

**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

2021

**ФГБУ «ГОИН»
Москва
2023**

УДК 551.464.3

ББК 26.22

К 30

К30 Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник-2021 / Под общей ред. А. Н. Коршенко. – Москва : ФГБУ «ГОИН», 2023 – 248 с. – ил.

ISBN 978-5-6045347-2-4

Монография

**Качество морских вод по гидрохимическим показателям
Ежегодник-2021**

Под редакцией А. Н. Коршенко

Подписано в печать 20.06.2023 г. Формат 70×100 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 20,15.

Тираж 320 экз. Зак. № 5178.

ИПК «ПресСто», 153025, г. Иваново, ул. Дзержинского, 39, строение 8.

Тел.: +7-930-330-36-20, e-mail: pressto@mail.ru

ISBN 978-5-6045347-2-4



© Коршенко А. Н., 2023.

© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»), 2023.

© Оформление. ООО «ПресСто», 2023.

АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2021 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2021 г. Ежегодник содержит обобщенную информацию о результатах наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, проводимых 16 химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета, включая Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург), институтов Российской Академии Наук и других специализированных организаций. Работа по подготовке Ежегодника выполнена в лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, г. Москва, www.oceanography.ru, раздел «Загрязнение морей»).

Ежегодник содержит средние и максимальные за год или сезон значения отдельных гидролого-гидрохимических показателей морских вод контролируемых прибрежных районов, а также характеристику уровня загрязнения вод и в отдельных случаях донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром органических веществ природного и антропогенного происхождения. Для контролируемых локальных участков морей дана оценка состояния вод по отдельным параметрам с помощью их кратности значению ПДК, по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ и/или с использованием иных критериев. Для районов с достаточной длительностью рядов накопленной гидрохимической информации выявлены многолетние тренды среднегодовой концентрации загрязняющих веществ в морской среде или характеристик качества вод.

Ежегодник-2021 предназначен для федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности и участников хозяйственно-производственной деятельности на шельфе морей, для широкой российской и международной общественности, ученых-экологов и образовательных учреждений. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения 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-2021 / Под общей редакцией А. Н. Коршенко. – Москва : ФГБУ «ГОИН», 2023 – 248 с. – ил.

ISBN 978-5-6045347-2-4

© Коршенко А. Н., 2023.

© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»), 2023.

© Оформление. ООО «ПресСто», 2023.

ABSTRACT

The Annual Report 2021 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2021. The Annual Report summarizes routine 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. For some regions additional information from different national organisations were used.

The Report-2021 contains annual and/or seasonal average and maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawater at 54 local parts of all Russian Seas. It also describes pollution of waters and bottom sediments with a wide spectrum of natural and synthetic substances. 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 2021 is intended for use by federal and regional administration bodies, environment protection and offshore industry managers, Russian and international public and ecologists. 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 environment protection activities.

This Annual Report 2021 was compiled at the Marine Pollution Monitoring Laboratory of the N. N. Zybov’s 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 2021 / Editor Alexander Korshenko – Moscow : SOI, 2023, 248 p. – il.

ISBN 978-5-6045347-2-4

© Korshenko A. N., 2023
© State Oceanographic Institute (SOI),
2023
© Registration of LLC “PresSto”, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Совет Министров СССР Постановлением от 30 сентября 1963 г. поручил Главному управлению гидрометеорологической службы при СМ СССР 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, а с 1966 г. осуществляются систематические наблюдения за загрязнением морской среды. Работа по исследованию гидролого-гидрохимического режима и уровня загрязнения морей СССР была установлена в двух документах о вековых разрезах («Вековые разрезы 1961», «Вековые разрезы 1976»). Начиная с 1966 г. результаты наблюдений в рамках программы мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морских вод публикуются в «Обзоре...», а потом в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Ежегодник, 2020). Эта книга содержит обобщенные данные о загрязнении омывающих территорию России морей и с 1997 г. готовятся 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 ГСН, 2003), включающей центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) и центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р) межрегиональных территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Кроме этого в Ежегодники включаются результаты исследований и наблюдений других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Российской Академии Наук, данные международного обмена информацией, интернет-ресурсов, а также материалы отдельных экспедиционных морских исследований государственных и негосударственных организаций.

В настоящем Ежегоднике приведена характеристика гидрохимического режима и уровня загрязненности открытых, прибрежных и эстуарных районов морей России в 2021 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета. Данные были получены в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ № 156, 2000). К материалам сети 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 постанционными гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург). Ежегодник-2021 по всем морям России подготовлен в Лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, 119034 Москва, Кропоткинский пер., 6, ГОИН, www.oceanography.ru; раздел «Загрязнение морей»).

А. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ

А.1. Станции мониторинга

Наблюдения за состоянием морской среды в прибрежных районах морей России регулярно проводятся на станциях государственной службы наблюдения и контроля загрязнения объектов природной среды (станции ГСН). По составу и частоте наблюдений станции ГСН разделяются на три категории:

Станции I категории (единичные контрольные станции) предназначены для оперативного контроля уровня загрязнения моря. Они обычно располагаются в особо важных или постоянно подверженных интенсивному загрязнению районах моря. Наблюдения за загрязнением и химическим составом вод проводятся по сокращенной или полной программе. По сокращенной программе наблюдения проводятся два-четыре раза в месяц, по полной программе – один раз в месяц.

Станции II категории (единичные станции или разрезы) служат для получения систематической информации о загрязнении морских и устьевых вод, а также для исследования сезонной и межгодовой изменчивости контролируемых параметров. Сетка этих станций охватывает значительные акватории моря и устья рек, в которые поступают сточные воды и откуда они могут распространяться. Наблюдения проводятся по полной программе один раз в месяц, в период ледостава – один раз в квартал.

Станции III категории предназначены для получения систематической информации о фоновых уровнях загрязнения морской среды с целью изучения их сезонной и межгодовой изменчивости, а также для определения элементов баланса химических веществ. Они располагаются на участках акватории моря, где отмечаются более низкие уровни загрязнения или в относительно чистых водах. Наблюдения выполняются один раз в сезон по полной программе. Фоновые наблюдения осуществляются в районах, куда загрязняющие вещества (ЗВ) могут попасть только вследствие их глобального распространения, а также в промежуточных районах, куда ЗВ поступают вследствие региональных миграционных процессов. Категория и местоположение станций наблюдений могут корректироваться в зависимости от динамики уровня загрязнения морской среды, а также в связи с появлением новых объектов контроля.

По сокращенной программе пробы отбирают один раз в декаду. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), содержания растворенного кислорода, значений pH и концентрация одного-двух приоритетных загрязняющих ингредиентов, характерных для данного района наблюдений. Одновременно проводятся визуальные наблюдения за загрязнением поверхности моря.

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ; отдельных показателей морской среды – концентрации 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 (N_{total}), фосфатного фосфора ($P-PO_4$), общего фосфора (P_{total}), кремния ($Si-SiO_3$), а также элементов гидрометеорологического режима – солености и хлорности воды ($S_{\text{‰}}$), температуры воды и воздуха ($T^{\circ}C$), скорости и направления течений и ветра, прозрачности по диску Секки и цветности воды, концентрации взвешенных веществ и другие параметры.

Горизонты отбора проб определяются глубиной на станции: до 10 м – два горизонта (приповерхностный и придонный слои); до 50 м – три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м – четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии сезонного скачка

плотности отбор проб проводится и на его верхней границе или в слое максимального градиента. На глубоководных станциях пробы отбираются на стандартных гидрологических горизонтах. В экспедиционных исследованиях набор контролируемых параметров и горизонты отбора проб определяются программой работ.

А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений

Химический анализ проб воды и донных отложений производится в соответствии с методами, изложенными в разработанных в ГОИН руководящих документах: «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). Методические основы проведения химического анализа элементов и соединений в морской среде постоянно обновляются. В последние несколько лет в ГОИН был разработан и одобрен к применению на сети комплект из 26 РД, включающий в себя методики измерения всех основных гидрохимических показателей морской воды и целого ряда загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях (Приложение 3). В комплект также входит РД, регламентирующий выполнение внутреннего лабораторного контроля сетевыми морскими подразделениями и РД, устанавливающий требования к компетентности осуществляющей мониторинг морской среды химической лаборатории.

В тексте и таблицах настоящего Ежегодника уровень загрязненности морских вод и донных отложений характеризуется концентрацией отдельного химического соединения (ингредиента) в принятых для него единицах измерения, а также значением, кратным предельно допустимой концентрации (ПДК) этого загрязнителя в морской воде (табл. А.1). В качестве норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения 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). По сравнению с предыдущей версией списка (ПДК-2010) изменения коснулись характеристики допустимого уровня БПК₅ – 2,1 мгО₂/дм³ вместо ранее установленного 3,0 мгО₂/дм³.

Поскольку в сводке ПДК-2016 для морских вод утверждено очень мало ингредиентов, в отдельных случаях допустимо использовать нормативы пресных вод для сравнительных оценочных характеристик многолетней динамики контролируемых параметров, однако такой расчет не будет юридически корректным документом. 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. Вследствие этого любое использование ПДК для биогенных веществ в морской воде является условным и может быть применено только с научно-исследовательской точки зрения для получения ориентировочных оценок текущего состояния морской среды или оценки многолетней/сезонной динамики форм азота и фосфора. Кроме того, поскольку в Перечне 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). 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 в ближайшем будущем следует ожидать разработки региональных ПДК для отдельных морей в соответствии с уже опубликованными подробными Методическими указаниями (МУ-2011).

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/дм³	мкг/дм³
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	0,2 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 Руководящих Документах 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 соединения элементов: Н – 1, N – 14, O – 16, P – 32, 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 32/96. Полученное значение указано в последней колонке таблицы через слеш. Вследствие указанного выше существенного различия в содержании биогенных и загрязняющих веществ в пресных и морских водах в Руководящих Документах и Ежегодниках 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; http://www.oceanography.institute/index.php/2013-05-19-21-09-30) концентрация этих веществ в большинстве случаев приведена в мкг/дм³.				
Металлы				
Ингредиент/ Класс опасности	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм³	мкг/дм³
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 – 0,1	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	0,1
		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	

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-гексахлорциклогексана) (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
Арцерид (1)	–		для пресных вод – 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1). бетабайтроид	–	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	
2,4-Дихлорфенол (1)	120-83-2	C ₆ H ₄ OC 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 (четыре-хлористый углерод), (2)	56-23-5	CCl ₄	для пресных вод – 0,001	1	
Трибутиламин (1)	1120-24-7	C ₁₂ H ₂₇ N	для пресных вод – 0,00005	0,05	50
Трибутилоловохлорид (2), (ТБТ)	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	
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 (орто-, мета-, пара-),(4)	–	–	2,0 (морские воды)		
Хлорбензол (3)	108-90-7	C ₆ H ₅ Cl	для пресных вод – 0,001	1	
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		
			для пресных вод – 0,25		
Этиловый спирт (3)	64-17-5	C ₂ H ₆ O	для пресных вод – 0,01		

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 мг/дм³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод). – Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный) 6,0 мг/дм³. – В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мг/дм³.
Водородный показатель (pH)	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 мг/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 мг/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 Критериев отнесения отходов к I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (зарегистрировано в Минюсте 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 – электропротей масс-спектрометрия.

** Хлорорганические и фосфорорганические пестициды (ХОП, ФОП): 1) ДДТ и его метаболиты; 2) восемь стереоизомеров гексахлорциклопексана (гексохлоран, 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; полихлорбифенилы (ПХБ) и др. По степени токсичности разные формы пестицидов варьируют от группы чрезвычайно опасных сильнодействующих 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 мг/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 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 (далее в тексте DL=Detection Limit).

В настоящем Ежегоднике основным методом для описания качества вод и сравнения по этому параметру различных акваторий является использование расчетных значений индекса загрязненности вод (ИЗВ), которые позволяют отнести воды исследуемого района к определенному классу качества (табл. А.2).

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

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	$ИЗВ \leq 0,25$
Чистые	II	$0,25 < ИЗВ \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	III	$0,75 < ИЗВ \leq 1,25$
Загрязненные	IV	$1,25 < ИЗВ \leq 1,75$
Грязные	V	$1,75 < ИЗВ \leq 3,00$
Очень грязные	VI	$3,00 < ИЗВ \leq 5,00$
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) и 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 в наибольшей степени превышало ПДК. Четвертым обязательным параметром является содержание растворенного в воде кислорода, для которого значение в формуле рассчитывается делением норматива $ПДК=6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ на его реальное содержание.

Технология расчета индекса содержит несколько последовательных стадий: 1) выбор уровня усреднения данных по пространству (одиночная станция, группа станций или полностью контролируемый район, например бухта, залив, эстуарный 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 Предельно Допустимой Концентрации (ПДК-2016), рассчитывается концентрация в единицах ПДК; 3) из полученного списка средней концентрации веществ в ПДК выбираются ровно три наиболее высоких значения для загрязняющих веществ, которые могут считаться «приоритетными» для рассматриваемой акватории в анализируемый период времени; значения складываются; 4) норматив для кислорода $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ надо разделить на среднее значение концентрации кислорода в $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$; 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).

Для катастрофических ситуаций с очень высоким содержанием загрязняющих веществ в воде были установлены дополнительные категории. Для случаев чрезвычайно высокой концентрации отдельных загрязнителей были определены критерии **экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)** и **высокого загрязнения (ВЗ)** морской воды. Граничные условия таких случаев определяются Приказом №156 Руководителя Росгидромета «О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды» от 31.10.2000 г. 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) свыше 40 мг О₂/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. Большому 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 норму, 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» (утв. приказом Минприроды от 24.02.2014 № 112), (МУ-2014). Они предназначены для использования территориальными органами Росгидромета, Росводресурсов и другими органами государственной власти, осуществляющими мониторинг состояния водных объектов, и определяют требования к организации и проведению наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов РФ. Хотя в качестве основного объекта исследований в МУ рассматриваются д.о. пресноводных водоемов, 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 водном объекте, по результатам которых и рассчитывают среднюю характерную концентрацию. Также в МУ описан коэффициент донной аккумуляции (КДА), показывающий кратность загрязнения д.о. по сравнению с водной толщей. В целом МУ поддерживают европейский подход, предлагающий для целей мониторинга долговременных тенденций рассматривать наиболее подходящими матрицами для многих веществ донные отложения, взвешенные вещества или организмы биоты, поскольку они интегрируют во времени и пространстве загрязнение в конкретном водном объекте, а изменение загрязнения в этих объектах происходит не так быстро, как в толще воды (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 территориальных водах в настоящее время не существует нормативно закреплённых характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ аналогично ПДК в водной толще. Однако существует возможность оценивать степень загрязнения донных отложений в контролируемом районе моря на основе соответствия уровня содержания отдельных ЗВ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по разработанным в других странах нормативным показателям, например по «голландским листам» (табл. А.4), (ДК-2002). Полученные единицы превышения установленных верхних допустимых границ загрязнения д.о. («Допустимая Концентрация», ДК) не являются юридическим нормативным значением ни в европейских странах, ни в Российской Федерации. Эти величины только наглядно представляют насколько реальное содержание вредного вещества в пробе 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» существуют 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 определение общего содержания в грунте органических веществ или алюминия, входящего в состав очень маленьких глинистых частичек. 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 C_{org} и C_{Al} .

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

Загрязняющие вещества	ДК	Загрязняющие вещества	ДК
Кадмий, мкг/г	0,8	Сумма 10 ПАУ, нг/г	1000
Ртуть, мкг/г	0,3	Бенз(а)пирен, нг/г	25
Медь, мкг/г	35	Бензол, нг/г	50
Никель, мкг/г	35	Толуол, нг/г	50
Свинец, мкг/г	85	Ксилол, нг/г	50
Цинк, мкг/г	140	Этилбензол, нг/г	50
Хром, мкг/г	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ, нг/г	2,5
Мышьяк, мкг/г	29	γ-ГХЦГ (линдан) (γ-HCH, lindane), нг/г	0,05
Кобальт, мкг/г	20	Сумма 6 ПХБ, нг/г	20
Молибден, мкг/г	10	Хлорбензолы, нг/г	–
Олово, мкг/г	20	Хлорфенолы, нг/г	–
Барий, мкг/г	200	НУ (TPHs), мкг/г	50

В целом ряде исследований состояния гидрохимического режима и содержания различных форм биогенных элементов в морской воде используется единица измерений микро-моль/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 в мкг/дм³ (табл. А.5).

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

Элемент	Козф. пересчета мкМ в мкг/дм ³	Элемент	Козф. 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, N _{tot}	* 14
Марганец, Mn	* 55	Фосфаты, PO ₄	* 31
Железо, Fe	* 56	Общий фосфор, P _{tot}	* 31

Для оценки состояния открытого моря и прибрежных вод, а также для выработки политики в области охраны окружающей среды и оценке эффективности мер, направленных на снижение поступающего с водосбора морей загрязнения, необходимы данные о поступлении загрязняющих веществ в морскую среду от наземных источников. Оценка поступающих с берега в море веществ (нагрузка) учитывает три потенциальных источника – нагрузки, поступающие с контролируемыми реками, от неконтролируемых территорий и от точечных источников, осуществляющих прямой сброс сточных вод в море. В настоящем Ежегоднике по каждому контролируемому району моря приведены, по возможности, на основе таблиц статистической отчетности 2ТП-Водхоз сведения о точечных источниках, расположенных на водосборах рек; об объеме поступающих в море с берега сточных вод и степени их очистки; а также о по-

ступлении отдельных видов ЗВ со сточными и речными водами. Данные о нагрузках от диффузных источников, расположенных на водосборах рек, о фоновых нагрузках с водотоком от неконтролируемых территорий, об удержании загрязняющих веществ в эстуарных районах (маргинальный/дельтовый фильтр), как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий является судоходство, различные инженерные работы на шельфе и на береговой линии, 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 расчетные оценки поступления веществ с осадками на территорию Восточной Европы и акваторию морей по тяжелым металлам и отдельным видам органических ЗВ (Метеорологический Синтезирующий Центр – Восток (МСЦ-В), <http://www.ru.msceast.org>).

По сферам деятельности для всех морей основными источниками загрязнения являются объекты коммунального хозяйства (муниципальные очистные сооружения), суда пассажирского, торгового, нефтеналивного и рыболовного флотов, промышленные предприятия различных форм собственности, а также речной сток, аккумулирующий ЗВ из всех точечных и диффузных источников на водосборной площади. Поступление ЗВ в водоемы от сельскохозяйственных предприятий чаще всего не фиксируется.

На федеральном уровне основным органом государственной власти в области использования и охраны окружающей среды является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России, www.mnr.gov.ru), одной из функций которого является мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения. В части осуществления государственного мониторинга водных объектов МПР устанавливает требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением, сбору, обработке, хранению и распространению информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении, а также к получению 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 формирование и обеспечение функционирования государственной наблюдательной сети, в том числе организацию и прекращение деятельности стационарных и подвижных пунктов наблюдений, включая судовые экспедиционные исследования, определение их местоположения и осуществляет государственный мониторинг водных объектов (ПП-РФ 477). Вся первичная информация о результатах мониторинга вод и их загрязненности направляется в научно-исследовательские институты Росгидромета, а также в Единый государственный фонд данных (ЕГФД), Росводресурсы и Минприроды России для хранения, обработки и подготовки информационной продукции.

А.3. Мониторинг морской среды в 2021 г.

В 2021 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 15 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также НИИ и СЗНПО «Тайфун» Росгидромета на 324 станциях, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на острове Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 54 локальных участках прибрежных районов, наиболее подверженных антропо-

погенному воздействию. Основная часть станций расположена в заливах и бухтах, проливах, в эстуарных районах рек, вблизи крупных городов и на акватории портов. Большинство остальных станций относятся к постоянно действующей сети ГСН, обследуются ежегодно и только отдельные из них совпадают со станциями исторических вековых разрезов. Некоторая часть наблюдений на постоянных или временных станциях проводилась в рамках хозрасчетных работ сетевых Управлений Росгидромета. Наибольшее количество станций по программе 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 2021 г.

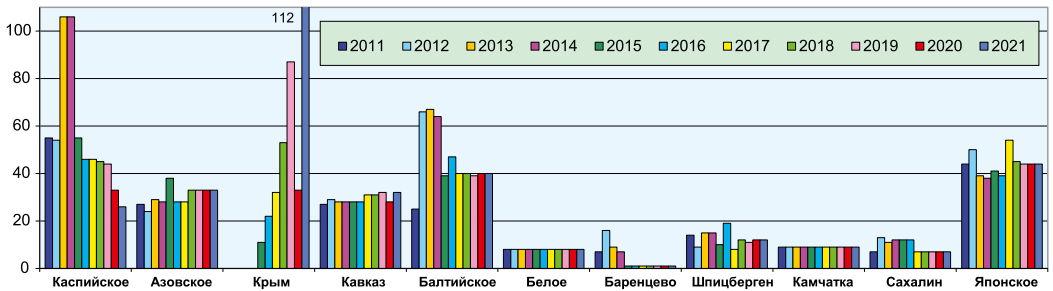


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011-2021 гг.

В течение 2021 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 2215 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 47609 измерений в морской воде (на 5607 больше прошлого года), а в донных отложениях 1593 (на 68 больше), из которых 1389 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 спектromетрии, 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 или 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 контролируемом локальном участке акватории моря выполнялись только по очень ограниченному списку веществ, уровень концентрации которых может быть определен с достаточной точностью на оборудовании местной химической лаборатории. Обычно эти загрязнители являются приоритетными для акватории. Аналитические возможности региональных химических лабораторий сильно отличаются, поэтому количество выполненных анализов в 2021 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

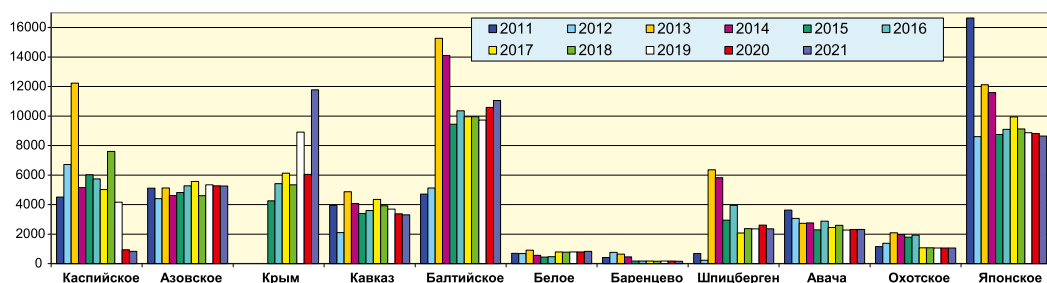


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2011-2021 гг.

Государственный мониторинг гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды в 2021 г., как и в предыдущие годы, главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (18591 анализ из общего количества 51867), а также измерение концентрации биогенных веществ (12851 анализ) и растворенного в воде кислорода (2163) (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов содержания тяжелых металлов (7296) и стойких органических загрязнителей (4377 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 конгенера, 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 конгенов 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 и донных отложениях нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектromетрии, было проанализировано 2005 проб.

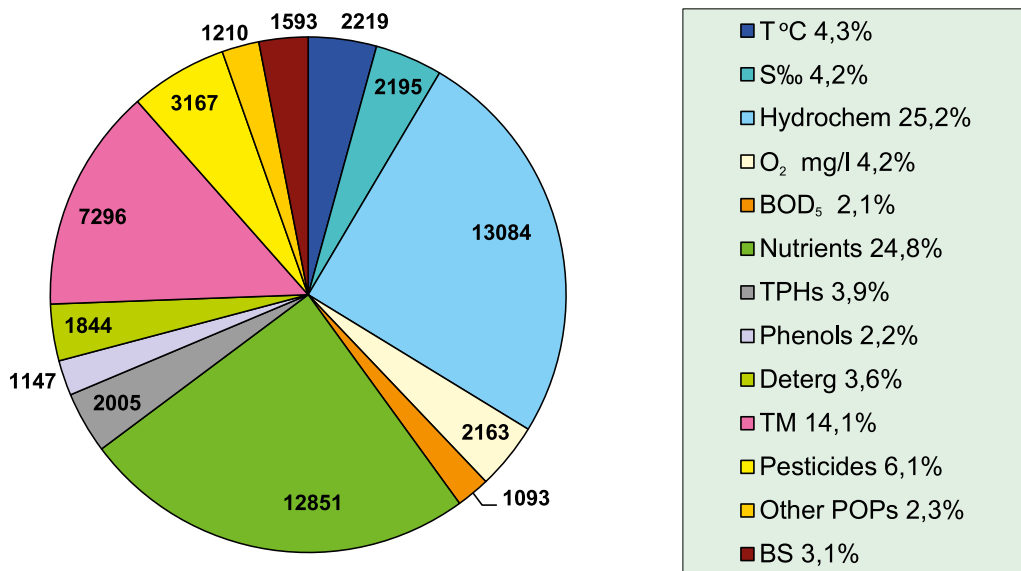


Рис. А.4. Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2021 г.

Т – температура;
 S – соленость;
 г/х – стандартные гидрохимические параметры;
 O₂ – концентрация растворенного в воде кислорода;
 БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток;
 Биогены – соединения азота, фосфора и кремния;
 НУ – сумма нефтяных углеводородов, метод инфракрасной спектроскопии;
 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, хлорфенолы);
 д. о. – донные отложения.

Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

*Постнов А. А., Островская Е. В., Светашева Д. Р., Дошахова 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 батиметрической 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. Протяжённость в основном низменной и гладкой береговой линии оценивается примерно в 6500-6700 километров, а с островами до 7000 километров.

В северной части берега изрезаны 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, в число которых входит самый большой на Каспии 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 П. П., 1996).

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Терек, 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 А. Н., 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 поверхности 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 сгонно-нагонные явления (до 2-3 м) и сейшеобразные колебания, амплитуда которых доходит до 35 см, а период от 8–10 минут до нескольких часов (Крицкий С. К., 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, Туркменбаши, 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. т 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 от 100 до 600 тыс. человек: Астрахань (крупнейший город Северного Каспия, 475,6 тыс. жителей в 2021 г.) расположен на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км²; на Дагестанском побережье расположены Махачкала (623,3 тыс.), Дербент (125,0 тыс.) и Каспийск (121,1 тыс.) (<http://ru.wikipedia.org/wiki>).

1.2. Поступление загрязняющих веществ

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

Оценка поступления загрязняющих веществ со стоком Волги в Каспийское море в 2020-2021 гг. по данным наблюдений в вершине Волжской дельты на гидропосту Верхнелебяжье (табл. 1.1). Сток загрязняющих веществ рассчитывался по формуле:

$$P_i = C_i W,$$

где W – объем стока воды из устьевой области Волги в Каспийское море, км³;

C_i – средняя концентрация загрязняющего вещества в воде устьевой области, мг/дм³.

Таблица 1.1. Сток загрязняющих веществ р. Волги (г/п Верхнелебяжье) в 2020-2021 гг.

Показатели	2020 г.	2021 г.
Взвешенные вещества, тыс. т	10548,83	6388,86
Азот аммонийный, тыс. т	4,11	1,93
Нитритный азот, тыс. т	2,06	0,60
Нитратный азот, тыс. т	76,69	38,46
Азот суммарный минеральный, тыс. т	82,86	40,99
Фосфор минеральный, тыс. т	10,21	3,57
Кремний, тыс. т	1595,82	3287,12
Железо, тыс. т	30,30	34,37
Медь, тыс. т	0,45	0,46
Цинк, тыс. т	12,65	10,52
Никель, тыс. т	0,57	1,30
Хром общий, тыс. т	0,04	0,06
Свинец, тыс. т	0,05	0,10
Молибден, тыс. т	0,46	0,27
Кобальт, тыс. т	0,10	0,29
Ртуть, т	3,0	3,87
Кадмий, тыс. т	0,26	0,01
Олово, тыс. т	0,09	0,13
Марганец, тыс. т	0,33	0,71
Фенолы, тыс. т	0,33	0,15
НУ, тыс. т	15,41	13,26
АПАВ, тыс. т	11,90	10,86
ДДЭ, тыс. т	0,03	0,29
ДДТ, тыс. т	0,14	0,30
α-ГХЦГ, т	0,11	0,12
γ-ГХЦГ, т	0,22	0,25

В маловодном 2021 г. в море поступило 208,3 км³ пресной воды, что значительно ниже климатической нормы (240 км³) и объема стока в многоводном 2020 г. (279,8 км³). По сравнению с предыдущим годом в 2021 г. снизилось поступление в море взвешенных веществ, азота, фосфора, фенолов, НУ, АПАВ, а также некоторых тяжелых металлов: цинка, молибдена и кадмия. Несмотря на существенное снижение водного стока почти в 2 раза увеличился вынос волжскими водами кремния, никеля, свинца, марганца, также отмечалось повышение годового стока железа и ртути. Среди наиболее токсичных хлорорганических пестицидов наблюдался существенный рост выноса в море ДДЭ (в 10 раз) и ДДТ (в 2 раза), в то время как сток пестицидов группы ГХЦГ оставался примерно на том же уровне.

1.3. Состояние вод на южной границе Северного Каспия

Из-за продолжавшегося капитального ремонта научно-исследовательского судна «Тантал» наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод проводились только один раз в год 12 декабря 2021 г. На южной границе Северного Каспия на 4 станциях IV разреза вдоль линии Чечень–Мангышлак было отобрано 11 проб на поверхности, у дна и в средней части водной толщи (рис. 1.1). На вековых разрезах III и IIIa наблюдения не проводились. В береговой стационарной лаборатории были определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация загрязняющих веществ – нефтяных углеводородов (ИК-спектрометрия), фенолов, СПАВ, биогенных веществ и ряда металлов. При оценке качества вод по биогенным веществам (фосфатам) в водах района принималось, что они могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные.

Соленость вод на IV разрезе в декабре сильно зависела от удаленности станции от берега. Вблизи берега (глубина 13 м) на поверхности и у дна она составила 6,53–6,60‰. На второй станции (глубина 18 м) отмечена очень низкая соленость на поверхности (6,29‰), на глубине 10 м она возросла до 8,80‰ и достигла 10,00‰ у дна. На двух восточных станциях разреза влияние распреснения из-за волжского стока не прослеживалось, поскольку значения на всех горизонтах варьировали в узком диапазоне 9,90–10,10‰. Величина водородного показателя была в очень узких пределах 8,23–8,30 ед. рН, за исключением самых распресненных вод на поверхности у берега (рН=7,70). Как и в предыдущие годы, даже максимальная концентрация **фосфатов** на южной границе Северного Каспия была невелика и не превышала 0,32 ПДК (табл. 1.2). По сравнению с 2019 г. (в 2020 г. наблюдения на разрезе IV не проводились) средняя и максимальная концентрация фосфатов существенно не изменилась. То же относится к содержанию нитратов и нитритов; среднее и максимальное значения концентрации аммонийного азота соответствовали 0,77 ПДК и 0,87 ПДК. Зафиксированные в декабре значения биогенных элементов позволяют подтвердить отсутствие угрозы видимой эвтрофикации вод Северного Каспия. Тем не менее за последние два десятилетия средняя годовая концентрация аммонийного азота выросла втрое с 0,13–0,19 ПДК в 2000–2005 гг. до 0,69–0,77 ПДК в 2017–2021 гг. (рис. 1.2). Такой рост соответствует тренду 0,02 ПДК/год и статистически значим на уровне доверительной вероятности более 99%.

Содержание растворенного **кислорода** оставалось благоприятным, даже его минимальное значение существенно превышало норматив (табл. 1.2).

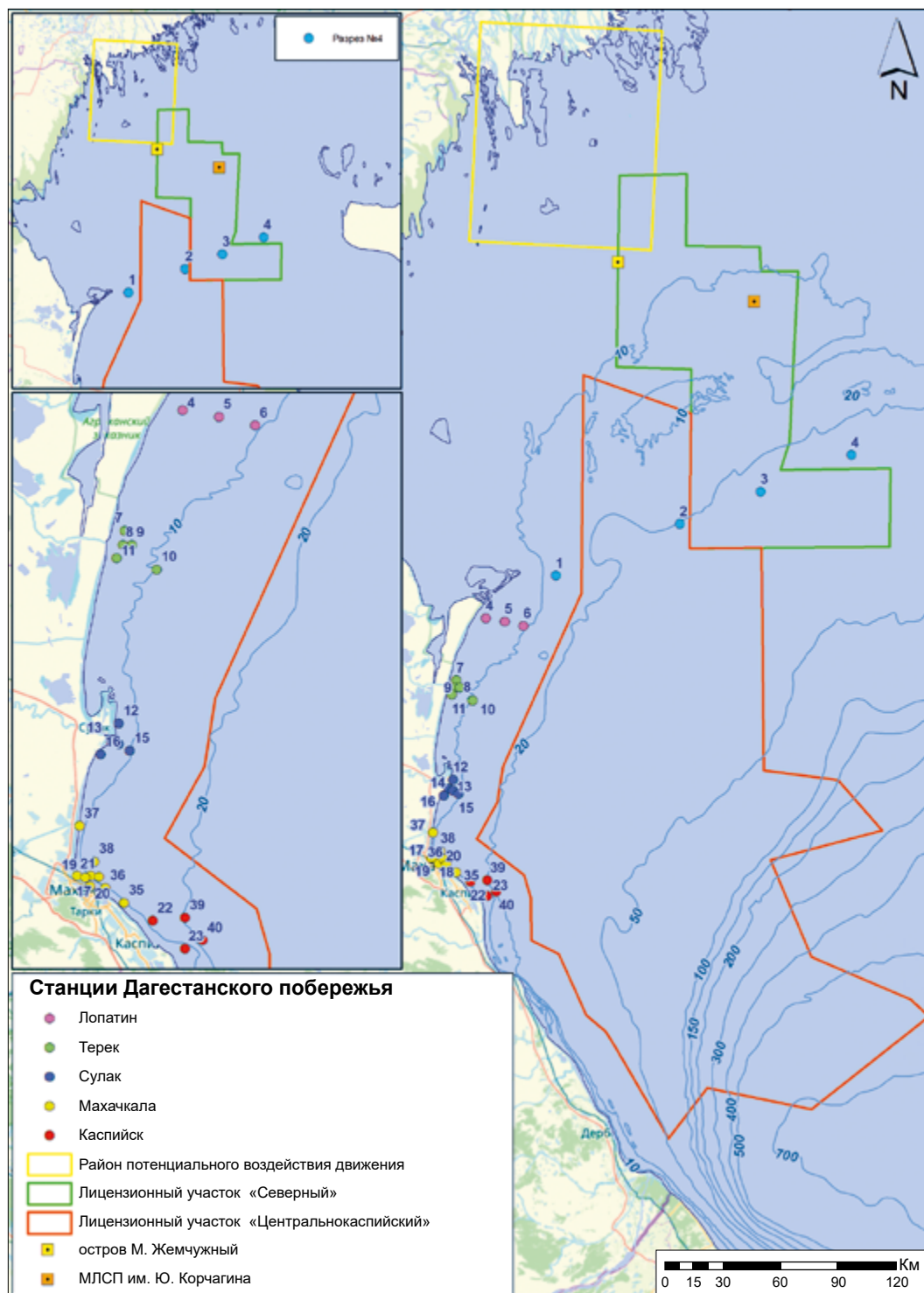


Рис. 1.1. Станции отбора проб морской воды на акватории Северного и Среднего Каспия в декабре 2021 г.

Таблица 1.2. Средние, минимальные и максимальные значения гидрохимических параметров вод на южной границе Северного Каспия 12 декабря 2021 г. Концентрация биогенных элементов в мкг/дм³.

