Босфор Восточный (1,44 ПДК) и в заливе Находка (1,28 ПДК). Максимум в бухте Золотой Рог по меди составил 1,24 ПДК, железу 3,24 ПДК, цинку 1,62 ПДК, ртути 2,30 ПДК. Экстремальные значения в бухте Диомид по меди, железу и цинку были в пределах 1,20–1,58 ПДК; в проливе Босфор Восточный максимумы меди, железа и цинка составляли 1,64, 9,63 и 2,20 ПДК соответственно. В Амурском заливе было отмечено превышение по меди, железу, цинку и свинцу – 1,58, 1,90, 2,57 и 1,88 ПДК соответственно, в Уссурийском заливе по меди и железу 1,80, цинку 1,68 ПДК, в заливе Находка по железу – 12,46, цинку 1,19 и никелю 1,54 ПДК. Среднее содержание ртути в морской воде в прибрежных районах изменялось в пределах 0,08–0,24 ПДК и по сравнению с 2022 г. снизилось во всех районах в 1,3–9,6 раза. Значения выше норматива были зафиксированы в бухте Золотой Рог, максимум составил 2,30 ПДК.

Среднее значение БПК₅ в разных районах контроля изменялось в диапазоне 0,77–2,55 ПДК, максимальное значение (4,75 ПДК) зарегистрировано в бухте Золотой Рог в октябре. Среднее содержание взвешенных веществ в морских водах во всех прибрежных районах снизилось и изменилось в диапазоне 0,43–0,74 ПДК. Максимальные показатели (1,05–1,64 ПДК) были зафиксированы во всех районах кроме бухты Диомид. Среднегодовые показатели растворенного кислорода изменялись в диапазоне 8,46–12,44 мгО₂/дм³. Абсолютный минимум наблюдался в октябре в проливе Босфор Восточный (2,93 мгО₂/дм³, 0,49 ПДК) и в Амурском заливе (4,01 мгО₂/дм³, 0,67 ПДК).

Результаты оценки качества вод с использованием комплексного индекса загрязненности вод ИЗВ показали существенное ухудшение в пяти прибрежных районах залива Петра Великого из шести. Резко ухудшилось качество вод бухты Золотой Рог. Если в предыдущие два года оно соответствовало III классу, то по результатам наблюдений в 2023 г. составило V класс, «грязная». В остальных крупных районах оценка изменилась не так значительно и воды перешли только в IV класс, «загрязненные». Исключением стал Уссурийский залив, качество вод которого немного улучшилось и по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно загрязненные». Приоритетными ЗВ традиционно были СПАВ, фенолы и органические вещества по БПК₅, иногда в расчет входили НУ и нитриты.

Донные отложения. В 2023 г. среднегодовое содержание НУ в донных отложениях прибрежных районов залива Петра Великого изменилось в диапазоне 0,109–8,577 мг/г сухого вещества. По-прежнему в наибольшей степени загрязнен грунт бухты Золотой Рог, среднегодовое содержание НУ в котором составило 171,55 ДК, максимальная концентрация 339,6 ДК (24,58 мг/г). По сравнению с 2022 г. незначительное снижение среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях отмечено в бухтах Золотой Рог (в 1,05 раза) и Диомид (1,03); в Амурском заливе оно практически не изменилось. В проливе Босфор Восточный, в Уссурийском заливе и в заливе Находка произошел рост содержания НУ в 3,5, 1,2 и 1,1 раза соответственно. Среднее содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 2,70–5,26 мкг/г. Почти во всех прибрежных районах отмечалось небольшое повышение уровня загрязненности донных отложений фенолами в 1,15–1,41 раза; в Уссурийском заливе их средняя концентрация практически не изменилась (2,70 мкг/г), а в заливе Находка снизилась в 1,09 раза. В наибольшей степени были загрязнены фенолами осадки пролива Босфор Восточный (средняя 4,12, максимальная 13,0), Амурского залива (5,26/10,0) и залива Находка (3,74/6,70 мкг/г).

В донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого по-прежнему отмечается очень высокая концентрация железа. Среднегодовая концентрация повысились во всех районах, за исключением залива Находка, и изменилась в диапазоне 12049–24697 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались вокруг г. Владивостока в проливе Босфор Восточный, бухтах Диомид и Золотой Рог (24697, 17507 и 16185 мкг/г соответственно). На этих же участках акватории залива Петра Великого была самая высокая средняя концентрация меди – 4,63, 2,99 и 3,76 ДК. В остальных районах она не превышала условную норму. Максимальная величина во много раз превышала среднюю, например в прибрежье Владивостока она составила 22,74, 3,40 и 10,50 ДК. Здесь же средняя концентрация ртути превысила нормативный уровень в 1,37, 4,07 и 3,32 раза, а максимальное содержание составило 1,77, 6,00 и 6,00 ДК. Превышение среднегодовых значений по кадмию зафиксировано также в бухтах Золотой Рог и Диомид (1,97 ДК и 1,75 ДК) и в проливе Босфор Восточный (1,41 ДК); в проливе этот показатель увеличился по сравнению с 2022 г. в 4,9 раза. В бухтах Золотой Рог и Диомид, и в проливе Босфор Восточный были отмечены повышенные средние значения концентрации свинца (1,60, 1,33 и 1,18 ДК соответственно по районам) и цинка (2,15; 1,94 и 1,94 соответственно). По остальным районам среднегодовая концентрация металлов в донных отложениях не превышала допустимого уровня. Повышение по сравнению с 2022 г. в пределах 1 ДК зафиксировано в проливе Босфор Восточный по кобальту, никелю, хрому; в Амурском заливе – по меди, кадмию, свинцу, цинку, хрому и ртути; в Уссурийском заливе – по меди, кадмию, свинцу, никелю, цинку, хром; в заливе Находка – по кадмию, никелю и ртути.

Татарский пролив. В 2023 г. в районе порта г. Александровск-Сахалинский среднегодовое содержание НУ снизилось почти в 1,5 раза и составило 0,94 ПДК, максимальное значение 2,14 ПДК. СПАВ не обнаружены в период проведения наблюдений. Содержание аммонийного азота было значительно ниже норматива, максимум составил 0,01 ПДК. Средняя концентрация органических веществ по БПК₅ (0,75 ПДК) снизилась по сравнению с прошлым годом в 1,25 раза, максимальная величина 2,43 ПДК. Содержание меди снизилось по сравнению с прошлым годом и составило 0,74 ПДК, максимум 1,12 ПДК; средние значения кадмия и свинца в период проведения наблюдений не превышали 0,1 ПДК; цинк 0,15 ПДК, а максимум достигал 1,25 ПДК. Кислородный режим в 2023 г. был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,97 мгО₂/дм³, дефицит кислорода в пробах не отмечен, максимальное значение 7,05 мгО₂/дм³. Качество морских вод по ИЗВ в Татарском проливе в

районе г. Александровск улучшилось по сравнению с 2022 г. в пределах одного и того же III класса, «умеренно загрязненные». Значение индекса снизилось с 0,98 до 0,79.

Загрязненность **донных отложений** прибрежной зоны района г. Александровск нефтяными углеводородами повысилась по сравнению с прошлым годом в 2,35 раза. Содержание НУ в среднем составило 23,4 мкг/г (0,47 ДК); максимум 1,28 ДК; два года назад было 23,15 мкг/г (0,46 ДК), а в прошлом 9,9 мкг/г (0,20 ДК). Среднегодовое содержание фенолов снизилось в 3,5 раза с 0,07 до 0,02 мкг/г, максимум 0,10 мкг/г. Среднее и максимальное содержание тяжелых металлов: медь 3,91/5,50; цинк 59,0/89,0 и кадмий 0,03/0,044 мкг/г; свинец не обнаружен. Среднегодовое содержание всех определяемых металлов в донных отложениях в районе Александровска было значительно ниже 1 ДК.

Таблица 11.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2021–2023 гг.

Район	Ингредиент	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. бухта Золотой Рог (36 проб)	НУ	0,06	1,19	0,05	1,05	0,053	1,05
		0,35	7,00	0,4	8,00	0,120	2,40
	Фенолы	1,17	1,17	1,70	1,70	1,75	1,75
		1,8	1,80	2,0	2,00	2,3	2,30
	АПАВ	86	0,86	103	1,03	256	2,56
		243	2,43	198	1,98	782	7,82
	Аммонийный азот	137	0,05	124	0,04	192	0,09
		958	0,33	523,6	0,18	939,5	0,42
	Нитритный азот	19,7	0,82	13,2	0,55	32,6	1,36
		84,5	3,52	37,2	1,55	135,6	5,65
	Медь	1,1	0,22	2,4	0,48	3,04	0,61
		1,9	0,38	4,8	0,96	6,2	1,24
	Железо			35,6	0,71	51,5	1,03
				262,5	5,25	162	3,24
	Цинк	4,4	0,09	52,1	1,04	38,53	0,77
		12,8	0,26	158,7	3,17	81,1	1,62
	Свинец	0,20	0,020	1,4	0,14	1,63	0,16
		0,8	0,08	5,1	0,51	3,7	0,37
	Марганец	3,4	0,07	3,6	0,07	2,10	0,04
		32,7	0,65	23,5	0,47	13,7	0,27
	Кадмий	0,05	<0,1	0,19	<0,1	0,11	0,01
		1,4	0,14	0,7	<0,1	0,2	0,02
	Ртуть	0,015	0,15	0,058	0,58	0,023	0,23
		0,06	0,60	0,44	4,40	0,23	2,30
	БПК ₅	2,2	1,05	2,5	1,20	5,03	2,39
		6	2,86	7	3,33	9,98	4,75
	Взвешенные вещества	5,5	0,55	7,4	0,74	7,15	0,71
		8,9	0,89	18	1,80	15,40	1,54
	Кислород	7,37		7,56		8,73	
		4,61	0,77	5,01	0,84	5,32	0,89
2. бухта Диомид (6 проб)	НУ	0,07	1,37	0,05	1,03	0,052	1,03
		0,25	5,00	0,1	2,00	0,090	1,80
	Фенолы	1,17	1,17	1,68	1,68	1,45	1,45
		1,4	1,40	1,9	1,90	1,8	1,80