Параметр	Разрез IV		
	Среднее	Мин.	Макс.
Температура, °C	7,85	7,8	8,0
Соленость, ‰	8,92	6,29	10,10
O ₂ мгO ₂ /дм³	9,30	8,17	10,39
pH	8,22	7,70	8,30
Фосфаты	13,6	10,3	15,9
Общий фосфор	18,6	15,4	22,4
Нитриты	1,73	1,49	2,00
Нитраты	14,0	12,5	15,4
Аммоний азот	299	270	338
Общий азот	349	308	382
Кремний	433	322	512

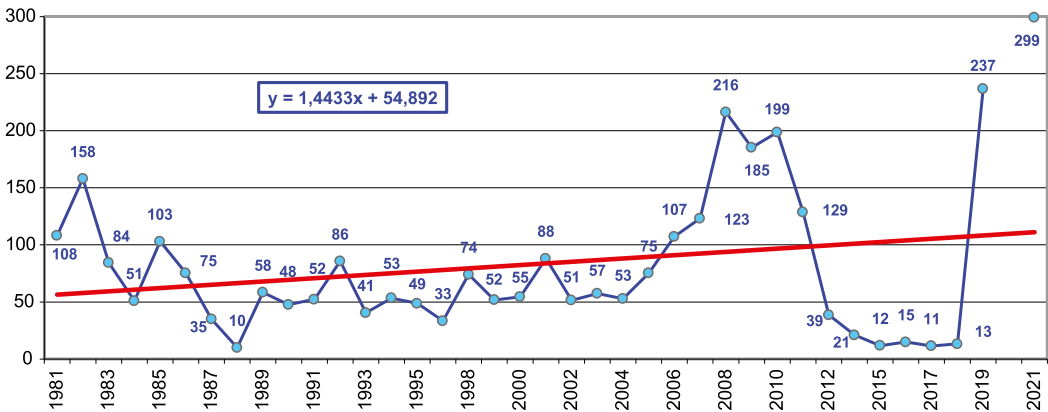


Рис. 1.2. Динамика средней годовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2021 гг.

Среди загрязняющих веществ в 2021 г. наиболее приоритетными оставались **фенолы** со средней годовой концентрацией 2,18 ПДК и максимальной 3,00 ПДК (табл. 1.3). Какого-либо значимого тренда средней годовой концентрации фенолов начиная с 2003 г. не отмечается, хотя от года к году в этот период содержание фенолов изменялось в широких пределах от 1,12 ПДК в 2008 г. до 2,82 ПДК в 2006 и 2007 гг. (рис. 1.3).

Средняя концентрация нефтяных углеводородов (**НУ**) составила в 2021 г. 0,78 ПДК, а максимальная едва достигала 1,00 ПДК. Многолетняя динамика содержания НУ на границе Северного Каспия характеризуется интенсивным ростом средней годовой концентрации в 2000-2010 гг. В этот период статистически значимый многолетний линейный тренд составлял 0,043 ПДК/год, после чего содержание НУ в водах района стабилизировалось на фоне межгодовых колебаний (рис. 1.4).

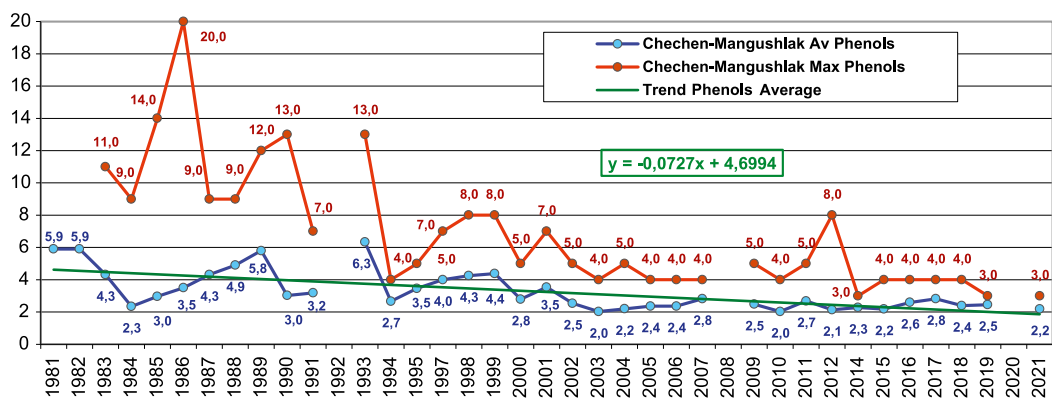


Рис. 1.3. Динамика максимальной и средней годовой концентрации фенолов (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981-2021 гг. Максимальные значения концентрации фенолов 54,0 и 29,0 мкг/дм³ в 1981-1982 гг. вынесены за поля графика.

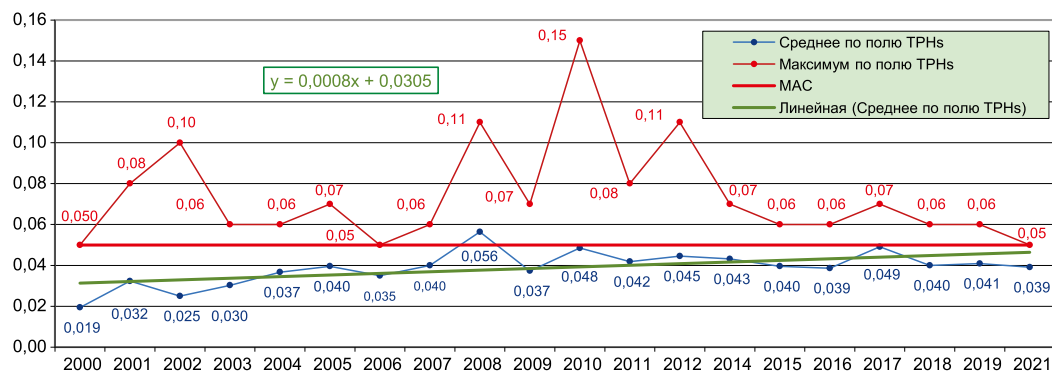


Рис. 1.4. Динамика максимальной и средней годовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 2000–2021 гг.

Комплексная оценка уровня загрязнения на станциях векового разреза IV на южной границе Северного Каспия в 2021 г. существенно не изменилась по сравнению с 2019 г. (в 2020 г. наблюдения не проводились) и соответствовала умеренно загрязненным водам (ИЗВ равен 1,10, табл. 1.4). Многолетняя динамика ИЗВ за период 2000-2021 гг. свидетельствует об отсутствии какой-либо выраженной тенденции изменения качества вод в рассматриваемом районе (рис. 1.5). Практически во все годы ИЗВ находился в диапазоне значений, соответствующих умеренно-загрязненным водам (III класс качества). Исключение составил только 2017 г., когда значение ИЗВ превысило верхний предел этого класса и достигло уровня, соответствующего загрязненным водам. Другим исключением стал 2008 г. с нетипично низким значением ИЗВ (0,58). Скорее всего, это было связано с отсутствием в этом году наблюдений за фенолами, вносящими наибольший вклад в величину индекса в водах южной части Северного Каспия.

Таблица 1.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах на южной границе Северного Каспия в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Разрез IV 4 ст., 11 проб	НУ	0,041	0,82	–	–	0,039	0,78
		0,06	1,20	–	–	0,05	1,00
	Фенолы	2,4	2,40	–	–	2,18	2,18
		3,0	3,00	–	–	3,0	3,00
	Азот аммонийный	237	0,61	–	–	299	0,77
		284	0,73	–	–	338	0,87
	Азот нитритный	1,7	0,07	–	–	1,73	0,07
		2,0	0,08	–	–	2,00	0,08
	Фосфаты	11,8	0,24	–	–	13,6	0,27
		15,3	0,31	–	–	15,9	0,32
	Кислород	10,22		–	–	9,30	
		9,16		–	–	8,17	

Примечания:

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

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

3. Для распресненных вод Северного Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.

Таблица 1.4. Оценка качества морских вод Северного Каспия по ИЗВ в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Разрез IV	1,11	III	–	–	1,10	III	Фенолы 2,18; НУ 0,78; NH ₄ 0,77; O ₂ 0,65

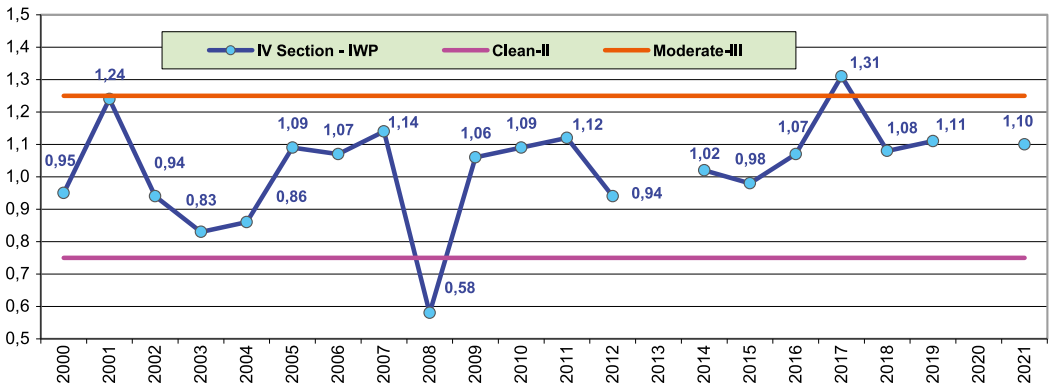


Рис. 1.5. Многолетняя динамика ИЗВ в водах станций IV разреза на южной границе Северного Каспия в период 2000-2021 гг.

1.4. Оценка состояния морской среды в районах добычи нефти

Оценка состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и добычи нефти в российском секторе недропользования Каспийского моря проводилась с использованием данных производственного экологического мониторинга (ПЭМ) на лицензионных участках нефтегазовых компаний (рис. 1.1). Мониторинг проводился в периоды весеннего половодья и летне-осенней межени. Эти месяцы различаются по гидрологическим условиям и динамике биологических процессов, влияющих на пространственное распределение химических веществ в морской среде. В 2021 г. мониторинг проводился на лицензионных участках в Северном Каспии на 34 станциях, в Среднем Каспии – на 25 станциях в июне (период половодья) и октябре.

Для оценки состояния экосистемы Каспийского моря использовалось определение качества воды по комплексному показателю индекса загрязненности вод (табл. А2). Качество донных отложений (ДО) по содержанию нефтяных углеводородов (НУ) оценивалось по канадским стандартам (табл. 1.5), (ССМЕ-2001).

Таблица 1.5. Оценка качества донных отложений по содержанию НУ.

Класс качества донных отложений		Диапазон концентрации НУ, мг/кг
Очень чистые	I	$10 < C_{\text{НУ}} \leq 15$
Чистые	II	$15 < C_{\text{НУ}} \leq 50$
Загрязненные	III	$50 < C_{\text{НУ}} \leq 200$
Грязные	IV	$200 < C_{\text{НУ}} \leq 500$
Очень грязные	V	$C_{\text{НУ}} > 500$

Оценка гидрохимического состояния вод

Летом среднее содержание кислорода в поверхностном слое вод Северного Каспия в период половодья было почти в 2 раза ниже предыдущего года, что связано с более высокой температурой воды. В придонном слое на мелководье в этот период в отдельных случаях отмечены низкие значения концентрации растворенного кислорода с минимумом $4,37 \text{ мг О}_2/\text{дм}^3$ (табл. 1.6). Осенью 2021 г. кислородный режим моря был удовлетворительным, а содержание кислорода в морских водах не опускалось ниже допустимого предела. Относительно предыдущего года наблюдалось снижение содержания в воде минерального, органического и общего фосфора, кремния, органического и общего азота. Концентрация минерального азота была выше, что, возможно, объясняется его повышенным поступлением с волжским стоком. Значения БПК₅ были ниже ПДК.

Содержание НУ в морских водах снизилось в среднем относительно 2020 г. и не превышало ПДК. Концентрация СПАВ также не превышала допустимый уровень, хотя была выше прошлогодней. В 2021 г. содержание железа, свинца, кадмия и бария в морской воде не превышало порога обнаружения использованного аналитического метода. По сравнению с предыдущим годом в среднем возросла концентрация ртути, а цинка, никеля и меди снизилась. Содержание нормируемых полиароматических углеводородов (ПАУ) – бенз(а)пирена и нафталина – было значительно ниже ПДК. Суммарная концентрация 16 измеряемых ПАУ относительно предыдущего года практически не изменилась. Среди хлорорганических загрязняющих веществ в морской воде были выявлены только полихлорбифенилы (ПХБ), концентрация пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ была ниже предела обнаружения аналитического метода.

В целом, по критериям устойчивости и уровня, загрязнение оценивалось как характерное низкого и среднего уровня. Случаев высокого и экстремально высокого загрязнения мор-

ских вод в 2021 г. не наблюдалось. Воды Северного Каспия в период половодья оценивались как «умеренно загрязненные» (III класс качества вод), а в осеннюю межень – как «чистые» (II класс качества вод). В среднем значение индекса было близко к нижней границе класса качества «умеренно загрязненные» (ИЗВ=0,78), что практически соответствует уровню прошлого года (ИЗВ=0,78).

В водах Среднего Каспия в 2021 г. минимум кислорода у поверхности был в 1,1 раза ниже норматива. А в придонном слое на отдельных участках на глубинах от 398 до 608 м содержание кислорода опускалось практически до нуля. Показатели БПК₅ не превышали ПДК. Количество взвеси было немного выше ПДК только в период половодья. Как и в северной части моря в 2021 г. наблюдалось снижение концентрации биогенных элементов по сравнению с прошлым годом. На отдельных станциях концентрация АПАВ в воде достигала 1,2 ПДК. Превышение установленного норматива не наблюдалось для нефтяных углеводородов и металлов Ni, Pb, Cd и Hg. Содержание Fe и Ba было ниже предела обнаружения аналитического метода. Суммарная концентрация ПАУ относительно предыдущего года менялась незначительно. Содержание в воде нормируемых бенз(а)пирена и нафталина было ниже ПДК. Из хлорорганических соединений были выявлены только ПХБ. Концентрация пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ была ниже предела обнаружения. По критериям устойчивости и уровня загрязнения вод в Среднем Каспии оценивалось как устойчивое среднего уровня. По величине ИЗВ качество вод в июне оценивалось III классом («умеренно загрязненные»), к осени качество вод улучшилось до II класса («чистые»). В среднем значение индекса было близко к нижней границе класса качества «умеренно загрязненные» (ИЗВ=0,82), а в прошлом году было существенно ниже (ИЗВ=0,72), значение около верхней границы класса «чистые».

Таблица 1.6. Содержание ЗВ в водах российского сектора недропользования Каспийского моря в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 г.		2021 г.	
		ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон
Северный Каспий					
Растворенный кислород	мг/дм³	11,92	8,02-14,90	6,94	4,37-10,52
НУ	мг/дм³	0,02	0-0,17	0,01	0-0,03
СПАВ	мг/дм³	0,05	0-0,12	0,03	0-0,12
Железо	мг/дм³	0,03	0,001-0,16	0	0
Марганец	мг/дм³	0,004	0,002-0,02	0,004	0-0,007
Цинк	мг/дм³	0,02	0,001-0,07	0,002	0-0,006
Никель	мг/дм³	0,003	0,002-0,004	0,002	0,001-0,003
Медь	мг/дм³	0,002	0,001-0,005	0,0005	0-0,001
Свинец	мг/дм³	0,0006	0-0,003	0,0001	0-0,001
Кадмий	мг/дм³	0,0002	0-0,001	0,0001	0-0,0003
Ртуть	мкг/дм³	0,01	0-0,08	0,0825	0-0,1
Барий	мг/дм³	0	0	0	0
Средний Каспий					
Растворенный кислород	мг/дм³	8,55	0-11,8	5,56	0-7,25
НУ	мг/дм³	0,01	0-0,06	0,01	0,005-0,025
СПАВ	мг/дм³	0,015	0-0,17	0,003	0-0,12

Железо	мг/дм ³	0,004	0,001-0,009	0,000	0
Марганец	мг/дм ³	0,004	0-0,01	0,01	0,005-0,03
Цинк	мг/дм ³	0,004	0-0,05	0,003	0,001-0,01
Никель	мг/дм ³	0,003	0-0,004	0,002	0,001-0,004
Медь	мг/дм ³	0,001	0-0,002	0,001	0-0,0012
Свинец	мг/дм ³	0,0004	0-0,006	0,0001	0-0,0003
Кадмий	мг/дм ³	0,0000	0	0,003	0-0,2
Ртуть	мкг/дм ³	0,0105	0-0,07	0,06	0,04-0,09
Барий	мг/дм ³	0	0	0	0

Оценка загрязнения донных отложений

В донных отложениях северной части Каспийского моря преобладал мелкий песок – в среднем 34,99% в июне и 27,80% в октябре. Второе место по встречаемости занимала мелкая и средняя ракушка, в среднем 10-15%. По сравнению с предыдущим годом в осадках наблюдалось увеличение концентрации НУ, АПАВ, Zn, аценафтена, фенантрена и суммы ПХБ. В то же время, снизилось содержание Fe, Ni, Cu, Cd, Hg, а также нафталина, бенз(а)пирена, антрацена, суммы ПАУ, пестицидов группы ГХЦГ (табл. 1.7). Концентрация фенолов и Ва в ДО была ниже предела обнаружения. В 2021 г. по содержанию НУ (до 20 мг/кг) ДО характеризовались II классом качества – «чистые» (табл. 1.5). Сравнительный анализ показателей качества ДО свидетельствует о снижении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по установленным критериям определялось как удовлетворительное (РД-2019).

В среднекаспийских донных осадках на больших глубинах преобладали мелкие фракции размером <0,05 мм, которые относятся к алевритам и пелитам. Содержание этой фракции весной в среднем составляло 38,30%, достигая на отдельных станциях 99,88%. Осенью содержание алевритов и пелита в осадках колебалось от 4,24 до 99,85%. Второе место по встречаемости занимали более крупные фракции: весной до 20% от общего состава ДО составлял мелкий песок, а осенью – мелкая ракушка.

В период половодья в 2021 г. среднее содержание НУ, АПАВ, Fe, Mn, Ni, Cu, Pb, Hg, нафталина и ПХБ в ДО относительно прошлого года снизилось. Одновременно возросла концентрация Zn, бенз(а)пирена, аценафтена, фенантрена, антрацена и суммы ПАУ. Осенью наблюдалось снижение содержания АПАВ, Zn, Ni, Cu, Cd, нафталина, бенз(а)пирена, аценафтена, антрацена и суммы ПАУ. Концентрация НУ, Fe, Mn, Pb, Hg и фенантрена, наоборот, возросла (табл. 1.8). В течение исследуемого периода содержание фенолов, Ва, ГХЦГ и ДДТ в ДО было ниже пределов обнаружения. В 2021 г. содержание НУ в ДО достигало максимума в 16 мг/кг, что позволяет отнести донные осадки ко II классу качества ДО «чистые» (табл. 1.5). Сравнительный анализ показателей качества ДО Среднего Каспия свидетельствует об увеличении антропогенной нагрузки на исследуемую акваторию. Качество ДО по установленным критериям определялось как удовлетворительное (РД-2019).

1.5. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за загрязнением морских вод Дагестанского взморья выполнялись только один раз в период 10-13 декабря 2021 г. на 26 станциях (рис. 1.1) в районах н.п. Лопатин (3 ст.), Махачкала (9 ст.), Каспийск (4 ст.) и на устьевых взморьях рек Терек (5 ст.) и Сулак (5 ст.). Наблюдения в районах Избербаша, Дербента и взморья р. Самур не проводились.

Таблица 1.7. Содержание загрязняющих веществ в ДО Северного Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год				ДК [РД 52.15.880-2019]
		половодье		межень		половодье		межень		
		ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
НУ	мг/кг	1,80	0-10,0	0,39	0-6,0	9,2	6-20	8,25	5,0-16,0	50
АПAB	мг/кг	2,86	0,4-11,9	0	0	3,0	0-11,9	2,78	0,40-9,20	–
Железо	мг/кг	4511,8	1200-21900	4191,18	600-9900	4272,1	920-8020	3529,41	600-9800	–
Марганец	мг/кг	157,86	30,0-410,0	14,94	3-37,0	129,41	40,0-310,0	125,29	30,0-310,0	–
Цинк	мг/кг	29,54	4,6-84,7	18,76	4,8-136,6	60,19	3,48-239,0	35,0	5,40-134,50	124
Никель	мг/кг	7,68	4,8-42,1	6,51	2,4-12,1	6,0	1,30-10,26	4,87	1,60-8,80	35
Медь	мг/кг	5,45	3,9-22,5	4,75	3,2-6,9	3,64	2,17-5,50	4,12	2,90-10,0	18,7
Свинец	мг/кг	6,61	4,6-12,3	6,17	3,5-12,0	5,25	1,60-8,70	6,59	1,60-9,40	30,2
Кадмий	мг/кг	0,035	0-1,2	0	0	0	0	0	0	0,7
Ртуть	мг/кг	0,005	0-0,032	0,009	0-0,003	0,003	0-0,03	0,001	0-0,03	0,13
Нафталин	мкг/кг	8,20	0-46,0	1,82	0-62,0	6,26	0-41,0	1,41	0-26,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	1,42	1,0-3,0	0,64	0-2,2	0	0	0	0	88,8
Аценафтен	мкг/кг	11,86	0-30,0	7,72	0-19,0	11,09	6,3-19,0	9,73	6,0-16,0	5,87
Фенантрен	мкг/кг	10,58	0-24,0	7,22	0-17,0	10,86	8,2-14,0	11,05	6,6-18,0	86,7
Антрацен	мкг/кг	1,85	0-4,1	1,98	0-5,8	1,69	1,0-3,4	1,47	1,0-3,2	46,1
ΣПАУ	мкг/кг	45,99	9,8-160,6	30,73	1,4-118,3	36,7	0-77,4	28,96	8,40-54,70	–
α-ГХЦГ	мкг/кг	0,021	0-0,7	0	0	0	0	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0,31	0-2,52	0	0	0,01	0-0,43	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	10
ΣГХЦГ	мкг/кг	0,33	0-2,52	0	0	0,01	0-0,43	0	0	0,32
ΣДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
ΣПХБ	мкг/кг	0	0	0	0	–	–	0,24	0,01-0,77	21,5

Таблица 1.8. Содержание загрязняющих веществ в ДО Среднего Каспия в 2020-2021 гг.

Показатели	Ед. изм.	2020 год				2021 год				ДК [РД 52.15.880-2019]
		половодье		межень		половодье		межень		
		ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	ср. знач.	диапазон	
НУ	мг/кг	10,1	5,0-19,0	7,6	5,0-12,0	9,0	5,0-16,0	9,1	5,0-16,0	50
Фенолы	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05
АПАВ	мг/кг	5,3	0,3-20,6	9,9	1,4-50,3	0	0	8,04	0,7-42,5	–
Железо	мг/кг	13220,0	900,0-35400,0	10220,0	600,0-29000,0	11819,6	790,0-35000,0	13316,0	700,0-41000,0	–
Марганец	мг/кг	277,2	30,0-1160,0	0,0	0,0-0,1	212,0	0,0-590,0	236,4	20,0-660,0	–
Цинк	мг/кг	51,2	12,7-115,7	94,2	8,9-265,4	97,51	7,4-263,6	89,82	9,5-260,9	124
Никель	мг/кг	27,4	4,7-76,3	21,7	3,6-75,7	21,54	3,8-75,0	21,084	1,-88,6	35
Медь	мг/кг	26,3	4,0-71,0	21,4	4,0-66,6	20,89	4,0-67,8	18,73	3,1-70,5	18,7
Свинец	мг/кг	10,7	5,4-16,0	7,6	2,4-13,3	7,53	1,1-13,9	10,57	3,90-23,90	30,2
Кадмий	мг/кг	0,0	0,0-1,0	1,4	1,2-1,6	0	0	1,25	1,10-1,40	0,7
Ртуть	мг/кг	0,1	0,0-0,1	0,0	0,0-0,1	0,03	0,025-0,03	0,03	0,03-0,04	0,13
Барий	мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	160
Нафталин	мкг/кг	45,9	21,0-79,0	40,8	20,0-63,0	37,2	20,0-50,0	22,17	20,0-28,0	34,6
Бенз(а)пирен	мкг/кг	2,6	1,0-6,0	3,1	1,0-10,0	3,01	1,0-7,2	3,04	1,0-9,2	88,8
Аценафтен	мкг/кг	20,82	0-52,0	21,54	7,0-53,0	29,25	7,9-98,0	17,60	6,30-39,0	5,87
Фенантрен	мкг/кг	24,58	7,5-64,0	19,95	0-48,0	26,4	9,6-75,0	21,78	7,1-48,0	86,7
Антрацен	мкг/кг	2,5	1,3-6,0	3,04	0-8,0	2,74	1,0-8,0	2,66	1,10-6,50	46,1
ΣПАУ	мкг/кг	100,6	17,0-269,0	83,7	7,0-266,2	108,78	0-382,3	67,23	1,90-216,10	–
α-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	3
β-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	
γ-ГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	10
ΣГХЦГ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	0,32
ДДЭ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,22
ДДД	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,07
ДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	1,11
ΣДДТ	мкг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
ΣПХБ	мкг/кг	0,6	0,1-2,2	0,6	0,1-3,1	0,55	0,03-1,93	1,09	0,15-3,45	21,5

Всего обработано 53 пробы воды с поверхностного и промежуточного горизонтов. Станции расположены вблизи берега на мелководье, глубина на них варьирует от 3,3 до 21,0 м.

Как и в предыдущие годы, средняя соленость прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг от 8,06‰ у Лопатина до 9,91‰ у Каспия (табл. 1.9). По абсолютной величине соленость была заметно ниже значений 2020 г. Кислородный режим северной части Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя концентрация растворенного кислорода изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 9,53 мгО₂/дм³ у Лопатина до 9,31 мгО₂/дм³ у Каспия. Вероятно, это связано с тенденцией повышения температуры воды с севера на юг вдоль Дагестанского побережья.

Таблица 1.9. Среднее и максимальное значение гидрохимических параметров вод Дагестанского побережья в декабре 2021 г.

Район	Т°С	S ‰	O ₂	pH	PO ₄	P tot	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N tot	Si
Лопатин 3 ст., 6 проб	8,00	8,06	9,53	8,27	10,9	23,2	1,79	12,4	231,7	328,0	388
	8,00	8,35	8,54	8,30	18,1	26,2	2,31	15,1	265	367	432
Взморье р. Терек 5 ст., 10 проб	8,76	8,54	9,44	8,05	13,2	23,08	1,55	13,5	294,6	336,3	406,5
	9,20	8,66	8,95	8,13	16,2	25,3	2,00	16,3	335	368	475
Взморье р. Сулак 5 ст., 10 проб	8,63	9,16	9,50	8,10	13,1	26,82	1,63	13,7	277,2	304,7	413
	8,70	9,20	8,94	8,20	14,9	29,4	2,18	15,8	339	363	482
Махачкала 9 ст., 17 проб	10,08	9,23	9,37	8,30	12,6	18,18	1,91	14,7	304,6	336,0	421,9
	11,80	9,35	8,85	8,35	16,5	22,7	2,16	17,8	350	383	494
Каспийск 4 ст., 10 проб	10,00	9,91	9,31	8,31	11,6	18,52	1,83	15,8	311,2	366,2	371,3
	10,00	10,90	8,83	8,34	14,4	22,4	2,15	18,7	343	402	436
Примечание. Величина водородного показателя приведена в единицах pH, концентрация растворенного кислорода в мгО ₂ /дм ³ , биогенных веществ в мкг/дм ³ .											

Средняя концентрация **фосфатов** крайне мало изменялась от 0,22 ПДК у п. Лопатин до 0,26 ПДК в районе г. Махачкала. Средние значения концентрации аммонийного азота соответствовали 0,6–0,8 ПДК, а максимальное значение не превысило 0,9 ПДК. Таким образом, угроза эвтрофикации вод на Дагестанском шельфе по-прежнему отсутствовала. Средние значения нитритного азота изменялись в исследованных прибрежных районах Дагестана в узком диапазоне 1,79–1,91 мкг/дм³, что составляло менее 0,1 ПДК. Содержание нитратного азота постепенно возрастало с севера на юг от 12,4 мкг/дм³ у Лопатина до 15,8 мкг/дм³ у Каспия. Поскольку биогенным веществам свойственно наличие годового хода, а в 2021 г. наблюдения проводились только один раз в год в зимний период, поэтому сравнение значений гидрохимических параметров с наблюдениями в разные сезоны в предыдущие годы представляется нецелесообразным.

Приоритетными загрязнителями в водах Дагестанского побережья оставались **фенолы**. Их средняя концентрация изменялась от 2,20 ПДК у Каспия до 3,29 ПДК у Махачкалы, максимальные значения не превышали 4,0 ПДК (табл. 1.10). Каких-либо тенденций в многолетней динамике фенолов по-прежнему не проявлялось (рис. 1.6).

Уровень загрязнения вод **нефтяными углеводородами** соответствовал уровню предыдущих лет – средняя годовая концентрация во всех районах была чуть ниже ПДК, а максимальная не превышала 1,20 ПДК во всех районах мониторинга (табл. 1.12). В целом, концентрация НУ оставалась в 2021 г. на уровне предыдущих лет, какой-либо значимой тенденции в ее многолетней изменчивости выявлено не было (рис. 1.7).

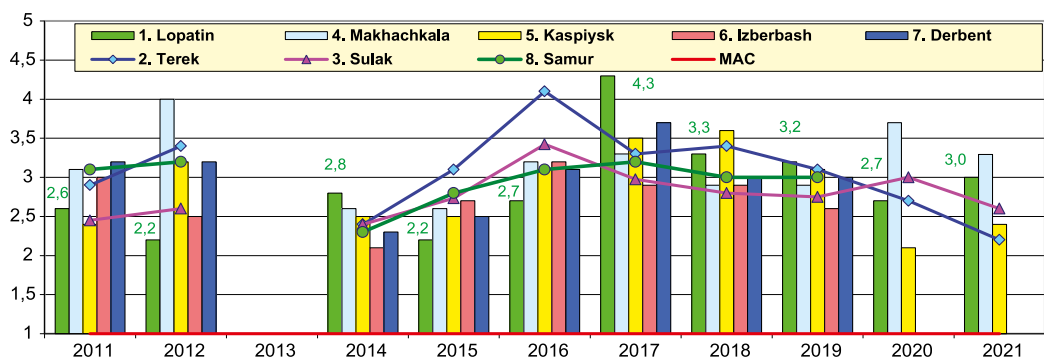


Рис. 1.6. Динамика средней концентрации фенолов (мкг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2011-2021 гг.

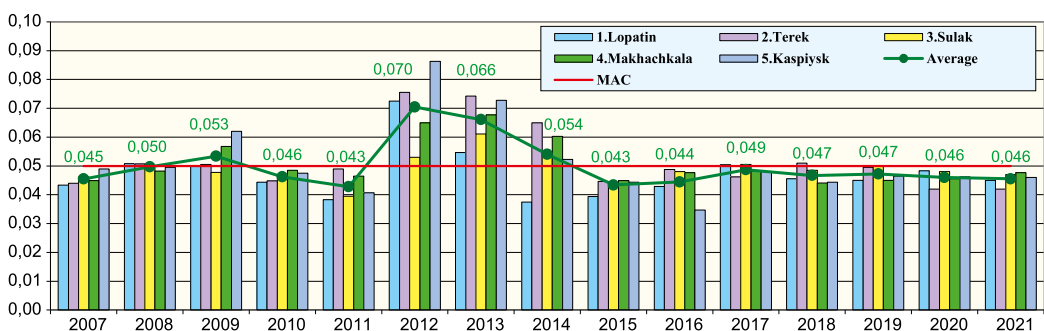


Рис. 1.7. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2007-2021 гг.

Уровень загрязнения вод синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ) оставался незначительным и изменялся вдоль побережья в среднем в пределах 0,12-0,35 ПДК, максимальное значение концентрации (0,69 ПДК) зафиксировано у Лопатина.

Таблица 1.10. Пространственная изменчивость средней концентрации приоритетных загрязняющих веществ (в ПДК) в водах Дагестанского взморья в декабре 2021 г.

Район	Фенолы	Нефтяные углеводороды	Медь	Азот аммонийный	Фосфор фосфатный	СПАВ
Лопатин	3,17	0,99	0,72	0,59	0,22	0,12
Взморье р. Терек	2,70	0,84	0,75	0,76	0,26	0,19
Взморье р. Сулак	2,60	0,70	0,72	0,71	0,26	0,35
Махачкала	3,29	0,96	–	0,78	0,25	0,31
Каспийск	2,40	0,92	–	0,80	0,23	0,30

Наблюдения за содержанием **меди** возобновились в трех районах Дагестанского шельфа (Лопатин, взморье рек Терек и Сулак) в 2018 г. В 2021 г. содержание меди в этих трех районах было практически одинаковым (0,72-0,75 ПДК). По сравнению с 2018 г. оно выросло в пол-

тора-два раза (табл. 1.11). Содержание меди на Дагестанском шельфе и в Северном Каспии в 2020 г. (в 2021 г. наблюдения в Северном Каспии не проводились) было приблизительно одинаковым. В предыдущие два года концентрация меди на Дагестанском шельфе была примерно вдвое меньше.

Таблица 1.11. Многолетняя динамика концентрация меди (в ПДК) в водах Северного Каспия и Дагестанского шельфа в 2018-2021 гг.

Год	Районы				
	Лопатин	Терек	Сулак	Центр Северного Каспия (разрез III)	Запад Северного Каспия (разрез IIIa)
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	–	–

Таблица 1.12. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих и биогенных веществ в водах Дагестанского побережья в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Лопатин 3 ст., 6 проб	НУ	0,045	0,90	0,048	0,96	0,045	0,90
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,05	1,00
	Фенолы	3,17	3,17	2,67	2,67	3,00	3,00
		5,00	5,00	3,00	3,00	4,00	4,00
	СПАВ	2,89	0,03	16,0	0,16	12	0,12
		4,0	0,04	19,0	0,19	69	0,69
	Cu	2,57	0,51	3,7	0,74	3,6	0,72
		2,9	0,59	4,9	0,98	4,7	0,94
	Zn	1,23	0,02	3,0	0,06	3,0	0,06
		1,5	0,03	3,8	0,07	3,7	0,07
	Азот аммонийный	277	0,71	99	0,25	231,7	0,59
		374	0,96	111	0,29	265	0,68
	Азот нитритный	1,66	0,07	1,43	0,06	1,79	0,07
		2,3	0,10	1,66	0,07	2,31	0,10
	Фосфор фосфатный	14,22	0,28	6,2	0,12	10,9	0,21
		24,2	0,48	7,8	0,15	18,1	0,36
	Кислород	8,87		9,31		9,53	
		7,31		8,87		8,54	
Взморье р. Терек 5 ст., 10 проб	НУ	0,049	0,98	0,042	0,84	0,042	0,84
		0,07	1,40	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	3,13	3,13	2,70	2,70	2,20	2,20
		5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00
	СПАВ	3,13	0,03	19	0,19	19	0,19
		5	0,05	23	0,23	23	0,23

	Cu	1,967	0,39	3,85	0,77	3,75	0,75
		2,6	0,52	4,8	0,96	4,7	0,94
	Zn	1,617	0,03	5,8	0,11	5,65	–
		1,9	0,04	6,0	0,12	5,9	–
	Азот аммонийный	274,32	0,70	114,96	0,30	294,5	0,76
		376	0,97	148	0,38	335	0,86
	Азот нитритный	1,63	0,07	1,41	0,06	1,55	0,07
		2,21	0,09	1,58	0,07	2,00	0,08
	Фосфор фосфатный	14,30	0,29	7,6	0,15	13,2	0,26
		24,0	0,48	8,8	0,17	16,2	0,32
Взморье р. Сулак 5 ст.,10 проб	НУ	8,93		9,34		9,44	
		7,53		8,87		8,95	
	Фенолы	0,049	0,98	0,048	0,96	0,035	0,70
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,044	0,88
	СПАВ	2,70	2,70	3,00	3,00	2,60	2,60
		4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00
	Cu	2,4	0,02	35	0,35	35	0,35
		5,0	0,05	44	0,44	44	0,44
	Zn	3,50	0,70	3,67	0,73	3,59	0,72
		4,20	0,84	4,80	0,96	4,7	0,94
	Азот аммонийный	1,43	0,03	3,96	0,72	–	–
		1,70	0,03	5,3	0,16	–	–
	Азот нитритный	261	0,67	122,78	0,31	277,2	0,63
		388	1,00	146,2	0,38	339	0,87
	Фосфор фосфатный	1,75	0,07	1,41	0,06	1,63	0,06
		2,20	0,09	1,58	0,07	2,18	0,09
	Кислород	15,6	0,31	9,41	0,19	13,1	0,26
		28,2	0,56	10,3	0,21	14,9	0,29
		9,01		9,34		9,50	
		7,48		8,87		8,94	
Махачкала 9 ст.,17 проб	НУ	0,045	0,90	0,046	0,92	0,048	0,96
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	2,9	2,90	3,66	3,66	3,29	3,29
		5,0	5,00	5,0	5,00	4,00	4,00
	СПАВ	3,7	0,04	32	0,38	–	–
		9,0	0,09	38	0,38	–	–
	Азот аммонийный	281	0,72	131,8	0,34	304,6	0,78
		348	0,89	161	0,41	350	0,90
	Азот нитритный	1,79	0,08	1,77	0,07	1,91	0,08
		2,21	0,09	2,20	0,09	2,16	0,09
	Фосфор фосфатный	9,59	0,19	9,5	0,19	12,6	0,25
		17,5	0,35	10,6	0,21	16,5	0,33
	Кислород	8,72		10,09		9,37	
		7,37		9,49		8,85	

Каспийск 4 ст., 10 проб	НУ	0,047	0,94	0,046	0,92	0,046	0,92
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	3,1	3,10	2,1	2,10	2,40	2,40
		4,0	4,00	3,0	3,00	4,00	4,00
	СПАВ	6,2	0,06	31	0,31	30	0,30
		10,0	0,10	37	0,37	37	0,37
	Азот аммонийный	320	0,82	182	0,47	311,2	0,80
		401	1,03	222	0,57	343	0,88
	Азот нитритный	1,64	0,07	1,80	0,08	1,83	0,08
		2,19	0,09	2,09	0,09	2,15	0,09
	Фосфор фосфатный	10,3	0,21	9,3	0,19	11,6	0,23
		13,8	0,28	10,7	0,21	14,4	0,29
	Кислород	8,57		10,28		9,31	
		7,20		9,99		8,83	

Примечания:

1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного и нитритного азота, фосфатного фосфора, меди и цинка – в мкг/дм³.

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

3. Для распресненных вод Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принята 389 мкг/дм³.

По комплексному показателю загрязнения морские воды в районах Лопатина и Махачкалы характеризовались в декабре 2021 г. как «загрязненные» (ИЗВ 1,35 и 1,42, соответственно), а на взморьях рек Терек, Сулак и в районе Каспийска – как «умеренно загрязненные» (ИЗВ 1,11-1,19, табл. 1.13). Тенденции изменения ИЗВ за последние три года оказались разнонаправленными – если на взморье реки Терек отмечалось уменьшение ИЗВ, то в районе Махачкалы – его увеличение (рис. 1.8). В районе Лопатина систематического изменения ИЗВ за последние три года не прослеживается. Как пространственные, так и межгодовые изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

Таблица 1.13. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Лопатин	1,37	IV	1,25	III	1,31	IV	Фенолы 3,00; НУ 0,90; Cu 0,72; O ₂ 0,63
Взморье р. Терек	1,37	IV	1,24	III	1,11	III	Фенолы 2,20; НУ 0,84; Cu 0,75; O ₂ 0,64
Взморье р. Сулак	1,28	IV	1,33	IV	1,16	III	Фенолы 2,60; НУ 0,70; Cu 0,72; O ₂ 0,63
Махачкала	1,21	IV	1,38	IV	1,42	IV	Фенолы 3,29; НУ 0,96; NH ₄ 0,78; O ₂ 0,64
Каспийск	1,39	IV	1,02	III	1,19	III	Фенолы 2,40; НУ 0,92; NH ₄ 0,80; O ₂ 0,64

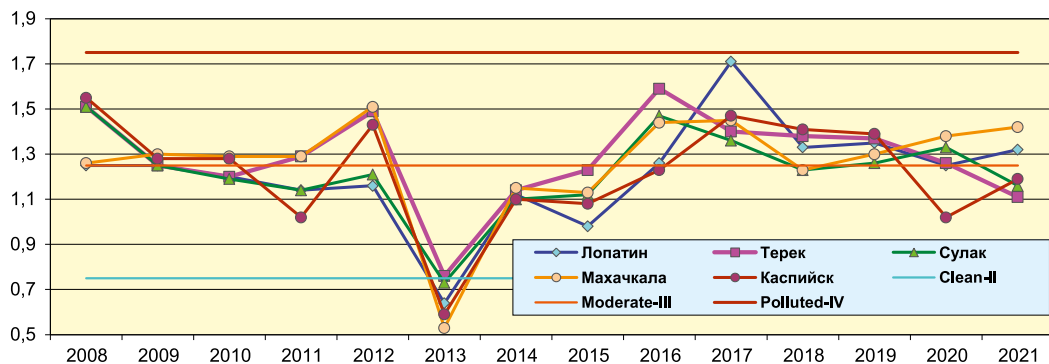


Рис. 1.8. Динамика ИЗВ на Дагестанском взморье 2008-2021 гг.

Выводы

В 2021 г. наблюдалась тенденция к снижению объема стока в Каспийское море взвешенных веществ и биогенов, а также некоторых тяжелых металлов: цинк, молибден и кадмий. Сток фенолов сократился в 2 раза, незначительно упал сток НУ и АПАВ. В 2021 г. почти в 2 раза увеличился сток кремния, никеля, свинца и марганца, также увеличились значения стока железа и ртути. Сток ДДЭ вырос в 10 раз, а ДДТ – в 2 раза.

В течение 2021 г. в связи с плановым ремонтом экспедиционного судна мониторинг загрязнения Северного Каспия проводился только один раз в начале декабря и только на южной границе мелководья на станциях IV разреза. Приоритетными загрязняющими веществами вод района оставались фенолы, нефтяные углеводороды и аммонийный азот. Угроза эвтрофикации вод в настоящее время отсутствует, но выявлена статистически значимая тенденция к росту содержания в воде аммонийного азота, концентрация которого пока не достигала ПДК. Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне существенно выше норматива. Состояние вод по сравнению с 2019 г. и более ранними годами (в 2020 г. наблюдения на разрезе IV не проводились) существенно не изменилось – ИЗВ составил 1,10, что соответствует «умеренно загрязненным» водам. Многолетняя динамика ИЗВ за период 2000-2021 гг. свидетельствует об отсутствии какой-либо выраженной тенденции изменения качества вод в этом районе.

Качество вод в российском секторе недропользования Каспийского моря варьировало от III класса («чистые») в период половодья до II класса («умеренно загрязненные») в осеннюю межень. Качество ДО в целом, определялось как удовлетворительное, а по содержанию НУ осадки характеризовались как «чистые».

В целом, комплексная оценка качества морской среды показала ухудшение экологической обстановки на акватории Среднего Каспия, в то время как в Северном Каспии она улучшилась по сравнению с 2020 г.

На Дагестанском взморье главным приоритетным загрязнителем оставались фенолы, их средняя концентрация достигала 3,29 ПДК у Махачкалы. Средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах 1 ПДК, причем концентрация аммонийного азота увеличилась вдвое по сравнению с предыдущим годом. По уровню ИЗВ морские воды характеризовались как «загрязненные» в районах Лопатина и Махачкалы, и как «умеренно загрязненные» на взморьях рек Терека и Сулака и в районе Каспийска. На взморье реки Терек отмечалось уменьшение ИЗВ, а в районе Махачкалы – его увеличение.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

Крутов А. Н., Хорошенькая Е. А., Сулименко Е. А., Дербичева Т. И., Кобец С. В., Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Алексеенко А. И., Кирьянов В. С., Кочетков В. В.

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 располагается между крайними точками: 47°17' с.ш. и 39°49' в.д. на северо-востоке в вершине Таганрогского залива, 39°18' в.д. на западе (Арабатский залив) и на юге Керченского пролива (45°17' с.ш.) между мысами Такиль и Панагия. Площадь поверхности моря без залива Сиваш и лиманов восточного побережья по разным оценкам составляет 37802–39100 км², объем воды 290 км³ при среднемноголетнем уровне. Средняя глубина моря 7,4 м, максимальная глубина в центре моря составляет 14,4 м. Наибольшая длина Азовского моря по линии коса Арабатская стрелка – дельта Дона составляет 380 км, наибольшая ширина по меридиану между вершинами Темрюкского и Белосарайского заливов – 200 км (Азовское море, 1962, 1974, 1986, 1991, Черное море, 1991).

Северо-восточная часть моря представляет собой обширный эстуарий р. Дон – мелководный и сильно распресненный Таганрогский залив, к западу от которого северное побережье моря разделяется песчано-ракушечными косами на сеть заливов. Самыми обширными из них являются Бердянский и Обиточный, площадь которых составляет 0,73 и 1,89 тыс. км² соответственно при средней глубине 6–7 м (Азовское море, 2006).

В западной части моря песчано-ракушечная пересыпь Арабатская стрелка отделяет море от мелководного осолоненного залива Сиваш. Залив представляет собой ряд мелководных соленых водоемов, существенно различающихся между собой по гидрологическому и гидрохимическому режимам, разделенных большим числом островов и засух. Обычно его принято разделять на два больших района – Западный Сиваш и Восточный Сиваш – общей площадью 1110 и 1433 км² соответственно. Площадь непосредственно водного зеркала залива Сиваш составляет примерно 89–91%, а остальная площадь приходится на острова и засухи. Водообмен Азовского моря с заливом Сиваш играет незначительную роль в водном балансе моря и осуществляется через пролив Генический. Пролив в настоящее время состоит из двух рукавов – Тонкий и Промоина (Арабатский). Основной водообмен залива Сиваш с Азовским морем осуществляется через рукав Тонкий. Он 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, площадь сечения на гидростворе вблизи мареографа морской гидрометеостанции Геническ при среднемноголетней величине уровня 482 см в этом пункте составляет 276 м². За многолетний период приток азовских вод в Сиваш составил 1,22 км³/год (60% от всего объема вод залива), а отток сивашских вод в Азовское море – 0,41 км³/год (25%). Через пролив Промоина (Арабатский) водообмен Сиваша с Азовским морем долгое время отсутствовал или осуществлялся в очень ограниченном объеме, но в настоящее время существует постоянный водообмен. Ширина пролива сейчас составляет в среднем 100–120 м. В районе впадения в Азовское море пролив расширяется до 170 м и очень мелководен, здесь расположен ряд мелких островков и отмелей (Ильин, 2009, Дьяков 2015, Семенова, 1962, Слагинский, 1986, Львова, 1982).

Юго-западная часть моря представляет собой обширные заливы Арабатский и Казантипский, разделенные мысом Казантип, площадью 0,74 и 0,24 тыс. км², при средней глубине 8 и 9 м соответственно. На юго-востоке расположена эстуарная область р. Кубань – Темрюкский залив площадью 1,22 тыс. км² при средней глубине 9 м. 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 побережье отличается крутым береговым склоном до глубин 11–12 м. Изобата 5 м расположена примерно в 2 км от берега. В центральной части моря расположена обширная подводная равнина Панова протяженностью 120–140 км, в современных отложениях которой преобладают глинистые и мелкоалевритовые илы с примесью песчаных частиц (Матишов, 2006).

Северное побережье моря характеризуется обрывистыми берегами (средняя высота обрывов 7–15 м), а также системой песчано-ракушечных кос, увеличивающихся в размерах к западу моря. 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. Восточные берега от г. Темрюк до г. 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 сложенные мшанковыми известняками мысы чередуются с крупными заливами и небольшими бухтами.

В Азовское море впадают две большие реки Дон и Кубань, поставляющие в море 95% суммарного речного стока, 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 остальную часть года. Кубань имеет более сложное внутригодовое распределение стока с продолжительным весенне-летним половодьем и кратковременными мощными зимними паводками. В настоящее время сток обеих рек зарегулирован вследствие хозяйственной деятельности человека (сооружение водохранилищ, изъятие вод на орошение и др.). Общая площадь водосборного бассейна Дона составляет 422 тыс. км², а Кубани – 58–59 тыс. км² (Бронфман, 1985). При впадении в море реки образуют обширные много рукавные 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. Протяженность устьевой области Дона составляет примерно 300 км, из которых 140 км приходится на Таганрогский залив. Средняя ширина Таганрогского залива составляет 37 км, ширина в самой узкой и широкой части соответственно 26 и 52 км, средняя глубина залива около 5 м, площадь 5240 км², объем вод 24,6 км³. Протяженность морской дельты около 55 км. Водообмен Таганрогского залива и собственно Азовского моря осуществляется через Должанский пролив, расположенный между косами Долгая и Белосарайская. Должанский пролив относится к поперечным двумерным проливам, его ширина составляет 30 км при средней глубине – 6,6 м, а площадь поперечного сечения – 0,191 км² (Азовское море, 1962, 1991, Симов, 1989).

Водообмен Азовского моря с Черным осуществляется через Керченский пролив. Географические границы пролива располагаются по линиям со стороны Азовского моря – между мысами Хрони и Ахиллеон, со стороны Черного моря – между мысом Такиль и мысом Панагия. В этих границах 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 пролива расположена область небольших глубин (в среднем глубина между мысами Камыш-бурун и Еникале составляет 3,5 м при максимальных значениях 7,4 м). В северном, примыкающем к Азовскому морю районе пролива, средняя глубина составляет 6,7 м, максимальная глубина – 10,5 м.

Для западного побережья Керченского пролива характерны возвышенные и обрывистые приглубые берега. Берег относительно мало изрезан, в него вдаются Керченская и Камыш-Бурунская бухты. Восточный берег Керченского пролива невысокий и малоизрезанный, в него врежется обширный Таманский залив (площадь 313 км², глубины 3–5 м). Северная часть Таманского залива включает мелководную область – залив Динской с преобладающими глубинами 1–2 м (Азовское море, 1962, 2006, Мамыкина, 1980, Дьяков, 2020, Игнатов, 2003).

Азовское море расположено в южной части умеренного климатического пояса и его климат формируется под влиянием радиационного фактора и атмосферной циркуляции. Среднегодовая температура воздуха над Азовским морем возрастает от 9,3–9,5°C на севере-востоке моря до 11,3°C – на юге моря. 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 маловетренной, 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 (Азовское море, 1986, 1991, Ильин, 2009).

Определяющее влияние на формирование гидрологического режима небольшого по объему и мелководного Азовского моря оказывают климатические факторы, а также многолетняя и сезонная изменчивость компонентов водного баланса моря, основными из которых являются речной сток и водообмен через Керченский пролив. Положительный пресный баланс моря (речной сток плюс осадки минус испарение) обеспечивает невысокую соленость Азовского моря по сравнению с Черным. Водный и солевой обмен через Керченский пролив определяется региональными ветровыми условиями и низкочастотными колебаниями уровня в сопредельных бассейнах. Изменчивость солеобразующих факторов обусловлена общей циркуляцией атмосферы и антропогенным преобразованием стока основных рек – безвозвратным водопотреблением и преобразованием внутригодового режима стока (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Бронфман, 1985).

Распределение солености Азовского моря характеризуется наличием фронтальных зон в областях трансформации речных вод (в приустьевых районах Дона и Кубани) и в районах смешения азовских и черноморских вод. Солевой обмен с заливом Сиваш незначителен и влияет на ограниченный по площади район моря вблизи пролива Тонкий. Центральная часть моря занята достаточно однородной по солености водой 11,5–12,0‰, в годы с пониженным стоком рек в море соленость может увеличиваться до 12,5–13,0‰. Наибольшие горизонтальные градиенты солености до 10–11‰ наблюдаются в Таганрогском заливе во все сезоны года и связано с наличием сильного опресняющего источника – реки Дон. Вертикальные градиенты солености на большей части акватории незначительные, в среднем они составляют 0,06–0,12‰/м. Наибольшая разность солености между поверхностью и дном, достигающая 3–7‰ и составляющая в среднем 1–2‰, отмечается во фронтальных зонах Таганрогского и Темрюкского заливов, а также в предпроливном Керченском районе. Воды Азовского моря имеют слабо выраженную температурную стратификацию. В период выхолаживания (январь-март) вертикальные температурные градиенты практически отсутствуют. С мая по сентябрь формируется устойчивая температурная стратификация. Наибольшие вертикальные градиенты 0,14–0,16°C/м отмечаются в мае-июне вблизи Керченского пролива (Ильин, 2009).

Общий циклонический характер циркуляции вод Азовского моря обусловлен главным образом ветром. Большая изменчивость направления и скорости течений также зависит от ветра, который вызывает чисто дрейфовые течения во всей толще мелкого Азовского моря и создает повышение уровня у берегов. Циркуляция вод характеризуется достаточно

выраженными вихревыми образованиями, обусловленными морфометрическими особенностями бассейна. Их положение, конфигурация и количество определяются генеральным направлением ветра. Вдоль границ, разделяющих основные круговороты, происходит усиление интегральной циркуляции. Здесь формируются узкие интенсивные полосы, в которых интегральные потоки массы направлены против ветра, что является следствием компенсационных противотечений в нижних слоях моря. В предустьевых районах Дона и Кубани прослеживаются стоковые течения (Ильин, 2009).

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 неперiodические сгонно-нагонные колебания уровня, связанные с атмосферными процессами продолжительностью от 2–3 до 15 суток. Поскольку сгонно-нагонные изменения имеют вид сейши с одной узловой линией, проходящей примерно через центр моря, то наименьшие колебания уровня наблюдаются вблизи этой линии, т. е. 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 максимальна и достигает 609 см. (Ильин, 2009).

Особенностью ледового режима Азовского моря является ежегодное образование льда на его акватории даже в относительно мягкие зимы. Внутриконтинентальное географическое положение моря в южной части умеренного пояса, изолированность от Мирового океана, мелководность моря, низкая соленость его вод, изрезанность и орография берегов определяют ледовые условия моря. В мягкие зимы лед образуется преимущественно в северной части моря и в Таганрогском заливе. Здесь наблюдается большое разнообразие форм плавучего льда, а также неоднократное появление и исчезновение льда в течение сезона. Быстрая и частая смена зимней погоды влечет за собой крайнюю неустойчивость ледовых условий, 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. Последней очищается западная часть моря в конце апреля – начале мая (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Дьяков, 2016, Боровская, 2008).

2.2. Устьевая область реки Дон и Таганрогский залив

Основными источниками загрязнения акватории Таганрогского залива являются промышленные и коммунально-бытовые сточные воды, поступающие с речным стоком р. Дон, а также сточные воды очистных сооружений МП «Азовводоканал». Свой вклад в загрязнение акватории вносит также коллекторно-дренажный сток оросительных систем и ливневые сточные воды, которые без очистки поступают в р. Дон. Кроме того, в акваторию также поступают загрязнения от водного транспорта.

В 2021 г. гидрохимические наблюдения проводились в устьевой области р. Дон, а также в восточной и центральной частях Таганрогского залива. Отбор проб выполнялся Донской устьевой станцией (ДУС) и производился на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец (9р), Переволока (12р) и Песчаный (13р) в апреле, мае, июле и октябре, а также на станциях 1–10, 13, 14 в Таганрогском заливе ежемесячно с мая по октябрь (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы, а в Таганрогском заливе – 148. На месте отбора проб определялась величина водородного показателя (рН) и производилась фиксация проб на кислород, аммонийный азот и ртуть, а также экстракция нефтепродуктов четыреххлористым углеродом и пестицидов гексаном. Завершение определения содержания нефтяных углеводородов, выполненных с применением ИКС-метода, а также растворенных в воде соединений ртути с применением атомно-абсорбционного метода и хлорорганических пестицидов (газожидкостная хроматография) производилось в лаборатории Ростовского ЦГМС. В тот же период в устьевой области реки и восточной части залива был выполнен анализ на содержание нефтяных углеводородов в 21 пробе донных отложений.

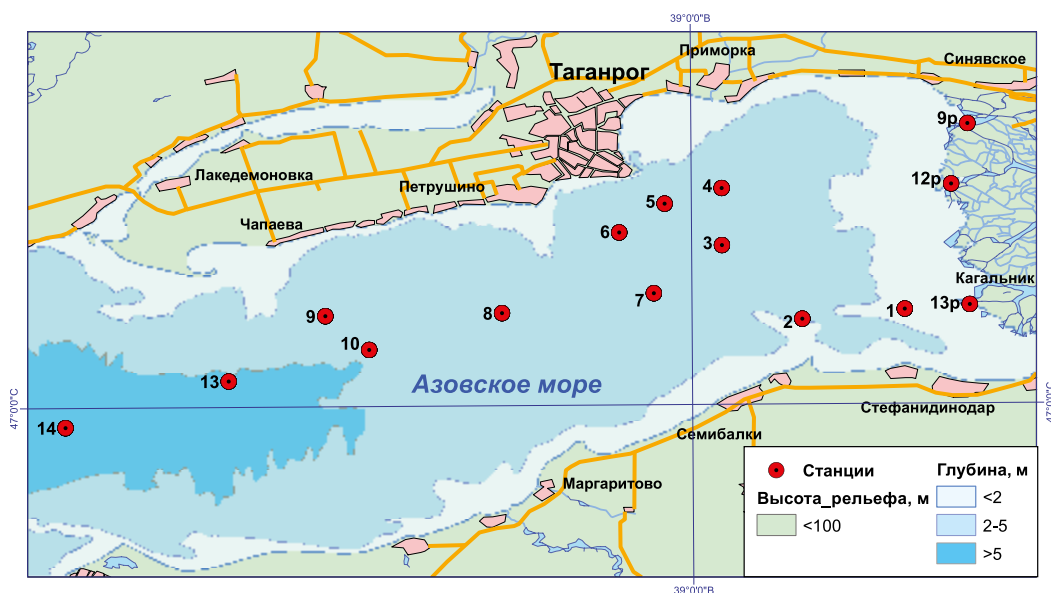


Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2021 г.

2.2.1. Загрязнение вод устьевой области р. Дон и Таганрогского залива

Устьевая область реки Дон. Среднегодовая **соленость** речного стока в устьях рукавов р. Дон составила 0,58‰ и изменялась в пределах от 0,31‰ до 1,29‰ (рис. 2.2). Максимальное значение было зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 16 апреля. За последние четверть века соленость вод в устье реки существенно повысилась. Различия солености между протоками обычно незначительные. Хлорность варьировала в пределах между 0,027‰ и 0,610‰. Температура воды в период проведения наблюдений изменялась от 10,8°C до 29,0°C. Значения рН в устьях рукавов Дона были в диапазоне 8,01–8,82, составив в среднем 8,36 ед. рН. Щелочность изменялась в пределах 2,947–4,637 мг-экв/дм³, в среднем за год составила 3,660 мг-экв/дм³.

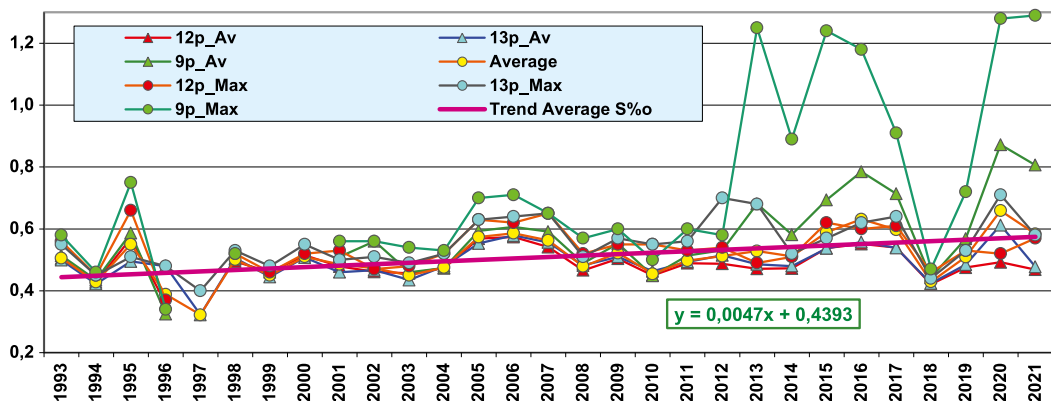


Рис. 2.2. Динамика среднегодового значения солёности (‰) в эстуарных протоках реки Дон в 1993–2021 гг.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах устьевых протоков реки Дон остается повышенной. В 2021 г. среднегодовая концентрация в устье рукавов Переволока, Песчаный, и Мертвый Донец составила 0,05; 0,06 и 0,105 мг/дм³ соответственно (1,0–2,1 ПДК), а максимальные величины достигали 0,14; 0,16 и 0,29 мг/дм³ (табл. 2.1). В 16 из 24 проанализированных проб концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в октябре и мае в обоих слоях протоки Мертвый Донец (3,2–5,8 ПДК). В течение всего периода наблюдений уровень загрязнения устьевой области р. Дон остается стабильно высоким и за исключением 5 лет (2000, 2009, 2010, 2012 и 2013 гг.) среднегодовая концентрация постоянно превышает ПДК (рис. 2.3). Причем, в последние годы наблюдается стабильная тенденция повышения уровня загрязнения.

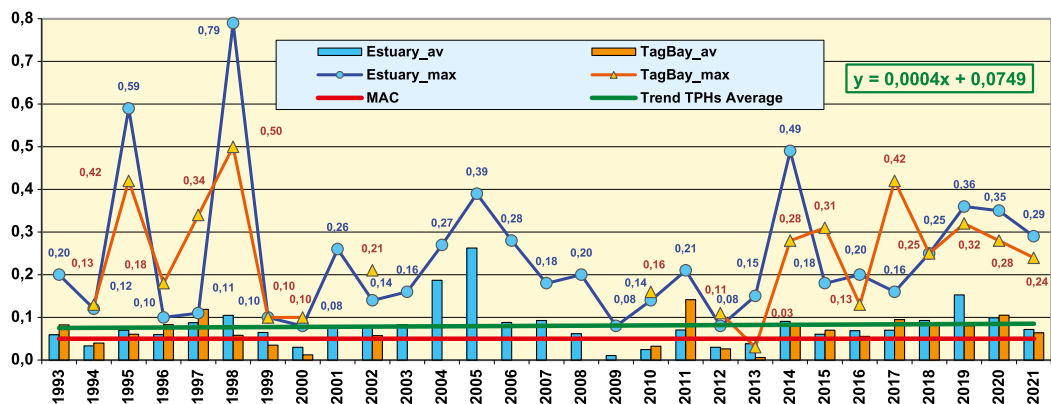


Рис. 2.3. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах устьевой области р. Дон в 1993–2021 гг.

В устьях рукавов дельты Дона растворенная **ртуть** была обнаружена в 11 из 12 обработанных проб, причем в 9 пробах содержание ртути превышало ПДК, а средняя концентрация составила 0,017 мкг/дм³. Максимальное превышение (2,8 ПДК) было зафиксировано в рукаве Мертвый Донец на поверхности в конце мая. Содержание СПАВ

было ниже аналитического нуля в 20 из 24 отобранных в дельте р. Дон проб; средняя составила 2,3, а максимальная 19,8 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

Биогенные элементы. В 2021 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась в диапазоне 50–322 мкгN/дм³; среднегодовая составила 158 мкгN/дм³ (рис. 2.4). Максимум (0,40 ПДК) отмечен в пробе, отобранной у дна в рукаве Песчаный в конце октября. За весь период наблюдений с начала 1990-х до начала 2000-х годов наблюдалась стабильная тенденция снижения концентрации ионов аммония в водах дельты, потом наступила некоторая стабилизация на уровне около 55 мкг/дм³, а значительное увеличение зафиксировано лишь в 2019 г.

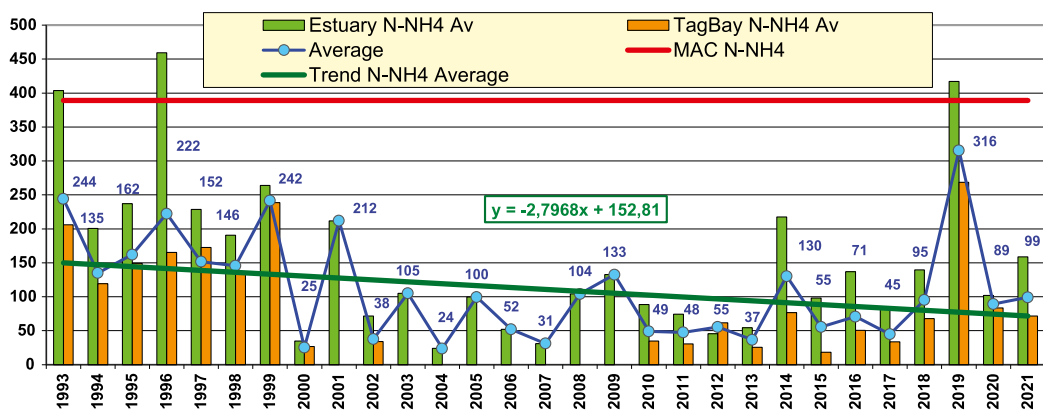


Рис. 2.4. Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2021 гг.

Содержание нитритов в 24 отобранных пробах было в пределах 9,6–59,9 мкгN/дм³, средняя 39,8 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный в конце мая в пробе, отобранной у дна. В последние 10 лет среднегодовая концентрация нитритов в водах устьевой области р. Дон была стабильной и редко превышала ПДК, а максимальная стабильно превышала ПДК в несколько раз. Например, в 2003 г. максимум составил 390 мкгN/дм³, а в 2001 г. – 197 мкгN/дм³. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в диапазоне 1,4–34 мкгN/дм³; средняя составила 11,2 мкгN/дм³, а в рукавах – 30,2–235,2 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный у дна в конце мая. С начала 2000-х годов складывается положительная тенденция снижения концентрации нитратов в водах дельты р. Дон. Концентрация фосфатов в рукавах в 2021 г. изменялась в пределах 9,9–185,5 мкгP/дм³; максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в конце мая в пробе, отобранной у поверхности; среднегодовая концентрация составила 102,7 мкгP/дм³ (2,05 ПДК). Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась в узком диапазоне около 80 мкгP/дм³, а максимальные величины были близки к уровню 250 мкгP/дм³. Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона изменялась в диапазоне 19,6–192,1 мкгP/дм³ (у поверхности в устье рукава Переволока в конце июля), а среднегодовая составила 124,8 мкгP/дм³, что на 20% больше прошлогодней (91,8 мкгP/дм³). В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 4032 мкг/дм³; минимальная – 416 мкг/дм³ (конец октября у дна в протоке Мертвый Донец); максимальная – 9017 мкг/дм³ была зафиксирована в конце мая в устье рукава Переволока в придонном слое.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде **кислорода** изменялась в пределах 4,31–10,98 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,21 мгО₂/дм³. Минимальное содержание, которое было ниже норматива более чем на 28%, было отмечено в водах Мертвого Донца в конце мая в придонном слое. В устьях других рукавов также было зафиксировано несколько случаев пониженного содержания кислорода. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировалась от 89% в рукаве Мертвый Донец до 94% в рукаве Переволока, а минимальная от 53% в рукаве Мертвый Донец до 74% в рукаве Песчаный. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в устьевой области р. Дон остается достаточно стабильной в течение длительного периода и изменяется от 8,37 мгО₂/дм³ до 10,21 мгО₂/дм³. За последние 10 лет среднегодовая величина имеет тенденцию к увеличению и за 10-летие составила 8,75 мгО₂/дм³.

В 2021 г. качество воды в устьевых протоках реки Дон незначительно улучшилось по сравнению с предыдущими годами. Численное значение индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,52) несколько уменьшилось по сравнению с прошлым годом, но класс качества вод по этому показателю остался прежним, «загрязненные» (табл. 2.2). Приоритетными загрязняющими веществами были фосфаты, нитриты и ртуть.

Таганрогский залив. В 2021 г. температура вод залива в период наблюдений с мая по октябрь изменялась в пределах 5,1–31,8°С. Соленость залива, вследствие его мелководности, в значительной степени зависит от объема речного стока и в 2021 г. изменялась в очень широком диапазоне 0,49–11,23‰, составив в среднем 5,36‰. Значения меньше 1‰ фиксировались только на станциях №№ 1, 2, что очевидно связано со значительным влиянием пресного речного стока Дона. В западной части залива соленость больше 6‰ была зафиксирована на всех станциях как на поверхности, так и у дна. Повышенная соленость в Таганрогском заливе вероятно связана с вторжением более соленых морских вод при юго-западных и западных ветрах. Хлорность в водах залива изменялась в диапазоне 0,135–6,140‰ при средней за год 2,894‰; щелочность варьировала в широких пределах от 2,362 до 4,274 мг-экв/дм³ и в среднем за год составила 3,302 мг-экв/дм³; значения pH были в диапазоне 7,77–9,04, среднее (8,70) очень близкое к прошлогоднему.

Нефтяные углеводороды. Концентрация нефтяных углеводородов, которые традиционно являются одними из главных загрязнителей вод Таганрогского залива, варьировала от предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) до 0,24 мг/дм³ (4,80 ПДК); средняя составила 1,2 ПДК, что примерно на уровне прошлогоднего значения (1,60) и близко к среднему за последние 5 лет (рис. 2.3). Повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 62%, что ниже уровня предыдущих лет – 67%, 62% и 53%. Среднегодовая концентрация НУ с 1993 г. по 2003 г. составила 0,065 мг/дм³, увеличившись с 2003 г. по 2007 г. до 0,143 мг/дм³, а далее наблюдался стабильный рост.

Концентрация СПАВ изменялась от аналитического нуля до 39 мкг/дм³; средняя по всем отобраным пробам составила 8,6 мкг/дм³ (0,09 ПДК). Концентрация растворенной ртути была выше предела обнаружения во всех 12 обработанных пробах. Максимальное значение достигало 0,029 мкг/дм³ (2,90 ПДК), среднее составило 0,0195 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были, все значения были ниже предела обнаружения DL=2–5 нг/дм³.

Биогенные элементы. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 428 мкгN/дм³, что в 1,84 раза больше прошлогодней (232 мкгN/дм³); а средняя по всем отобраным пробам составила 72 мкгN/дм³, что

несколько меньше прошлогодней (83 мкгN/дм^3), что подтверждает отмеченную ранее общую тенденцию снижения среднегодовой концентрации соединений азота в водах залива. Содержание нитритов в заливе изменялось в пределах, близких к прошлогоднему: $1,4\text{--}34,0 \text{ мкгN/дм}^3$. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила $11,15 \text{ мкгN/дм}^3$, что более чем в 3 раза меньше среднегодового уровня в устьевых протоках Дона (рис. 2.5).

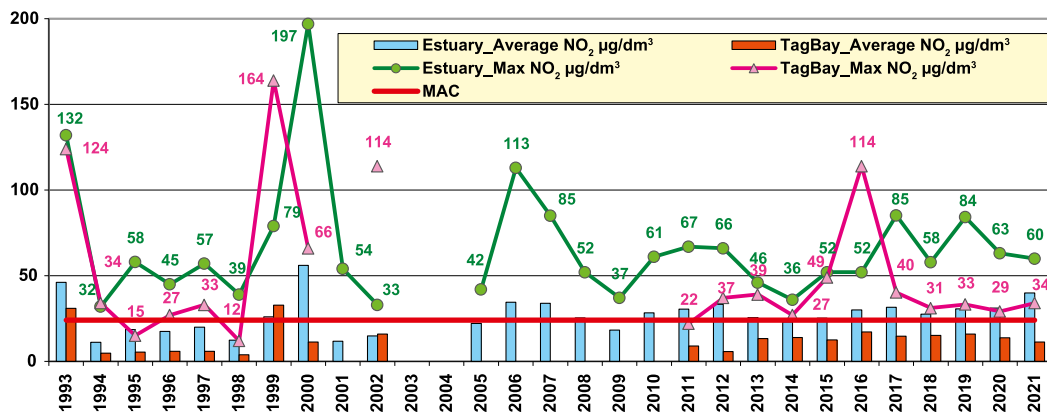


Рис. 2.5. Динамика средней и максимальной концентрации нитритного азота (мкг/дм^3) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2021 гг.

В восточной части Таганрогского залива концентрация нитратов изменялась в пределах $10,0\text{--}159,7 \text{ мкгN/дм}^3$. Максимальное значение зафиксировано 11 ноября на ст. № 2 на поверхности. Средняя концентрация нитратов по всем отобраным пробам составила $29,4 \text{ мкгN/дм}^3$ и оказалась практически равной прошлогодней ($29,8 \text{ мкгN/дм}^3$). В водах залива концентрация фосфора фосфатов изменялась от предела обнаружения применяемого метода химического анализа ($DL=10 \text{ мкгP/дм}^3$) до $50,4 \text{ мкгP/дм}^3$, что существенно ниже прошлогоднего диапазона. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила $9,69 \text{ мкгP/дм}^3$ ($0,19 \text{ ПДК}$). Содержание общего фосфора изменялось от $8,9 \text{ мкгP/дм}^3$ до $316,4 \text{ мкгP/дм}^3$, составив в среднем $44,2 \text{ мкгP/дм}^3$, что на 15% меньше, чем в прошлом году. Максимальная концентрация зафиксирована в конце апреля у поверхности на станции № 14. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива изменялась в пределах $201\text{--}3019 \text{ мкг/дм}^3$, средняя по всем отобраным пробам составила 1703 мкг/дм^3 , что почти в 2 раза меньше прошлогодней величины (3029 мкг/дм^3).