	АПАВ	61	0,61	84	0,84	156	1,56
		120	1,20	143	1,43	276	2,76
	Аммонийный азот	48	0,02	41	0,01	67	0,03
		152	0,05	69,7	0,02	172,8	0,08
	Нитритный азот	12,6	0,52	6,9	0,29	2,67	0,11
		29,8	1,24	7,7	0,32	3,9	0,16
	Медь	0,9	0,17	2,57	0,51	2,58	0,52
		1,1	0,22	3,9	0,78	6,0	1,20
	Железо			21,1	0,42	52,2	1,04
				51,9	1,04	92,5	1,85
	Цинк	4,0	0,08	62,7	1,25	29,2	0,58
		6,3	0,13	161,5	3,23	67,6	1,35
	Свинец	0,17	0,02	3,75	0,38	1,12	0,11
		0,4	0,04	14,9	1,49	1,9	0,19
	Марганец	2,0	0,04	1,6	0,03	2,13	0,04
		4,5	0,09	3,2	0,06	5,6	0,11
	Кадмий	0,1	0,01	0,2	0,02	0,10	0,01
		0,1	0,01	0,4	0,04	0,2	0,02
	Ртуть	0,015	0,15	0,077	0,77	0,008	0,08
		0,04	0,40	0,38	3,80	0,01	0,10
	БПК ₅	2,0	0,95	1,7	0,79	5,11	2,43
		4	1,90	4	1,90	9,0	4,29
	Взвешенные вещества	4,7	0,47	7,3	0,73	5,08	0,51
		8,1	0,81	12,4	1,24	9,4	0,94
	Кислород	7,46		7,98		8,46	
		6,58		6,76		6,19	
3. пролив Босфор Восточный и бухта Улисс (24 пробы)	НУ	0,025	0,50	0,018	0,36	0,060	1,21
		0,06	1,20	0,05	1,00	0,270	5,40
	Фенолы	1,32	1,32	1,65	1,65	1,65	1,65
		1,7	1,70	2	2,00	2,2	2,20
	АПАВ	97	0,97	96	0,96	151	1,51
		255	2,55	202	2,02	648	6,48
	Аммонийный азот	43	0,01	53,9	0,02	67	0,03
		133	0,05	301,5	0,10	205,1	0,09
	Нитритный азот	5,3	0,22	8,3	0,35	25,59	1,07
		32,7	1,36	16,0	0,67	181,1	7,55
	Медь	1,0	0,20	3,7	0,73	2,98	0,60
		3,4	0,68	20,6	4,12	8,20	1,64
	Железо			29,9	0,60	71,95	1,44
				273,9	5,48	481,6	9,63
	Цинк	4,3	0,09	36,2	0,72	37,92	0,76
		10,5	0,21	123,5	2,47	109,9	2,20
	Свинец	0,2	0,02	1,9	0,19	2,51	0,25
		0,9	0,09	5,3	0,53	6,0	0,60
	Марганец	2,0	0,04	2,5	0,05	3,89	0,08
		10,6	0,21	14,6	0,29	17,7	0,35
	Кадмий	0,03	<0,01	0,12	0,012	0,19	0,02
		0,6	0,06	0,4	0,04	0,4	0,04
	Ртуть	0,051	0,51	0,045	0,45	0,011	0,11
		0,29	2,90	0,32	3,20	0,04	0,40

4. Амурский залив (36 проб)	БПК ₅	1,81	0,86	1,74	0,83	4,73	2,25
		4,0	1,90	3,0	1,43	9,0	4,29
	Взвешенные вещества	4,5	0,45	6,04	0,60	6,08	0,61
		9,0	0,90	15,0	1,50	11,2	1,12
	Кислород	8,00		8,09		8,61	
		6,19		5,35	0,89	2,93	0,49
	НУ	0,04	0,75	0,03	0,65	0,055	1,10
		0,12	2,40	0,09	1,80	0,140	2,80
	Фенолы	1,54	1,54	1,63	1,63	1,56	1,56
		4,2	4,20	1,9	1,90	3,0	3,00
5. Уссурийский залив (54 пробы)	АПАВ	98	0,98	93	0,93	123	1,23
		250	2,50	216	2,16	356	3,56
	Аммонийный азот	32	0,01	24	0,01	48	0,02
		139	0,05	139	0,05	282	0,12
	Нитритный азот	7,7	0,32	14,0	0,59	41,98	1,75
		48,4	2,02	146,4	6,10	375,2	15,63
	Медь	0,8	0,16	1,8	0,36	3,16	0,63
		1,2	0,24	3,7	0,74	7,9	1,58
	Железо			18,2	0,36	29,33	0,59
				115,3	2,31	95,2	1,90
	Цинк	7,3	0,15	33,6	0,67	42,64	0,85
		17,3	0,35	115,2	2,30	128,6	2,57
	Свинец	0,1	0,01	0,9	0,09	2,41	0,24
		0,4	0,04	7,0	0,70	18,8	1,88
	Марганец	3,5	0,07	2,9	0,06	2,88	0,06
		32,7	0,65	12,8	0,26	15,6	0,31
	Кадмий	0,02	<0,01	0,1	0,014	0,33	0,03
		0,2	0,06	0,3	0,03	1,3	0,13
	Ртуть	0,02	0,21	0,055	0,55	0,024	0,24
		0,17	1,70	0,45	4,50	0,09	0,90
	БПК ₅	2,5	1,2	1,73	0,8	1,61	0,77
		5	2,4	4,0	1,9	4,0	1,90
	Взвешенные вещества	8,4	0,8	9,1	0,9	5,10	0,51
		19,8	2,0	20,8	2,1	12,0	1,20
	Кислород	7,9		9,6		10,53	
		4,14	0,7	3,46	0,6	4,01	0,67
5. Уссурийский залив (54 пробы)	НУ	0,04	0,83	0,04	0,72	0,050	1,00
		0,13	2,60	0,12	2,40	0,150	3,00
	Фенолы	1,12	1,12	1,96	1,96	1,18	1,18
		3,5	3,50	2,6	2,60	2,0	2,00
	АПАВ	101	1,01	99	0,99	100	1,00
		380	3,80	253	2,53	287	2,87
	Аммонийный азот	23	0,01	53	0,02	45	0,02
		55	0,02	439	0,15	395	0,17
	Нитритный азот	3,1	0,13	6,3	0,26	9,20	0,38
		29,2	1,22	50,8	2,12	56,5	2,35
	Медь	0,9	0,19	2,0	0,39	2,78	0,56
		7,2	1,44	4,9	0,98	9,0	1,80
	Железо			34,4	0,69	33,85	0,68
				170,7	3,41	90,2	1,80

6. залив Находка (с бухтами) (72 пробы)	Цинк	5,8	0,12	20,0	0,40	43,01	0,86
		29,6	0,59	109	2,18	83,9	1,68
	Свинец	0,1	0,01	1,3	0,13	2,5	0,25
		0,6	0,06	12,4	1,24	5,8	0,58
	Марганец	2,7	0,05	1,4	0,03	1,71	0,03
		37,8	0,76	5,7	0,11	13,0	0,26
	Кадмий	0,02	<0,01	0,2	0,02	0,47	0,05
		0,1	0,01	3,0	0,30	1,1	0,11
	Ртуть	0,048	0,48	0,054	0,54	0,020	0,20
		0,16	1,60	0,26	2,60	0,08	0,80
	БПК ₅	1,3	0,60	1,64	0,8	1,76	0,84
		4	1,90	6,00	2,9	7,00	3,33
	Взвешенные вещества	5,7	0,57	6,48	0,6	4,26	0,43
		11,7	1,17	20,5	2,1	10,5	1,05
	Кислород	8,7		9,64		11,52	
		5,57	0,93	6,97		5,46	0,91
	НУ	0,04	0,78	0,03	0,54	0,033	0,66
		0,23	4,60	0,07	1,40	0,060	1,20
	Фенолы	1,37	1,37	1,91	1,91	2,09	2,09
		5,3	5,30	3,5	3,50	3,5	3,50
	АПАВ	96	0,96	112	1,12	120	1,20
		223	2,23	284	2,84	356	3,56
	Аммонийный азот	30,1	0,01	42,1	0,01	41,3	0,02
		186	0,06	245,7	0,08	129,9	0,06
	Нитритный азот	11,9	0,50	17,2	0,71	22,90	0,95
		193,4	8,06	153,1	6,38	170,7	7,11
	Медь	0,9	0,18	2,1	0,42	2,60	0,52
		2	0,40	6,3	1,26	4,5	0,90
	Железо			64,9	1,30	63,76	1,28
				854,8	17,10	622,9	12,46
	Цинк	5,8	0,12	18,8	0,38	14,94	0,30
		20,1	0,40	146,5	2,93	59,3	1,19
	Свинец	0,2	0,02	1,2	0,12	2,11	0,21
		0,5	0,05	6,7	0,67	8,1	0,81
	Марганец	2,8	0,06	1,1	0,02	0,95	0,02
		17,7	0,35	6,4	0,13	17,8	0,36
	Кадмий	0,05	<0,01	0,1	0,01	0,11	0,01
		0,6	0,06	1,2	0,12	0,2	0,02
	Ртуть	0,014	0,14	0,026	0,26	0,020	0,20
		0,1	1,00	0,23	2,30	0,06	0,60
	БПК ₅	1,6	0,74	2,2	1,07	2,67	1,27
		4,0	1,90	8,0	3,81	9,0	4,29
	Взвешенные вещества	7,5	0,75	10,1	1,01	7,37	0,74
		29,8	2,98	19,2	1,92	16,4	1,64
	Кислород	7,6		10,8		12,44	
		3,63	0,61	6,79		6,95	

Таблица 11.3. Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2021–2023 гг.

Район	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Содержание ЗВ в 2023 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. бухта Золотой Рог	1,06	III	1,19	III	1,85	V	СПАВ 2,56; БПК ₅ 2,39; Фенолы 1,75; O ₂ 0,69
2. бухта Диомид	1,07	III	1,18	III	1,54	IV	БПК ₅ 2,43; СПАВ 1,56; Фенолы 1,45; O ₂ 0,71
3. пролив Босфор Восточный	0,98	III	1,04	III	1,53	IV	БПК ₅ 2,25; СПАВ 1,51; Фенолы 1,65; O ₂ 0,70
4. Амурский залив	1,11	III	1,00	III	1,28	IV	NO ₂ 1,75; Фенолы 1,56; СПАВ 1,23; O ₂ 0,57
5. Уссурийский залив	0,91	III	1,09	III	0,92	III	Фенолы 1,18; НУ 1,00; СПАВ 1,00; O ₂ 0,52
6. залив Находка (с бухтами)	0,97	III	1,22	III	1,28	IV	Фенолы 2,09; Fe 1,28; БПК ₅ 1,27; O ₂ 0,48
6.1. бухта Находка ст.1,2 (12 проб)	1,38	IV	1,41	IV	1,59	IV	Фенолы 2,34; NO ₂ 2,11; БПК ₅ 1,43; O ₂ 0,46
6.2. бухта Врангеля ст.25 (9 проб)	1,01	III	1,23	III	1,28	IV	Фенолы 1,87; БПК ₅ 1,51; СПАВ 1,26; O ₂ 0,49
6.3. бухта Козьмина ст.33 (9 проб)	0,92	III	1,15	III	1,27	IV	Фенолы 1,97; NO ₂ 1,43; СПАВ 1,20; O ₂ 0,48
Татарский пролив: Александровск – Сахалинский	0,85	Ш	0,98	III	0,79	III	НУ 0,94; БПК ₅ 0,75; Cu 0,74; O ₂ 0,72

ГЛАВА 12. ВЫВОДЫ

12.1. Каспийское море

В условиях отсутствия в последние два года определения фенолов на акватории центральной и западной частей **Северного Каспия** приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды (средняя концентрация 0,74 и 0,70 ПДК, соответственно), СПАВ (0,66 и 0,56 ПДК) и аммонийный азот (0,11 и 0,09 ПДК). Концентрация фосфатов вернулась к характерным для этого района значениям и изменилась в пределах 9,00–41,00 при средних значениях 15,50 в западной и 19,08 мкг/дм³ в центральной частях акватории Северного Каспия. Кислородный режим в 2023 г. вернулся к нормальному, минимальное содержание кислорода в воде составило 8,59, а максимальное 11,69 мгО₂/дм³, что заметно выше прошлого года. Сравнение значений ИЗВ в 2023 и 2022 гг., рассчитанных без учета фенолов, которые по историческим данным вносят максимальный вклад в загрязнение вод, показывает незначительное ухудшение состояния вод центральной части акватории, а в западной – улучшение.

На южной границе акватории Северного Каспия на **IV разрезе** в 2023 г. приоритетными веществами оставались фенолы (при средней концентрации 1,9 ПДК), нефтяные углеводороды (0,8 ПДК) и аммонийный азот (0,9 ПДК). Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне выше норматива. Значение ИЗВ по сравнению с 2022 г. понизилось (1,04 и 1,29, соответственно), воды вновь вернулись в класс «умеренно загрязненные».

На **Дагестанском** взморье, как и ранее, приоритетными загрязнителями оставались фенолы (в среднем от 2,57 до 3,54 ПДК), нефтяные углеводороды и аммонийный азот (содержание обоих веществ близко к 1,0 ПДК), медь – 0,6–0,7 ПДК. При этом за последние годы отмечен рост концентрации аммонийного азота. Значения ИЗВ на разных участках Дагестанского шельфа изменялись от 1,25 до 1,51, что по-прежнему соответствовало классу «загрязненных» вод. Наметившийся в 2020–2022 гг. рост ИЗВ в большинстве районов сменился понижением, исключение составили только участки у городов Каспийск и Дербент, а в районе п. Избербаш существенных изменений ИЗВ по сравнению с 2022 г. не произошло.

12.2. Азовское море

В разных районах мониторинга Азовского моря применяются ПДК как для пресных, так и для морских вод. К первым относятся воды устья рек Дон, Кубань и Таганрогского залива, ко вторым – воды Темрюкского залива и Керченского пролива. Это повлияло на расчетную оценку качества вод ИЗВ.

Концентрация нефтяных углеводородов и растворенной ртути в 92% проб в дельте **р. Дон** превышала ПДК, среднегодовое значение было около 2 ПДК. Содержание нитритов и фосфатов было весьма высоким, в среднем более 2 ПДК. Содержание СПАВ в целом было незначительным. Насыщение кислородом в среднем было в норме, однако были случаи ниже норматива на 6%. Значение ИЗВ, определенное по нефтяным углеводородам, нитритам и ртути, составило 1,81, что соответствует V классу, «грязные».

В **Таганрогском заливе** велся мониторинг концентрации НУ, в том числе в донных отложениях, растворенной ртути, фосфора, силикатов, СПАВ, пестицидов, а также биогенных элементов (аммонийного азота, нитритов и нитратов). Среднегодовая концентрация НУ составила 1,65 ПДК, максимум – 7,2 ПДК; в донных отложениях она равнялась 3,36 ДК. Концентрация растворенной ртути достигала 2,6 ПДК, содержание СПАВ 0,26 ПДК. Пестицидов обнаружено не было. Содержание биогенных соединений было незначительным, в

среднем 0,3–0,4 ПДК. ИЗВ рассчитывалось по измеренным в воде НУ, ртути и нитритам, и составило 1,05 (III класс, «умеренно-загрязненные»).

В **Темрюкском заливе** содержание нефтяных углеводородов было в среднем на уровне 1 ПДК, максимальное значение (2,2 ПДК) зафиксировано в конце июня в 600 м от устья р. Кубань, в дельте Кубани наибольшее среднегодовое значение – 1,15 ПДК. Концентрация СПАВ и хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) не превышала предела обнаружения. Растворенная ртуть в водах залива обнаружена в 10 пробах из 15 в концентрации от 0,010 до 0,029 мкг/дм³ (0,29 ПДК), максимум отмечен в подходном канале порта Темрюк в середине ноября в поверхностном слое. В низовьях дельты р. Кубань насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было высоким и было ниже норматива всего в трех пробах. Воды низовьев дельты реки Кубань по индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,03), определенному по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов и фосфатов, относились к III классу качества, «умеренно загрязненные». В остальных районах на акватории Темрюкского залива индекс был в пределах 0,53–0,65, что позволило отнести их ко II классу, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами являлись нефтяные углеводороды и биогенные соединения (аммонийный азот, нитриты и фосфаты). По комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ речной сток в дельте Кубани за последние полтора десятка лет неуклонно ухудшался внутри класса «чистые воды», постепенно приближаясь к границе «умеренно загрязненных». В остальных районах также наблюдается ухудшение качества вод при значительной флюктуации годовых значений.

По результатам расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ=0,73) качество вод северной узости **Керченского пролива** ухудшилось по сравнению с предыдущими пятью годами, но остается пока на уровне II класса, «чистая». Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, нитритов и фосфатов. Ухудшение качества вод пролива обусловлено значительным увеличением нефтяного загрязнения. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Максимальная концентрация биогенных веществ не превышала 0,5 ПДК. Сколько-нибудь существенного загрязнения вод пролива хлорорганическими пестицидами и другими стойкими органическими загрязнителями не фиксировалось. Наблюдающийся в последние два десятилетия тренд на увеличение солености пока сохраняется: значение солености вод пролива, хотя и было ниже прошлогоднего, превышало остальные значения за весь период систематических наблюдений и в среднем составило 15,1‰.

12.3. Черное море

Западный Крым. В июне-октябре 2023 г. в рамках кризисного мониторинга качества морских вод северо-западного шельфа Черного моря после прорыва дамбы Каховского водохранилища и паводка р. Днепр было выполнено восемь гидролого-гидрохимических съемок в прибрежных водах от кутовой части Каркинитского залива у Красноперекопска до Евпатории. В Каркинитском заливе значения солености варьировали в пределах 10,45–19,23/18,14‰, минимальное значение в Узкой бухте у пос. Черноморское. Остальные стандартные показатели были в пределах нормы. Нарушение кислородного режима было зафиксировано только в куту залива (5,48 и 2,41 мгО₂/дм³, уровень В3) в июне и августе. Концентрация биогенных веществ обычно была существенно ниже норматива: максимальные величины фосфатного фосфора составляли 0,23 ПДК, общего 80,1 мкг/дм³; нитритного 0,31 ПДК, аммонийного 0,13 ПДК, нитратного 428,0 и общего азота 3145 мкг/дм³ в бухте Большой Кастель, кремния 1294 мкг/дм³. Нефтяное загрязнение поверхностных вод Западного Крыма было очень высоким, а концентрация НУ достигала или превышала норматив в 88% отобранных проб. Обычный диапазон значений 0,4–2,4 ПДК, однако также зафиксированы три чрезвы-

чайно высоких максимума 7,2; 10,0 и 45,2 ПДК у пос. Черноморское и в бухте Узкая соответственно. С учетом этих экстремумов средняя величина составляет 3,2 ПДК. Загрязнение вод АПАВ изменялось от 11,6 до 86,6 мкг/дм³. Средняя концентрация меди составила 0,37 ПДК, а наибольшая достигала 0,86 ПДК; максимальная железа 0,46; свинца 0,25; марганца 0,23 и хрома 0,14 ПДК. Значительно отличались все характеристики в кутовой части Каркинитского залива в районе Красноперекопска. Соленость вод здесь изменялась в очень большом диапазоне 17,54–84,67/34,05‰. Наибольшие значения биогенных соединений: фосфатного 1,55 ПДК, общего фосфора 145,8 мкг/дм³, нитритного 3,16 ПДК, аммонийного 1,27 ПДК, нитратов/общего азота/силикатов 180,3/6371/4350 мкг/дм³. Содержание НУ в кутовой части залива не было повышенным, максимум 2,20 ПДК. Среднее содержание детергентов в районе Красноперекопска составило 0,63 ПДК. Максимальная концентрация меди составила 0,98; железа 0,87; свинца 0,23; марганца 0,25 и хрома 0,31 ПДК. В Каламитском заливе соленость опускалась до 8,84‰ и 9,35‰ на косе Беляус и в Оленевке на мысе Тарханкут, остальные значения были в узком диапазоне 18,18–18,84‰. Стандартные показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах нормы. Максимальные значения нитритов, нитратов и аммонийного азота зафиксированы на косе Беляус. Содержание органических веществ по БПК₅ было выше норматива во всех пробах и достигало 3,53 ПДК; наибольшие величины зафиксированы на мысе Тарханкут и на пляже косы Беляус. В 67% проб концентрация НУ достигала и превышала ПДК, а особенно высокие значения отмечены 14 сентября (26 ПДК и 37 ПДК); средняя составила 4,2 ПДК. Концентрация детергентов достигала 0,41 ПДК, а всех определяемых тяжелых металлов была ниже норматива.

Порт Ялта. В 2023 г. гидрохимические наблюдения выполнялись в течение всего года каждые десять дней на гидрологическом посту на акватории морского пассажирского порта у основания волнолома в точке глубиной 6 м. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,48) позволяют отнести воды ко II классу, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, фосфаты и ДДД. Дополнительную нагрузку на акваторию порта оказывали ХОП – гептаклор (максимум 0,36 ПДК), ДДТ (до 1,03 ПДК) и γ-ГХЦГ (до 0,13 ПДК). Концентрация α-ГХЦГ, альдрина, и полихлорированных бифенилов (ПХБ) была ниже предела обнаружения. Концентрация биогенных веществ была в пределах межгодовых изменений. Большинство веществ, включая пестициды, очевидно поступают с водами двух горных речек Дерекойка и Учан-Су. Среднее за год содержание СПАВ составило 0,10 ПДК, нитритов 0,17 ПДК. Водородный показатель был в узком диапазоне 7,88–8,25 ед.рН, а среднее значение (8,10 ед.рН) стало минимальным за последние 15 лет. Концентрация кислорода в среднем составляла 8,16 мгO₂/дм³, а минимальное содержание в конце августа (5,52 мгO₂/дм³) было ниже норматива.

Прибрежные воды южного взморья Крыма. В августе на НИС «Профессор Водяницкий» проводились гидролого-гидрохимические исследования в прибрежной водах вдоль берега ЮБК на станциях с глубинами от 15 до 75 м. Соленость была в диапазоне 17,82–19,66‰; водородный показатель 8,00–8,8,41 ед.рН; концентрация минеральных форм азота и фосфора была значительно ниже соответствующих нормативов для морских вод. Концентрация НУ в 85% обработанных проб превышала норматив и варьировалась в диапазоне 0,05–0,08 мг/дм³ на станциях вдоль береговой линии между Ласпи и Гурзуфом. Резкое ее увеличение до 16 ПДК в районе Алушты сохранялось до восточной границы вдольберегового разреза. Высокая концентрация в диапазоне величин 0,86–1,20 мг/дм³ наблюдалась по всей акватории Феодосийского залива. Концентрация АПАВ в среднем составила 0,27 ПДК и изменялась от 3 до 49 мкг/дм³ (0,98 ПДК) в восточном направлении от Ялты до Феодосии. Аэрация прибрежных вод этого района Крыма в пределах верхнего 50 м слоя была высокой, концентрация растворенного кислорода 8,32–8,70 мгO₂/дм³ (114–117% насыщения).