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в широком диапазоне $0,55\text{--}13,53 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, в среднем $8,31 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Минимальное значение было зафиксировано 12 июля на самой западной ст. № 10 на глубине 4,6 м. Насыщение воды кислородом в этой пробе составило всего 7%. Столь низкой концентрации растворенного кислорода не было зафиксировано ни на одной станции за все время наблюдений. В целом уровень среднего содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. Расчет значения индекса загрязненности ($ИЗВ=1,10$) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод: нефтяные углеводороды, ртуть и нитриты. В целом по индексу ИЗВ воды Таганрогского залива в 2021 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Среднегодовая и максимальная концентрации загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2019–2021 гг.

Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,153	3,06	0,099	1,98	0,072	1,44
	0,36	7,20	0,35	7,00	0,29	5,80
СПАВ	7,5	0,08	6,7	0,07	2,3	0,02
	34	0,34	20,8	0,21	19,8	0,20
Ртуть Hg	0,0194	1,94	0,0244	2,44	0,0173	1,73
	0,034	3,40	0,042	4,20	0,028	2,80
Азот аммонийный N-NH ₄	417	1,07	102	0,26	159	0,40
	665	1,71	265	0,68	322	0,81
Азот нитритный N-NO ₂	30,6	1,28	31,1	1,30	39,8	1,66
	84,2	3,51	63,1	2,63	59,9	2,50
Фосфор фосфатов P-PO ₄	93,6	1,87	78,1	1,56	102,7	2,05
	156,0	3,12	159,5	3,19	185,5	3,71
Растворенный кислород	6,01		8,44		8,21	
	4,66	0,78	5,60	0,93	4,31	0,72
% насыщения	91,3		89,5		87,8	
	79		70		53	
Таганрогский залив						
НУ	0,08	1,60	0,105	2,10	0,064	1,28
	0,32	6,40	0,28	5,60	0,24	4,80
СПАВ	18	0,18	4,64	0,05	8,55	0,09
	35	0,35	21,2	0,21	38,8	0,39
Ртуть Hg	0,015	1,50	0,015	1,50	0,0195	1,95
	0,034	3,40	0,024	2,40	0,029	2,90
Азот аммонийный N-NH ₄	269	0,69	83,4	0,21	71,6	0,18
	578	1,48	232	0,60	428	1,07
Нитритный азот N-NO ₂	15,9	0,66	13,77	0,57	11,15	0,46
	33,2	1,38	29,2	1,22	34,0	1,42
Фосфор фосфатов P-PO ₄	18,5	0,37	14,6	0,29	11,7	0,23
	44,7	0,89	81,5	1,63	50,4	1,01
Растворенный кислород	9,76		9,01		8,31	
	6,54		2,83	0,47	0,55	0,09
% насыщения	113		102,6		93,5	
	79		37		7	
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм ³ ; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути в мкг/дм ³ . 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.						

Таблица 2.2. Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	1,97	V	1,68	IV	1,52	IV	Hg 1,73; NO ₂ 1,56; PO ₄ 2,05; O ₂ 0,73
Таганрогский залив	1,09	III	1,21	III	1,10	III	Hg 1,95; NO ₂ 0,46; НУ 1,28; O ₂ 0,72

2.2.2. 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 110,0 мкг/г до 180,0 мкг/г. Максимум отмечен в последней декаде мая в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 140,8 мкг/г (2,82 ДК).

В Таганрогском заливе на ст. №4,5,6 было отобрано 12 проб донных отложений, в которых было определено содержание НУ. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне 8,0–170 мкг/г (3,40 ДК), а средняя равнялась 119,2 мкг/г (2,38 ДК), что несколько выше значения прошлого года (90 мкг/г, 1,80 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

Выводы

Главными факторами, определяющими качество вод Таганрогского залива, являются речной сток и хозяйственная деятельность на его акватории, в том числе морской транспорт. Среднегодовая **соленость** речного стока в устьях рукавов р. Дон составила 0,58‰ и изменялась в пределах от 0,31‰ до 1,29‰. Соленость вод залива в 2021 г. изменялась в очень широком диапазоне 0,49–11,23/5,36‰. На станциях в дельте воды незначительно отличались от пресных, а в западной части залива соленость превышала 6‰. Концентрация нефтяных углеводородов в водах устьевых протоков р. Дон (рукавов Переволока, Песчаный и Мертвый Донец) составила 0,05; 0,06 и 0,115 мг/дм³, и в 67% проб превышала ПДК. В заливе содержание НУ было от аналитического нуля до 0,24 мг/дм³ (4,80 ПДК); средняя составила 1,2 ПДК. Растворенная ртуть в дельте Дона была обнаружена в 11 из 12, а в девяти превышала ПДК; среднегодовая концентрация 0,017 мкг/дм³ (1,70 ПДК). В водах Таганрогского залива концентрация растворенной ртути достигала 0,029 мкг/дм³ (2,90 ПДК), среднее составило 0,0195 мкг/дм³. Концентрация аммонийного азота в водах устьевых протоков р. Дон изменялась в диапазоне 50–322 мкгN/дм³; среднегодовая составила 158 мкгN/дм³. До 2017 г. в водах устьевых протоков р. Дон наблюдалась тенденция снижения концентрации аммонийного азота, однако в последние годы отмечено увеличение. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории Таганрогского залива составила 428 мкгN/дм³, что в 1,84 раза больше прошлогодней (232 мкгN/дм³); а средняя по всем отобраным пробам составила 72 мкгN/дм³. Содержание нитритов в водах устьевой области р. Дон в 24 отобранных пробах было в пределах 9,6–59,9 мкгN/дм³, средняя 39,8 мкгN/дм³. Содержание нитритов в водах Таганрогского залива изменялось в пределах 1,4–34,0 мкгN/дм³; а средняя концентрация по всем пробам составила 11,15 мкгN/дм³. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в диапазоне 1,4–34 мкгN/дм³; средняя составила 11,2 мкгN/дм³, а в Таганрогском заливе изменялась в пределах 10,0–159,7 мкгN/дм³. Концентрация фосфатов в рукавах р. Дон в 2021 г. изменялась в пределах 9,9–185,5 мкгP/дм³, а общего фосфора в диапазоне

19,6–192,1 мкгР/дм³. В водах Таганрогского залива значения были в пределах от аналитического нуля до 50,4 мкгР/дм³, средняя – 9,69 мкгР/дм³ (0,19 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось от 8,9 мкгР/дм³ до 316,4 мкгР/дм³, составив в среднем 44,2 мкгР/дм³. В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 4,31–10,98 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,21 мгО₂/дм³. Минимальное содержание было ниже норматива более чем на 28%. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировалась от 89% до 94%. Концентрация растворенного кислорода в водах залива изменялась в широком диапазоне 0,55–13,53 мгО₂/дм³, и в среднем составила 8,31 мгО₂/дм³. В 2021 г. в устьевых протоках р. Дон значение индекса загрязненности вод, определенное по приоритетным веществам (фосфаты, нитриты и ртуть) составило ИЗВ=1,52. По этому показателю воды устьевых протоков р. Дон отнесены к «загрязненным». Индекс загрязненности вод Таганрогского залива, определенный по приоритетным загрязняющим веществам (нефтяные углеводороды, ртуть и нитриты) составил ИЗВ=1,10. По этому показателю воды отнесены к «умеренно загрязненным».

2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

2.3.1. Система мониторинга устьевое взморья р. Кубань

В 2021 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой гидрометеорологической станцией Кубанская (ГМС «У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст. № 1, глубина 5 м) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались ежедекадно. В Темрюкском заливе на устьевом взморье рукавов Кубань (ст. № 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18), Протока (ст. № 29, 31), в устьевой области Кубани в гирлах лиманов (ст. № 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст. № 5у, 6у) – всего на 17 станциях с глубинами 2–11 м; пробы отбирались один раз в месяц в апреле, июне, августе и октябре (рис. 2.6). Всего в 2021 г. было отобрано и проанализировано 188 проб. Отбор проб воды в Темрюкском заливе проведен с моторной лодки «Беркут S-Jacket» из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся 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 «Руководства по химическому анализу поверхностных вод с.ш.», Л., Гидрометеопиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических (группа ДДТ) и фосфорорганических пестицидов, а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

Низовья дельты реки Кубань – район 1. Отбор проб производился в двух точках, расположенных в устье рукава Протока у пос. Ачуево (5у) и 500 м выше по течению от устья Петрушина рукава (6у). Всего на этих двух станциях было отобрано 12 проб. Температура воды в рукаве Протока изменялась от 8,80°C в начале апреля до 25,7°C в начале августа, а в Петрушином рукаве температура воды была в диапазоне от 12,4°C в конце апреля и 12,20°C в середине октября до 27,20°C в конце августа. За период наблюдений с 1990 г. по 2008 г. наблюдался рост среднегодовой температуры. За этот период она выросла с 17,98°C до 21,26°C.



Рис. 2.6. Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2021 г. Районы: 1 – дельта Кубани; 2 – порт Темрюк; 3 – взморье Кубани; 4 – взморье Протоки; 5 – протоки лиманов

Начиная с 2009 г. наблюдается тенденция снижения среднегодовой температуры. За 12 последних лет среднегодовая температура воды снизилась на 2,61°C. Соленость в устьях обоих рукавов Кубани изменялась в небольших пределах, что скорее всего связано со значительным влиянием речного стока. Так, в Петрушином рукаве в августе в придонном слое была зафиксирована максимальная соленость в 0,55‰, а минимальная (0,25‰) отмечена в апреле (табл. 2.3). В последние три десятилетия динамика среднегодовой солености вод всего района Темрюкского залива была разнонаправленной (рис. 2.7).

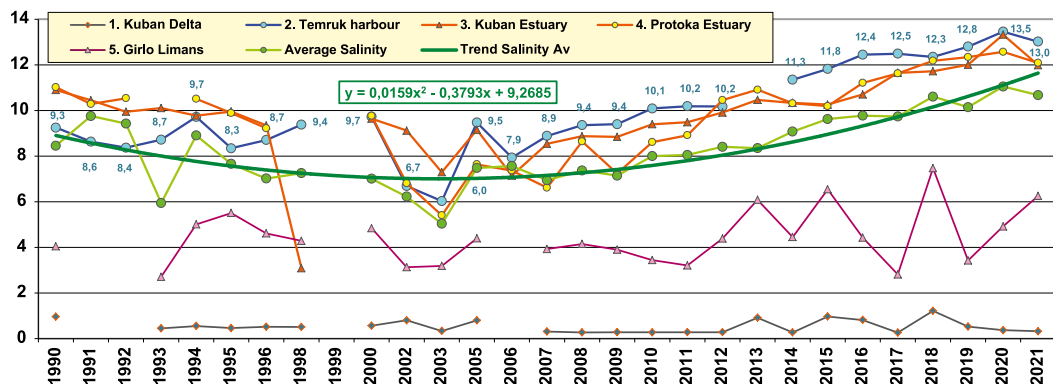


Рис. 2.7. Динамика среднегодовой солености (‰) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

Среднее значение хлорности в рукавах р. Кубань составило 6,85‰ при средней за период наблюдений 0,19‰. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод, изменялся в пределах 8,14–8,48 составив в среднем 8,33 ед. pH; щелочность изменялась в пределах от 2,045 до 2,656 мг-экв/дм³, в среднем 2,231 мг-экв/дм³.

Таблица 2.3. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2021 г.

Район	T °C	Sal. ‰	O ₂ * мг/дм³	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)	18,7	0,32	8,79	93	8,33	26,7	43,3	14,4	909	198		1982
	27,2	0,55	6,23	79	8,14	48,9	72,9	43,9	1549	302		2587
2. Порт Темрюк – район 2 (ст. 1)	12,6	13,02	9,82	98	8,25	12,2	24,8	15,3	126	194	830	788
	28,1	14,31	5,86	78	8,46	31,3	57,6	29,7	252	342	470	1262
3. Взморье реки Кубань – район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	18,6	11,99	9,08	104	8,22	3,1	17,1	8,2	150	163	681	969
	25,8	13,97	6,36	81	8,46	10,3	33,6	16,8	425	390	940	2631
4. Взморье рукава Протока – район 4 (ст. 29,31)	18,9	12,08	9,39	108	8,29	4,0	17,6	8,0	195	166	650	946
	25,7	13,38	7,60	95	8,44	7,2	25,0	12,3	379	321	860	1352
5. Гирла лиманов – район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	18,1	6,26	8,62	92	8,41	3,8	20,6	13,2	254	215		1284
	29,0	12,97	5,97	77	8,76	17,4	41,1	52,5	980	430		2249
* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мгО ₂ /дм³ и % насыщения.												

В 12 отобранных пробах концентрация ионов аммония в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 89,1 до 302 мкг/дм³ (табл. 2.3, рис. 2.8). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока, также как и в Петрушином рукаве (230 мкг/дм³), в начале августа. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 194,75 мкг/дм³ (0,50 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 204,25 мкг/дм³ (0,52 ПДК). Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило 11,7 мкгN/дм³ (0,49 ПДК), а в рукаве Протока 19,70 мкгN/дм³ (0,83 ПДК); нитратов – 882 мкгN/дм³ (0,10 ПДК) и 963 мкгN/дм³ (0,11 ПДК); фосфатов – 29,4 и 21,4 мкгP/дм³; общего фосфора 47,7 и 34,5 мкгP/дм³ (рис. 2.9); силикатов – 2051 и 1845 мкг/дм³ соответственно. Наибольшее содержание кремния (2587 мг/дм³) было зафиксировано в Петрушином рукаве в начале апреля.

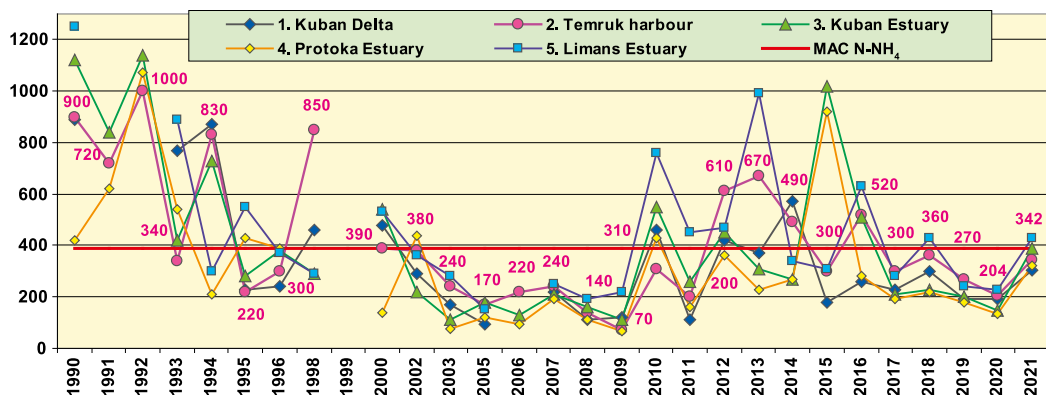


Рис. 2.8. Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

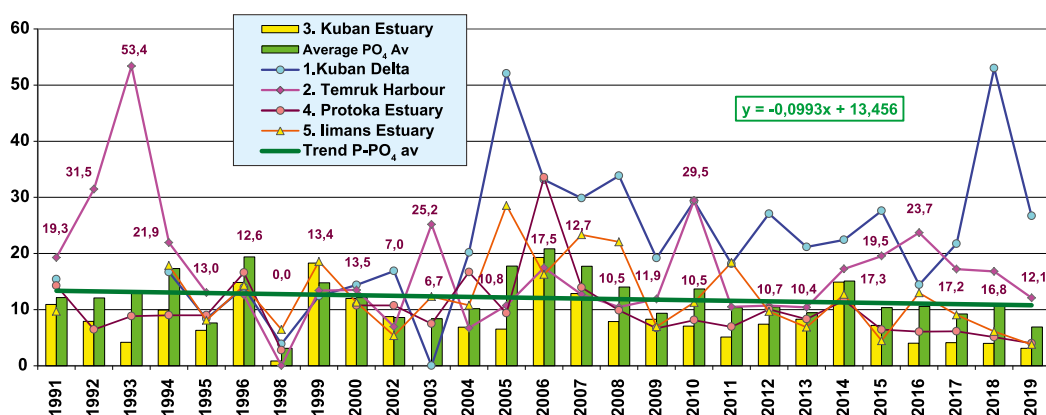


Рис. 2.9. Динамика среднегодовой концентрации фосфатов (мкг/дм^3) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях изменялась от $0,020 \text{ мг/дм}^3$ до максимальной $0,079 \text{ мг/дм}^3$ (1,58 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в конце июня (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ за период наблюдений с 1998 по 2021 гг. снизилась на $0,023 \text{ мг/дм}^3$ (рис. 2.10).

В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения ($DL = 10 \text{ мкг/дм}^3$), (рис. 2.11). Хлорорганические пестициды γ -ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеры/метаболиты обнаружены не были.

Насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже $6,23 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (79% насыщения, рукав Протока в начале августа в поверхностном слое). Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила $8,80$, в Протоке – $8,89 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,66) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились к II классу качества вод, «чистые» (табл. 2.5). Расчет индекса был выполнен по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, фосфатов и кислорода.

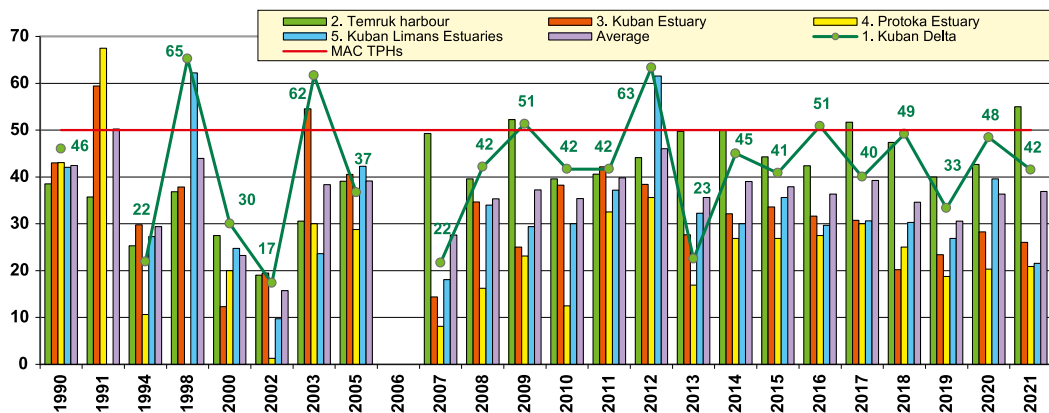


Рис. 2.10. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

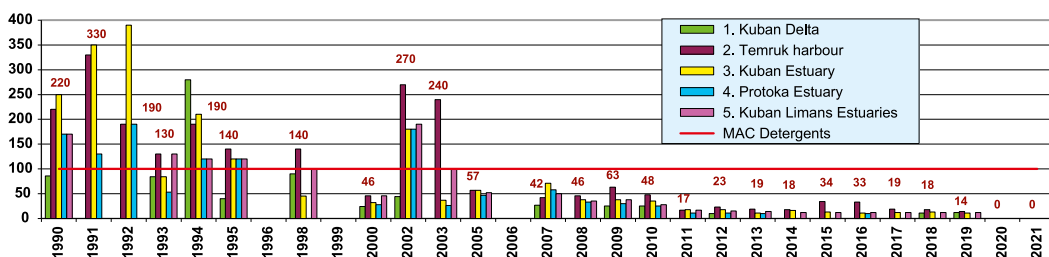


Рис. 2.11. Динамика среднегодовой концентрации СПАВ (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

Порт Темрюк – район 2. В 2021 г. было отобрано 72 пробы. Отбор проб осуществлялся на одной станции в середине входного канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. В ряду наблюдений на этой станции имеются пробелы, в 1997, 1999, 2001 и 2004 гг. отбор проб на этой станции не проводился. Температура, соленость, pH, растворенный кислород и нефтяные углеводороды контролируются ежедекадно. Измерение щелочности и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, сероводорода, СПАВ, пестицидов и ртути производятся один раз в месяц. Соленость воды в 2021 г. в канале порта изменялась от 8,46‰ до 14,31‰; среднегодовая составила 13,02‰. Начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.7).

Температура воды изменялась от 0,0°C в середине января до 28,1°C в начале августа. Хлорность была в диапазоне 4,59–7,86‰, среднегодовая составила 7,14‰; щелочность изменялась в пределах 2,129–2,685 мг-экв/дм³, а средняя за год составила 2,306 мг-экв/дм³; показатель pH изменялся в пределах от 7,98 до 8,46, среднегодовое значение составило 8,25 ед. pH. Прозрачность воды была в пределах 0,58–1,0 м.

В трех из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация НУ была ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм³); максимальное значение составило 0,23 мг/дм³ (4,60 ПДК) и было отмечено в начале апреля в поверхностном слое воды (табл. 2.4). Средняя концентрация НУ составила 0,055 мг/дм³ (1,10 ПДК). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние 10 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. Во всех 24 проанализированных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения применяемого метода ($DL=10$ мкг/дм³). Концентрация хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения применяемого метода во всех пробах начиная с 2000 г., кроме одной пробы 3 апреля 2002 г. с содержанием ДДЭ 13 нг/дм³ (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев пробах сероводород обнаружен не был. В трех из 12 отобранных проб содержание растворенной ртути было ниже предела обнаружения (0,01 мкг/дм³), а в других пробах концентрация изменялась в диапазоне 0,010–0,029 (2,90 ПДК); среднегодовая составила 0,011 мкг/дм³ (0,11 ПДК).

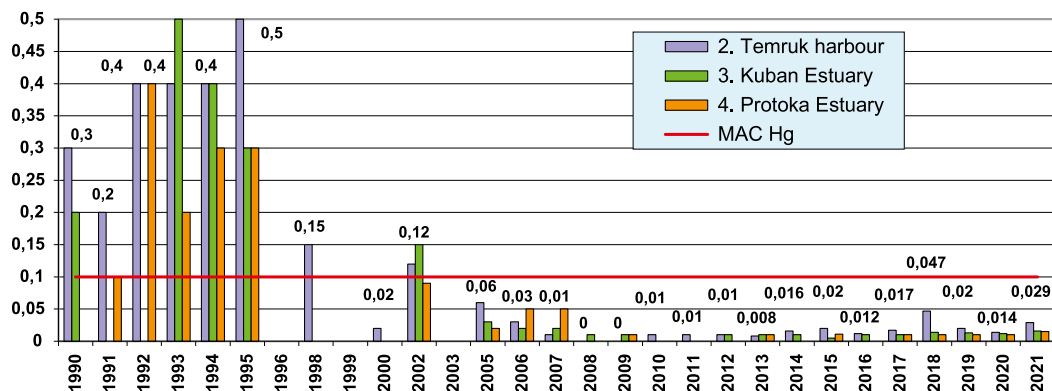


Рис. 2.12. Динамика среднегодовой концентрации ртути (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от 34,8 до 342 мкгN/дм³; максимум зафиксирован в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 194 мкгN/дм³ (0,50 ПДК). Концентрация нитритов изменялась в пределах 2–29,70 мкгN/дм³; максимум составил 1,24 ПДК и был отмечен в самом начале августа на поверхности. Среднегодовая концентрация составила 15,3 мкгN/дм³ или 0,64 ПДК. Содержание нитратов изменялось в пределах 52,8–252 мкгN/дм³ (сотые доли ПДК). Наибольшая величина зафиксирована в начале августа на поверхности. Среднегодовая концентрация нитратов составила 126,40 мкгN/дм³. Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 470–1420 мкгN/дм³; среднегодовая концентрация составила 850,95 мкгN/дм³. За время наблюдений с 1990 по 2021 гг. концентрация общего азота в водах Темрюкского залива имеет выраженную тенденцию к снижению, среднегодовая за этот период снизилась более чем на 1000 мкгN/дм³. Концентрация фосфатов изменялась от предела обнаружения ($DL=1,60$ мкгP/дм³) до 31,3 мкгP/дм³ (0,63 ПДК для мезотрофных водоемов). Наибольшее содержание было отмечено в начале октября у дна. Средняя концентрация за год составила 12,1 мкгP/дм³. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 8,0–57,6 мкгP/дм³, а средняя равнялась 25,8 мкгP/дм³. Количество силикатов изменялось от 320 мкг/дм³ в начале апреля до 1262 мкг/дм³ в середине мая; среднегодовая – 787,96 мкг/дм³.

Концентрация растворенного кислорода была определена в 72 отобранных пробах воды. В одной пробе из придонного слоя на глубине 5 м в середине июля концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива (6,0 мгO₂/дм³) и составила 5,86 мгO₂/дм³. В течение

ние года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 78–134%. В 2021 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,71), рассчитанному по средней концентрации H_2O , NH_4 , NO_2 и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые».

Взморье реки Кубань – район 3. В 2021 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение года от 11,0°C в конце апреля на ст. № 4 в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское, до 25,8°C на ст. № 12 в море, в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Соленость вод взморья Кубани в 56 отобранных пробах изменялась в диапазоне 2,34–13,97‰. Максимальная соленость была отмечена в середине октября на ст. № 4 в придонном слое на глубине 11 м в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское. Минимум зафиксирован в конце апреля в поверхностном слое в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 11,99‰. Хлорность изменялась в пределах 1,22–7,67‰. Показатель pH был в диапазоне 8,02–8,46 ед. pH. Минимумы были зарегистрированы на ст. № 16 в море в 9,8 км от устья р. Кубань, рукав Средний у поверхности в конце июня, а также на ст. № 10 в 4,8 км от края дельты, в 2 км от приемного буя п. Темрюк в конце августа. Щелочность изменялась от 1,965 до 2,814 мг-экв/дм³; минимум был зафиксирован на ст. № 15 у поверхности 3,0 км от устья р. Кубань, рукав Средний в конце апреля, а максимум – также на ст. № 15 в конце августа. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,4 до 3,5 м.

За период наблюдений в 2021 г. концентрация H_2O изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода ($\text{DL}=0,02$ мг/дм³) в 9 пробах из 56 до 0,063 мг/дм³ (1,2 ПДК). Максимальная концентрация была зарегистрирована на ст. № 10 в 4,8 км от края дельты, в 2 км от приемного буя порта Темрюк в конце июня. Среднегодовая концентрация составила 0,026 мг/дм³ (0,52 ПДК). Концентрация H_2O равнялась или превышала ПДК в 4 случаях (9%). Средняя годовая величина в водах взморья за последние 7 лет, начиная с 2013 г., стабилизировалась около 0,6 ПДК – 0,028; 0,032; 0,034; 0,032 и 0,031, 0,020 и 0,023, 0,28 мг/дм³ соответственно (рис. 2.10).

Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации 100 и более мкг/дм³ (1 ПДК) не наблюдалось в последние 20 лет. В 2021 г. СПАВ не были обнаружены. В четырех пробах из восьми проанализированных была обнаружена растворенная ртуть. Максимальная концентрация составила 0,016 мкг/дм³ (0,16 ПДК), средняя – 0,006 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды (γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) в водах взморья обнаружены не были.

Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани (рис. 2.8) изменялась в диапазоне 69,5–390 мкгN/дм³. Максимум был отмечен в море, в 600 м от устья гирла Пересыпское в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация составила 0,42 ПДК (162,84 мкгN/дм³). Концентрация нитритов изменялась от 2,3 до 16,8 мкгN/дм³. Среднегодовая составила 8,20 мкгN/дм³ (0,33 ПДК). Содержание нитратов изменялась от 37,0 до 425,0 мкгN/дм³ (максимум составил 0,05 ПДК). Среднегодовая величина составила 149,50 мкгN/дм³. Содержание общего азота изменялось в пределах от 370–940 мкгN/дм³, среднегодовая 680,69 мкгN/дм³. В последние 15 лет, начиная с 2006 г., среднегодовая концентрация общего азота стабилизировалась в районе 260 мкгN/дм³. Максимальные значения превышали среднегодовые в 3–5 раз.

Концентрация фосфора фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа ($\text{DL}=1,6$ мкгP/дм³), зафиксированных в 11 пробах из 56, до 10,3 мкгP/дм³. Максимум был зафиксирован на ст. № 12 в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний у поверхности в конце апреля и составлял 0,20 ПДК для мезотрофных водоемов. Среднегодовая величина составила 3,1 мкгP/дм³ (0,06 ПДК). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 6,5–33,6 мкгP/дм³, в среднем 17,1 мкгP/дм³. Концентрация силикатов в водах взморья Кубани изменялась в пределах 367–2631 мкг/дм³; максимум был зафиксирован на ст. № 18 в море у дна в 4,4 км от устья

гирла Соловьевское Курчанского лимана в конце апреля; среднегодовая (968 мкг/дм³) на 26% была выше прошлогодней.

Концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,36 до 10,96 мгО₂/дм³; среднегодовая составила 9,08 мгО₂/дм³. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,48) воды взморья Кубани в 2021 г. относятся ко II классу, «чистые» (табл. 2.4). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, NO₂ и растворенного кислорода.

Взморье рукава Протока – район 4. В 2021 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 28 апреля, 28 июня, 30 августа и 12 октября на двух станциях с глубинами 6 м и 10 м. Соленость вод взморья Протоки в обработанных 16 пробах изменялась в пределах 6,82–13,38‰, среднегодовая составила 12,08‰, а за последние 5 лет – 12,00‰. Хлорность изменялась в диапазоне 3,70–7,34‰, средняя 6,62‰. Температура воды за время исследований изменялась в диапазоне 10,90–25,70°C, а среднегодовая составила 18,90°C; рН 8,20–8,44/8,29 ед. рН; щелочность 2,059–3,013/2,607 мг-экв/дм³.

Концентрация аммонийного азота в водах взморья Протоки была существенно ниже прошлогодней и изменялась в узком диапазоне 105–321 мкг/дм³. Максимальное значение (0,50 ПДК) зафиксировано на ст. № 29 в середине октября у поверхности. Средняя составила 165,75 мг/дм³ при среднегодовой за последние 10 лет 171,56 мг/дм³. Содержание нитритов изменялось в пределах 3,10–12,30 мкг/дм³, а среднегодовая концентрация составила 8,00 мкг/дм³ (0,39 ПДК); при средней за последние 10 лет – 8,30 мкг/дм³. Концентрация нитратов была в диапазоне 83,20–379,00 мкг/дм³, среднегодовая концентрация составила 194,78 мкг/дм³ при средней за последние 10 лет – 217,87 мкг/дм³. Содержание общего азота в восьми проанализированных пробах изменялось от 208 до 860 мкг/дм³ при средней за год 649,75 мкг/дм³ и средней за последние 10 лет 696,43 мкг/дм³. Концентрация фосфатов в 12 пробах изменялась в пределах 1,80–7,20 мг/дм³; средняя составила 4,00 мг/дм³ при средней за последние 10 лет – 7,27 мкг/дм³ (0,14 ПДК). Содержание общего фосфора 9,50–25,00 мкг/дм³; среднегодовая составила 17,60 мг/дм³ при средней за последние 10 лет – 21,90 мг/дм³. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 570–1352 мкг/дм³, максимум отмечен в конце апреля у поверхности на ст. № 29 в 4,4 км от устья рукава Протока; среднегодовая составила 945,62 мкг/дм³ при средней за последние 10 лет – 687,30 мг/дм³. Концентрация силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии имеет слабую тенденцию к снижению.

Содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 5 пробах; максимальная концентрация составила 0,053 мг/дм³ (1,06 ПДК); средняя за год концентрация составила 0,021 мг/дм³ при средней за последние 10 лет – 0,025 мг/дм³. В целом в последние годы взморье Протоки было наименее загрязненным НУ, что особенно заметно на фоне высоких значений в речных водах дельты реки и входного канала порта Темрюк (рис. 2.10). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³). Хлорорганические пестициды (γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) в водах взморья Протоки обнаружены не были. Растворенная ртуть была отмечена в двух из четырех исследованных проб в концентрации 0,01 мкг/дм³ (0,10 ПДК) и 0,015 мкг/дм³ (0,15 ПДК).

Содержание растворенного в воде кислорода на взморье Протоки в 2021 г. было хорошим и изменялось в диапазоне 7,60–11,65 мгО₂/дм³, составив в среднем 9,39 мгО₂/дм³. Минимальное содержание кислорода соответствовало 95% насыщения, а среднее 108,44%. Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июне и августе пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,46), рассчитанному по среднегодовым значениям НУ, NH₄, NO₂ и кислорода, воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод несколько ухудшилось по сравнению с прошлогодним уровнем.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5. Наблюдения в устьевой области реки были выполнены на 6 станциях, расположенных в море на расстоянии 500 м от гирл Пересыпское (Ахтанизовский лиман), Соловьевское (Курчанский лиман), Куликовское (Куликовский лиман), Сладковское (Сладкий лиман), Зозулиевское (Зозулевский лиман) и Горькое (Горький лиман). 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 изменялась в широком диапазоне от 0,42‰ до 12,97‰. Средняя за год соленость составила 6,26‰, что на 33% больше прошлогодней (4,07‰) и на 23% больше средней за последние 10 лет. Хлорность вблизи гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,12–4,98‰. Соленость, как и хлорность, находятся в зависимости от величины пресноводного стока р. Кубань и, вследствие мелководности лиманов, метеорологических характеристик. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от 7,9°C в апреле до 29,0°C в августе. Водородный показатель в течение периода наблюдений изменялся в пределах 7,92–8,76, в среднем 8,41 ед. pH, что очень близко к прошлогодним значениям (8,01; 8,85 и 8,46 соответственно). Общая щелочность изменялась в пределах 2,515–3,680, а средняя величина (3,200 мг-экв/дм³) очень близка к прошлогодней (3,103 мг-экв/дм³).

Концентрация аммонийного азота в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 124–430 мкг/дм³, среднегодовая (214,78 мкг/дм³, 0,55 ПДК) была больше прошлогодней (154 мкг/дм³). Концентрация нитритов варьировала от 1,2 до 52,5 мкг/дм³ (2,16 ПДК), среднегодовая – 13,2 мкг/дм³. Содержание нитратов изменялось в широком диапазоне 49,4–980 мкг/дм³, среднегодовая величина составила 252,5 мкг/дм³. Эта цифра подтверждает тенденцию снижения, зафиксированную в последние годы. Концентрация фосфатов в 32 отобранных пробах изменялась от аналитического нуля в пяти пробах до 41,1 мкг/дм³ (0,79 ПДК), что почти в два раза больше прошлого года (24,1 мкг/дм³). Средняя за год концентрация (3,8 мкг/дм³) на 60% меньше, чем в прошлом году (6,1 мкг/дм³). За последние три десятилетия хорошо выраженного тренда концентрации фосфатов в прибрежных водах Темрюкского залива выявлено не было, хотя межгодовые изменения иногда были очень значительными (рис. 2.9). Содержание общего фосфора было в диапазоне 9,4–41,1 мкг/дм³; среднее значение (20,6 мкг/дм³) незначительно изменилось по сравнению с предыдущим годом (21,4 мкг/дм³). Содержание кремния изменялось в пределах 530–2249 мкг/дм³; среднегодовое значение составило 1284 мкг/дм³, что несколько меньше прошлогоднего (1315 мкг/дм³).

Концентрация НУ была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в восьми из 32 отобранных проб. Максимум (0,085 мг/дм³ – 1,7 ПДК) был отмечен 3 августа на поверхности в 500 м от устья гирла Сладковское Сладкого лимана. Средняя величина в 2021 г. составила 0,022 мг/дм³ (0,44 ПДК), что на 30% меньше прошлогодней. Во всех отобранных пробах содержание СПАВ было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³). Хлорорганические пестициды γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ в водах взморья обнаружены не были.

Содержание растворенного в воде кислорода в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2021 г. изменялось в диапазоне 5,97–12,29 мгО₂/дм³, среднее значение составило 8,62 мгО₂/дм³. В целом уровень аэрации вод района значительно улучшился. Относительное насыщение вод кислородом изменялось в пределах 77–110%, а среднее составило 92,0%. Наличие сероводорода в 16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2021 г. по ИЗВ (0,56) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод («чистые»). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, NO₂ и растворенного кислорода. Состояние вод по сравнению с предыдущим годом незначительно ухудшилось.

Таблица 2.4. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань – район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,033	0,66	0,048	0,96	0,042	0,84
		0,09	1,80	0,113	2,26	0,079	1,58
	СПАВ	1,0	0,01	0,0		0	
		12	0,12	0,0		0	
	Аммонийный азот N-NH ₄	159,2	0,41	132	0,34	198	0,50
		190	0,49	193	0,50	302	0,76
	Нитриты N-NO ₂	9,83	0,41	14,6	0,61	14,4	0,60
		21,0	0,88	29,0	1,21	43,9	1,83
	Фосфаты P-PO ₄	21,8	0,44	53,0	1,06	26,7	0,53
		58,0	1,16	148,0	2,98	48,9	0,98
	Растворенный кислород	8,60		9,11		8,79	
		6,26		7,46		6,23	
	% насыщения	92,3		98,6		93	
		77		89		79	
2. Темрюкский залив: п. Темрюк – район 2 (станция № 1)	НУ	0,04	0,80	0,043	0,86	0,055	1,10
		0,11	2,20	0,181	3,62	0,230	4,60
	СПАВ	6,8	0,07	0,0		0	
		14	0,14	0,0		0	
	Ртуть Hg	0,0098	0,01	0,0058	0,06	0,0113	0,11
		0,02	0,20	0,014	0,14	0,029	0,29
	Фосфаты P-PO ₄	17,2	0,34	16,76	0,34	12,2	0,24
		38	0,76	35,7	0,71	31,3	0,63
	Аммонийный азот N-NH ₄	180	0,46	148	0,38	194	0,49
		270	0,69	204	0,52	342	0,86
	Нитриты N-NO ₂	13,2	0,51	13,31	0,55	15,3	0,64
		59	2,46	36,9	1,54	29,7	1,24
	Растворенный кислород	9,13		9,37		9,82	
		5,93	0,99	5,64	0,94	5,86	0,98
	% насыщения	93,4		96,9		98,58	
		126		75		78	
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань – район 3 (станции №№ 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,023	0,46	0,028	0,56	0,026	0,52
		0,06	1,20	0,122	2,44	0,063	1,26
	СПАВ	0,60	<0,01	0,0		0	
		11	0,01	0,0		0	
	Ртуть Hg	0,004	0,04	0,0079	0,08	0,0063	0,06
		0,013	0,13	0,012	0,12	0,016	0,16
	Фосфаты P-PO ₄	4,11	0,08	4,0	0,08	3,1	0,06
		21	0,42	14,3	0,29	10,3	0,21

4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока – район 4 (станции №№ 29, 31)	Аммонийный азот N-NH ₄	128,1	0,33	126	0,32	163	0,41
		200	0,51	148	0,38	390	0,98
	Нитриты N-NO ₂	5,39	0,22	5,8	0,24	8,2	0,34
		12,0	0,50	11,7	0,49	16,8	0,70
	Растворенный кислород	8,61		8,78		9,08	
		5,14	0,86	5,56	0,93	6,36	
	% насыщения	100		101,4		103,5	
		67		71		81	
	НУ	0,019	0,38	0,020	0,40	0,021	0,42
		0,040	0,80	0,041	0,82	0,053	1,06
	СПАВ	0		0,0		0	
		0		0,0		0	
	Ртуть Hg	0,0025	0,03	0,0025	0,03	0,0063	0,06
		0,01	1,00	0,010	0,10	0,015	0,15
	Фосфаты P-PO ₄	6,13	0,12	5,09	0,10	4,00	0,08
		12	0,24	11,3	0,23	7,2	0,14
	Аммонийный азот N-NH ₄	128,9	0,33	120,4	0,31	165,8	0,43
		180	0,46	135	0,35	321	0,80
	Нитриты N-NO ₂	4,1	0,17	6,2	0,26	8,0	0,33
		7	0,29	9,4	0,39	12,3	0,51
	Растворенный кислород	8,60		8,75		9,39	
		7,16		7,39		7,60	
	% насыщения	99,3		100,9		108,4	
		88		96		95	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов – район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,027	0,54	0,040	0,80	0,022	0,44
		0,13	2,60	0,211	4,22	0,085	1,70
	СПАВ	1,41	0,01	0		0	
		12	0,12	0		0	
	Фосфаты P-PO ₄	9,06	0,18	6,1	0,12	3,8	0,08
		31	0,62	24,1	0,48	17,4	0,35
	Аммонийный азот N-NH ₄	165,2	0,42	153,6	0,39	214,8	0,55
		240	0,62	226	0,58	430	1,08
	Нитриты N-NO ₂	10,1	0,42	6,5	0,27	13,2	0,55
		68	2,83	16,3	0,68	52,5	2,19
	Растворенный кислород	8,75		8,98		8,62	
		6,90		6,43		5,97	0,94
	% насыщения	97,3		98,8		92,0	
		77		78		77	
Примечания: 1. Концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм ³ ; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути – в мкг/дм ³ . 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение. 3. Для всех определяемых ингредиентов в водах дельты реки Кубани (район № 1) использованы значения ПДК для пресных вод. 4. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.							

Таблица 2.5. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта – район 1	0,55	II	0,82	III	0,66	II	НУ 0,84; PO ₄ 0,53; NO ₂ 0,60; O ₂ 0,68
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк – район 2	0,62	II	0,61	II	0,71	II	НУ 1,10; NO ₂ 0,64; NH ₄ 0,49; O ₂ 0,61
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,43	II	0,45	II	0,48	II	НУ 0,52; NH ₄ 0,41; NO ₂ 0,34; O ₂ 0,66
4. Взморье рукава Прото- ка – район 4	0,40	II	0,42	II	0,46	II	НУ 0,42; NH ₄ 0,43; NO ₂ 0,33; O ₂ 0,64
Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов							
5. Гирла лиманов – район 5	0,52	II	0,53	II	0,56	II	НУ 0,44; NH ₄ 0,55; NO ₂ 0,55; O ₂ 0,70

Выводы

Основными факторами, определяющими качество вод Темрюкского залива, являются водный сток р. Кубань, хозяйственная деятельность в ее бассейне и морское судоходство, в особенности в районе морского порта. Соленость вод в низовьях дельты реки Кубань, включая Петрушин рукав и рукав Протока в 2021 г. изменялась от 0,25 до 2,95‰, средняя составила 0,51‰. В канале порта Темрюк – 8,46–14,31/13,02‰. На остальной акватории значения варьировали в диапазоне 0,42–13,97‰. Концентрация нефтяных углеводородов в низовьях дельты реки Кубань от 0,020 мг/дм³ до максимальной 0,079 мг/дм³ (1,58 ПДК), среднегодовая составила 0,049 мг/дм³; в канале порта Темрюк концентрация НУ изменялась от предела обнаружения (0,02 мг/дм³) до 0,23 мг/дм³ (4,60 ПДК), средняя была 0,055 мг/дм³ (1,10 ПДК); на взморье р. Кубань – от аналитического нуля до 0,063 мг/дм³ (1,2 ПДК), среднегодовая 0,026 мг/дм³ (0,52 ПДК); на взморье рукава Протока – 0–0,053/0,021 мг/дм³ (max 1,06 ПДК); в устьевой области р. Кубань – 0–0,085/0,022 мг/дм³ (max 1,7 ПДК). Концентрация ионов аммония во всех районах залива изменялась от 34,8 до 430 мкг/дм³, в среднем 183,4 мкг/дм³. Среднегодовое содержание нитритов равнялось 11,1 мкгN/дм³ (0,46 ПДК), диапазон 1,2–52,5 мкгN/дм³ (max 2,19 ПДК). Содержание нитратов изменялась в пределах 37–1549 мкгN/дм³, среднегодовая составила 239,4 мкгN/дм³; общего азота – 208–1549/750 мкгN/дм³. Концентрация фосфатов изменялась от аналитического нуля до 48,9 мкгP/дм³ (0,98 ПДК для мезотрофных водоемов); средняя – 6,9 мкгP/дм³; общего фосфора – 0–72,9/21,5 мкгP/дм³. Количество силикатов изменялось от 320 мкг/дм³ до 2631 мкг/дм³; среднегодовая – 1094 мкг/дм³.

В низовьях дельты р. Кубань насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже 6,23 мгO₂/дм³. На акватории Темрюкского залива концентрация кислорода составляла 5,86–13,50 мгO₂/дм³ и была ниже норматива всего в двух пробах; средняя – 9,33 мгO₂/дм³. По ИЗВ (0,66) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока, определенные по среднегодовой концентра-

ции нефтяных углеводородов, нитритов, фосфатов и кислорода у пос. Ачуево относились к II классу качества вод – «чистые». В разных районах на акватории Темрюкского залива ИЗВ составлял 0,46–0,71, II класс, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами являлись нефтяные углеводороды, аммонийный азот и нитриты. 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. 2.13). В остальных районах также наблюдается ухудшение качества вод при значительных межгодовых скачках значения ИЗВ.

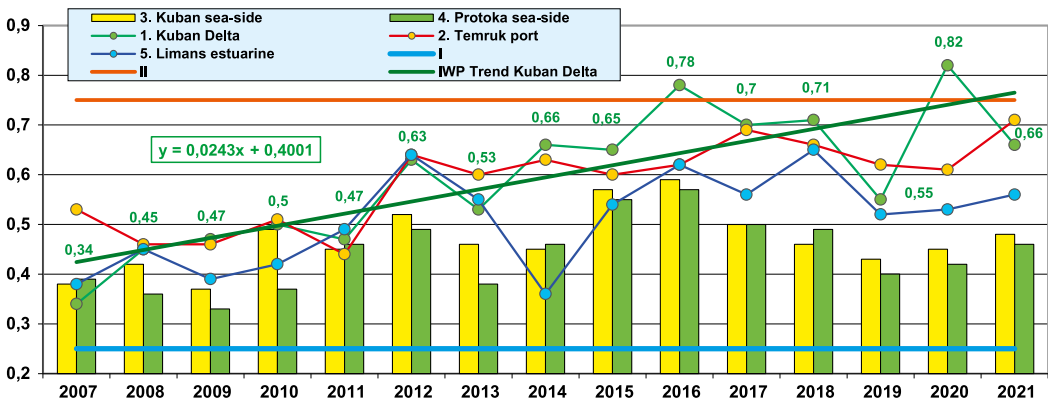


Рис. 2.13. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах отдельных районов Темрюкского залива в 2007–2021 гг.

2.4. Мониторинг Керченского пролива

В 2021 г. мониторинг состояния морских вод в северной устьи Керченского пролива проводился ЛМЗОС г. Керчи во втором полугодии с июля по декабрь на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ, с глубинами от 3,4 до 7,7 м (рис. 2.14). Всего в рамках программы мониторинга отобрано и обработано 152 пробы из поверхностного и придонного слоев воды. Для отбора проб использовали морские катера «Амур» и «Еникале-75», а также яхту «Юлия». Дополнительно 7 августа Севастопольское отделение ГОИН выполнило экспедиционную съемку в проливе на НИС «Пеленг», в ходе которой было отобрано 20 проб на 10 станциях с глубинами от 6 до 21 метра в южной части пролива и в порту Камыш-Бурун.

В 2021 г. диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных веществ в водах северной устьи пролива составили: температура 7,0–29,8°C; водородный показатель 7,91↓–8,33↓/8,09↑ ед.рН; щелочность 1,375↓–3,198↑/2,822↑ мг-экв/дм³. Средняя соленость в северной устьи пролива составила 14,972‰, что всего на 0,205‰ выше прошлогоднего значения; диапазон 12,09↓–17,29↑‰. Среднегодовая соленость вод в северной части Керченского пролива непрерывно возрастала после 2006 г. до 2017 г. с последующей стабилизацией на значениях немного меньше 15‰ и сохранением небольшого положительного тренда (рис. 2.15). За 2000–2021 гг. соленость в целом возрастала от берега к центру пролива: ст. № 6 – 13,061‰, ст. № 7 – 13,432; ст. № 8 – 13,594 и ст. № 9 – 13,722‰. Южнее Крымского моста в августе 2021 г. соленость была существенно выше: средняя 17,698‰, диапазон 16,16–18,12‰. Прозрачность вод по диску Секки здесь составила 2–12,5 м; концентрация взвешенных веществ – 1,6–4,8/2,9 мг/дм³; легко окисляемых органических веществ по БПК₅ – 0,33–4,34/1,38 мгО₂/дм³, максимум составил 2,1 ПДК.

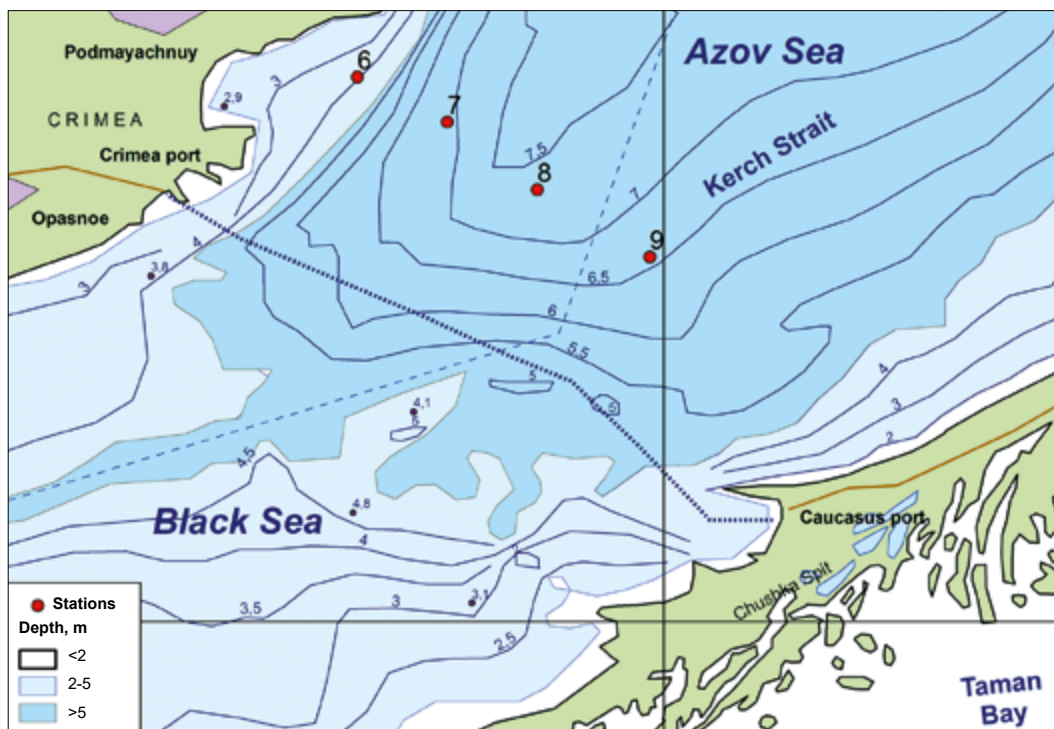


Рис. 2.14. Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2021 г.

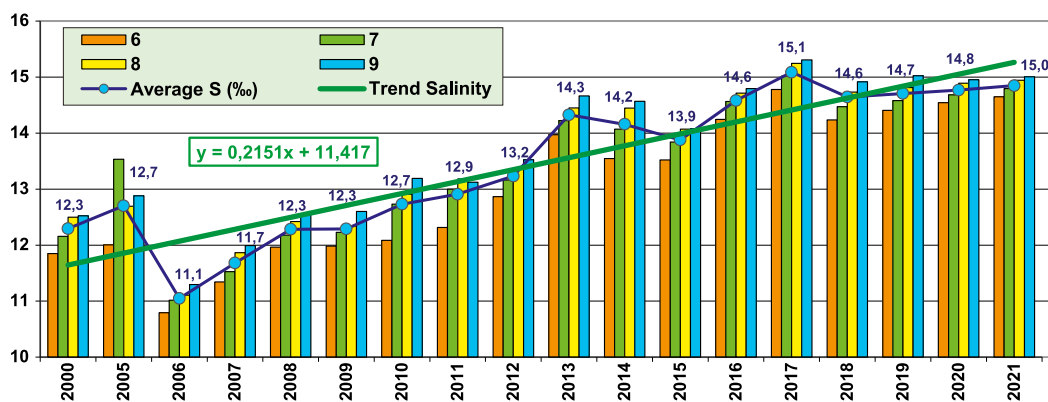


Рис. 2.15. Многолетняя динамика солёности (‰) на станциях разреза Крым–Кавказ в 2000–2021 гг.

В водах Керченского пролива в 2021 г. концентрация общего **азота** изменялась в диапазоне 245–943 мкг/дм³. Среднемесячное содержание с июля по декабрь во всей водной толще незначительно изменялось и варьировало в узком диапазоне 566–672 мкг/дм³, в прошлом году – 570–670 мкг/дм³. Среднее за год содержание (621 мкг/дм³) выросло в сравнении с предыдущим годом (489 мкг/дм³). Динамика концентрации нитритного, нитратного и аммонийного азота в водах пролива не имела ярко выраженного сезонного хода. Максимальные значения содержания нитратного и аммонийного азота составляли 48 и 121 мкг/дм³ соответственно (табл. 2.6). Концентрация нитритного азота изменялась

в пределах 0,1–16,0 мкг/дм³ (0,67 ПДК), среднее за год содержание было на уровне предыдущего года (8,2) и составило 7,8 мкг/дм³. Хотя средняя концентрация фосфатного фосфора относительно стабильная в последние годы, однако максимальная значительно выросла и составила 38 мкг/дм³ (0,8 ПДК). Концентрация общего фосфора изменялась от 2,8 до 47,7 мкг/дм³. Концентрация кремния в поверхностных водах северной узости пролива составляла 100–690, в среднем 420 мкг/дм³, в более глубоких водах 90–720/385 мкг/дм³. Среднемесячное содержание возросло от 299 мкг/дм³ в июле до 561 мкг/дм³ в декабре. В целом сезонные изменения концентрации силикатов соответствовали среднемноголетним (рис. 2.16). Среднее за отчетный период содержание в слое поверхность–дно составило 403 мкг/дм³. В южной части пролива в августе содержание силикатов было существенно меньше: 0–291/72,3 мкг/дм³.

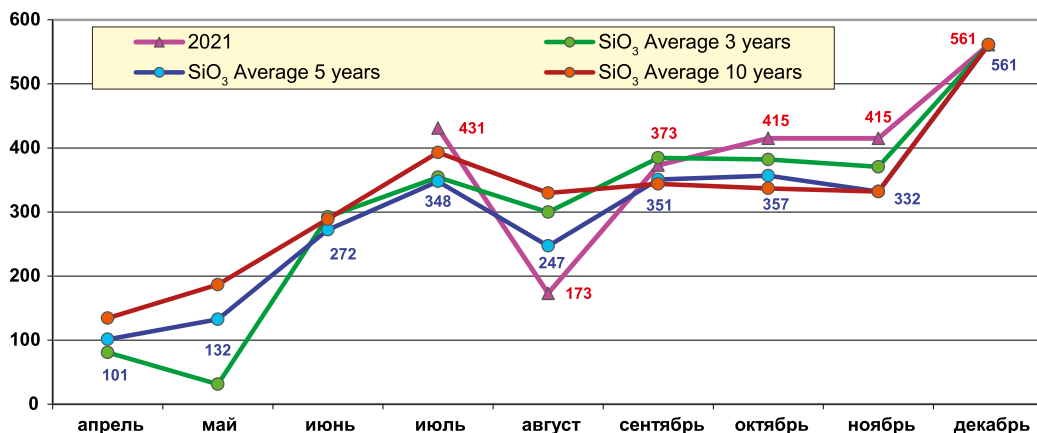


Рис. 2.16. Сезонное в 2021 г. и среднемноголетнее изменения содержания кремния в водах Керченского пролива

Среднее за период наблюдений в 2021 г. загрязнение вод пролива нефтяными углеводородами (НУ) выросло до 0,077 мг/дм³, став вторым после 2018 г. по данному показателю за последние 10 лет (рис. 2.17). Повторяемость значений концентрации НУ, равных или превышающих ПДК, выросла до 58% по сравнению с 14% в предыдущем году. Наблюдавшееся в октябре–ноябре максимальное загрязнение придонных (0,22 мг/дм³) и поверхностных (0,21 мг/дм³) вод превышало норматив в 4,4 и 4,2 раза соответственно. Однако превышающие предельно допустимые в 2–4 раза высокие значения фиксировались на протяжении всей второй половины года. Среднемесячные значения концентрации НУ не превышали ПДК только в августе и увеличивались до 3,4 ПДК в декабре (рис. 2.18).

Среднее содержание СПАВ (18,2 мкг/дм³) в северной части пролива оставалось на уровне предыдущих лет. Максимальная концентрация, как и в предыдущие два года, не превышала 23 мкг/дм³. Однако в южной части пролива в августе концентрация СПАВ была в среднем выше почти в три раза (51,0 мкг/дм³). Также здесь было зафиксировано два случая превышения ПДК (102 и 113 мкг/дм³) вблизи порта Камыш-Бурун. С учётом данных экспедиционных исследований, среднегодовая концентрация СПАВ составила почти 22,0 мкг/дм³. Суммарная концентрация фенолов была ниже уровня количественного определения во всех пробах. Во все периоды отбора проб (июль, август, сентябрь и ноябрь) отмечено загрязнение вод пролива ДДТ (4 пробы: 0,50–0,75 нг/дм³) и его метаболитами, максимальная концентрация которых достигала 10,9 нг/дм³ (ДДД, 1,1 ПДК).

и 2,37 нг/дм³ (ДДЭ, 0,24 ПДК). Концентрация пестицидов γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, альдрина, гептахлора, а также конгенеров ПХБ была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа.

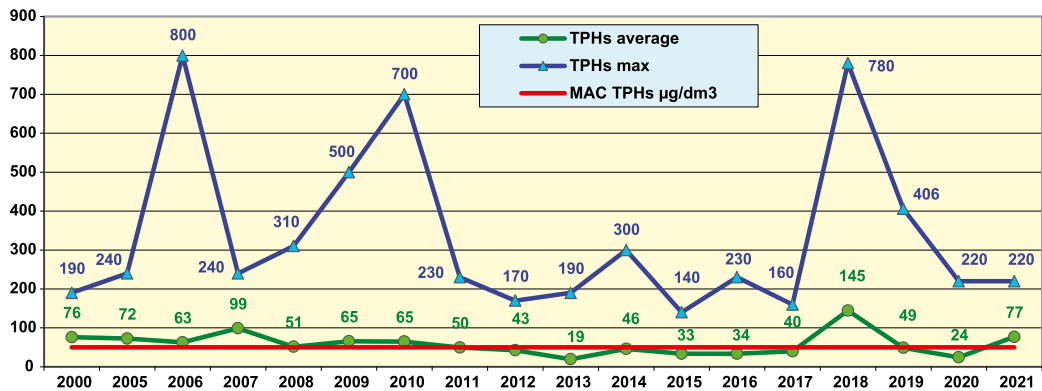


Рис. 2.17. Многолетняя изменчивость содержания нефтяных углеводородов в водах Керченского пролива

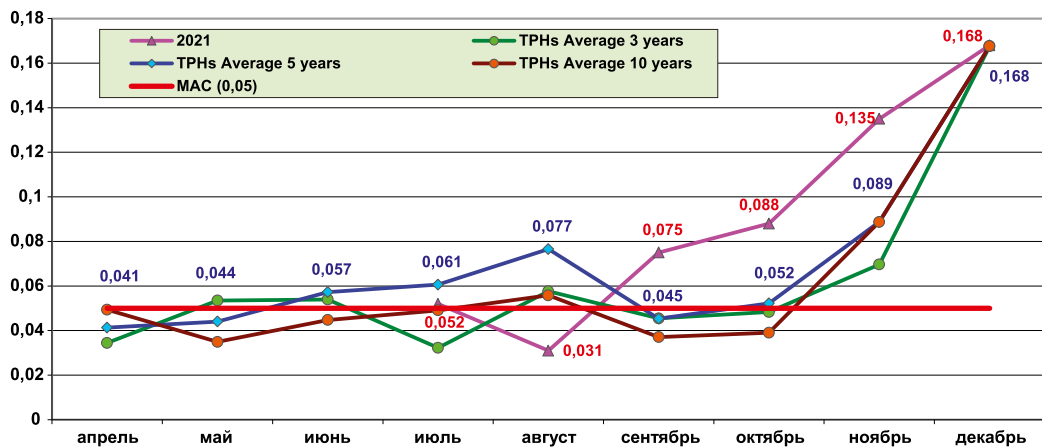


Рис. 2.18. Сезонные изменения содержания нефтяных углеводородов в водах Керченского пролива

Аэрация вод в северной узости пролива в слое поверхность–дно в целом была достаточной. Среднемесечные значения в июле–сентябре составили 95–103% насыщения, в октябре–декабре 94–95% насыщения. По абсолютным значениям концентрация растворенного **кислорода** изменялась от 6,00 до 10,50 мгО₂/дм³ в поверхностных водах, в среднем 8,36 мгО₂/дм³, и 5,79–11,72/8,20 мгО₂/дм³ в придонных. Единственный зафиксированный случай снижения содержания кислорода ниже безопасных значений отмечался в августе в порту Камыш-Бурун. В целом в массиве вод в июле–сентябре среднемесечные значения содержания кислорода составляли 7,0–8,5 мгО₂/дм³, в октябре–декабре 8,6–10,1 мгО₂/дм³. В сравнении с предыдущим годом в 2021 г. среднегодовое относительное содержание растворенного кислорода несколько снизилось до 98,0% насыщения, при этом абсолютное значение осталось на прежнем уровне 8,28 мгО₂/дм³.

Таблица 2.6. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в водах Керченского пролива в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря 172 пробы	НУ	0,049	0,97	0,024	0,48	0,077	1,54
		0,406	8,12	0,22	4,40	0,22	4,40
	СПАВ	16,1	0,16	16,7	0,17	22,0	0,22
		23	0,23	23	0,23	112,6	1,13
	ДДТ	0,01	<0,01	0		0,09	<0,01
		0,57	0,06	0		0,75	0,08
	ДДЭ	0,01	<0,01	0		0,13	0,01
		0,51	0,05	0		2,37	0,24
	ДДД	0,74	0,07	0,16	0,02	1,95	0,20
		6,50	0,65	3,27	0,33	10,9	1,09
	Аммонийный азот N-NH ₄	21,4	0,06	26,6	0,07	28,4	0,07
		34	0,09	50	0,13	120,8	0,31
	Нитритный азот N-NO ₂	7,4	0,30	8,2	0,34	7,8	0,33
		15,0	0,63	21,0	0,88	16,0	0,67
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	6,3	0,13	6,2	0,12	7,7	0,15
		11,6	0,23	9,2	0,18	37,9	0,76
	Растворенный кислород	8,31		8,23		8,28	
		6,70		6,19		5,79	0,97
	% насыщения	99,0		100,9		98,0	
		84		86		79	
Примечание. Концентрация фенолов и пестицидов группы ГХЦГ, гептахлора, альдрина, а также ПХБ была ниже предела обнаружения во всех пробах воды.							

Качество вод Керченского пролива (наблюдения выполнены в июле–декабре 2021 г.) по сравнению с предыдущими годами ухудшилось (табл. 2.7). Значение расчетного комплексного индекса загрязненности вод ИЗВ существенно выросло (0,69, II класс качества вод, «чистые»). Как и в прошлом году для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, СПАВ, нитритов и растворенного кислорода. Ухудшение качества вод пролива обусловлено значительно возросшим уровнем нефтяного загрязнения. Содержание стойких органических загрязнителей – пестицидов группы ДДТ, на той или иной станции наблюдения были обнаружены во все дни съемок, а максимальная концентрация ДДД (10,9 нг/дм³, 1,1 ПДК) была в 4 раза выше прошлогодней. Доля проб с ДДД и его метаболитами выросла с 12% до 34%. Другие хлорорганические загрязнители и фенолы в воде пролива не обнаружены. Содержание СПАВ в целом невысокое. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Продолжилось постепенное осолонение вод пролива. Концентрация биогенных веществ составляла доли норматива, а максимальные значения достигали ¼ ПДК. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле–августе снижаясь до близкого к ПДК уровню. Ниже норматива содержание кислорода опускалось только в порту Камыш-Бурун в августе в придонном слое.

Таблица 2.7. Оценка качества вод Керченского пролива в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Керченский пролив	0,55	II	0,43	II	0,70	II	НУ 1,54; N-NO ₂ 0,33; СПАВ 0,22; O ₂ 0,72

Выводы

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,70) качество вод Керченского пролива по сравнению с предыдущими годами ухудшилось. Воды пролива во второй половине 2021 года относились ко II классу качества вод с характеристикой «чистые». Однако если в предыдущем году значение индекса тяготело к нижней границе, то в 2021 г. оно находилось вблизи верхней границы. Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, СПАВ, нитритов и растворенного кислорода. Ухудшение качества вод пролива обусловлено увеличением нефтяного загрязнения. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Продолжилось многолетнее постепенное увеличение солености вод пролива, среднее значение во второй половине года составило 15‰. Максимальная концентрация биогенных веществ варьировала в пределах 1/3–2/3 ПДК. Существенно возросло присутствие в водах пролива пестицидов группы ДДТ, тогда как концентрация других хлорорганических загрязнителей (ГХЦГ, альдрин, гептахлор, ПХБ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле снижаясь до уровня ПДК в северной части пролива, а в августе в порту Камыш-Бурун.

3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

*Коршенко А. Н., Костылева А. В., Жохова Н. В., Долгова А. О., Мезенцева И. В.,
Мальченко Ю. А., Дьяков Н. Н., Зайцева О. И., Брайко О. И., Фурник Д. В.,
Алексеев А. И., Дербичева Т. И., Кобец С. 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. Сюрмене в Турции, на западе Бургасским заливом и на востоке г. Кобулет 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. Кефкен 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 приходится 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) ширина шельфа Черного 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 глубоководной котловины с глубинами 2000–2200 м занимает около 35% акватории моря и представляет собой плоскую аккумулятивную равнину на разнородных и разновозрастных в геологическом плане структур, 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, обуславливая 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 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 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 $-5^{\circ}\text{C}/\text{м}$, средняя величина $-1^{\circ}\text{C}/\text{м}$), 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 $9,2^{\circ}\text{C}$. 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, чем соленость поверхностных 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 глубин 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 короткопериодные 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 жестоких 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 до 31–54 см в районе Туапсе. Здесь нагоны отмечаются в течение всего года в основном при западных ветрах. Наибольшее число случаев 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. Стоячие колебания уровня моря (сейши) развиваются в бухтах с периодами от нескольких минут до 2 ч и амплитудой в 40–50 см (Суховой В. Ф., 1986, Mee L., Jeftic L., 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. На побережье между Одессой и Очаковом на несколько дней может появиться припай, толщина которого не превышает 10 см. 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 подходах к Одессе и Очакову припай наблюдается непродолжительное время, а толщина припайного льда не превышает 20–30 см. В суровые зимы максимальное распространение припайного льда может превышать границы СЗШ 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. Севастопольская бухта и взморье (СО ГОИН)

В 2021 г. Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» с борта НИС «Пеленг» было выполнено две гидролого-гидрохимические съемки Севастопольской бухты, четыре съемки северного севастопольского взморья в июне–сентябре и 5 съемок в марте и июне-августе бухт южного взморья Севастополя – бухты Карантинная, Песочная, Стрелецкая, Круглая (Омега), Камышовая, Двойная (Казачья), а также районов за мысом Херсонес до Ласпинской бухты. В Севастопольской бухте на 28 станциях 2 и 10 февраля, 11 ноября было отобрано 62 пробы воды (рис. 3.1). Глубина точек отбора проб варьировала от 2 м в устьевой части р. Черной до 18 м в Доковой бухте. На севастопольском взморье севернее главной бухты получено и обработано 78 проб на станциях с глубиной до 66 м; южнее до границ региона получено 138 проб на горизонтах от поверхности до 91,8 м у оголовка КОС «Южные». В бухтах южного взморья Севастополя выполнено 38 станций с максимальной глубиной до 28,8 м в бухте Омега. Исследования проводились на поверхностном и придонном горизонтах. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров (температура, соленость, хлорность, водородный показатель pH, щелочность, прозрачность по диску Секки, концентрация взвешенных веществ), содержания растворенного в воде кислорода и легко окисляемых органических веществ по БПК₅, концентрация биогенных элементов (фосфаты и общий фосфор, нитриты, нитраты, аммонийный и общий азот, силикаты), нефтяных углеводородов, детергентов и металлов (свинец, медь, хром, цинк и железо).



Рис. 3.1. Станции гидрохимического мониторинга в Севастопольской бухте в 2021 г.

3.2.1. Севастопольская бухта

Температура воды в бухте изменялась в феврале и ноябре в диапазоне 8,13–9,11°C и 13,31–15,42°C соответственно. Соленость вод по всей бухте, даже в устье реки Черной, была типично морской 15,96–18,81‰, хлорность 8,79–10,38‰; общая щелочность 3,346–3,702 мг-экв/дм³ (табл. 3.1). Диапазон значений водородного показателя рН составил 8,07–8,34, в среднем – 8,26 ед. рН. Содержание взвешенных веществ (ВВ) в ноябре в поверхностных водах изменялось от 3,0 до 4,8 мг/дм³, в придонных водах – от 2,2 до 3,3 мг/дм³ и в среднем составило 3,4 мг/дм³.

Таблица 3.1. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах Севастопольской бухты (экспедиции СО ГОИН).

Дата съемки	2,10,11 февраля (24 пробы)			11 ноября (38 проб)		
Элемент	пределы	среднее	станд. откл	пределы	среднее	станд. откл
Соленость, ‰	15,96-18,81	17,492	0,554	17,13-18,1	17,967	0,186
ВВ, мг/дм ³				2,2-4,8	3,37	0,553
Алк, мг-экв/дм ³	3,35-3,7	3,397	0,076	3,37-3,42	3,382	0,014
рН	8,07-8,27	8,18	0,052	8,22-8,34	8,30	0,029
О ₂ , мгО ₂ /дм ³	9,52-11,78	10,46	0,785	8,01-10,54	9,01	0,451
О ₂ , %	92-112	100,6	6,95	89-116	99,4	5,37
P total, мкг/дм ³	10,3-46,3	22,9	9,3	9,3-44,5	18,0	7,8
PO ₄ , мкг/дм ³	4-29,5	10,78	5,34	2,5-24,6	7,59	5,62
SiO ₃ , мкг/дм ³	62-313,3	157,8	59	24-162	57,2	32
NO ₂ , мкг/дм ³	5,1-12,9	7,35	1,641	1,6-9,3	3,16	1,697
NO ₃ , мкг/дм ³	84,1-283,7	140,7	48,3	10-201	40,5	41,8
NH ₄ , мкг/дм ³	55,7-122,4	86,4	15,9	0-45,9	12,6	10,8
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,55-2,65	1,37	0,622	0,47-7,09	2,43	1,363
НУ, мг/дм ³	0,012-0,044	0,020	0,009	0,02-0,6	0,066	0,102
Zn, мкг/дм ³	0-310	59,00	103,97			

В восточной части бухты концентрация **нефтяных углеводородов** была невысокой и только на одной станции мониторинга в ноябре достигала 0,05-0,09 мг/дм³ (1,0-1,8 ПДК). В западной части Севастопольской бухты загрязнение вод достигало 0,06-0,60 мг/дм³, превышая ПДК в 1,2–12 раз. Воды бухты Южная содержали НУ в концентрации 0,03-0,06 мг/дм³. В целом повышенное нефтяное загрязнение вод характерно для станций, расположенных вдоль судоходного канала, что может указывать на источник его поступления. Среднее содержание в слое поверхность-дно составило 0,047 мг/дм³, оставаясь на уровне предыдущих лет (табл. 3.2). Концентрация АПАВ изменялась от <10 до 123 мкг/дм³. Единичное превышение ПДК было зафиксировано в поверхностных водах Мартыновой бухты. Среднее содержание в ноябре в слое поверхность-дно составило всего 0,25 ПДК. Концентрация суммы фенолов в феврале была ниже предела количественного определения.

Содержание общего **азота** в феврале в кутовой части Севастопольской бухты (район Инкермана) изменялось в пределах 670-2090 мкг/дм³. В ноябре повышенным загрязнением характеризовались поверхностные воды акватории Южной бухты (540-830 мкг/дм³) и устья р. Черной (720 мкг/дм³). На остальной акватории Севастопольской бухты его концентрация варьировала от 340 до 570 мкг/дм³ в поверхностном слое и до 450 мкг/дм³ в придонном. Среднее содержание общего азота в слое поверхность-дно в феврале составило 1270 мкг/дм³, в ноябре – 440 мкг/дм³. Концентрация минеральных соединений азота даже по сумме едва превысила 16% от общего его содержания. Концентрация нитритов, аммония и нитратов была значительно ниже соответствующих ПДК, и по максимальным значениям в феврале соответственно не превышала 13, 122 и 284 мкг/дм³, в ноябре – 9, 46, 201 мкг/дм³. Повышенное содержание биогенного азота в восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана) очевидно связано с выносом паводковыми водами р. Черной. Аналогичное распределение наблюдалось и в ноябре, за исключением повышенной концентрации нитратов (120–200 мкг/дм³) в поверхностных водах бухты Южная, что указывает на загрязнение акватории многочисленными береговыми выпусками ливневой канализации. Среднее содержание нитритов, аммония и нитратов в слое поверхность-дно в феврале составило соответственно 7,4; 86,4 и 140,7 мкг/дм³, в ноябре – 3,2; 12,6 и 40,4 мкг/дм³.