Взморье Карадага. На взморье Карадагского природного заповедника исследования выполнены СО ГОИН в мае и сентябре на 10 станциях с глубинами от 9 до 27 м. Значения стандартных гидрологических показателей были в пределах естественных сезонных изменений. Концентрация биогенных соединений была существенно ниже установленных допустимых нормативов, достигая 0,16 ПДК для минерального фосфора и 0,09 ПДК для нитритов. Нефтяное загрязнение прибрежных вод этого района Крыма было высоким. Из 22 отобранных проб только в одной с придонного горизонта концентрация НУ была ниже ПДК. Среднее по акватории содержание НУ составило 0,08 при диапазоне концентрации 0,04–0,16 мг/дм³ и одним исключительно высоким выбросом (0,46 мг/дм³, 9,2 ПДК) поверхности в мае. Концентрация меди достигала 0,98 ПДК в четырех пробах, включая из поверхностных вод у дельфинария и придонных у пос. Курортное. Среднее содержание железа составило 0,42 ПДК, максимальное 1,33 ПДК. Свинец (max 0,23 ПДК) отмечен в нескольких пробах у Золотых Ворот, дельфинария и на фоновой станции. Другие тяжелые металлы отмечены в следовых количествах. Нарушений кислородного режима не зафиксировано.

Северная часть Кавказского побережья. Оценка загрязнения северной части прибрежья Кавказа в 2023 г. осталась примерно на прошлогоднем уровне во всех районах контроля. Индекс загрязненности вод изменился незначительно у Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе (без учета чрезвычайно высоких значений концентрации НУ на штормовой станции в порту). Значения ИЗВ=0,59–0,66 оставались в пределах II класса, «чистые». В расчет индекса вошли средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, нитритов и легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Среднее содержание нефтяных углеводородов варьировало от отсутствия в пробах у Сочи до 0,45 ПДК у Анапы. Максимальная концентрация изменялась от 0,84 ПДК у Туапсе до 1,32 ПДК у Анапы. На ежедекадно контролируемой станции у пирса в порту Туапсе была зона наибольшего загрязнения вод нефтяными углеводородами. Здесь концентрация НУ достигала или превышала норматив в половине проб, а максимальное значение достигало 15 августа чрезвычайно высокой величины 4,190 мг/дм³ (83,80 ПДК), а среднее составило 10,48 ПДК. Максимальные значения других приоритетных ЗВ были достаточно невысокими во всех контролируемых районах: железо 0,94–0,96 ПДК; органических веществ 0,78–0,85 ПДК. Максимальное содержание ртути в водах вдоль побережья было в пределах от 0,20 ПДК у Новороссийска до 0,49 ПДК у Анапы. Содержание в воде всех пестицидов было ниже предела обнаружения. СПАВ отмечены только в восьми пробах со штормовой станции в порту Туапсе в концентрации 100–170 мкг/дм³. Во всех районах среднегодовое содержание фосфора фосфатов было на уровне 10–15 мкг/дм³. В последние 15 лет средняя концентрация аммонийного азота показала постепенный значительный рост и в последние пять лет стабилизировалась в диапазоне 80–120 мкг/дм³. Концентрация нитритов в последние годы постепенно повышалась, при этом максимальные значения только дважды превышали ПДК за весь период наблюдений. Минимальные значения содержания кислорода варьировали в узком диапазоне от 7,05 у Новороссийска до 7,53 мгO₂/дм³ у Анапы.

Воды района Адлер-Сочи. В районе Большого Сочи между эстуариями рек Мzymты и Сочи в 2023 г. максимальные значения нормируемых загрязняющих веществ превышали норматив для определяемых по БПК₅ легко окисляемых органических веществ, железа и свинца. Индекс комплексности загрязненности вод снизился до 30% (три параметра из 10 – БПК₅, Pb и Fe). Воды района характеризуются неустойчивым загрязнением по органическим веществам (28,1%) и единичным загрязнением по железу (3,1%) и свинцу (3,1%). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением по свинцу и железу был низким (1,04–1,51). Концентрация растворенной ртути была ниже предела обнаружения. Значения растворенного в воде кислорода варьировали в пределах 8,97–11,50, в среднем

10,04 мгО₂/дм³. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,53) позволяет оценить воды всей акватории Большого Сочи как «чистые». Для расчета использована средняя концентрация БПК₅, железа, минерального фосфора и кислорода. Небольшое уменьшение индекса определялось значительным снижением содержания фосфатов и повышением концентрации растворенного кислорода. В целом состояние вод различных участков акватории района Адлер-Сочи оценивается как стабильное.

12.4. Балтийское море

В 2023 г. во всех районах **Невской губы** наблюдается значительное ухудшение экологического состояния акватории по индексу ИЗВ. В целом по всей губе индекс значительно повысился в пределах одного класса «грязные» от значений в районе 2 в последние несколько лет до ИЗВ=3,00 в последний год. В основном такое повышение обусловлено ростом содержания меди, средняя концентрация которой во всей губе в 9 раз превышала норматив для пресных вод. В различных районах эта величина варьировала в диапазоне 8,81–11,92 ПДК. Принимаемый для расчета индекса среднегодовой уровень цинка изменялся от 1,19 ПДК в МТП до 2,43 в Северном курортном районе; для органического загрязнения от 0,84 ПДК на станциях в центральной части до 3,14 ПДК в Северном курортном районе и 2,14 ПДК невдалеке от оголовка трубы с Северной станции аэрации. Однако в расчете индекса по всей Невской губе эта характеристика цинка и органического вещества равнялась или незначительно превышала норматив, в основном за счет многочисленных станций в центральной части. Значительную роль в загрязнении вод губы играли соединения биогенных элементов, особенно в прибрежье курортных районов и у точки сброса вод с Северной станции аэрации (средняя концентрация NH₄=1,92 ПДК). Во всех пробах концентрация хлорорганических пестицидов была ниже предела обнаружения. Кислородный режим в целом был ненарушенным, хотя в 6 пробах значения растворенного в воде кислорода были ниже норматива, а минимум (4,54 мгО₂/дм³) был зафиксирован в конце августа в придонном слое на севере губы недалеко от сброса вод с Северной станции аэрации. В отличие от центральной части Невской губы во всех прибрежных частях воды оценивались как «очень грязные» со значениями от ИЗВ=4,49 в Северном курортном районе до 3,17 в Морском торговом порту СПб.

По индексу загрязненности воды восточной части **Финского залива** к западу от Комплекса защитных сооружений определяются III классом, «умеренно загрязненные» (ИЗВ=0,90). В расчет качества вод приняты средняя концентрация традиционных основных загрязнителей вод залива – меди и марганца, а также минерального фосфора. Возможно, высокие значения металлов в водах залива определяются речным стоком, формирующим геохимический фон морских вод. В целом уровень загрязнения этой части залива оставался практически неизменным в течение последних пяти лет. В Мелководной и Глубоководной зонах восточной части ФЗ оценка по индексу также показывает очень близкие к общему значения, только в первой вместо металла на второе место вышли нитриты. По сравнению со средним за три предыдущих года уровень загрязнения вод этих районов вырос на 25% и 21% соответственно. В отличие от остальных частей восточной части залива на двух прибрежных станциях в Курортном районе очень высокий уровень индекса (ИЗВ=1,753, V класс, выше границы класса «грязные»), определяемый железом (в среднем 2,80 ПДК), медью (2,28 ПДК) и легкоокисляемыми органическими веществами по БПК₅ (1,34 ПДК). Аэрация вод этого участка северного прибрежья была сниженной по сравнению с другими. Воды Копорской губы характеризуются как «чистые» на самой границе класса «умеренно загрязненные». Концентрация НУ, фенолов и СПАВ, а также некоторых тяжелых металлов, включая ртуть, во всех пробах из залива была ниже предела обнаружения использованных методов химического анализа. Во всех исследуемых районах Финского залива хлорорганическими веществами по ИЗВ определяется IV класс, «очень грязные».

нические пестициды хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не зафиксированы. Кислородных режим поверхностного слоя вод остается в режиме нормы. Однако в глубоких придонных и промежуточных слоях часто наблюдается существенный дефицит кислорода, иногда соответствовавший уровню ЭВЗ и ВЗ в водах Мелководной зоны и на глубоких станциях центрального разреза восточной части Финского залива.

12.5. Белое море

В **Двинском заливе** по сравнению с прошлым годом загрязнение НУ и биогенными веществами осталось примерно на том же уровне, СПАВ в среднем немного понизилось, однако максимум составил более 6 ПДК. Загрязнение медью и свинцом снизилось, случаев превышения ПДК не зафиксировано. Концентрация нефтяных углеводородов превышала норматив в одной пробе, а среднее значение составило 0,3 ПДК. Продолжилась тенденция улучшения кислородного режима, а содержание растворенного в воде кислорода менее 6 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ не отмечено. Значение ИЗВ=0,69 немного снизилось, а воды Двинского залива характеризуются II классом, «чистые». Расчет индекса выполнен по средней концентрации СПАВ, НУ и фосфатов.

Концентрация нефтяных углеводородов в водах **Кандалакшского** залива летом и осенью была наибольшей в ряду наблюдений с 2011 г., а средняя величина немного превысила ПДК. Максимальное значение составило 4,3 ПДК и было зафиксировано в середине июля; остальные не превышали 28 $\text{мкг}/\text{дм}^3$ (0,6 ПДК). Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения. Количество легко окисляемых органических веществ по БПК₅ повысилось практически в два раза, а среднее составило 1,3 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ (0,63 ПДК). Минимальная концентрация кислорода (7,27 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) была выше установленного норматива, а средняя величина немного превышала прошлогоднее значение. По сравнению с прошлым годом увеличилось среднее содержание железа (1,04 ПДК), меди (0,92 ПДК), кадмия и хрома; никеля и марганца снизилась, а концентрация ртути и свинца была ниже аналитического нуля. Расчет индекса загрязненности вод ИЗВ, выполненный по средней концентрации аммонийного азота, фосфатов и нефтяных углеводородов, увеличился с 1,42 до 2,05. Воды залива соответствуют V классу качества вод, «грязные».

12.6. Баренцево море

В 2023 г. контроль качества вод Баренцева моря по-прежнему проводился на одной станции в Кольском заливе на водопосту в торговом порту г. Мурманска (ВПМ) в период с января по ноябрь, один раз в два месяца. Качество вод в районе водопоста немного ухудшилось. Индекс загрязненности вод перешел в следующий III класс качества (ИЗВ=0,77), «умеренно загрязнённые». Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, фосфаты, железо и медь. В расчет индекса включены первые три ингредиента. Средняя концентрация НУ осталась на уровне прошлого года (0,055 $\text{мг}/\text{дм}^3$), однако максимальная концентрация увеличилась почти вдвое (0,135 $\text{мг}/\text{дм}^3$, 2,7 ПДК). Среднегодовая концентрация фосфатов в 2023 г. осталась на уровне прошлого года, а максимальная снизилась почти в 2 раза. Содержание железа по средней величине превысило уровень прошлогоднего никеля, а максимум увеличился в 1,2 раза и достигал 1,68 ПДК. Содержание меди уменьшилось примерно в два раза до 0,32 ПДК, и даже максимальная концентрация (0,59 ПДК) не превышала нормативное значение. Концентрация ртути была ниже предела обнаружения во всех пробах. Содержание кислорода в воде стало немного ниже прошлогоднего. Среднегодовая концентрация составила 9,73, а минимум равнялся 8,40 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$. Сохраняется тенденция снижения концентрации биогенных элементов в воде вблизи водопоста в торговом

порту г. Мурманска. СПАВ не отмечены, а концентрация органических веществ по БПК₅ достигала 1,5 мгО₂/дм³. В пробах были зафиксированы взвешенные вещества, содержание которых варьировало от нулевых значений до 13,2 в июле, в среднем 2,93 мг/дм³.