Содержание общего **фосфора** не превышало 46,3 мкг/дм³, фосфатов – 29,5 мкг/дм³. Аналогично формам азота повышенная концентрация фосфора формировалась выносом реки Черной и отмечалась в восточной части Севастопольской бухты. Повышенное содержание общего и фосфатного фосфора (25–36 мкг/дм³ и 13–20 мкг/дм³ соответственно) зафиксировано в придонных водах на глубинах 16,5–17 м станций, расположенных на линии судоходного канала. Среднее содержание общего и фосфатного фосфора снизилось по сравнению с прошлым годом и в слое поверхность-дно составило 20 мкг/дм³ и 9 мкг/дм³ соответственно.

Наибольшая в феврале концентрация **силикатов** закономерно была зафиксирована вблизи устья реки Черной (62–310 мкг/дм³), среднее содержание составило 158 мкг/дм³. В ноябре наибольшие значения (160–150 мкг/дм³) были зафиксированы в поверхностных водах этого района, а также в кутовой части Южной бухты. На остальной акватории Севастопольской бухты содержание кремния изменялось в диапазоне 24–98 мкг/дм³ и в среднем составило 57 мкг/дм³, что аналогично уровню 2020 г.

Аэрация вод бухты в целом была достаточной. Дефицит растворенного **кислорода** в поверхностных водах не превышал 10%, в придонных – 11% насыщения. В восточной части Севастопольской бухты в районе Инкермана 2 февраля наблюдалось перенасыщение морских вод на 2-12%. Среднее содержание растворенного кислорода составило

11,10 мгО₂/дм³ (106% насыщения) при диапазоне концентрации 9,88–11,78 мгО₂/дм³. А уже 10 февраля в этом районе наблюдался дефицит кислорода до 2-8%. Среднее содержание растворенного кислорода снизилось до 9,82 мгО₂/дм³ (95% насыщения) при диапазоне концентрации 9,52–10,10 мгО₂/дм³. В период ноябрьской съемки восточная часть акватории бухты также отличалась пониженной аэрацией вод (8,43–8,90 мгО₂/дм³ или 94% насыщения). В то же время воды остальной части акватории, за исключением бухты Южная (8,58–8,95 мгО₂/дм³, 98% насыщения), были хорошо насыщены кислородом, концентрация которого составила 8,01–10,54 мгО₂/дм³ (103% насыщения), (рис. 3.2). Минимальная концентрация растворенного кислорода (8,01 мгО₂/дм³) была зафиксирована в придонных водах бухты Доковая на глубине 18 м.

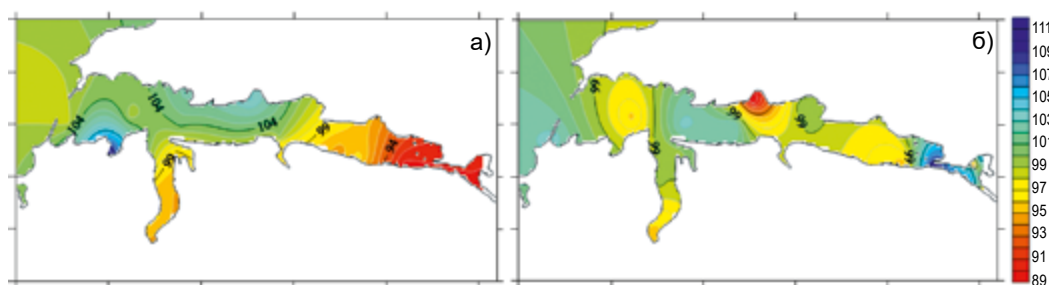


Рис. 3.2. Распределение концентрации растворенного кислорода (% насыщения) в водах Севастопольской бухты на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в ноябре 2021 г.

В феврале, очевидно ввиду подавляющих биологическую активность низких температур (8,13-9,29°C), величина БПК₅ составила 1,37 мгО₂/дм³ и лишь в единичных пробах превышала ПДК, достигая 2,65 мгО₂/дм³. В ноябре все пробы вод поверхностного горизонта, за единственным исключением станции в центральной части бухты Южная, показали превышение норматива по БПК₅, изменяясь от 2,13 до 7,09 мгО₂/дм³. Воды придонного слоя характеризовались величинами БПК₅ в диапазоне 0,47-1,93 мгО₂/дм³.

3.2.2. Севастопольское северное взморье

На северном взморье Севастопольского региона за пределами защитного мола главной бухты выделяется протяженная береговая полоса, которая делится на участок от Константиновского равелина до устья реки Кача (I-5), а далее до границы региона вблизи мыса Лукулл (I-6), (рис. 3.3).

Относительное единообразие прибрежных водных масс северного взморья летом прослеживается по основным общим характеристикам. На западе Крыма 9 июня и 18-19 июля (74 пробы воды) все значения солености почти укладываются в пределах одной промилле 17,56–18,82/18,229, что полностью соответствует значениям двух предыдущих лет (табл. 3.3). Диапазон значений щелочности (2,845–5,594 мг-экв/дм³) был немного выше прошлого года в основном за счет максимума у мыса Лукулл на глубине 40 м. Водородный показатель был практически одинаковым в прибрежных водах северной части региона и укладывался в узкий диапазон 8,08–8,61 ед. pH; среднее значение (8,32 ед. pH) практически равно прошлогоднему (8,29).

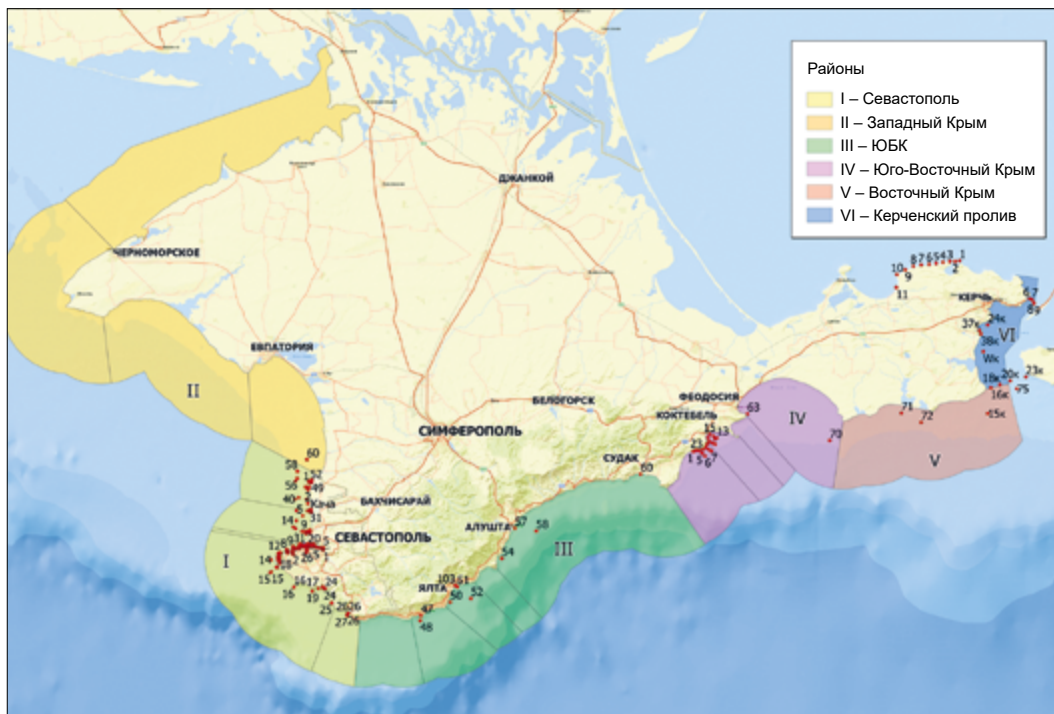


Рис. 3.3. Эколого-географические районы прибрежных вод Крыма в пределах 12-мильной зоны и станции отбора проб в 2021 г.

Таблица 3.3. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах Севастопольского северного взморья (экспедиции СО ГОИН).

Дата съемки	9 июня (16 проб)			18-19 июля (58 проб)		
Элемент	пределы	среднее	станд. откл	пределы	среднее	станд. откл
Соленость, ‰	18,26-18,69	18,462	0,175	17,56-18,82	18,166	0,229
ВВ, мг/дм ³	1,4-9,2	3,39	1,768	1,7-10,2	3,54	1,510
Алк, мг-экв/дм ³	3,33-5,59	3,500	0,558	2,85-4,32	3,303	0,190
рН	8,41-8,52	8,47	0,031	8,08-8,61	8,29	0,075
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	8,95-9,92	9,38	0,287	6,69-11,58	8,47	0,791
O ₂ , %	87-112	102,1	9,48	85-147	108,3	10,59
P total, мкг/дм ³	2-52	9,6	13,1	1,4-36,7	9,2	6,4
PO ₄ , мкг/дм ³	1-21	5,44	5,90	0,3-13,1	3,24	2,82
SiO ₃ , мкг/дм ³	9-231	52,1	61	1-1712	52,0	228
NO ₂ , мкг/дм ³	0,2-3,0	1,13	0,816	0-7,0	0,87	1,025
NO ₃ , мкг/дм ³	4-30	12,0	7,2	2-573	32,3	85,6
NH ₄ , мкг/дм ³	11-95	21,4	19,9	1,2-78,1	15,7	14,9
БПК ₅ , мгO ₂ /дм ³	0,7-2,5	1,50	0,403	0,21-7,66	2,69	1,523
НУ, мг/дм ³	0,02-0,09	0,056	0,022	0,007-0,033	0,013	0,005
Мп, мкг/дм ³				0-35	8,41	7,33

Как и в прошлом году, прозрачность морских вод летом была высокой (5–14 м). Закономерно наименьшая прозрачность по диску Секки была вблизи выпуска КОС пос. Андреевка и у устья реки Кача, а наибольшие значения были отмечены вдали от берега на севере вблизи мыса Лукулл. Концентрация взвешенных веществ изменялась в очень широких пределах, средняя $3,50 \text{ мг/дм}^3$, а два наивысших значения $0,9 \text{ ПДК}$ и $1,0 \text{ ПДК}$ зафиксированы на глубине 40 м у м. Лукулл и у поверхности рядом с устьем р. Бельбек. Содержание легко окисляемого органического вещества по БПК₅ было очень высоким в водах северного взморья. В 34 пробах из 74 значения были выше норматива, а средняя ($2,44 \text{ мг/дм}^3$, $1,2 \text{ ПДК}$) ровно в два раза выше прошлогоднего уровня. Шесть загрязненных органикой проб выше $5,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ отобраны у дна на глубине 22 м у оголовка трубы сброса сточных вод КОС Северные, а на поверхности рядом с этой точкой зафиксировано максимальное значение ($3,6 \text{ ПДК}$); на глубине и на поверхности недалеко от устья реки Бельбек; на поверхности в двух точках напротив и правее 500 м от устья реки Кача. Кислородный режим прибрежных вод севернее Севастопольской бухты был летом в пределах нормы и случаев дефицита отмечено не было. Минимальная величина ($6,69 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) отмечена на глубине 16 м почти на траверзе Севастопольской бухты; средняя величина была немного ниже прошлогодней и составила $8,66 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. При этом процент насыщения вод кислородом в целом был выше ($85\text{--}147\%$), а средняя величина ($107,0\%$) только немного превышала прошлогоднюю ($106,5\%$).

Биогенные вещества. В отличие от прошлого года фосфаты были отмечены во всех пробах, а максимум достигал $0,4 \text{ ПДК}$ в придонном слое вод на глубине 40 м у м. Лукулл. Как и следовало ожидать для летнего периода года, придонные воды в среднем в два раза богаче фосфатами ($5,3 \text{ мкг/дм}^3$), чем поверхностные ($2,6 \text{ мкг/дм}^3$); средняя величина во всем столбе воды $3,7 \text{ мкг/дм}^3$. Все пять значений выше $8,0 \text{ мкг/дм}^3$ зафиксированы у дна на глубинах $16\text{--}52 \text{ м}$. Средняя величина общего фосфора ($9,3 \text{ мкг/дм}^3$) была всего в $2,5$ раза выше неорганического. Содержание различных форм азота в целом было незначительным: концентрация аммония во всем столбе воды $16,9 \text{ мкг/дм}^3$, поверхность $18,6$, придонный слой $14,6$; нитриты $0,98/0,81/1,08$; нитраты $27,8/39,0/12,4$; общий азот $530,5/585,6/4,54,2 \text{ мкг/дм}^3$; максимальные величины составляли всего лишь $0,04 \text{ ПДК}$, $0,3 \text{ ПДК}$ и $0,06 \text{ ПДК}$ соответственно.

В программу анализа загрязнения морских вод входило определение нефтяных углеводородов и СПАВ. Концентрация НУ была выше предела обнаружения во всех 74 пробах, а равнялась или превышала ПДК в десяти ($13,5\%$), шесть из которых отмечены у Учкеевки, остальные у пос. Андреевка и мысов Маргопуло и Лукулл. Средняя величина была в два раза ниже прошлогодней ($0,043 \text{ мг/дм}^3$) и составила $0,023 \text{ мг/дм}^3$ ($0,45 \text{ ПДК}$). Максимум ($1,8 \text{ ПДК}$) зафиксирован у Учкеевки на глубине 14 м . В шестнадцати обработанных пробах содержание СПАВ (детергентов) превышало ПДК только в одной (114 мкг/дм^3 , у пос. Андреевка), в среднем составило $60,5 \text{ мкг/дм}^3$, минимальное значение $16,6 \text{ мкг/дм}^3$.

3.2.3. Севастопольские бухты южного взморья

Южнее Севастопольской бухты располагаются многочисленные бухты до мыса Херсонес. В период наблюдений температура морской воды в бухтах изменялась от $8,54^\circ\text{C}$ (март, поверхностные воды бухты Стрелецкая) до $27,00^\circ\text{C}$ (июль, поверхность б. Омега). Соленость вод была типично морской $16,12\text{--}18,64\%$, хлорность $8,88\text{--}10,28\%$; общая щелочность $2,845\text{--}4,100 \text{ мг-экв/дм}^3$ (табл. 3.4). Значения водородного показателя изменялись в узком диапазоне $8,16\text{--}8,55 \text{ ед. pH}$ и в среднем составили $8,41 \text{ ед. pH}$. Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах изменялось от $1,2$ до $11,4 \text{ мг/дм}^3$, в среднем $3,3 \text{ мг/дм}^3$, в придонных водах – $1,5\text{--}7,1/3,0 \text{ мг/дм}^3$; средняя в столбе воды $3,18 \text{ мг/дм}^3$. Наибольшие значения зафиксированы в поверхностных водах б. Стрелецкая в конце марта, а в придонных водах в б. Карантинная в первой декаде июня.

Таблица 3.4. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в Севастопольских бухтах южного взморья (экспедиции СО ГОИН).

Дата съемки	март, май (58 проб)			июнь-август (24 пробы)		
Элемент	пределы	среднее	станд. откл	пределы	среднее	станд. откл
Соленость, ‰	16,12-18,58	18,313	0,396	17,03-18,64	18,168	0,323
ВВ, мг/дм ³	1,2-11,4	3,11	1,559	1,5-7,1	3,34	1,349
Alk, мг-экв/дм ³	3,23-3,49	3,369	0,048	2,85-4,1	3,396	0,235
pH	8,3-8,55	8,45	0,049	8,16-8,49	8,32	0,117
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	9,06-12,03	10,52	0,485	6,69-9,85	8,50	0,894
O ₂ , ‰	92-125	109,0	7,13	85-116	102,4	8,08
P total, мкг/дм ³	4-55	10,0	8,5	2,5-30,3	9,8	6,4
PO ₄ , мкг/дм ³	0,6-20,2	3,19	3,02	1,9-13,1	5,03	3,19
SiO ₃ , мкг/дм ³	1-527	47,0	106	2-232	29,1	47
NO ₂ , мкг/дм ³	0-7,4	1,42	1,462	0,2-4,3	1,20	0,917
NO ₃ , мкг/дм ³	2-348,1	44,3	68,3	4-107	32,8	23,3
NH ₄ , мкг/дм ³	12-163	35,7	21,3	6,2-140,6	27,9	25,9
БПК ₅ , мг/дм ³	0,36-3,09	1,73	0,499	0,5-5,37	1,74	1,317
НУ, мг/дм ³	0-0,08	0,034	0,020	0,01-0,08	0,046	0,020
Mn, мкг/дм ³	0-50,1	5,94	9,53	10-35	22,50	17,68

Нефтяное загрязнение морской воды в южных бухтах Севастополя было устойчивым. Из поверхностного горизонта 48% проб вод содержали НУ в концентрации достигавшей и превышавшей ПДК, для вод придонного слоя этот показатель составил 21%. Максимальная концентрация НУ достигала 0,08 мг/дм³ (1,6 ПДК), и фиксировалась как у поверхности (в марте и мае в бухтах Стрелецкая, Омега и Карантинная), так и у дна (в июне и августе в бухтах Омега и Камышовая). На взморье бухт концентрация НУ оставалась относительно низкой, что указывает на морской транспорт как источник загрязнения.

Концентрация АПАВ в поверхностном слое вод изменялась от аналитического нуля до 200 мкг/дм³ (2,0 ПДК), в придонных водах – 10–140 мкг/дм³ (1,4 ПДК). Максимальное загрязнение фиксировалось в марте в бухтах Стрелецкая и Омега, где среднее для поверхностных и придонных вод содержание достигло 120 и 92 мкг/дм³ соответственно (рис. 3.4). Единичные случаи превышения допустимого уровня фиксировались в поверхностных водах в мае до 130 мкг/дм³ (бухты Карантинная и Двойная) и в июне до 160 мкг/дм³ (бухта Стрелецкая), в придонных водах только в мае до 110 мкг/дм³ (бухта Песочная).

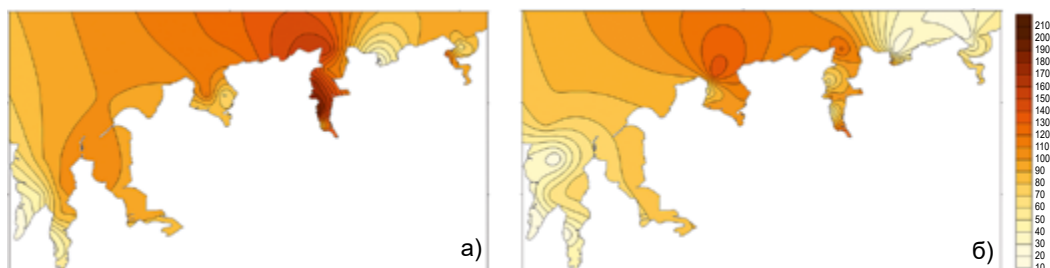


Рис. 3.4. Распределение синтетических поверхностно-активных веществ (АПАВ, мкг/дм³) в поверхностном (а) и придонном (б) слоях в апреле 2021 г.

Содержание различных форм **азота** в бухтах южного взморья Севастополя в слое поверхность-дно распределялось достаточно равномерно и было значительно ниже соответствующих ПДК, изменяясь в диапазонах 210–1260 мкг/дм³ для общего азота, 2–350 мкг/дм³ для нитратов, 7–160 мкг/дм³ для аммония. Повышенная концентрация отмечалась в водах бухт Стрелецкая, Карантинная и Омега. Средние за период наблюдений значения содержания общего, нитратного и аммонийного азота составили 470, 40 и 34 мкг/дм³ соответственно. Концентрация нитритов даже по максимальным значениям не превышала 7 мкг/дм³. Суммарная доля минеральных форм составила 16% от общего содержания азота. Содержание общего фосфора не превышало 55 мкг/дм³, фосфатов – 20 мкг/дм³. Максимальная концентрация фиксировалась в марте в придонных водах бухты Стрелецкая и в мае в придонных водах бухты Песочная. Среднее содержание общего и фосфатного фосфора в слое поверхность-дно составило 10 мкг/дм³ и 4 мкг/дм³ соответственно. Концентрация силикатов в бухтах южного взморья Севастополя изменялась от 1 до 530 мкг/дм³. Максимальное содержание фиксировалось в бухтах Стрелецкая и Омега в марте, когда среднее для поверхностных и придонных вод содержание достигло 95 и 62 мкг/дм³ соответственно. За единичным исключением, когда в поверхностных водах бухты Карантинная в мае было отмечено 200 мкг/дм³, для остального периода наблюдений была характерна концентрация кремния, не превышающая 66 мкг/дм³ и в среднем для всех акваторий составившая 17 мкг/дм³.

Аэрация вод бухт южного взморья Севастополя в целом была достаточной. Дефицит растворенного **кислорода** в поверхностных водах наблюдался только в марте в кутовой части бухты Стрелецкая и не превышал 4% насыщения. В придонных водах дефицит растворенного кислорода не превышал 8% насыщения и был зафиксирован в бухтах Омега, Стрелецкая и Карантинная. Перенасыщение вод как поверхностного, так и придонного слоя достигало 20–25%. Среднее содержание растворенного кислорода в разных бухтах в марте и мае составило 10,50–10,60 мгО₂/дм³ (104–115% насыщения) при диапазоне концентрации 7,39–12,03 мгО₂/дм³, а в июле-августе снизилось до 7,85–7,57 мгО₂/дм³ (105% насыщения) при диапазоне концентрации 7,39–8,10 мгО₂/дм³.

Концентрация легко окисляемых органических веществ по **БПК₅** фиксировалась в широком диапазоне от 0,36 до 5,37 мгО₂/дм³ (мах 2,56 ПДК). Превышение норматива было характерно для поверхностных вод и наблюдалось в 37% отобранных проб, в то время как в водах придонного слоя отмечен единичный случай в мае в бухте Двойная на глубине 16,7 м (2,43 мгО₂/дм³). Среднее значение БПК₅ в поверхностных водах бухт южного взморья Севастополя составило 2,03 мгО₂/дм³ (≈1 ПДК). В августе, вероятно ввиду способствующего росту биологической активности повышения температуры вод (18,77–27,01°С), фиксировался максимум величины БПК₅. Среднее значение показателя в поверхностных водах достигало 4,27 мгО₂/дм³, в то время как в более ранний период изменялось от 0,83 до 2,04 мгО₂/дм³. В придонных водах средняя величина БПК₅ составила 1,36 мгО₂/дм³ (0,6 ПДК) при диапазоне среднемесячных значений 0,98–1,59 мгО₂/дм³.

3.2.4. Севастопольское южное взморье

Восточнее мыса Херсонес располагается бухта Голубая с основным источником сброса практически неочищенных коммунальных вод г. Севастополя из КОС «Южные», обрывистые берега мыса Фиолент до района Балаклавской бухты, мыс Айя, Ласпинская бухта и далее до границы Севастопольского региона вблизи мыса Сарыч (южное взморье) (рис. 3.3). На всем протяжении вдоль берега до Керченского пролива отдельно рассматриваются участки моря вблизи оголовков труб глубоководных выпусков очистных сооружений многочисленных городов, поселков и санаториев Севастопольского региона и Южного берега Крыма. Поскольку исследования в разные годы часто проводили в разные сезоны и не в фиксирован-

ных точках, поэтому сравнение значений разных параметров может рассматриваться только как ориентировочное. Также следует учитывать интенсивную гидродинамику прибрежных вод Севастопольского региона, которые являются сильно перемешанными за исключением бухт и отдельных локальных участков побережья.

В водах южного взморья Севастопольского региона соленость в 56 пробах, отобранных 10 июня, 16 июля и 5 августа 2021 г. укладываются в пределах одной промилле 17,87–18,86‰, средняя составила 18,35‰ (табл. 3.5).

Таблица 3.5. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах южного взморья Севастопольского региона (экспедиции СО ГОИН).

Дата съемки	10 июня (22 пробы), 16 июля (22 пробы), 5 августа (12 проб)		
Элемент	пределы	среднее	станд. откл
Соленость, ‰	17,87–18,86	18,351	0,316
ВВ, мг/дм ³	1,4–6,9	2,59	0,942
Алк, мг-экв/дм ³	3,14–5,13	3,527	0,374
рН	8,05–8,37	8,27	0,058
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	6,14–10,46	8,85	0,871
O ₂ , %	60–121	99,95	10,40
P total, мкг/дм ³	2,5–55	10,0	7,9
PO ₄ , мкг/дм ³	1–68,7	8,05	11,39
SiO ₃ , мкг/дм ³	0–154	29,5	31
NO ₂ , мкг/дм ³	0,1–4,1	1,20	0,919
NO ₃ , мкг/дм ³	4–64	17,2	14,4
NH ₄ , мкг/дм ³	3–45	22,6	10,8
БПК ₅ , мг/дм ³	0,54–6,91	1,67	0,973
НУ, мг/дм ³	0,02–0,13	0,046	0,022
СПАВ	20,5–193,3	84,1	44,1

Щелочность варьировала в очень широком диапазоне, а средняя была незначительно выше прошлогодней. Максимальная величина была зафиксирована 10 июня на глубине 54 м вблизи трубы сброса сточных вод Балаклавы. Показатель концентрации ионов водорода был стандартным для вод региона и практически равным прошлогоднему (в среднем 8,29 ед. рН). Очень высокими были значения прозрачности прибрежных вод района, диапазон значений 7,0–17,5 м по диску Секки. Наименьшая прозрачность летом была измерена вблизи КОС Ласпи, Балаклавы и Фороса. Концентрация взвешенных веществ была в пределах многолетнего диапазона. Максимум их содержания отмечен недалеко от КОС Балаклавы, а средняя величина была немного ниже прошлогодней (2,86 мг/дм³). Как и в прошлом году, концентрация частиц в придонном слое вод (2,9) была выше поверхностного слоя (2,3 мг/дм³). Содержание органического вещества по БПК₅ существенно повысилось по сравнению с прошлым годом, а средняя величина (0,8 ПДК) возросла почти на четверть. Максимум (3,3 ПДК) зафиксирован в Василевой балке на поверхности немного севернее оголовка трубы сброса сточных вод Балаклавы. В двенадцати пробах их значения были выше норматива, из них восемь были отобраны на поверхности вблизи оголовков труб сброса сточных вод Балаклавы, Фороса, Ласпи и КОС «Южные» в Голубой бухте, а также

на мысе Херсонес, Фиолент и у Василевой балки. Загрязнение органикой поверхностного слоя в среднем было в 1,4 раза выше придонного – 2,00/1,44 мг/дм³ соответственно. Воды Севастопольского региона в целом существенно загрязнены органическими веществами практически повсеместно, в бухте, а также в западном и южном побережье. Кислородный режим прибрежных вод южного взморья был в пределах нормы, средняя концентрация растворенного в воде кислорода составила 8,85 мгО₂/дм³. Дефицит не был зафиксирован. В целом аэрация придонных вод была достаточной и почти не отличалась от уровня поверхностных вод – 9,09 и 8,60 мгО₂/дм³. Процент насыщения вод кислородом практически полностью соответствовал прошлогоднему (в среднем 100,4%).

Во всех 56 пробах воды концентрация **нефтяных углеводородов** была выше предела обнаружения используемого метода анализа (DL=0,01 мг/дм³), а максимальная достигала 2,6 ПДК в двух поверхностных пробах вблизи Балаклавы и в бухте Ласпи. В целом содержание НУ в прибрежных водах района очень высокое. В 27 пробах из 56 содержание ингредиента достигало или превышало норматив, а средняя почти его достигала. Поверхностный слой (0,055 мг/дм³) был больше загрязнен НУ, чем придонный слой (0,037 мг/дм³). Детергенты (СПАВ) были обнаружены во всех пробах в значительном количестве, а средняя величина в районе южного побережья почти достигала норматив. Значения превышали ПДК в 18 пробах, а максимум почти достигал 2 ПДК недалеко от сброса сточных вод КОС Ласпи. В целом уровень загрязнения морских вод района моющими веществами по сравнению с предыдущим годом существенно увеличился.

Концентрация неорганического фосфора (**фосфатов**) была выше аналитического нуля во всех пробах, а максимум достигал высокой величины 1,4 ПДК на глубине 89 м у оголовка подводной трубы КОС Южные, через которые происходит сброс в море большей части муниципальных стоков Севастополя. Следующее значение (49,4 мг/дм³) отмечено на большой глубине у дна (74 м) у мыса Фиолент. Значения общего фосфора были незначительно выше неорганического. Максимальная концентрация нитритов достигала только 0,17 ПДК. Содержание нитратов в течение всего периода наблюдений летом 2021 г. было крайне невысоким, максимум был меньше одной тысячной норматива. Аммонийный азот был определен во всех проанализированных пробах. Максимальное значение было очень далеко от норматива. Концентрация общего азота была в диапазоне 128-1034, что очень близко к прошлогоднему интервалу 100-1361 мг/дм³; средняя величина 425 мг/дм³. В летний период времени концентрация силикатов была довольно невысокой и существенно ниже двух предыдущих лет. Сезонная динамика кремниевой кислоты в морских водах очевидно связана со стадиями весеннего и осеннего пиков развития диатомовых водорослей, время наступления которых может значительно сдвигаться в зависимости от климатических характеристик.

3.2.5. Прибрежные воды ЮБК и Восточного Крыма

В 2021 г. изучение качества прибрежных вод ЮБК и Восточного Крыма проводилось СО ГОИН 26 мая в Феодосийском заливе и августе вдоль всего побережья на 14 станциях с глубинами до 83 м. Всего отобрано и обработано из поверхностного и придонного слоев воды 62 пробы. Концентрация взвешенных веществ (ВВ) изменялась в диапазоне 1,7–2,8 мг/дм³ в районе выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза, 2,1–3,5 мг/дм³ в Ялтинском заливе, 1,6–2,9 мг/дм³ в Алуштинском заливе, 1,7–4,8 мг/дм³ в Феодосийском заливе и 1,6–4,3 мг/дм³ на траверзе горы Опук.

Содержание нефтяных углеводородов на взморье ЮБК в мае в районе Карадага было чрезвычайно высоким. Только в двух пробах из 20 содержание **НУ** было ниже норматива. Концентрация достигала 5 ПДК в Коктебельской бухте. Среднее содержание составило 0,093 мг/дм³ (1,85 ПДК). В августе загрязнение вод в Феодосийском заливе снизилось

до 0,04 мг/дм³ (0,8 ПДК), уровня ПДК достигали только 25% отобранных проб. Также в летний период в районе выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза половина отобранных проб показала нефтяное загрязнение до 0,05 мг/дм³ (1 ПДК), в Ялтинском заливе загрязнение поверхностных вод достигало 0,14 мг/дм³ (2,8 ПДК), а загрязнение придонных вод в районе выпуска КОС Гурзуфа – 0,20 мг/дм³ (4,0 ПДК). Воды поверхностного горизонта на всех станциях в Алуштинском заливе содержали НУ в концентрации 0,08–0,12 мг/дм³ (до 2,4 ПДК). Среднее содержание НУ в Ялтинском и Алуштинском заливах составило 0,07 мг/дм³ (1,4 ПДК). Загрязнение вод на траверзе горы Опук было незначительным, максимальная концентрация не превышала 0,03 мг/дм³.

В прибрежных районах ЮБК содержание **АПАВ** было менее ПДК за исключением района выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза, где большая часть отобранных проб содержала детергенты 120–140 мкг/дм³. В остальных прибрежных акваториях ЮБК превышение ПДК по детергентам встречалось в единичных пробах в концентрации до 120–159 мкг/дм³, а среднее содержание составило в Ялтинском и Алуштинском заливах 90 мкг/дм³, в Феодосийском заливе и на траверзе горы Опук 68 мкг/дм³.

Содержание всех форм **азота** было значительно ниже соответствующих ПДК. Поверхностные воды в основном содержали азота больше, чем придонные. На взморье ЮБК максимальная концентрация общего азота (1072 мкг/дм³) была зафиксирована в августе в поверхностных водах района выпуска КОС Симеиза. В остальных районах содержание его распределялось достаточно равномерно, изменяясь от 246 до 771 мкг/дм³. В прибрежных водах ЮБК концентрация нитритного азота не превышала 6,2 мкг/дм³. Содержание нитратного азота в мае на взморье Карадага достигало 45 мкг/дм³ в поверхностных водах и 69 мкг/дм³ у дна, а в августе во всех районах было ниже 17 мкг/дм³. Максимальная концентрация аммонийного азота (192 мкг/дм³) зафиксирована в августе в поверхностных водах района выпуска КОС Симеиза. Общее содержание фосфора в среднем составляло 5–12 мкг/дм³, максимальная концентрация не превышала 11–19 мкг/дм³. Концентрация фосфатов была менее 5 мкг/дм³. В прибрежных водах среднее содержание кремния на поверхностном горизонте составило 2–6 мкг/дм³, у дна – 9–37 мкг/дм³, достигая по максимальным значениям концентрации 68 мкг/дм³ в районе выпуска КОС Симеиза и 101 мкг/дм³ в Ялтинском заливе.

Аэрация прибрежных вод ЮБК соответствовала сезонным нормам. Содержание растворенного **кислорода** в поверхностных водах превышало величину теоретической растворимости газа на 2–21% насыщения, в среднем 8,43 мгО₂/дм³. В придонных водах содержание кислорода также было достаточно высоким, снижаясь до 80–85% насыщения только в глубоководных районах, средняя концентрация 8,52 мгО₂/дм³. Величина БПК₅ фиксировалась в пределах 0,12–3,19 мгО₂/дм³. Среднее по выделенным экогеографическим районам значение БПК₅ в поверхностных водах у берегов Крыма изменялось от 1,48 мгО₂/дм³ (0,7 ПДК) в Ялтинском заливе до 2,52 мгО₂/дм³ (1,2 ПДК) у южной оконечности Крымского полуострова. Превышение допустимого уровня по содержанию легко окисляемого органического вещества отмечено в августе в районе выпуска КОС Симеиза (3,15 мгО₂/дм³), в Феодосийском заливе (3,19 мгО₂/дм³), а также у поселка Малореченское (2,35 мгО₂/дм³) и КОС Гурзуз (2,24 мгО₂/дм³). В придонных водах значение БПК₅ в мае не превышало 1,57–1,59 мгО₂/дм³, в августе – 1,43 мгО₂/дм³. Максимум наблюдался на траверзе горы Карадаг.

3.2.6. Порт Ялта

В 2021 г. исследования гидрохимического режима и загрязнения вод на акватории порта Ялта проводились лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта (ЛМЗОС г. Ялта, ФГБУ «Крымское УГМС») в одной точке с глубиной 6 м в течение всего года с января по декабрь каждую декаду. Всего было отобрано 72 пробы морской воды из поверх-

ностного и придонного слоев. Диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров вод порта составили: температура $9,3\uparrow-26,2\uparrow^{\circ}\text{C}$ (стрелка показывает сравнение с прошлогодним значением); соленость $4,587\downarrow-18,945\downarrow\text{‰}$, в среднем $16,401\downarrow\text{‰}$; водородный показатель $7,82\downarrow-8,78\downarrow/8,34\downarrow$ ед. pH; щелочность $2,424\downarrow-3,368\uparrow/3,097\downarrow$ мг-экв/дм³. Диапазон значений гидрологических параметров в значительной степени соответствовал многолетним режимным значениям, за исключением солености. Большие объемы пресной воды поступают на акваторию морского порта со стоком рек Дерекойка в кутовой части порта и Учан-Су с устьем западнее конца мола. Внутригодовое распределение средних значений по месяцам составило: 17,615; 16,309; 17,603; 15,275; 17,619; 15,649; 14,302; 15,742; 15,884; 17,111; 16,722; 16,980‰. Как и в предыдущий год, существенного снижения среднемесячных значений из-за распреснения морских вод отмечено не было и только в апреле и июле соленость снижалась примерно к 15,0‰. При этом в 14 поверхностных пробах всех месяцев с июня по декабрь соленость была ниже этого уровня, а минимум зафиксирован 1 июля. Низкая температура менее 13,0°C была отмечена зимой до начала мая и в декабре, а летом резкое понижение температуры морской воды на несколько градусов из-за стонно-нагонных явлений не было зафиксировано.