12.7. Гренландское море (Шпицберген)

В прибрежных водах архипелага Шпицберген (Гренландское море) в августе 2023 г. было отобрано 20 проб морской воды и донных отложений, в которых проанализировано до ста параметров. Стандартные гидролого-гидрохимические показатели морских вод были в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание взвешенных веществ было ниже прошлогодних значений и в среднем составило 0,2 ПДК. Концентрация биогенных веществ (мкг/дм³) была невысокой и достигала: нитратного азота 31,8 и нитритного азота 2,30, а общего и аммонийного азота была ниже предела обнаружения; минерального 3,1 и общего фосфора 61,20; силикатов 316,0, в среднем 122,4 мкг/дм³. Концентрация СПАВ, фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, неполярных алифатических и летучих ароматических углеводородов в водах Шпицбергена была ниже предела обнаружения; нефтяных углеводородов была зафиксирована только в трех пробах – до 7,1, средняя величина 1,0 мкг/дм³. Из 16 полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морских водах залива Гренфьорд в большинстве проб были обнаружены только антрацен (до 2,0) и флуорантен (до 125, в среднем 29,8 нг/дм³). Среднее суммарное содержание ПАУ составило 32,3. Начиная с 2012 г. сумма ПАУ в основном варьировала в узком диапазоне 25–60 нг/дм³. Концентрация хлорорганических соединений (пестициды групп ДДТ, ГХЦГ, других классов, гексахлорбензол и ПХБ) была ниже DL использованных методов анализа. Среднее содержание большинства тяжелых металлов в прибрежных водах по сравнению с прошлым годом понизилось за исключением никеля, марганца и хрома. Массовая доля свинца, железа и ртути в морской воде находилась ниже DL. Содержание растворенного кислорода на всех станциях было высоким и находилось в пределах 12,09–13,11 мгО₂/дм³; 90,9–112,2% насыщения. Значение биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод в августе 2023 г. понизилось по сравнению с прошлым годом и было в пределах 1,35–2,32, в среднем 1,69 мгО₂/дм³ (0,80 ПДК). Для расчета индекса была использована средняя концентрация меди, никеля и органических веществ. Значение индекса загрязненности вод (ИЗВ=0,65, II класс) позволяет классифицировать воды обследованных акваторий заливов Гренфьорд у поселка Баренцбург и Биллеборд у посёлка Пирамида как «чистые». По сравнению с предыдущими двумя годами воды заливов в 2023 г. были намного чище за счёт отсутствия ХОС, снижения показателя БПК₅ и содержания некоторых тяжёлых металлов.

12.8. Карское море

В южной части Карского моря гидрохимические исследования в августе 2023 г. были выполнены Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун». Стандартные характеристики морских вод были в пределах естественных межгодовых изменений. Водородный показатель находился в диапазоне 7,78–8,45 ед.рН, окислительно-восстановительный потенциал (Eh) 184–244 мВ, электропроводность 44,1–52,8 мС/см. Концентрация растворенного кислорода варьировала от 9,35 до 11,69 мгО₂/дм³, насыщение вод 96–110%. Загрязнение органическими веществами было относительно невысоким, значения биологического потребления кислорода (БПК₅) морских вод изменялись в диапазоне 0,65–1,95 мгО₂/дм³, максимум составил 0,93 ПДК. Биогенные соединения (мкг/дм³): содержание общего азота в водах района было относительно невысоким (206–1056); нитритного азота достигало 3,82 (0,2 ПДК); силикатного кремния 54; фосфатного фосфора 4,5–15,7; общего фосфора 24,0–

51,3 мкг/дм³. Концентрация нитратного и аммонийного азота была ниже предела обнаружения. Содержание СПАВ, фенолов, летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) и неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в водах обследованной акватории было ниже предела чувствительности используемого метода анализа. Концентрация нефтяных углеводородов достигала 78 мкг/дм³ (1,6 ПДК). Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) обнаружены только нафталин и бенз(а)антрацен, в среднем их суммарное содержание в водах на юге Карского моря составило 72 нг/дм³ (сотые доли ПДК). Максимальная суммарная концентрация идентифицированных хлорогранических соединений составляла (нг/дм³): ГХЦГ 0,4; ДДТ 0,31; ПХЦД 0,5; ПХБ 0,8 нг/дм³. Содержание тяжелых металлов в пробах морской воды достигало (мкг/дм³): железо 14, марганец 6,1, цинк 7,0, медь 3,1 (0,62 ПДК), никель 3,2, кобальт 1,0 (0,20 ПДК), кадмий 0,41 и мышьяк 1,48 мкг/дм³ (0,15 ПДК). Концентрация ртути, свинца, олова и хрома находилась ниже DL. По результатам расчета индекса ИЗВ воды южной части Карского моря в августе 2023 г. были отнесены ко II классу качества, «чистые»

12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

В Авачинской губе и в прибрежной части Авачинского залива (район Халактырского пляжа) в 2023 г. с мая по октябрь было проведено шесть ежемесячных гидрохимических съемок на 11 станциях контроля. Основным загрязнителем вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива являются фенолы. Среднегодовая концентрация фенолов в 2023 г. возросла с 0,3 ПДК до 0,6 ПДК. Наибольшее количество фенолов в морской среде было отмечено в сентябре и в среднем по толще вод достигало 1,8 ПДК, с максимумом – 4,7 ПДК. В 2023 г. количество растворенных нефтяных углеводородов фиксировалось в пределах установленных норм, и только в одной пробе воды превысило допустимое значение в 1,4 раза. В 81,3% проб содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения. За последние пять лет их среднегодовая концентрация снизилась с 2,2 ПДК до 0,12 ПДК. Среднее по толще вод содержание детергентов (АСПАВ) в морских водах на протяжении длительного ряда лет было небольшим, но в 2023 г. их количество возросло до 0,2 ПДК. Максимальная разовая концентрация детергентов (АСПАВ) составила 172 мкг/дм³. Повышенная концентрация нитритов отмечалась: в июле на придонном горизонте в приступьевых зонах рек Авача (1,02 ПДК) и Паратунка (1,1 ПДК), а в центральной части Авачинской губы в июле и августе (1,4/1,3 ПДК). Остальные биогенные элементы (соединения азота нитратного, аммонийного и фосфатов) находились в пределах установленных норм. Степень насыщения морских вод кислородом в среднем по всей толще составляла 10,37 мгО₂/дм³ (102,6% насыщения). Концентрация растворенного кислорода ниже норматива (<6,0 мгО₂/дм³) была зафиксирована только в одной пробе в августе в придонном слое центрального района Авачинской губы (5,94 мгО₂/дм³). Качество вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива (район Халактырского пляжа) в 2023 г. осталось прежним (ИЗВ=0,53, II класс качества вод, «чистые»). Расчет выполнен по средней концентрации нитритов, фосфатов и фенолов.

12.10. Охотское море

На шельфе о. Сахалин качество морских вод в прибрежье заливов Анива и Терпение ухудшилось. У села Стародубское значения индекса загрязненности вод последовательно снижаются последние четыре года до уровня «грязные» (ИЗВ=1,95), в основном за счет повышения средней концентрации фосфатов, органических веществ по БПК₅ и нефтяных углеводородов. Одновременно ухудшился кислородный режим и неоднократно фиксировались

случаи дефицита O_2 . Заметное ухудшение зафиксировано вблизи порта Корсаков (ИЗВ=1,79, «грязные») за счет очень резкого роста средних значений НУ с 1,00 ПДК в прошлом году до 3,59 ПДК в 2023 г. Количество органических веществ также несколько возросло, что вероятно повлияло на ухудшение аэрации вод из-за процессов биохимического разложения. У портового комплекса Пригородное ухудшение качества вод было незначительным (ИЗВ=1,06, «умеренно загрязненные»). Здесь на станциях в водах района несколько выросли органические параметры (БПК₅, НУ и РО₄), а содержание меди немного снизилось. Все эти вещества являлись приоритетными загрязнителями вод шельфа острова. По всем районам на шельфе Сахалина в среднем уровень концентрации нефтяных углеводородов резко увеличился до 0,079 (1,58 ПДК) против 0,047–0,053 мг/дм³ (0,94–1,06 ПДК) в предыдущие три года. Органическое загрязнение на шельфе острова (2,61 мгO₂/дм³, 1,24 ПДК в 2023 г.) оставалось примерно на одном уровне в течение восьми лет с 2015 г. (2,20–2,99 мгO₂/дм³). Общий уровень загрязнения органическими веществами по БПК₅ вод прибрежья стабилизировался на высоком уровне и не показывает тенденцию к снижению. Содержание фосфатов (мкг/дм³) в морских водах в заливах острова в последний год в целом немного снизилось до 67,8 мкг/дм³. Среднее содержание меди в водах прибрежья было относительно высоким, но в пределах норматива, максимальные величины достигали 2–3 ПДК, а средняя концентрация цинка, свинца и кадмия была в пределах десятих/сотых долей ПДК.

В донных отложениях на шельфе о. Сахалин у Стародубского и у портового комплекса Пригородное содержание нефтяных углеводородов было в среднем на уровне половины допустимой концентрации и 2–3 ДК максимальной. В устьевой области реки Корсаковка концентрация НУ была на порядок больше. Значения в 2023 г. составили в среднем примерно 20 ДК и 50 ДК для максимальной (2513 мкг/г, наибольшая за весь период наблюдений с 2011 г.). В целом наблюдается постепенное повышение уровня загрязненности осадков НУ за полтора последних десятилетия. Содержание фенолов и четырех тяжелых металлов на всех участках контроля было стабильным и невысоким.

12.11. Японское море

Залив Петра Великого. Гидрохимический мониторинг прибрежных акваторий залива Петра Великого выполнялся с мая по октябрь на 39 станциях. Почти во всех районах контроля средняя концентрация НУ повысилась в 1,1–3,3 раза (макс в проливе Босфор Восточный). В бухтах Золотой Рог и Диомид уровень не изменился и составил 1,05 и 1,03 ПДК. Максимальная концентрация НУ в водах около Владивостока была отмечена в мае: 2,40 ПДК в вершине бухты Золотой Рог; 1,80 ПДК в бухте Диомид и 5,40 ПДК в проливе Босфор Восточный; а в заливах в сентябре: 2,80 ПДК в Амурском заливе, 3,00 ПДК в Уссурийском заливе у Владивостока и 1,20 ПДК в заливе Находка в бухте Врангеля и в центральной части залива. Концентрация фенолов в водах залива Петра Великого изменилась незначительно. Среднее содержание варьировало в узком диапазоне 1,45–2,13 ПДК, а максимальные значения были отмечены в вершине залива Находка в июле (3,50 ПДК) и в центральной части Амурского залива в июне (3,0 ПДК). Присутствие СПАВ в морских водах повысилось во всех прибрежных районах за исключением Уссурийского залива. Средние значения в разных частях акватории Петра Великого варьировали от 1,20 до 2,56 ПДК. Наиболее высокая концентрация в пробах была зафиксирована в августе – в бухте Золотой Рог (7,82 ПДК) и проливе Босфор Восточный (6,48 ПДК). Среднегодовое содержание тяжелых металлов (меди, железо, цинк, свинец, марганец и кадмий) практически везде было менее норматива. Превышение этой величины по железу в водах вокруг Владивостока составило всего 1,03–1,44 ПДК, в заливе Находка 1,28 ПДК. Максимальные значения концентрации железа в разных районах составили 1,58–12,46 ПДК, меди 1,20–

1,80 ПДК, цинка 1,13–2,57 ПДК и свинца 1,88 ПДК (Амурский залив). Среднее содержание ртути в морской воде изменялось в пределах 0,08–0,24 ПДК и по сравнению с предыдущим годом снизилось во всех районах в 1,3–9,6 раза. Значения выше норматива были отмечены в бухте Золотой Рог, а максимум составил 2,30 ПДК. Среднее значение БПК₅ изменилось в диапазоне 0,77–2,55 ПДК, а максимальное содержание органических веществ зарегистрировано в бухте Золотой Рог в октябре (4,75 ПДК). Количество взвешенных веществ в морских водах во всех прибрежных районах снизилось и изменилось в диапазоне 0,43–0,74 ПДК. Максимальные значения совсем немного превышали норматив и варьировали во всех районах в диапазоне 1,05–1,64 ПДК.

Кислородный режим в 2023 году улучшился практически во всех прибрежных районах залива Петра Великого. Средние показатели растворенного кислорода изменились в диапазоне 8,46–12,44 мгО₂/дм³. Минимальная концентрация наблюдалась в октябре в проливе Босфор Восточный (2,93 мгО₂/дм³, 0,49 ПДК) и Амурском заливе (4,01 мгО₂/дм³, 0,67 ПДК). По комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ четыре прибрежных района залива Петра Великого из шести относились к IV классу, «загрязненные». В Уссурийском заливе качество вод по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно-загрязненные». Резко ухудшилось качество вод бухты Золотой Рог, которые из III класса в предыдущие два года перешли в V класс, «грязные». Приоритетными загрязняющими веществами здесь являются детергенты, фенолы, растворенное органическое вещество по БПК₅ и нефтяные углеводороды. Воды бухты мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. По содержанию растворенного в воде кислорода бухта наихудшая среди всех районов залива Петра Великого. Особенно сильно нарушенным кислородный режим был в кутовой части бухты вблизи устья реки Объяснения.

Донные отложения. Среднее содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях залива Петра Великого изменилось в диапазоне 0,109–8,577 мг/г сухого вещества. По-прежнему в наибольшей степени загрязнен грунт бухты Золотой Рог, средняя величина в котором составила 171,54 ДК, максимальная концентрация 339,6 ДК (24,58 мг/г). Незначительное снижение концентрации НУ в донных отложениях отмечено в бухтах Золотой Рог и Диомид; а в Амурском заливе оно практически не изменилось; в проливе Босфор Восточный, Уссурийском заливе и в заливе Находка отмечен рост в 3,5, 1,2 и 1,1 раза соответственно. Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 2,70–5,26 мкг/г. Во всех прибрежных районах отмечалось повышение уровня загрязненности фенолами в 1,15–1,41 раза кроме Уссурийского залива, где средняя (2,70 мкг/г) не изменилась, а в заливе Находка снизилось в 1,09 раза. В наибольшей степени были загрязнены фенолами осадки пролива Босфор Восточный (средняя 4,12, максимальная 13,0), Амурского залива (5,26/10,0) и залива Находка (3,74/6,70 мкг/г).

Средняя концентрация железа в отдельных районах изменилась в диапазоне 12049–24697 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались в донных отложениях в двух бухтах и проливе вокруг Владивостока (16,2–24,67 мг/г), а средние показатели повысились во всех районах, за исключением залива Находка. Самая высокая концентрация меди наблюдалась также на этих участках акватории вблизи города – 2,99–4,63 ДК, а в остальных заливах и районах не превышало условную допустимую концентрацию. Аналогичное распределение зафиксировано для ртути, кадмия, свинца и цинка: в бухтах и проливе у Владивостока – 1,37–4,07 ДК, 1,41–1,97 ДК, 1,18–1,60 ДК и 1,94–2,15 ДК соответственно. Практически во всех районах контроля наблюдалось повышение среднегодовой концентрации отдельных элементов в донных отложениях в пределах условного допустимого уровня.

Татарский пролив. На пяти станциях в районе порта г. Александровск-Сахалинский в период с мая по октябрь содержание НУ снизилось почти в 1,5 раза и составило 0,94 ПДК,

максимальное значение – 2,14 ПДК. СПАВ не обнаружены в период проведения наблюдений. Среднегодовая концентрация БПК₅ (0,75 ПДК) снизилась по сравнению с прошлым годом в 1,25 раза, максимальная величина – 5,1 мгО₂/дм³. Среднее/максимальное содержание биогенных элементов (мкг/дм³): фосфаты 5,7/24,5; силикаты 331/904; аммонийный азот 3,6/36,0; нитриты 0,2/2,0 и нитраты 20,4/115 мкг/дм³. Среднегодовое содержание меди снизилось по сравнению с прошлым годом и составило 0,74 ПДК, максимум – 1,12 ПДК; кадмия и свинца в период проведения наблюдений не превышало 0,1 ПДК. Среднее содержание цинка 0,15 ПДК, максимум 1,25 ПДК. Нарушений кислородного режима в проливе не отмечено, минимальная концентрация растворенного кислорода составила 7,05 мгО₂/дм³, а среднее 8,97 мгО₂/дм³. Качество морских вод в Татарском проливе в районе г. Александровск немного улучшилось по сравнению с 2022 г. в пределах одного и того же III класса, «умеренно загрязненные». Значение индекса ИЗВ снизилось с 0,98 до 0,79.

Загрязненность **донных отложений** прибрежной зоны района г. Александровск нефтяными углеводородами повысилась по сравнению с прошлым годом в 2,35 раза. Среднее содержание НУ составило 23,4 мкг/г (0,47 ДК), максимум 1,28 ДК; фенолов снизилось в 3,5 раза с 0,07 до 0,02 мкг/г, максимум 0,10 мкг/г. Среднее и максимальное содержание тяжелых металлов (мкг/г): медь 3,91/5,50; цинк 59,0/89,0; кадмий 0,03/0,044 мкг/г; свинец не обнаружен. Среднегодовое содержание всех определяемых металлов в донных отложениях в районе Александровска было значительно ниже 1,0 ДК.

Литература

1. **Вековые разрезы 1961.** Гидрометеорологические станции и гидрологические разрезы, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима на морях, омывающих берега СССР. – ГИМИЭ, Гидрометеорологическое издательство (отделение), М., 1961, 41 с.
2. **Вековые разрезы 1976.** Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, в устьях рек, впадающих в них. – ГОИН, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976, 40 с.
3. **Ежегодник-2022.** Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник 2022 / Под общей ред. А.Н. Коршенко. – Ижевск: ООО «Принт», 2024, 232 с.
4. **ПП-РФ 1425.** Постановление Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. № 1425 «Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды».
5. **РД 52.04.567-2003.** Положение о государственной наблюдательной сети. – Гидрометеоиздат, Санкт-Петербург, 2003, 50 с.
6. **Приказ 156.** О введение в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды. – Приказ Руководителя Росгидромета №156 от 31.10.2000 г.
7. **РД 52.10.243-92.** Руководство по химическому анализу морских вод. / Под ред. С.Г. Орадовский, СПб, Гидрометеоиздат, 1993, 264 с.
8. **РД 52.10.556-95.** Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси / Под ред. С.Г. Орадовский, М, Гидрометеоиздат, 1996, 50 с.
9. **ПДК-2016.** «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – Приказ министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552, 156 с.
10. **ПДК-2010.** Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – Утвержден приказом Руководителя Федерального агентства по рыболовству А.А. Крайнего №20 от 18 января 2010 г., зарегистрировано Министерством юстиции 9 февраля 2010 г., №16326, 215 с.
11. **МУ-2011.** Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. / Под редакцией к.б.н. С.А. Соколовой – М.: Изд-во ВНИРО, 2011, 165 с.
12. **МУК 4.1.1262-03.** Методические указания. Методы контроля. Химические факторы. Измерение массовой концентрации нефтепродуктов флуориметрическим методом в пробах питьевой воды поверхностных и подземных источников водопользования. – Москва, 2003, с. 79–84.
13. **ГОСТ 17.1.4.01-80.** Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах. 1980, 3 с.
14. **РД-2013.** РД 52.10.779–2013 Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии. – Матвеева И.С., Игнатченко А.В., Москва, Росгидромет, 2014, 25 с.
15. **ПНД Ф 16.1:2.21-98.** Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». – Москва, 1998, 24 с.
16. **РД-2021.** РД 52.24.454–2021 Массовая концентрация нефтяных углеводородов в водах. Методика измерений ИК-фотометрическим и люминесцентным методами с использованием тонкослойной хроматографии. – Москва, Росгидромет, 2022, 31 с.
17. **Моря 1996.** Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том IV «Черное море». Выпуск 3 «Современное состояние загрязнения вод Черного моря». – Под. ред. А.И. Симонова, А.И. Рябинина. Севастополь, «ЭКОСИ-Гидрофизика», 1996, 231 с.
18. **Приказ 536.** Приказ Минприроды России от 4 декабря 2014 г. №536 «Об утверждении Критерии отнесения отходов к I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
19. **МР-1988.** Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – Москва, Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988, 9 с.
20. Коршенко А.Н., Жохова Н.В., Кириянов В.С. Оценка загрязненности морских вод. – Метеорология и гидрология, 2023, №5, с. 75–85.
21. **ЭВЗ-2001.** Инструкция по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении. М.: ИГКЭ, 2001, 17 с.
22. **РД-2002.** РД 52.24.643–2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – ГХИ, Ростов-на-Дону, Росгидромет, 2002, 21 стр.
23. **МУ-2014.** Приказ Минприроды России от 24.02.2014 №112 «Об утверждении Методических указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов» (Зарегистрировано в Минюсте России 18.07.2014 N 33149).
24. **Guidance Document №25.** Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. European Union, 2010. ISBN 978-92-79-16224-4.
25. **ДК-2002.** Neue Niederländische Liste. Warmer H., van Dokkum R., Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001, RIZA report 2002.009, Lelystad, 2002, 77 p. (Neue Niederländische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).
26. **СПб-1996.** «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» (1996).
27. **ПП-РФ 477.** Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды».