Загрязнение вод акватории порта Ялта **нефтяными углеводородами**, как и в предыдущие годы, было незначительным. В пяти пробах из 72 было зафиксировано содержание НУ выше предела обнаружения ($DL=0,02$ мг/дм³). Максимум в начале апреля достигал $0,35$ мг/дм³ (7,0 ПДК), а в середине февраля фиксировалось нефтяное загрязнение придонных вод до $0,13$ мг/дм³ (2,6 ПДК). В целом в водах порта содержание НУ было наименьшим среди контролируемых районов прибрежных вод Крыма (рис. 3.5). Концентрация СПАВ превышала предел обнаружения в семнадцати пробах из 24 и достигала 0,9 ПДК в середине августа на поверхности; средняя выросла в три раза до $9,8$ мкг/дм³. Фенолы в водах порта не обнаружены.

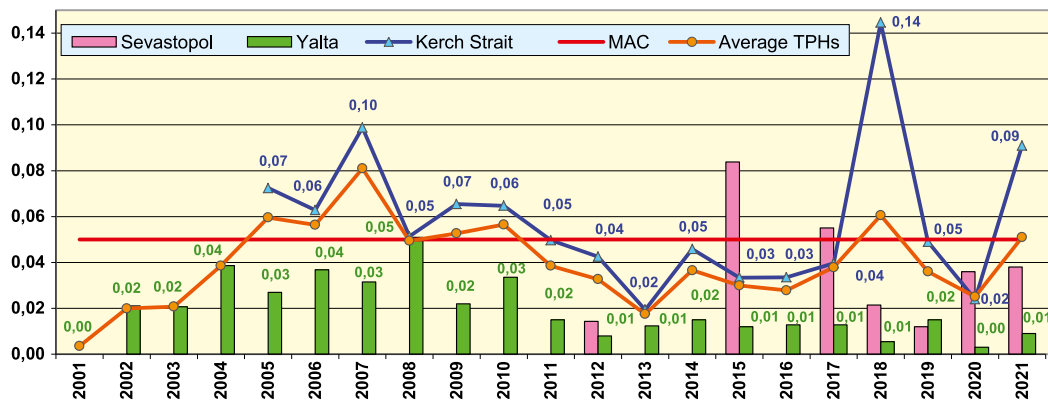


Рис. 3.5. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в прибрежных водах Крыма

В водах акватории порта хлорорганические пестициды (**ХОП**: α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ, ДДД, ДДЭ и гептахлор-ГПХ) отмечались в течение всего периода наблюдений. Как и в предыдущие годы, все 24 пробы содержали ГПХ в концентрации $0,59-4,02$ нг/дм³ (табл. 3.2). Среднегодовое содержание этого вещества снизилось в 2-3 раза по сравнению с двумя предыдущими годами до 0,2 ПДК. Возросло присутствие ДДТ и его метаболитов: в 75% отобранных проб был отмечен ДДД и в 58% – ДДЭ. Максимальная концентрация этих метаболитов

литов достигала 1,3 ПДК и 0,3 ПДК соответственно. Присутствие ДДТ зафиксировано в трех пробах и достигало 0,9 нг/дм³. Среднее за год содержание возросло до 0,1 нг/дм³ для ДДТ, 0,8 нг/дм³ для ДДЭ и 2,4 нг/дм³ для ДДЦ. С января по май фиксировалось загрязнение вод α-ГХЦГ, максимальная концентрация достигала 0,2 ПДК. Линдан (γ-ГХЦГ) обнаружен только в придонном слое 19 июля, но его концентрация составила очень высокий уровень вдвое выше ПДК. Концентрация альдрина во всех пробах была ниже предела обнаружения. В отличие от прошлого года ПХБ найдены только в двух пробах, однако концентрация в них достигала очень высоких значений 15,35 и 19,20 нг/дм³, при этом средняя величина практически равнялась прошлогодней.

Концентрация общего **азота** в водах порта изменялась на поверхности в пределах 426↑–1959↓, при этом среднее значение практически не изменилось – 1182 против 1168 мкг/дм³; однако в придонном слое средняя величина почти в 2 раза больше – 188↑–1534↓/929 мкг/дм³. Среднее значение для всего столба воды возросло на 19% до 1056 мкг/дм³. Сезонные изменения очень большие и повторяются из года в год: наибольшие величины наблюдаются в холодное время года, тогда как с марта по август концентрация общего азота снижается. Концентрация неорганических форм азота в водах акватории порта Ялта изменялась в диапазоне 1,1–11,9↑ мкг/дм³ для нитритного, 1–16↓ мкг/дм³ для аммонийного и 8–694↓ мкг/дм³ для нитратного азота. Среднегодовое содержание минеральных форм азота соответственно составило 4,7; 9,0 и 132,1 мкг/дм³ и в сравнении с предыдущим периодом для нитратного и нитритного азота осталось на прежнем уровне, а для аммонийного азота снизилось почти втрое.

Общее содержание **фосфора** в водах порта Ялта достигало максимальных значений в поверхностном слое в середине августа (168 мкг/дм³) и в октябре в придонных водах (89 мкг/дм³). В отличие от общего азота сезонное содержание общего фосфора показывает тенденцию роста, увеличиваясь по средним за месяц значениям от 32 мкг/дм³ в январе до 100–120 мкг/дм³ в августе, октябре и ноябре (рис. 3.6). Концентрация фосфатов варьировала в диапазоне 4,0–48,0 мкг/дм³, средняя составила 32,6% от ПДК. В поверхностном слое их содержание (21,0) примерно в два раза превышало значение в придонных водах (11,6 мкг/дм³). Среднегодовое содержание общего и фосфатного фосфора в портовых водах продолжило начавшуюся в 2018 г. тенденцию роста и в слое поверхность–дно составило 77,1 и 16,3 мкг/дм³ соответственно. При этом за весь период наблюдений с начала века по усредненным оценкам наблюдается линейный тренд на уменьшение содержания минерального фосфора в порту (рис. 3.7).

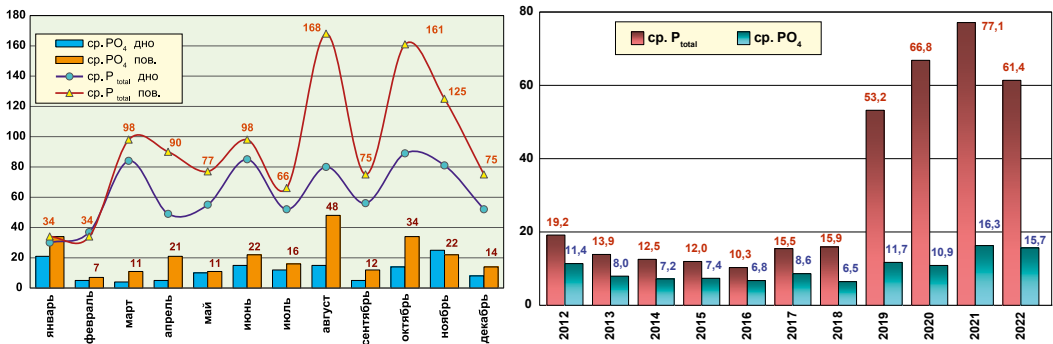


Рис. 3.6. Сезонное в 2021 г. и межгодовое изменение содержания фосфора в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта

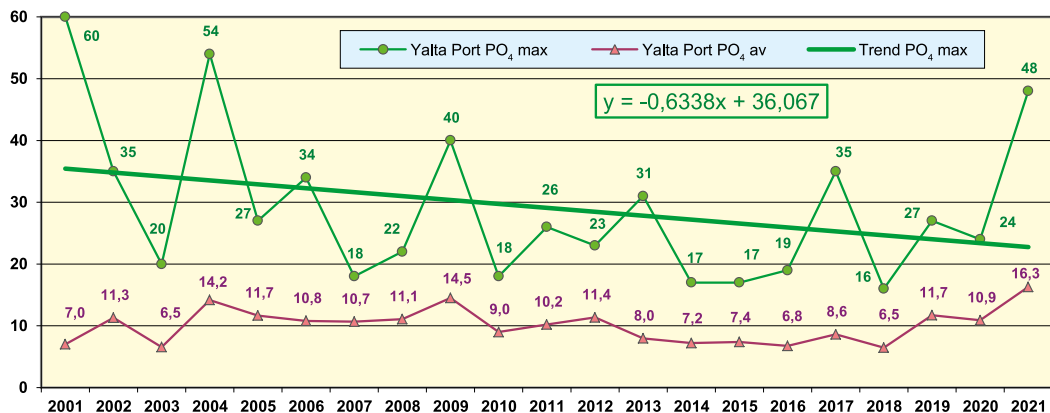


Рис. 3.7. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации фосфора фосфатов (мкг/дм³) в водах акватории порта Ялта

В порту Ялта поверхностные воды содержали значительно больше **кремния**, чем придонные. Концентрация его изменялась в диапазонах 49–1220 мкг/дм³ у поверхности и 33–190 мкг/дм³ у дна (рис. 3.8). Внутригодовая динамика среднесеasonного содержания в слое поверхность-дно характеризовалась увеличением от 150 мкг/дм³ в январе до 640 мкг/дм³ в августе с последующим снижением до 78 мкг/дм³ в декабре. Среднее за год содержание кремния в водах порта (200 мкг/дм³), оставаясь на уровне прошлого года, было минимальным за последнее десятилетие.

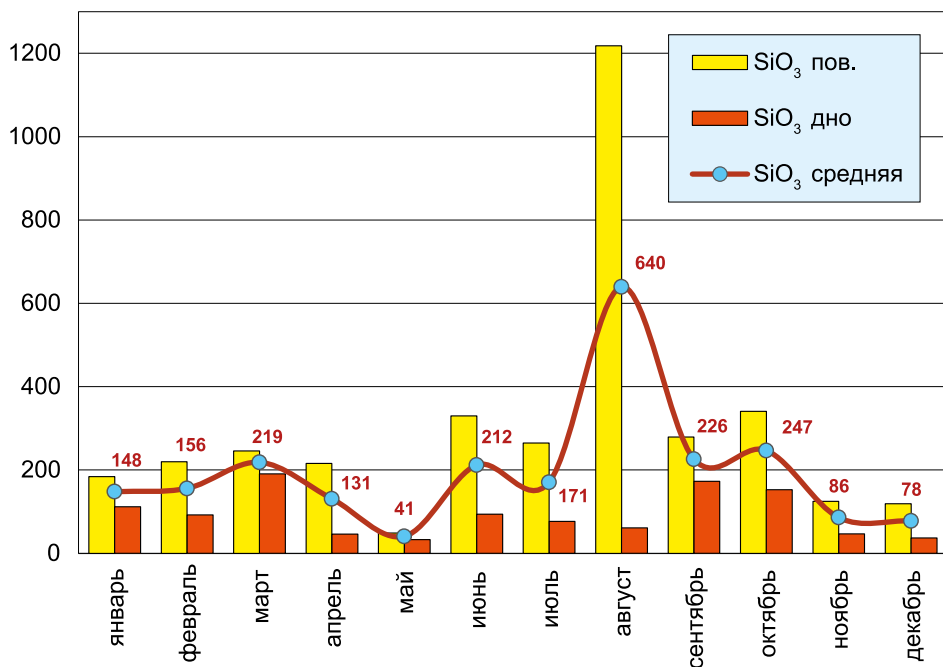


Рис. 3.8. Сезонное изменение содержания кремния в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта в 2021 г.

Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной. Насыщение поверхностных вод растворенным **кислородом** достигало или незначительно превышало 100% рубеж (до 109% насыщения) только в единичных пробах в сентябре и ноябре. Придонные воды достигали насыщения растворенным кислородом с февраля по июнь и в октябре. По среднемесячным значениям в слое поверхность-дно дефицит кислорода достигал 14% насыщения. По абсолютным значениям содержание его варьировало в пределах 5,29–9,69 мгО₂/дм³ на поверхности и 6,59-10,76 мгО₂/дм³ у дна. Только в одной пробе в середине сентября концентрация была ниже норматива. В целом дефицит растворенного кислорода на акватории порта Ялта был более выражен в поверхностном слое. Среднегодовое содержание его в 2021 г. немного возросло, достигнув 91,9% насыщения.

Таблица 3.2. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	пДК	С*	пДК	С*	пДК
Севастопольская бухта (62 пробы)	НУ	0,021	0,41	0,043	0,86	0,047	0,93
		0,100	2,00	0,300	6,00	0,600	12,00
	СПАВ	17,6	0,18	32,6	0,33	25,4	0,25
		44,1	0,44	107,7	1,08	122,9	1,23
	Аммонийный азот N-NH ₄	61,6	0,03	87,9	0,04	41,1	0,02
		103,1	0,05	233,2	0,10	122,4	0,05
	Нитритный азот N-NO ₂	0,91	0,04	3,7	0,15	4,8	0,20
		16,65	0,69	21,20	0,88	12,90	0,54
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	1,2	0,04	5,5	0,11	8,8	0,18
		9,48	0,18	37,01	0,74	29,55	0,59
	БПК ₅	1,80	0,86	1,23	0,58	2,02	0,96
		3,33	1,58	5,49	2,61	7,09	3,38
	Растворенный кислород	9,08		9,1		9,6	
		5,68	0,95	6,84		8,01	
Севастопольское южное взморье (136 пробы)	НУ	0,006	0,13	0,027	0,53	0,042	0,83
		0,100	2,00	0,080	1,60	0,130	2,60
	СПАВ	16,5	0,16	29,5	0,30	76,3	0,76
		47,9	0,48	83,0	0,83	201,7	2,02
	Аммонийный азот N-NH ₄	53,4	0,02	94,7	0,04	28,5	0,01
		272,30	0,12	295,97	0,13	163,38	0,07
	Нитритный азот N-NO ₂	0,3	0,01	2,8	0,12	1,3	0,05
		6,62	0,28	18,61	0,78	7,37	0,31
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	2,4	0,05	5,2	0,10	5,5	0,11
		25,50	0,51	39,09	0,78	68,73	1,37
	БПК ₅	1,95	0,93	1,30	0,62	1,71	0,81
		12,88	6,13	3,61	1,72	6,91	3,29
	Растворенный кислород	9,2		9,7		9,5	
		6,64		5,37	0,89	6,14	

Севастопольское северное взморье (82 пробы)	НУ			0,043	0,86	0,022	0,45
				0,300	6,00	0,090	1,80
	СПАВ	8,1	0,08	32,6	0,33	12,3	0,12
		35,5	0,36	107,7	1,08	113,9	1,14
	Аммонийный азот N-NH ₄	41,4	0,11	87,9	0,23	20,5	0,05
		71,51	0,18	233,23	0,60	155,80	0,40
	Нитритный азот N-NO ₂	1,5	0,06	3,7	0,15	1,8	0,07
		11,82	0,49	21,20	0,88	29,24	1,22
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	4,4	0,09	5,5	0,11	5,9	0,12
		17,73	0,35	37,01	0,74	78,99	1,58
Акватория порта Ялта (72 пробы)	БПК ₅	0,86	0,41	1,23	0,58	2,47	1,18
		2,72	1,30	5,49	2,61	7,66	3,65
	Кислород	8,6		9,1		8,8	
		7,98		6,84		7,40	
	НУ	0,015	0,30	0,007	0,14	0,009	0,18
		0,190	3,80	0,080	1,60	0,350	7,00
	СПАВ	1,8	0,02	3,4	0,03	10	0,10
		12,0	0,12	17,0	0,17	94	0,94
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,145	0,01	0,08	<0,01	0,86	0,09
		1,33	0,13	0,73	0,07	20,74	2,07
	α-ГХЦГ	0,05	<0,01	0		0,33	0,03
		0,65	0,07	0		1,75	0,18
	ДДТ	0,11	0,01	0		0,10	0,01
		2,06	0,21	0		0,92	0,09
	ДДЭ	0,18	0,02	0,20	0,02	0,84	0,08
		2,85	0,29	1,16	0,12	3,37	0,34
	ДДД	1,93	0,19	1,34	0,13	2,44	0,24
		11,06	1,11	4,82	0,48	12,61	1,26
	Альдрин	0		0		0	
		0		0		0	
	Гептахлор	4,97	0,50	6,66	0,67	2,14	0,21
		12,92	1,29	18,34	1,83	4,02	0,40
	ПХБ	0		1,51	0,15	1,44	0,14
		0		7,19	0,72	19,20	1,92
	Аммонийный азот N-NH ₄	24,4	0,01	24,8	0,01	9,0	<0,01
		104	0,05	69	0,03	16,0	<0,01
	Нитритный азот N-NO ₂	3,8	0,16	2,4	0,10	4,7	0,20
		15,4	0,64	5,3	0,22	11,9	0,50
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	11,7	0,23	10,9	0,22	16,3	0,32
		27,0	0,54	24,0	0,48	48,0	0,96
	Растворенный кислород	8,20		7,99		8,38	
		5,44	0,91	5,87	0,98	5,29	0,88

Примечания:

1. Концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ), растворенного в воде кислорода и органических веществ по БПК₅ приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов – в мкг/дм³; хлорорганических пестицидов и ПХБ в нг/дм³.

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

3.3. Качество черноморских вод у берегов Крыма

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученные на основе приведенных к ПДК средних величин концентрации приоритетных для каждого из районов мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода, позволяют сравнить качество вод различных участков побережья Крыма. В расчете индекса не использовались данные по металлам в морской воде, поскольку анализ этих ингредиентов выполнялся крайне эпизодически, что могло бы привести к искажению результатов сравнения разных районов в разные годы. В целом в 2021 г. прибрежные воды Крыма оценивались II классом «чистые» (табл. 3.6). Только на южном взморье Севастопольского региона, где происходит практически без очистки сброс сточных вод Севастополя в Голубой бухте и Балаклавы на траверзе бухты воды классифицировались как «умеренно загрязненные» (III класс). Близко к границе этого класса также оцениваются достаточно грязные воды южных бухт взморья. Практически во всех районах побережья приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, легко окисляемое органическое вещество по БПК₅ и моющие вещества (СПАВ). Воды в акватории п. Ялта оставались чистыми. Здесь не исследовали содержание органических веществ по БПК₅, однако при очень невысокой концентрации в водах порта НУ и СПАВ свою ощутимую долю в общий уровень загрязнения вносили хлорорганические соединения – пестициды группы ДДТ, гептахлор и полихлорированные бифенилы, являющиеся индикаторами промышленного загрязнения. Межгодовые изменения в водах выделенных районов были весьма значительными в пределах классов качества «чистые» и «умеренно загрязненные» (рис. 3.9).

Кислородный режим Севастопольской бухты в целом был в пределах нормы. Дефицит растворенного кислорода в поверхностных водах не превышал 10%, а в придонных 11% насыщения. В восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана) и в бухте Южная дефицит кислорода достигал 2–8%, и среднее содержание соответственно составило 9,96 и 8,79 мгО₂/дм³ (99–98% насыщения) при диапазоне концентрации 8,43–11,78 мгО₂/дм³. Воды остальной части акватории были достаточно хорошо насыщены кислородом (103% насыщения). Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной. Дефицит растворенного кислорода в акватории порта Ялта был более выражен в поверхностном слое. По среднемесячным значениям в слое поверхность–дно дефицит кислорода достигал 14% насыщения. Среднегодовое содержание его в 2021 г. немного возросло, достигнув 92% насыщения. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали ПДК.

Таблица 3.6. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
1. Севастопольская бухта	0,53	II	0,96	III	0,69	II	НУ 0,93; СПАВ 0,25; БПК ₅ 0,96; О ₂ 0,63
2. Севастопольское взморье*	0,44	II	0,56	II	0,71	II	БПК ₅ 0,94; НУ 0,69; СПАВ 0,54; О ₂ 0,65
3. Севастопольское северное взморье	0,32	II	0,61	II	0,61	II	БПК ₅ 1,18; НУ 0,45; СПАВ 0,12; О ₂ 0,68
4. Севастопольское южное взморье (без бухт)	0,50	II	0,50	II	0,81	III	НУ 0,92; СПАВ 0,84; БПК ₅ 0,79; О ₂ 0,68

5. Бухты южного взморья	0,36	II	0,61	II	0,73	II	БПК ₅ 0,82; НУ 0,76; СПАВ 0,71; O ₂ 0,60
6. Акватория порта Ялта	0,44	II	0,45	II	0,37	II	PO ₄ 0,32; ДДД 0,24; ГПХ 0,21; O ₂ 0,72
Севастопольское взморье* – все участки прибрежной акватории за пределами Севастопольской бухты.							

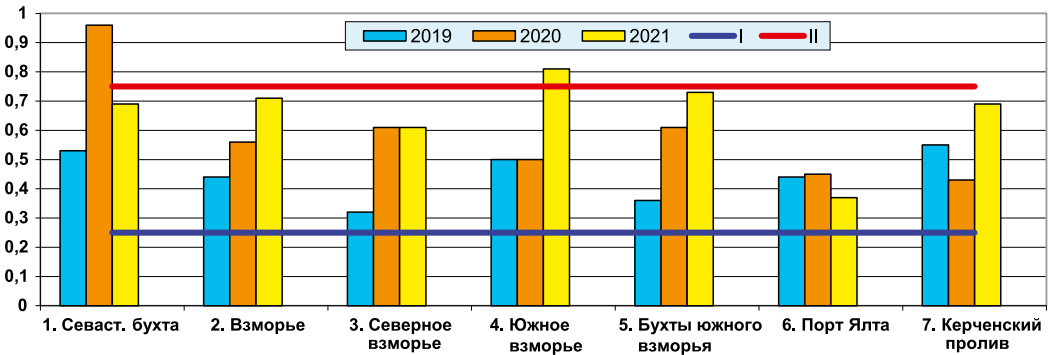


Рис. 3.9. Межгодовые изменения величины индекса загрязненности вод (ИЗВ) морских акваторий у берегов Крыма

3.4. Загрязнение прибрежных вод Кавказа

В рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГСН) мониторинг водной среды на прибрежных участках шельфа в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе осуществлялся Устьевой ГМС Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк) (рис. 3.10). Всего в период с марта по сентябрь было выполнено 4 съемки и отобрано 96 проб. 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 рН, растворенный кислород O₂ методом Винклера, щелочность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO₄, аммонийного азота, нитритов NO₂ и силикатов SiO₃) и загрязняющих веществ – НУ, СПАВ, пестицидов и растворенной в воде ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производилась четырёххлористым углеродом. Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом на приборе КН-2 (концентратор). Определение концентрации ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

Анапа. В 2021 г. в районе г. Анапа исследования проводилась на 6 станциях с глубинами 6–30 м. Всего в период с марта по сентябрь было отобрано и проанализировано из поверхностного слоя 24 пробы воды. В период наблюдений соленость изменялась в широком диапазоне 16,80–19,11‰. Минимальная соленость была отмечена в сентябре, максимальная – в апреле. Средняя за год величина была несколько выше прошлогодней (17,63‰ – в 2020 г.); хлорность изменялась в пределах 9,32–10,58‰. Температура воды варьировала от 8,0°C в апреле до 24,0°C в середине сентября. Значение водородного показателя рН изменялось в диапазоне 8,13–8,60, общей щелочности – 2,905–3,468 мг-экв/дм³. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний (табл. 3.7).



Рис. 3.10. Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2021 г. (У Кубанская)

Таблица 3.7. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2021 г.

Район	S, ‰	Щелочность, мг-экв/дм ³	O ₂ *, мг/дм ³	pH	PO ₄ , мкг/дм ³	SiO ₃ , мкг/дм ³	NH ₄ , мкг/дм ³	NO ₂ , мкг/дм ³
Анапа	17,930/ 19,110	3,144/ 3,468	9,36/ 7,10	8,35/ 8,60	1,8/ 3,6	128/ 297	111,7/ 131,0	3,6/ 5,2
Новороссийск	17,691/ 18,570	3,186/ 3,387	9,24/ 7,73	8,42/ 8,64	1,6/ 4,4	129/ 196	121,5/ 157,0	6,22/ 10,40
Геленджик	17,764/ 18,640	3,236/ 3,546	9,05/ 7,50	8,42/ 8,59	1,8/ 3,6	145/ 200	113,6/ 141,0	4,29/ 6,40
Туапсе	17,587/ 19,510	3,209/ 3,372	9,15/ 7,12	8,46/ 8,61	2,8/ 12,4	188/ 1040	104,9/ 135,0	5,27/ 13,80
O ₂ * – средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.								

В течение года содержание минерального **фосфора** варьировало от аналитического нуля до 3,60 мкг/дм³. Для прибрежной акватории г. Анапы среднегодовая концентрация неорганического фосфора осталась практически на уровне прошлого года. Для всех других районов северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация фосфатов оказалась ниже прошлогодней (рис. 3.11). В районе Туапсе концентрация P-PO₄ уменьшилась с 11,04 до 2,80 мкг/дм³, в акватории Новороссийска уменьшилась с 2,65 до 1,60 мкг/дм³, и с 2,83

до 1,80 мг/дм³ в районе Геленджика. Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию повышения среднего содержания фосфатов в прибрежных водах. До некоторой степени это обусловлено значительным (в 3–4 раза) скачком значений у Анапы, Новороссийска и Геленджика в 2015 г. Спад в следующем году продолжился увеличением среднегодовой и максимальной концентрации в 2017–2018 гг., что в целом соответствовало многолетней тенденции накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья. Однако последние три года показывают существенное снижение уровня содержания минерального фосфора в прибрежных водах Кавказа.

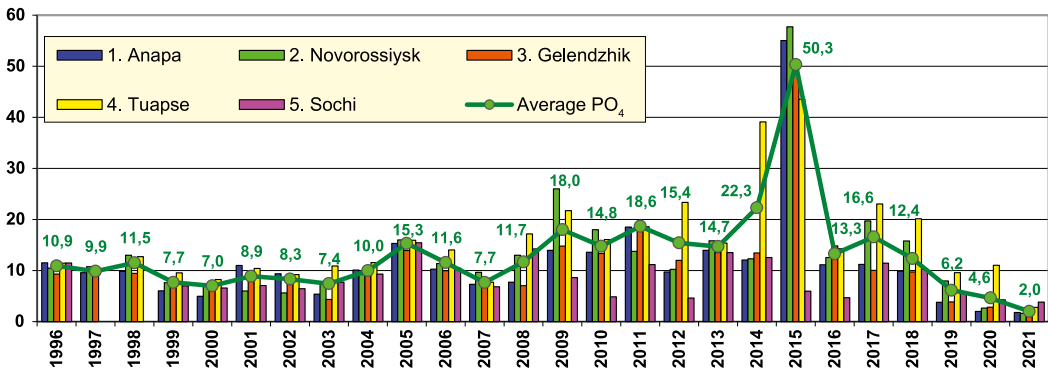


Рис. 3.11. Средняя концентрация неорганического фосфора P-PO⁴ (фосфаты, мг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2021 гг.

Максимальная концентрация фосфатов в районе г. Анапы оказалась ниже прошлогодней, что значительно ниже величины ПДК (рис. 3.12). Также ниже норматива оказалась величина максимальной концентрации фосфатов в прибрежной акватории Геленджика и Новороссийска – 3,6 и 4,4 мг/дм³ соответственно. По сравнению с 2020 г. существенно, в 4,0 раза, снизилась максимальная концентрация минерального фосфора в прибрежных районах Туапсе – с 49,2 мг/дм³ до 12,4 мг/дм³. Многолетняя динамика демонстрирует практически экспоненциальный рост максимального содержания минерального фосфора на Кавказском побережье Черного моря за последние десять лет. Однако с 2018 г. отмечено существенное снижение значений в северной части побережья.

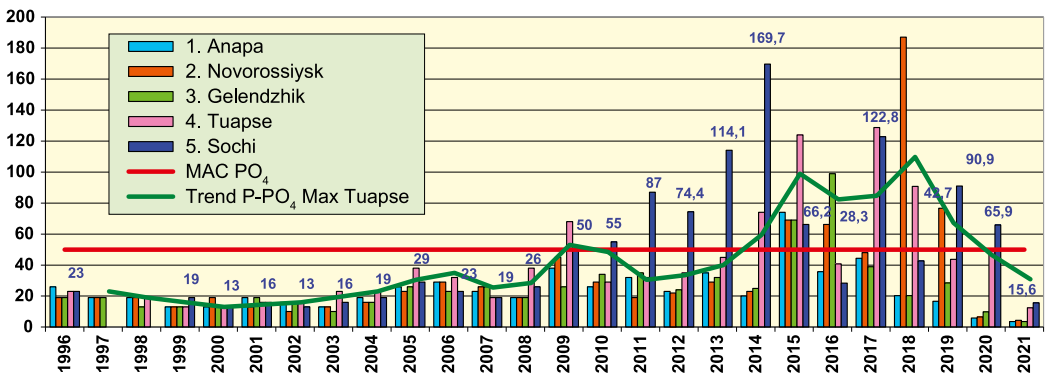


Рис. 3.12. Максимальная концентрация неорганического фосфора P-PO⁴ (фосфаты, мг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2021 гг.

Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация кремния изменялась от 29,5 мкг/дм³ в апреле до 297,0 мкг/дм³ в июле. Содержание аммонийного азота варьировало в диапазоне 90–131 мкг/дм³. Величина содержания нитритного азота изменялась от 1,4 мкг/дм³ до 5,2 мкг/дм³ и в среднем составляла 3,56 мкг/дм³ (0,15 ПДК).

Загрязнение побережья вблизи г. Анапа **нефтяными углеводородами** по сравнению с прошлым годом в среднем повысилось более чем в 2 раза и составило 0,034 мг/дм³ (0,68 ПДК), (табл. 3.8). Только в двух пробах из 24 их концентрация была ниже предела обнаружения ($DL=0,02$ мг/дм³), а максимум достигал 0,096 мг/дм³ (1,92 ПДК) в самом начале апреля на самой северной станции. Норматив был превышен в четырех пробах. Многолетняя динамика средних значений содержания НУ в водах побережья Кавказа, за исключением района Адлер-Сочи, демонстрирует стабильный линейный тренд на понижение (рис. 3.13). Однако межгодовая вариабельность очень высокая и показывает волнообразный характер изменений практически во всех районах контроля. В последний год содержание нефтяных углеводородов заметно выросло, за исключением Новороссийска. Максимальные величины содержания НУ на всех участках побережья превышали ПДК (рис.3.14). Последние три года в целом были самыми загрязненными за тридцать лет наблюдений.

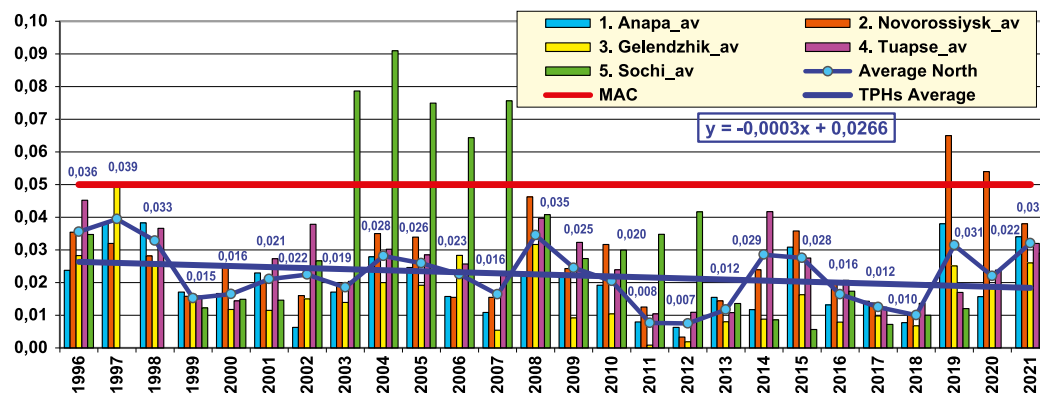


Рис. 3.13. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в прибрежных водах Кавказа в 1996–2021 гг. Сокращения: Average North – средняя величина в северной части Кавказского побережья; MAC – предельно допустимая концентрация; Trend Average North – тренд концентрации НУ в северной части побережья

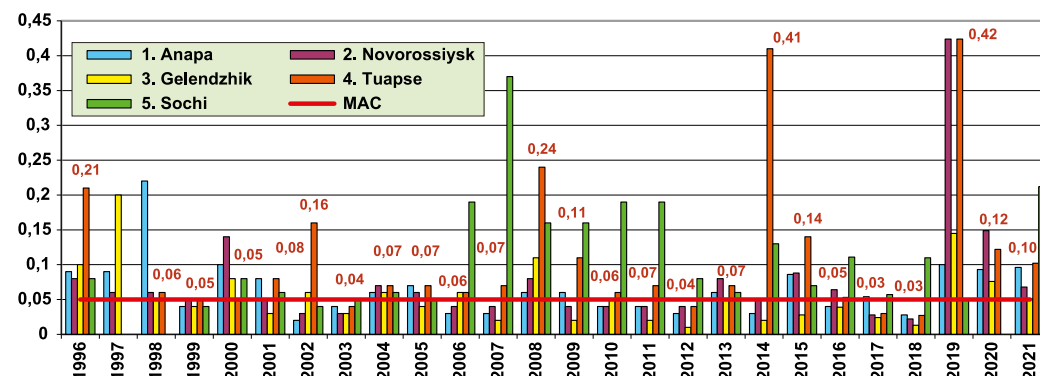


Рис. 3.14. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм³) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2021 гг. Сокращения: MAC – предельно допустимая концентрация

Концентрация детергентов не превышала предела обнаружения ($DL=100$ мкг/дм³) ни в одной из отобранных проб. В 2021 г. пробы исследовались на содержание железа и ртути. В четырех проанализированных пробах найдена растворенная ртуть в концентрации 0,010–0,016 мкг/дм³, в среднем 0,013 мкг/дм³. Загрязнение ртутью стало более значимым (в среднем 0,13 ПДК) в отличие от прошлых лет, когда ее содержание было ниже предела обнаружения. Железо определяли только на самой мористой станции в четырех пробах, значения укладывались в узкий диапазон 24–42 мкг/дм³, в среднем 35,5 мкг/дм³ (0,71 ПДК), максимальное – 42 мкг/дм³ (0,84 ПДК). В предыдущие годы железо в пробах не определялось. 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. На удаленной от берега станции довольно высоким было содержание органических веществ по БПК₅, в среднем 0,69 ПДК, диапазон значений в четырех обработанных пробах 1,25–1,74 мгО₂/дм³.

Кислородный режим в целом был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода не был обнаружен ни в одной пробе. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было немного ниже прошлогодних значений и варьировало в пределах 91,0–120,0% насыщения, в среднем (109,4%) в целом на уровне предыдущих лет с 2016 г. (107,42% – 2016, 102,09% – 2017, 85,63% – 2018, 107,19% – 2019 г., 112,30% – 2020 г.). Значение индекса загрязненности вод ИЗВ (0,68, II класс, «чистые») выросло в два раза по сравнению с прошлым годом (табл. 3.9). В расчет индекса вошла средняя концентрация нефтяных углеводородов, железа, органического вещества и кислорода. Как и в предыдущие годы, воды района оцениваются как «чистые».

Новороссийск. В районе на 5 станциях в Цемесской бухте с глубинами от 7 до 57 м четырежды с апреля по сентябрь было отобрано 20 проб воды из поверхностного слоя. Температура варьировала в диапазоне 9,8–25,0°C. Соленость изменялась в узком диапазоне, а среднегодовая величина на 0,37‰ выше прошлогоднего значения (табл. 3.7). Водородный показатель pH и щелочность были в естественном узком диапазоне, а средние значения практически равны прошлогодним. Кислородный режим был в норме, случаев дефицита и насыщения менее 70% не было (табл. 3.8). В четырех пробах с морской глубокой станции на выходе из бухты значения БПК₅ составили в среднем 0,69 ПДК, а максимум 0,8 ПДК. В предыдущие годы этот показатель на этом участке побережья не измерялся.

Среднегодовое и максимальное значения содержания аммонийного азота были существенно ниже ПДК (рис. 3.15). В северной части Кавказского побережья наблюдается хорошо выраженная тенденция увеличения средней концентрации аммония практически во всех участках с видимым провалом в 2017–2018 гг. Одновременно в районе Адлер-Сочи в последние два года содержание аммония было очень невысоким как в порту, так и на взморье. А вот максимальные величины не показывают хорошо выраженного тренда и в большей части всего периода наблюдений варьировали в диапазоне 100–150 мкг/дм³. Средние и максимальные значения содержания нитритов в Цемесской бухте остались примерно на уровне 2020 г., 0,26/0,43 ПДК соответственно.