28. Бухарицин П.П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. – Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.
29. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аравийского морей. – Москва, МГУ, 1975, 272 с.
30. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море. – СПб: Гидрометеоиздат, 1991, 236 с.
31. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том I. Азовское море. – Севастополь: «Экоси-гидрофизика», 2009, 402 с.
32. Бюллетень гидрометеорологического состояния Азовского моря в 2019 г. – Под ред. Дьякова Н.Н. – Москва: Изд-во «Издательские технологии Т8», 2022, 94 с.
33. Геология Азовского моря. – К: «Наукова думка», 1974, 246 с.
34. Закономерности экосистемных процессов Азовского моря. – М: Наука, 2006, 304 с.
35. Дьяков Н.Н., Белогудов А.А. Водообмен залива Сиваш с Азовским морем через пролив Генический (Тонкий). – Труды ГОИН, 2015, Вып. 216, с. 240–253.
36. Гиперсоленые озера и заливы Крыма. Том II. Залив Сиваш. – Под ред. Н.Н. Дьякова, В.В. Фомина, Е.С. Ереминой, Росгидромет, ГОИН, Севастополь, 2023, 508 с.
37. Палеогеография Приазовья в голоцене. – Под ред. Г.Г. Матишиова, Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2019, 224 с.
38. Мамыкина В.А., Хрусталев Ю.П. Береговая зона Азовского моря. – Издательство Ростовского университета, 1980, 172 с.
39. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. – Л: Гидрометеоиздат, 1985, 270 с.
40. Симов В.Г., Дьяков Н.Н., Шевела Л.А. Приток речных вод в Азовское море. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, 2010, Вып. 23, с. 145–152.
41. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб: Гидрометеоиздат, 1991, 428 с.
42. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвейнинский А.С. и др. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе. – Ижевск: ООО «Принт», 2020, 365 с.
43. Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А. и др. Атлас льдов Черного и Азовского морей. – Севастополь: Экоси-гидрофизика, 2016, 219 с.
44. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Мартынов Е.С. и др. Ветро-волновой режим Азовского моря. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, 2010, Вып. 22, с. 228–239.
45. Круглов А.Н. Влияние речного стока на качество вод Таганрогского залива и взморья реки Кубань Азовского моря. – Водное хозяйство России, 2016, № 2, с. 16–31.
46. Руководство по методам химического анализа морских вод. – Л: Гидрометеоиздат, 1977.
47. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь, МГИ, 2011, 212 с.
48. Зубон Н.Н. Основы учения о проливах Мирового океана. – М.: Географиз, 1956, 239 с.
49. Ильин Ю.П., Симов В.Г., Репетин Л.Н. Проблемы и перспективы мониторинга водного баланса Черного и Азовского морей. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, Севастополь, 2010, Вып. 22, с. 171–181.
50. BLACK SEA STATE OF ENVIRONMENT REPORT 2009–2014/5. – Istanbul: Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, 2019, 795 с.
51. Джоашвили Ш. Реки Черного моря. – Европейское агентство по охране окружающей среды, Технический отчет №71, 2003, 58 с.
52. Mikhailov V.N. and Mikhailova M.V. RiverMouths. In: A. Kostianoy and A. Kosarev (Eds). The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 5, Part Q, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2008, p. 91–134.
53. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2. Черное море. – Севастополь: Экоси-гидрофизика, 2012, 421 с.
54. Фащук Д.Я. Черное море: географо-экологический «портрет». – М: ГЕОС, 2019, 310 с.
55. Суховой В.Ф. Моря Мирового океана. – Л., Гидрометеоиздат, 1986, 288 с.
56. Mee L., Jeftic L. AoA Region: Black Sea. – UNEP, 2010, 9 р.
57. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Том III. Балтийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. – СПб, Гидрометеоиздат, 1992, 451 с.
58. Лоция Белого моря. – СПб: Главное Управление Навигации и Океанографии Министерства Обороны Российской Федерации, 2006, 411 с.
59. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Под ред. Б.Х. Глуховского. – Л: Гидрометеоиздат, 1991, 240 с.
60. Филатов Н.Н., Терзевик А.Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007, 349 с.
61. Арктическая энциклопедия. – М: «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.
62. Баренцево море. – Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, т 1, вып. 1, 1990, 280 с.
63. Советская энциклопедия. – Большая советская энциклопедия в 30 т., гл. ред. А.М. Прохоров, 1969–1978, 1972, т. 7, 608 с.
64. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. – М: Мысль, 1999, 320 с.
65. Добропольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. – Издательство Московского университета, 1982, 270 с.
66. Охотское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»), Гидрометеорологические условия. – Терзиев Ф.С. (ред.), Том 9, Вып. 1, 1992, 318 с.
67. Охотское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»), Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. – Терзиев Ф.С. (ред.), Том 9, Вып. 2, 1998, 167 с.
68. Добропольский А.Д., Залогин Б.С. – Моря СССР. М.: Изд-во МГУ, 1982, 192 с.
69. Зонн И.С., Костянай А.Г. Японское море. – Моря России, Международные отношения, 2015, 424 с.
70. Японское море. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Гидрометеорологические условия. – Ред. Васильев А.С., Терзиев Ф.С., Косарев А.Н., СПб: Гидрометеоиздат, Том 8, Вып. 1, 2003, 395 с.

СПИСОК опубликованных Ежегодников

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей ССР за 1966 г. – А.С.Пахомова, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. – Москва, 1968, 161 с.

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей ССР за 1967 г. – А.С.Пахомова, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. – Москва, 1969, 282 с.

Обзор состояния химического загрязнения прибрежных вод морей Советского Союза за 1968 год. – А.С.Пахомова, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, Г.В.Лебедева, И.А.Акимова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. – Москва, 1969, 257 с.

Обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1969 г. – Т.А.Бакум, Е.П.Кириллова, Л.К.Лыкова, С.К.Ревина, Н.А.Соловьева, И.А.Акимова, В.В.Мошков, Т.Б.Хороших, А.С.Пахомова, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1970, 650 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1970 год – С.К.Ревина, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, А.С.Пахомова, Н.А.Соловьева, Т.А.Бакум, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1971, 64 с.

Обзор состояния загрязнения южных морей ССР в 1970 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1971.

Обзор состояния загрязненности дальневосточных морей ССР в 1970 г. – А.С.Пахомова, С.К.Ревина, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1971, 87 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1972 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1973.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1973 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1974.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1974 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1975.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1975 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1976.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1976 год. – Н.А.Родионов, Н.А.Афанасьева, Н.С.Езжалкина, Т.А.Бакум, А.Н.Зубакина, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1977, 120 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1977 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1978.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1978 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1979.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1979 г. – Под ред. д-ра геогр. наук А.И.Симонова. – М., 1980.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1980 г. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Т.А.Иноземцева, Н.А.Казакова, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, Е.Г.Седова, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1981, 166 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1981 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1982, 149 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1982 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1983, 132 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1984 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Б.М.Затучная, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, В.М.Пищальник, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1985, 149 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1985 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Б.М.Затучная, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, В.М.Пищальник, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1986, 177 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1986 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1987, 132 с.

Обзор состояния химического загрязнения вод отдельных районов Мирового океана за период 1986–1988 гг. – В.А.Михайлов, В.И.Михайлов, И.Г.Орлова, И.А.Писарева, Е.А.Собченко, А.В.Ткалин, под ред. А.И.Симонова и И.Г.Орловой. – Москва, 1989, 143 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1987 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1988, 179 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1988 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянин, под ред. А.И.Симонова. – Москва, 1989, 208 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1989 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, И.А.Писарева, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1990, 279 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1990 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, И.А.Писарева, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1991, 277 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, М.В.Кудряшено, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1992, 347 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1992 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, М.В.Кудряшено, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1996, 247 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1993 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, М.В.Кудряшено, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1996, 230 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1994 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, М.В.Кудряшено, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1996, 126 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1995 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1996, 261 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1996 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянин, И.Г.Матвейчук, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. – Москва, 1997, 110 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 1999. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, И.Г.Матвейчук, под ред. А.Н.Коршенко. – Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 2001, 80 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н.А.Афанасьева, И.Г.Матвейчук, И.Я.Агарова, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко, Санкт-Петербург. – Гидрометеоиздат, 2002, 114 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2002. – И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко. – Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 2005, 127 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003. – А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2005, 111 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004. – А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, В.С.Кирьянин. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2006, 200 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2005. – Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В., Лучков В.П. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2008, 166 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2006. – Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В. – Москва, Обнинск, «Артифекс», 2008, 146 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., Кирьянин В.С. – Обнинск, ОАО «ФОП», 2009, 200 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2008. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., Кирьянин В.С., Крутов А.Н., Кочетков В.В., Ермаков В.Б. – Обнинск, ОАО «ФОП», 2009, 192 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2009. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Кирьянин В.С., Крутов А.Н., Кочетков В.В. – Обнинск, «Артифекс», 2010, 174 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2011, 196 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2012, 196 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2013, 200 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2013. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2014, 208 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2014. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2015, 156 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2016, 184 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2017, 220 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2017. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2018, 220 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2018. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2019, 224 с. ISBN 978-5-9500646-6-1

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2020, 232 с. ISBN 978-5-9500646-7-8

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020. / под ред. А.Н. Коршенко. – Иваново: ПресСто, 2022, 240 с. ISBN 978-5-6045347-0-0

Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник 2021 / Под общей ред. А.Н. Коршенко. – Москва: ФГБУ «ГОИН», 2023, 248 с. ISBN 978-5-6045347-2-4

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2022 / Под общей редакцией А.Н. Коршенко. – Ижевск: ООО «Принт», 2024, 232 с. ISBN 978-5-6045347-3-1

Приложение № 2.

**Авторы, владельцы материалов и организации,
принимающие участие в подготовке Ежегодника-2023**

Каспийское море

- 1). Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Дощахова Д.Г.
- 2). Дагестанский ЦГМС (ДагЦГМС, г. Махачкала): Османова С.Ш.

Азовское море

- 1). Донская устьевая гидрометеорологическая станция (МЗОС ДУС, г. Азов), ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»: Сулименко Е.А., Хорошенькая Е.А.
- 2). Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Кравцова Е.Г., Воронова О.В., Кобец С.В., Малявко Е.В.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения среды г. Керчи ЦМС ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А.И., Хухрина Т.В., Полубинская Е.М.

Черное море

- 1). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Жидкова Л.Б., Дьяков Н.Н.
- 2). Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС г. Ялта): Парфенова В.А., Брайко О.И., Зайцева О.И., Фурник Д.В.
- 3). Комплексная лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды (г. Темрюк) Краснодарского ЦГМС: Кравцова Е.Г., Кобец С.В., Малявко Е.В., Воронова О.В.
- 4). Гидрометеобюро-1 Туапсе Краснодарского ЦГМС, Северо-Кавказское УГМС (г. Туапсе): Титов А.М., Лещенко М.К., Балакирева А.С.
- 5). Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи): Порхунова Ю.В., Калинникова Н.А., Борисов И.В., Сысоева А.А., Лысак О.Б.

Балтийское море

- 1). ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (ФГБУ «СЗ УГМС», г. Санкт-Петербург), Отдел информации и методического руководства сетью (ОМС) Центра мониторинга загрязнения природной среды (ЦМС), Гидрометцентр (ГМЦ): Ипатова С.В., Мишуловина Н.Ю., Макаренко А.П., Богдан М.И., Сазонова И.Л.

Белое море

- 1). ФГБУ «Северное УГМС», Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Северное УГМС», информационно-аналитический отдел, ЛМЗПВ ЦМС (г. Архангельск): Красавина А.С.
- 2). ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О.М., Устинова А.А., Нестерова А.А., Гущина А.С., Ледженко Е.Ю., Назмиева К.Р.

Баренцево море

- 1). ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О.М., Устинова А.А., Нестерова А.А., Гущина А.С., Ледженко Е.Ю., Назмиева К.Р.

Гренландское море (Шпицберген)

- 1). Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демешкин А.С., Яески Е.А.

Карское море

- 1). Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демешкин А.С., Яески Е.А.

Шельф Камчатки, Авачинская губа, Тихий океан

- 1). ФГБУ «Камчатское УГМС», Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС), Лаборатория информационно-аналитических ресурсов (ЛИАР), (г. Петропавловск-Камчатский): Копаница М.В., Бондаренко К.С., Лебедева Е.В., Полякова В.С.

Охотское море

- 1). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория поверхностных и морских вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

Японское море

- 1). Лаборатория по мониторингу загрязнения природных вод и почв Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток): Тихонова О.В., Онищук М.В., Иванов Р.С., Яхина Ю.В.

- 2). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория поверхностных и морских вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»

Устаревшие нормативные документы

1. РД 52.10.74–86. Единые отраслевые нормы времени на работы по анализу морской воды и донных отложений по гидрохимическим показателям.
2. РД 52.10.243–92. Руководство по химическому анализу морских вод. (ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеоиздат, 1993, 264 с.)
3. РД 52.10.556–95. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси. (ред. С.Г.Орадовский, М, Гидрометеоиздат, 1996, 50 с.)

Обновленные нормативные документы

http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282

1. РД 52.10.728–2010. Основные требования к компетентности лабораторий при проведении мониторинга состояния и загрязнения морской среды.
2. РД 52.10.736–2010. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Растворенный кислород»).
3. РД 52.10.737–2010. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах в присутствии сероводорода. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Растворенный кислород в присутствии сероводорода»).
4. РД 52.10.738–2010. Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Фосфаты»). [Переиздан в 2023 г., №25]
5. РД 52.10.739–2010. Массовая концентрация общего фосфора в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Общий фосфор»).
6. РД 52.10.740–2010. Массовая концентрация азота нитритного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реагентом Грисса (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Нитриты»).
7. РД 52.10.777–2012. Внутренний контроль качества информации о состоянии и загрязнении морской среды.
8. РД 52.10.772–2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Аммонийный азот»).
9. РД 52.10.773–2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реагентом Несслера.
10. РД 52.10.774–2013. Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
11. РД 52.10.775–2013. Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела «Следовые элементы (железо, марганец, хром, никель)»).
12. РД 52.10.778–2013. Массовая концентрация растворенных форм железа, марганца и хрома в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
13. РД 52.10.779–2013. Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии.
14. РД 52.10.803–2013. Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела 7).
15. РД 52.10.804–2013. Массовая доля анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии в режиме электротермической атомизации (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела 6). **Изменение №1 к РД 52.10.804–2013 (вводится в действие с 1 июля 2017 года).**

16. РД 52.10.805–2013. Массовая концентрация общего азота в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия.
17. РД 52.10.806–2013. Массовая концентрация хлоридов в пробах распресненных морских вод. Методика измерений аргентометрическим методом.
18. РД 52.10.807–2013. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в морских водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом с метиленовым голубым (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела 6).
19. РД 52.10.735–2018. Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Водородный показатель (рН)»).
20. РД 52.10.742–2018. Объемная доля сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Сероводород»).
21. РД 52.10.743–2020. Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом (взамен РД 52.10.743–2020 Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом).
22. РД 52.10.744–2020. Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдокремневой кислоты (взамен РД 52.10.744–2010 Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдокремневой кислоты).
23. РД 52.10.745–2020. Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмииевом редукторе (взамен РД 52.10.745–2010 Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмииевом редукторе).
24. РД 52.10.927–2023. Массовая доля ртути в пробах гидробионтов. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии в режиме «холодного пара».
25. РД 52.10.738–2023. Массовая концентрация фосфатного фосфора в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом. – Москва, ФГБУ «ГОИН», 2023, 28 с.

CONTENTS

ANNOTATION	2
ABSTRACT	3
INTRODUCTION	4
Chapter A. DESCRIPTION OF MONITORING SYSTEM	5
A.1. Monitoring stations	5
A.2. Methods of sampling and data treatment	5
A.3. Monitoring of marine environment at 2022	18
Chapter 1. CASPIAN SEA	22
1.1. General information	22
1.2. Discharge of the pollutants	24
1.3. Water conditions of the Northern Caspian	24
1.3.1. Western and Central part (century transect III and IIIa)	25
1.3.2. Southern border of the Northern Caspian (century transect IV)	27
1.4. Waters conditions of the Dagestan coastal area	31
Chapter 2. AZOV SEA	39
2.1. General information	39
2.2. Estuarine part of Don River and Taganrog Bay	42
2.2.1. Estuarine part of Don River	43
2.2.2. Taganrog Bay	46
2.3. Marine estuarine area and Delta of the Kuban River	49
2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area	49
2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay	50
2.4. Kerch Strait. Transect port Crimea – port Caucasus	60
Chapter 3. BLACK SEA	65
3.1. General information	65
3.2. Western Crimea	67
3.2.1. Karkinit Bay	68
3.2.2. Kalamita Bay from Tarkhankut Cup till town Eupatoria	71
3.3. Port Yalta	72
3.4. Waters of the Southern Crimea Coast	78
3.5. Karadag coastal waters	79
3.6. Northern Caucasus coastal waters	80
3.7. Coastal waters of the area of Adler-Sochi	90
3.8. Conclusions	94
Chapter 4. BALTIC SEA	97
4.1. General information	97
4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay	97
4.3. Central part of the Neva Bay	99
4.4. Northern and Southern resort areas	101
4.5. Marine Trade Port (SPb)	102
4.6. Northern WWT plant	104
4.7. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf	108
4.8. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	111
4.9. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	113
4.10. Koporsky Bay	116
4.11. Luzsky Bay	118
Chapter 5. WHITE SEA	122
5.1. General information	122
5.2. Sources of pollution	123

5.3. Dvina Bay	124
5.4. Kandalaksha Bay	127
Chapter 6. BARENTS SEA	130
6.1. General information	130
6.2. Sources of pollution	131
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay	131
Chapter 7. GREENLAND SEA (SPITSBERGEN)	137
7.1. General information	137
7.2. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters	137
7.3. Hydrochemical parameters	139
7.4. Pollution	139
7.5. Bottom sediments pollution	142
Chapter 8. ARCTIC SEAS	143
8.1. Kara Sea	144
Chapter 9. KAMCHATKA SHELF (PACIFIC OCEAN)	145
9.1. General information	145
9.2. Sources of pollution	146
9.3. Water pollution in the Avacha Bay	148
Chapter 10. OKHOTSK SEA	154
10.1. General information	154
10.2. Pollution of the Sakhalin shelf	155
10.2.1. Area of village Starodubskoe	156
10.2.2. Aniva Bay. Area near port Prigorodnoe	157
10.2.3. Aniva Bay. Area near port Korsakov	159
10.3. Conclusions	163
Chapter 11. JAPAN SEA	165
11.1. General information	165
11.2. Sources of pollution and monitoring programme	165
11.3. Golden Horn Bay	167
11.4. Diomede Bay	174
11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight	178
11.6. Amur Bay	182
11.7. Ussuri Bay	188
11.8. Nakhodka Bay	194
11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait	200
Chapter 12. CONCLUSIONS	210
Literature cited	221
<i>Annex 1.</i> The list of the published Annual Repots	223
<i>Annex 2.</i> The authors and owners of the data	225
<i>Annex 3.</i> Roshydromet Manuals on marine hydrochemistry	226

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
ABSTRACT	3
ВВЕДЕНИЕ	4
A. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	5
A.1. Станции мониторинга	5
A.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений	5
A.3. Мониторинг морской среды в 2023 г.	18
Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ	22
1.1. Общая характеристика	22
1.2. Поступление загрязняющих веществ	24
1.3. Состояние вод Северного Каспия	24
1.3.1. Западная и центральные части акватории (разрезы IIIa и III)	25
1.3.2. Южная граница Северного Каспия	27
1.4. Состояние вод Дагестанского взморья	31
Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ	39
2.1. Общая характеристика	39
2.2. Устьевая область реки Дон и Таганрогский залив	42
2.2.1. Устьевая область реки Дон	43
2.2.2. Таганрогский залив	46
2.3. Устьевое взморье и дельта реки Кубань	49
2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань	49
2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива	50
2.4. Керченский пролив. Разрез порт Крым – порт Кавказ	60
Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ	65
3.1. Общая характеристика	65
3.2. Западный Крым	67
3.2.1. Каркинитский залив	68
3.2.2. Каламитский залив от м. Тарханкут до г. Евпатория	71
3.3. Порт Ялта	72
3.4. Прибрежные воды южного взморья Крыма	78
3.5. Взморье Карадага	79
3.6. Северное прибрежье Кавказа	80
3.7. Прибрежные воды района Сочи-Адлер	90
3.8. Выводы	94
Глава 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ	97
4.1. Общая характеристика	97
4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы	97
4.3. Центральная часть Невской губы	99
4.4. Северный и Южный курортные районы	101
4.5. Морской торговый порт СПб	102
4.6. Северная станция аэрации	104
4.7. Курортный район мелководной зоны	108
4.8. Мелководная зона восточной части Финского залива	111
4.9. Глубоководная зона восточной части Финского залива	113
4.10. Копорская губа	116
4.11. Лужская губа	118
Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ	122
5.1. Общая характеристика	122
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ	123

5.3. Двинский залив	124
5.4. Кандалакшский залив	127
Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ	130
6.1. Общая характеристика	130
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ	131
6.3. Загрязнение вод Кольского залива	131
Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)	137
7.1 Общая характеристика	137
7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген	137
7.3. Гидрохимические показатели	139
7.4. Загрязняющие вещества	139
7.5. Загрязнение морских донных отложений	142
Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА	143
8.1. Карское море	144
Глава 9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)	145
9.1. Общая характеристика	145
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ	146
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы	148
Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ	154
10.1. Общая характеристика	154
10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин	155
10.2.1. Район села Стародубское	156
10.2.2. Залив Анива. Район порта Пригородное	157
10.2.3. Залив Анива. Район порта г. Корсакова	159
10.3. Выводы	163
Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ	165
11.1. Общая характеристика	165
11.2. Источники загрязнения и программа мониторинга	165
11.3. Бухта Золотой Рог	167
11.4. Бухта Диомид	174
11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	178
11.6. Амурский залив	182
11.7. Уссурийский залив	188
11.8. Залив Находка	194
11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив	200
Глава 12. ВЫВОДЫ	210
Литература	221
Приложение № 1. Список опубликованных Ежегодников	223
Приложение № 2. Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2023	225
Приложение № 3. РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»	226

Монография
Качество морских вод по гидрохимическим показателям.
Ежегодник 2023.

Под редакцией А.Н. Коршенко

Рецензент к.х.н. Н.А.Лукьянова

ISBN 978–5–6045347–5–5

© Коршенко А.Н.,2025
© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»
(ФГБУ «ГОИН»), 2025

Подписано в печать 10.11.2025.
Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 20,15.
Тираж 300 экз. Заказ № 3444.

ISBN 978–5–6045347–5–5



A standard linear barcode representing the ISBN 978-5-6045347-5-5. The barcode is composed of vertical black bars of varying widths on a white background. Below the barcode, the numbers "9 785604 534755" are printed in a small font.