Среднее содержание фосфатов на акватории порта Новороссийска было намного менее ПДК и уменьшилось почти наполовину по сравнению с прошлым годом. Также очень невысокой оказалась величина максимальной концентрации фосфатов. Содержание силикатов оставалось на низком уровне с 2016 г., максимум достигал только 196 мкг/дм³.

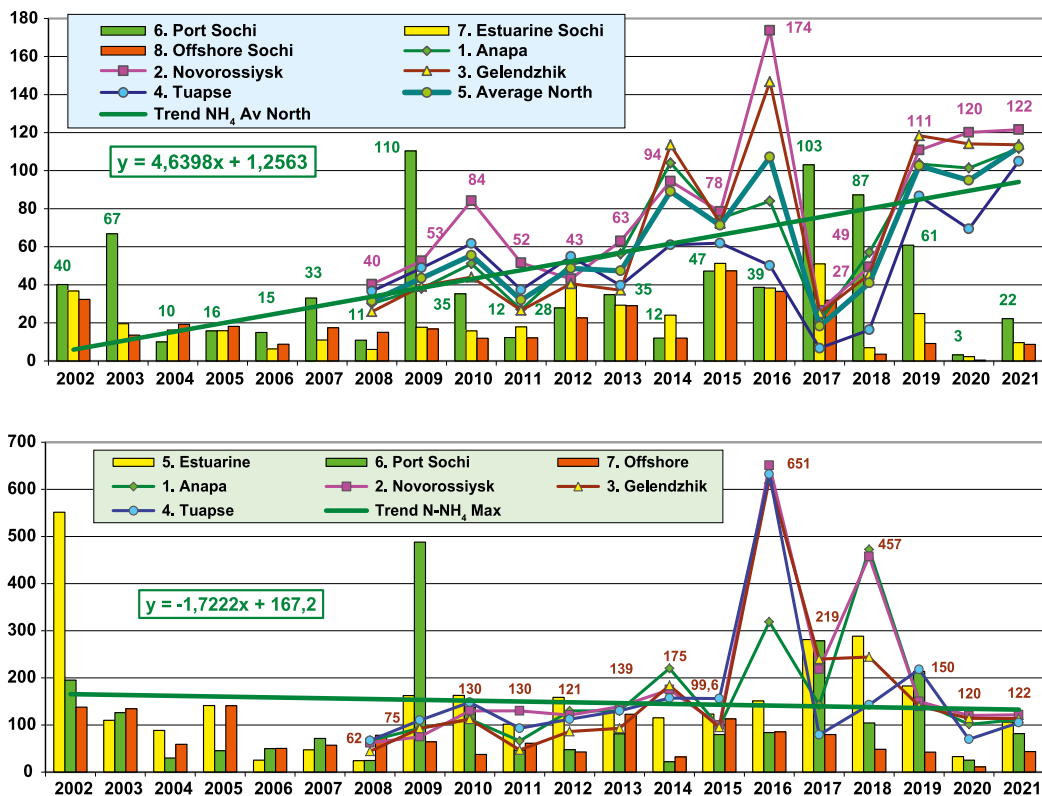


Рис. 3.15. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация аммонийного азота $N-NH_4$ (мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2021 гг.

Загрязнение **нефтяными углеводородами** по сравнению с предыдущими годами значительно снизилось и в среднем составило 0,76 ПДК. Максимальное значение тоже снизилось (1,36 ПДК), особенно по сравнению с почти 9-кратным превышением в 2019 г. В 2021 г. 4 пробы исследовались на содержание железа на одной мористой станции. Среднее значение концентрации железа было 38,3 мкг/дм³ (0,77 ПДК), максимальное 46 мкг/дм³ (0,92 ПДК). В предыдущие годы железо в пробах не определялось. Загрязнение ртутью сохранилось на уровне прошлого года, максимум 0,11 ПДК.

Кислородный режим в целом был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода не был обнаружен ни в одной пробе. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было немного выше прошлогоднего уровня. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,72) позволяет отнести воды района ко II классу, «чистые», однако значение очень близко границе класса «умеренно загрязненные». Индекс вырос по сравнению с предыдущими годами. В расчете использовались средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, органического вещества и кислорода.

Геленджик. В Геленджикской бухте на 6 станциях с глубинами 3–6 м в течение 2021 г. было отобрано 24 пробы воды из приповерхностного слоя. Температура с апреля по август изменялась от 10,0 до 26,0°C, соленость 17,23–18,64‰, значения водородного показателя 8,23–8,59 ед. рН, щелочность 3,26–3,546 мг-экв/дм³. В четырех пробах с морской глубокой станции на траверсе бухты значения БПК₅ составили в среднем 0,70 ПДК, а максимум 0,84 ПДК. В предыдущие годы этот показатель на этом участке побережья не измерялся.

Среднегодовое и максимальное значения содержания аммонийного азота были существенно ниже ПДК для вод с большой соленостью и держатся практически на одинаковом уровне в течение 3 лет (табл.3.9). Средние и максимальные значения содержания нитритов снизились по сравнению с уровнем прошлого года. Даже максимальные значения концентрации нитритов во всех районах Кавказского побережья не превышают установленный норматив (рис.3.16). В локальных участках акватории Кавказского побережья фиксируются существенные межгодовые изменения максимального содержания нитритов, особенно заметные в Новороссийской бухте. Средняя концентрация практически на всех участках побережья показывает 3–5-летнюю периодичность высоких и низких значений. Несмотря на высокую изменчивость показателя, в Геленджикской бухте в последнюю четверть века наблюдается хорошо выраженный тренд на понижение максимального содержания нитритов. В последние два года содержание фосфатов в водах бухты снижается как по средним, так и максимальным значениям, составляющим всего 0,04–0,07 ПДК в 2021 г. Содержание силикатов было в целом незначительным, 145 мкг/дм³ в среднем и 200 мкг/дм³ в максимуме, оставаясь на низком уровне с 2016 г. (табл. 3.7).

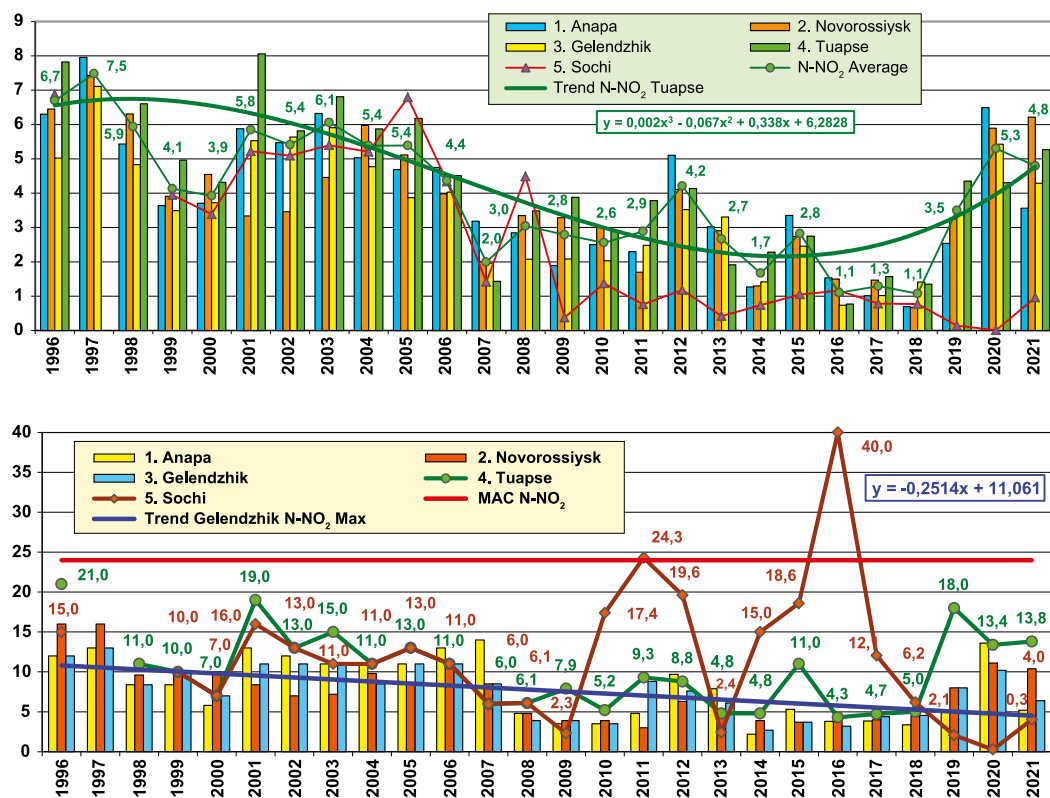


Рис. 3.16. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота N-NO₂ (мкг/дм³) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2021 гг.

Загрязнение **нефтяными углеводородами** оказалось на уровне 2019 г., повысилось по сравнению с прошлым годом и составило 0,52 ПДК. Максимальное значение снизилось до 1,02 ПДК. В 2021 г. пробы исследовались на содержание железа и ртути. Среднее значение концентрации железа было 33,8 мкг/дм³ (0,68 ПДК), максимальное – 41 мкг/дм³

(0,82 ПДК). В предыдущие годы железо в пробах не определялось. Загрязнение ртутью увеличилось по сравнению с прошлым годом (в среднем 0,12 ПДК, максимум 0,15 ПДК). В четырех пробах с мористой станции среднее значение концентрации железа было 0,68 ПДК, а максимальное (0,92 ПДК) также было ниже норматива. В предыдущие годы железо в пробах не определялось. Ртуть в этих пробах была отмечена во все месяцы, в среднем загрязнение вод взморья Геленджикской бухты этим металлом немного повысилось, хотя максимум составил всего 0,11 ПДК.

Кислородный режим в целом был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода не был обнаружен ни в одной пробе. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было немного ниже прошлогоднего уровня. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,64) вдвое увеличился по сравнению с предыдущим годом. Его значение позволяет отнести воды района ко II классу, «чистые», однако весьма близко к границе класса «умеренно загрязненные». В расчете использовались средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, легко окисляемого органического вещества по БПК₅ и кислорода.

Туапсе. Наблюдения проводились на 7 станциях, проанализировано 28 проб. Все пробы отобраны из поверхностного слоя вод. Температура за время наблюдений изменялась в интервале 10,0–25,1 °С, минимальная была зафиксирована в апреле, максимальная в июле. Соленость была в диапазоне 16,19–19,51‰. Значения pH и общей щелочности в водах вблизи Туапсе были в пределах обычных межгодовых и сезонных изменений, и находились в узком диапазоне 8,23–8,61 ед. pH и 3,058–3,372 мг-экв/дм³. Кислородный режим был в норме, содержание кислорода не опускалось ниже 7,12 мг/дм³. Уровень содержания органического вещества по БПК₅ в четырех пробах с удаленной от берега станции не превышал ПДК, но был довольно высоким (среднее 0,71 ПДК, максимум 0,85 ПДК). В целом гидролого-гидрохимические параметры и концентрация биогенных веществ находились в пределах естественных межгодовых колебаний. Среднегодовое и максимальное значение концентрации аммонийного азота было существенно ниже ПДК для вод с большой соленостью, не превышая 0,1 ПДК в течение последних лет (табл.3.9). Содержание нитритов немного повысилось по сравнению с прошлогодним уровнем, средние и максимальные значения составили 0,22 ПДК и 0,58 ПДК соответственно. Средняя концентрация фосфатов уменьшилась с 11,04 до 2,80 мкг/дм³, а максимальная в 4,0 раза, с 49,2 до 12,4 мкг/дм³. Содержание силикатов в целом незначительное. За весь период наблюдений с 1996 г. наблюдается постепенное снижение средней концентрации кремния во всех районах наблюдений (рис.3.17).

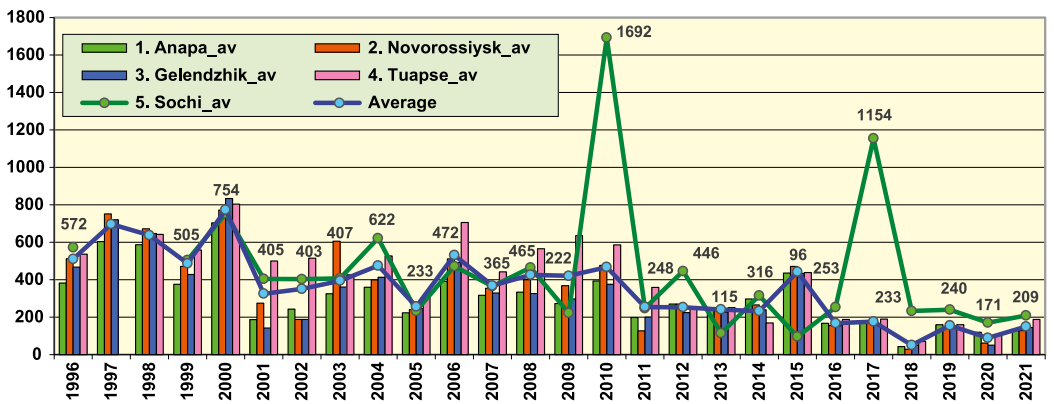


Рис. 3.17. Средняя концентрация кремния (мкг/дм³) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2021 гг.

Аналогичная тенденция прослеживается по максимальным величинам, зафиксированным в северной части прибрежных вод у городов Анапа-Туапсе (рис. 3.18). Однако на юге участка побережья в междуречье рек Мзымта и Сочи максимальная концентрация в последнее десятилетие держится на весьма высоком уровне около 2000 мкг/дм³. Вероятно, это связано с залповым выбросом силикатов с обильным речным стоком во время половодья или ливневых дождей в предгорьях Кавказа.

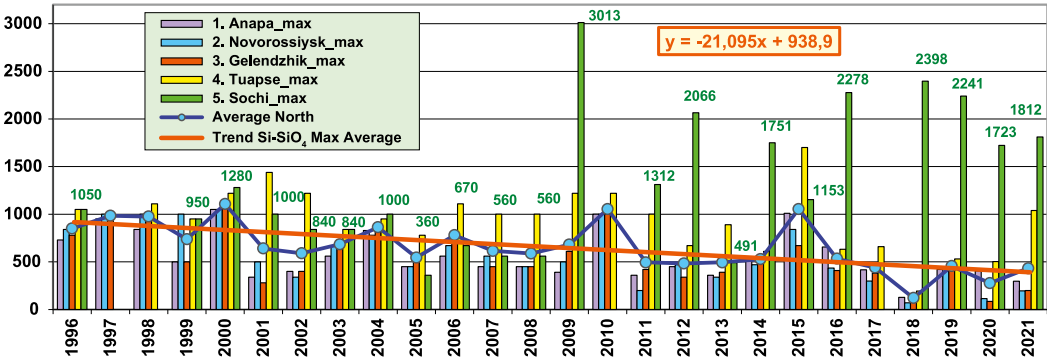


Рис. 3.18. Максимальная концентрация кремния (мкг/дм³) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2021 гг. Экстремальные значения 2010 и 2017 гг. в районе Адлер-Сочи – 11264 и 9540 мкг/дм³ соответственно, вынесены за рамки рисунка

Средний уровень загрязнения **нефтяными углеводородами** морских вод в районе Туапсе повысился по сравнению с прошлым годом и составил в среднем 0,64 ПДК, а максимальная величина немного снизилась до 2,04 ПДК. Среднее значение концентрации железа в четырех пробах из поверхностного слоя на глубоководной станции было 35,3 мкг/дм³ (0,71 ПДК), максимальное – 42 мкг/дм³ (0,84 ПДК). В предыдущие годы железо в пробах не определялось. Максимальная концентрация ртути в этих четырех пробах (0,25 ПДК) осталась на уровне прошлого года, а среднее загрязнение было чуть ниже прошлогоднего.

Таблица 3.8. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах Черного моря в районе между Анапой и Туапсе в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Анапа (24 пробы)	НУ	0,038	0,77	0,016	0,31	0,034	0,69
		0,100	2,00	0,093	1,86	0,096	1,92
	Аммонийный азот N-NH ₄	103,5	0,05	101,34	0,04	111,71	0,05
		150,0	0,07	122,00	0,05	131,00	0,06
	Нитритный азот N-NO ₂	2,54	0,11	6,49	0,27	3,56	0,15
		5,00	0,21	13,6	0,57	5,20	0,22
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	3,77	0,08	2,00	0,04	1,80	0,04
		16,64	0,33	5,90	0,12	3,60	0,07

	Железо					35,50	0,71
						42,00	0,84
	Ртуть Hg	0		0		0,013	0,13
		0		0		0,016	0,16
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³					1,45	0,69
						1,73	0,82
	Кислород мгО ₂ /дм ³	9,01		9,49		9,36	
		7,89		7,77		7,10	
	% насыщения	107,19		112,30		109,4	
		70,10		100,00		91,00	
Новороссийск (20 проб)	НУ	0,065	1,31	0,054	1,08	0,038	0,76
		0,424	8,48	0,149	2,98	0,068	1,36
	Аммонийный азот N-NH ₄	110,8	0,05	120,14	0,05	121,54	0,05
		150,0	0,07	142,00	0,06	157,00	0,07
	Нитритный азот N-NO ₂	3,25	0,14	5,89	0,25	6,22	0,26
		8,00	0,33	11,1	0,46	10,40	0,43
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	7,97	0,16	2,65	0,05	1,55	0,03
		76,64	1,53	6,50	0,13	4,40	0,09
	Железо					38,25	0,77
						46,00	0,92
	Ртуть Hg	0		0,003	0,03	0,003	0,03
		0		0,01	0,10	0,011	0,11
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³					1,45	0,69
						1,69	0,80
	Кислород мгО ₂ /дм ³	8,95		9,18		9,24	
		7,66		7,89		7,73	
	% насыщения	99,33		108,06		110,2	
		42,40		85,00		100,00	
Геленджик (24 пробы)	НУ	0,025	0,50	0,018	0,36	0,026	0,52
		0,145	2,90	0,076	1,52	0,051	1,02
	Аммонийный азот N-NH ₄	118,4	0,05	114,10	0,05	113,62	0,05
		140,0	0,06	134,00	0,06	141,00	0,06
	Нитритный азот N-NO ₂	3,38	0,14	5,43	0,23	4,29	0,18
		8,00	0,33	10,2	0,43	6,40	0,27
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	3,85	0,08	2,83	0,06	1,80	0,04
		28,45	0,57	9,80	0,20	3,60	0,07
	Железо					33,75	0,68
						41,00	0,82
	Ртуть Hg	0,009	0,09	0,006	0,06	0,012	0,12
		0,014	0,14	0,014	0,14	0,015	0,15

	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³					1,48	0,70
						1,76	0,84
	Кислород мгО ₂ /дм ³	8,79		9,28		9,05	
		7,43		7,86		7,50	
	% насыщения	102,32		112,60		108,8	
		29,40		99,00		99,00	
	НУ	0,017	0,33	0,024	0,48	0,032	0,64
		0,424	8,48	0,122	2,44	0,102	2,04
	Аммонийный азот N-NH ₄	86,7	0,04	69,39	0,03	104,86	0,05
		217,7	0,10	119,00	0,05	135,00	0,06
Туапсе (28 проб)	Нитритный азот N-NO ₂	4,35	0,18	4,30	0,18	5,27	0,22
		18,00	0,75	13,4	0,56	13,80	0,58
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	9,58	0,19	11,04	0,22	2,80	0,06
		43,7	0,87	49,20	0,98	12,40	0,25
	Железо					35,25	0,71
						42,00	0,84
	Ртуть Hg	0,007	0,07	0,014	0,14	0,012	0,12
		0,018	0,18	0,025	0,25	0,025	0,25
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³					1,49	0,71
						1,78	0,85
	Кислород мгО ₂ /дм ³	8,68		8,78		9,15	
		6,40		6,94		7,12	
	% насыщения	101,75		102,17		109,5	
		68,60		69,00		94,00	

Район Сочи-Адлер. В 2021 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 4 гидрохимические съемки 3 февраля, 13 мая, 20 июля и 23 ноября. Наблюдения проводились с борта арендованного маломерного судна 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. 3.19). В районе г. Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I), вторая в устье реки Сочи и загрязняется ее стоком (II), третья расположена на траверзе реки, но удалена от берега на 2 морские мили и поэтому может считаться условно чистой зоной (III). Южнее две прибрежные станции в устье ручья Малый (IV) и устье реки Хоста (V) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р. Хоста (VI). В районе Адлера одна станция (VII) также расположена на мелководье (глубина 7 м) немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 370 м).

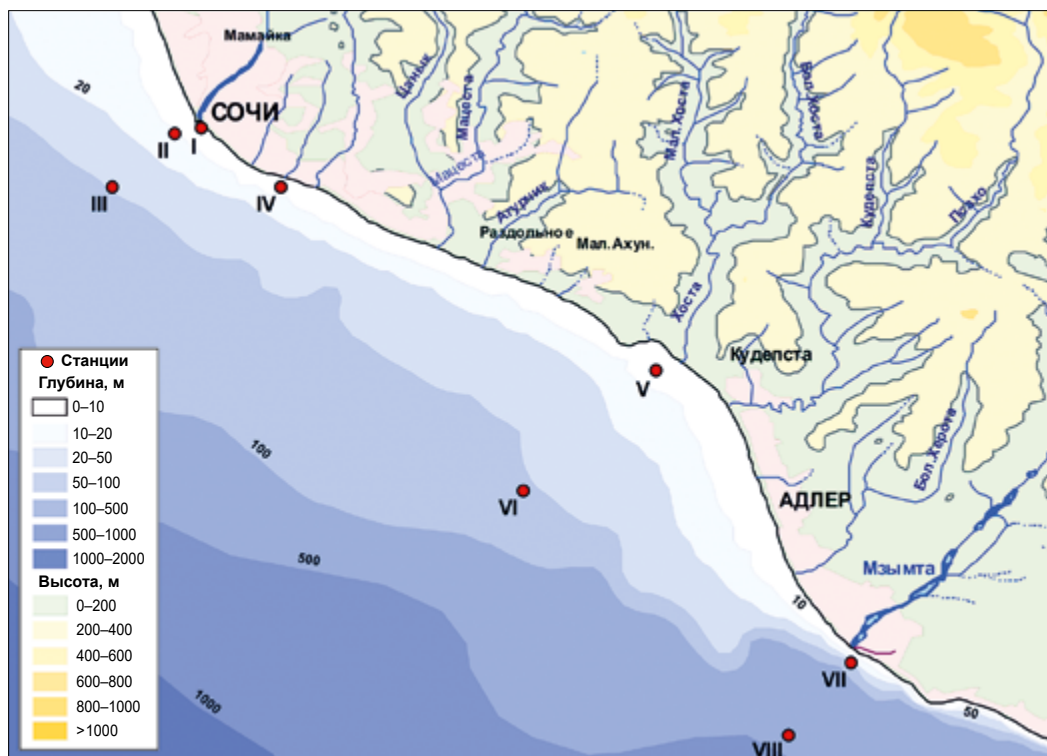


Рис. 3.19. *Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Adler в 2021 г. Станция VIII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега*

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 58 м. 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, консервация проб на определение металлов – свинца, ртути, железа. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2021 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера – 24 пробы, у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 816 анализов.

Диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров составили: температура 10,2–29,2°C; соленость 6,69–19,67‰, в среднем 17,72‰, значения ниже 15‰ были отмечены в семи пробах из эстуариев рек Сочи, Хосты и Мзымты во все месяцы наблюдений, а очень низкий минимум был в поверхностном слое у Хосты в самом начале февраля; pH 8,13–9,33/8,33; щелочность 2,308–3,560/3,178 мг-экв/дм³; фосфаты P-PO₄ 0–15,6/3,8 мкг/дм³; силикаты 13–1812/208 мкг/дм³; аммонийный азот N-NH₄ 0–106,3/10,9 мкг/дм³; нитритный азот N-NO₂ 0–4,03/0,96 мкг/дм³; нитратный азот N-NO₃ 0–423,2/30,3 мкг/дм³ (табл.3.10). Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,1–9,6 мгO₂/дм³, в среднем 7,92 мгO₂/дм³. Пониженная концентрация менее

7,00 мгО₂/дм³ в двенадцати пробах отмечена как на поверхности, так и в более глубоких водах на станциях на юге района у рек Мзымта и Хоста, а также в придонном и поверхностном слоях в порту Сочи. Гидрохимические параметры и содержание биогенных элементов находилось в пределах изменчивости последних лет (рис. 3.11–3.18).

Таблица 3.10. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2021 г.

Район	S, ‰	Alk	O ₂ *	pH	P _{total}	PO ₄	SiO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	N _{total}
порт Сочи	18,284/ 19,010	3,285/ 3,480	7,81/ 6,70	8,33/ 8,49	24,9/ 75,6	2,6/ 11,1	106/ 187	22,2/ 81,8	1,3/ 3,9	24,3/ 75,6	351/ 527
Эстуарии рек	16,523/ 19,180	3,095/ 3,480	7,98/ 6,50	8,32/ 8,52	9,3/ 57,7	4,3/ 14,7	335/ 1812	9,7/ 106,3	1,0/ 4,0	48,8/ 423,2	304/ 639
Открытые воды	18,429/ 19,670	3,215/ 3,560	7,90/ 6,10	8,34/ 9,33	7,7/ 33,9	3,6/ 15,6	73/ 562	8,7/ 43,5	0,8/ 2,3	7,6/ 53,9	277/ 405
Суммарно район	17,723/ 19,670	3,178/ 3,560	7,92/ 6,10	8,33/ 9,33	10,6/ 75,6	3,8/ 15,6	208/ 1812	10,9/ 106,3	1,0/ 4,0	30,3/ 423,2	300/ 639
Alk – мг-экв/дм ³ ; O ₂ – мгО ₂ /дм ³ ; биогенные элементы – мкг/дм ³ . O ₂ * – средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.											

Загрязнение морских вод **нефтяными углеводородами** в районе Адлер-Сочи по сравнению с двумя предыдущими годами увеличилось по среднему и максимальному значениям до 0,53 ПДК и 4,24 ПДК соответственно (рис. 3.13–3.14, табл. 3.11). В 41 пробе из 64 проанализированных концентрация НУ была ниже предела обнаружения используемого метода химического анализа. Повышенные значения более 50 мкг/дм³ были зафиксированы в 14 поверхностных и придонных пробах, отобранных только 13 мая на всех станциях района от порта Сочи до Мзымты. Максимум отмечен у дна на глубине 7 м в устье реки Хоста. Содержание СПАВ в водах района в отличие от предыдущих лет было очень высоким. Ниже аналитического нуля их концентрация была только в 7 пробах из 64 обработанных (DL=0,050 мг/дм³), средняя 0,132 (1,32 ПДК), а максимум составил 0,48 мкг/дм³ (4,8 ПДК). Присутствие легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ варьировало от аналитического нуля в двух пробах до 4,6 мгО₂/дм³ (2,2 ПДК); в среднем 1,9 мгО₂/дм³. Количество органических веществ было равно или выше норматива в 27 пробах из 64, а наибольшие значения зафиксированы у устьев всех рек и ручья Малый в черте города Сочи. Концентрация твердых взвешенных частиц в воде была в пределах 0,0–35,0 мг/дм³, в среднем 1,9 мг/дм³. Содержание частиц было выше норматива в двух февральских пробах из устья реки Сочи, а также в двух ноябрьских пробах из устьев ручья Малый и реки Мзымта.

Загрязнение морских вод металлами было относительно невысоким. Содержание растворенной в воде ртути было ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм³) во всех пробах. Концентрация свинца была ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм³) в 53 пробах из 64, максимальное значение свинца разово превысило норматив (21,2 мкг/дм³, 2,1 ПДК, поверхностный слой на траверзе устья р. Хоста в 2 милях от берега), в среднем содержание свинца составило 0,91 мкг/дм³. В период до 2016 г. и средние, и экстремальные значения увеличивались, однако в последние годы было отмечено резкое снижение средней концентрации этого металла. Экстремально высокие значения существенно варьируют год от года (рис. 3.20). Железо отмечено во всех пробах, диапазон изменения 6–40, среднее 17,5 мкг/дм³. В последнее десятилетие и максимальная, и особенно средняя концентрация этого металла были значительно ниже ПДК.

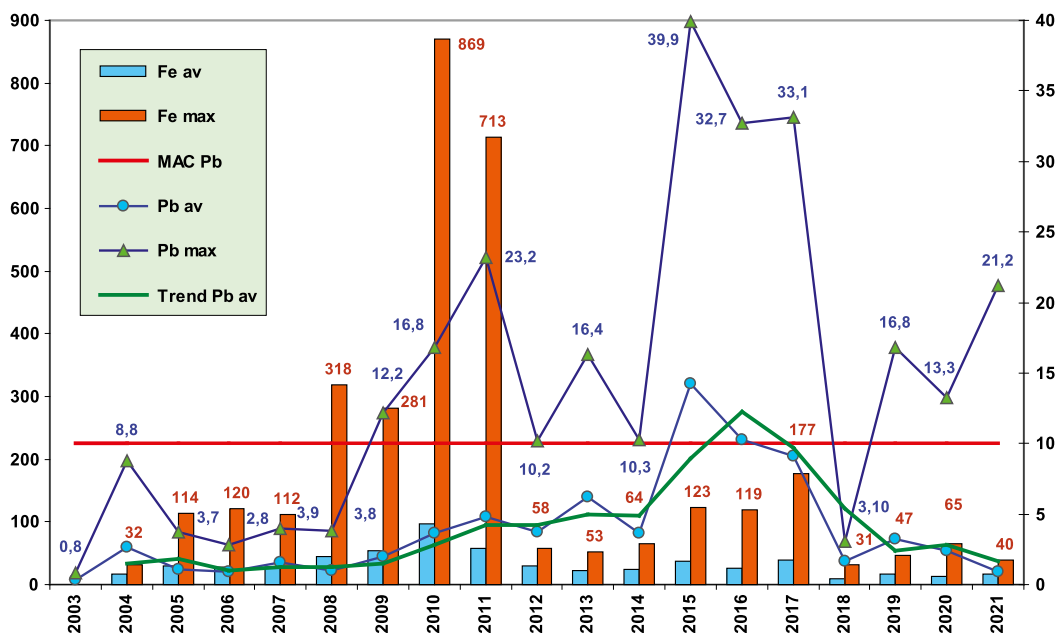


Рис. 3.20. Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм³) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003–2021 гг. Сокращения: Fe av – средняя концентрация железа; Fe max – максимальная концентрация железа; MAC Pb – ПДК свинца; Pb av – средняя концентрация свинца; Pb max – максимальная концентрация свинца; Trend Pb av – тренд средней концентрации свинца

Таблица 3.11. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Сочи – Адлер	НУ	0,012 0,047	0,25 0,94	0,012 0,077	0,23 1,54	0,0265 0,212	0,53 4,24
	СПАВ	<0,01 0,01	0,0 0,1	0,00 0,00		0,132 0,480	1,32 4,80
	Аммонийный азот* N-NH ₄	23,5 213,8	<0,1 0,1	1,69 32,78	<0,01 0,01	10,88 106,28	<0,01 0,05
	Нитритный азот N-NO ₂	0,14 2,06	<0,01 0,1	0,01 0,27	<0,01 0,01	0,96 4,03	0,04 0,17
	Фосфаты P-PO ₄	5,57 90,94	0,11 1,82	4,28 65,86	0,09 1,35	3,83 15,58	0,08 0,31
	Железо Fe	16,8 47,0	0,34 0,94	12,1 65,3	0,24 1,31	17,5 40,0	0,35 0,80
	Свинец Pb	3,2 16,8	0,32 1,68	2,42 13,3	0,24 1,33	0,91 21,2	0,09 2,12
	БПК ₅ мгО ₂ /дм³	1,78 3,50	0,85 1,67	1,27 4,20	0,60 2,00	1,88 4,60	0,90 2,19

	Взвешенные вещества	1,75 7,90	0,18 0,79	0,83 7,5	0,08 0,75	1,93 35,00	0,19 3,50
	Кислород мгО ₂ /дм ³	7,69 5,00	0,83	7,37 4,80	0,80	7,92 6,10	
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм ³ ; фосфатов, аммонийного и нитритного азота, АПАВ, железа и свинца в мкг/дм ³ . 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение. 3. Аммонийный азот* – использовано значение ПДК в пересчете на азот (2256 мкгN/дм ³).							

Таблица 3.9. Оценка качества вод Кавказского побережья Черного моря в 2019–2021 гг.

Районы и подрайоны	2019 г.*		2020 г.*		2021 г.		Среднее значение ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,40	II	0,32	II	0,68	II	Fe 0,71; БПК ₅ 0,69; НУ 0,69; O ₂ 0,64
2. Новороссийск	0,57	II	0,51	II	0,72	II	Fe 0,77; НУ 0,76; БПК ₅ 0,69; O ₂ 0,65
3. Геленджик	0,35	II	0,32	II	0,64	II	БПК ₅ 0,7; Fe 0,68; НУ 0,52; O ₂ 0,66
4. Туапсе	0,35	II	0,39	II	0,68	II	БПК ₅ 0,71; Fe 0,71; НУ 0,64; O ₂ 0,66
5. Район Сочи – Адлер	0,57	II	0,48	II	0,88	III	НУ 0,53; СПАВ 1,32; БПК ₅ 0,90; O ₂ 0,76
5.1. Акватория порта Сочи	0,65	II	0,54	II	0,95	III	НУ 0,64; СПАВ 1,51; БПК ₅ 0,88; O ₂ 0,77
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мзымта и ручья Малый	0,58	II	0,49	II	0,84	III	НУ 0,61; СПАВ 1,18; БПК ₅ 0,83; O ₂ 0,75
5.3. Открытое море	0,56	II	0,45	II	0,91	III	НУ 0,39; СПАВ 1,44; БПК ₅ 1,04; O ₂ 0,76
* Небольшие изменения значений индекса ИЗВ в предыдущие годы связано с выбраковкой отдельных недостоверных данных.							

Выводы

Северная часть Кавказского побережья

В 2021 г. уровень загрязнения северной части прибрежной акватории Кавказа у городов Анапа, Новороссийск, Геленджик и Туапсе существенно возрос по сравнению с прошлым годом. Несмотря на очевидный рост индекса загрязненности вод ИЗВ до двух раз на разных участках побережья, значения оставались в пределах II класса, а все районы характеризовались как «чистые». На всех участках в расчет индекса вошли средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и кислорода. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов составила

1,02–2,4 ПДК в водах всех районов, наибольшее превышение было отмечено у Туапсе. Средняя концентрация НУ для всех районов акватории осталась в пределах допустимого норматива. Анализ многолетних данных позволяет заметить несущественный тренд на снижение среднего содержания углеводов на фоне значительной 3–5-летней циклической динамики. Очевидно загрязнение морских вод органическими веществами на мористых станциях, находящихся на некотором удалении от основных источников поступления автохтонной органики в море. При этом все значения были немного ниже ПДК. Этот параметр входит в число приоритетных компонентов при расчете ИЗВ. Это, в частности послужило причиной повышения ИЗВ для районов Анапа-Туапсе в 2021 г., так как ранее этот показатель не определялся. Средняя годовая и максимальная концентрация остальных нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. 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. Растворенная ртуть отмечена в 12 пробах из 16 измеренных, максимальная концентрация достигала 0,25 ПДК у Туапсе. По многолетним данным мониторинга с 1996 г. была выявлена тенденция накопления минерального фосфора $P-PO_4$ в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья в последние два десятилетия, которая сменилась очевидным в последние три года снижением по средним и максимальным значениям. Зафиксировано значительное увеличение средней концентрации нитритного азота в нынешнем столетии, при этом максимальные величины скорее снижаются на фоне существенных межгодовых изменений. Аналогичная тенденция на снижение максимальной концентрации силикатов зафиксирована для всей северной части побережья. При этом средние значения содержания кремния показывают очевидную многолетнюю цикличность с изменениями концентрации в 2–3 раза. Кислородный режим на всех контролируемых участках был в пределах обычной изменчивости, дефицит растворенного кислорода на исследуемой акватории обнаружен не был.

Воды района Адлер-Сочи

В 2021 г. в прибрежных водах Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ, за исключением СПАВ, была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальные значения превышали норматив для нефтяных углеводов, СПАВ, определяемых по БПК₅ легко окисляемых органических веществ и свинца. Также были зафиксированы в феврале и ноябре высокие значения концентрации твердых взвешенных частиц, которые не учитываются при расчете ИЗВ. Как и в предыдущие годы, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 5 параметров (НУ, СПАВ, БПК₅, Рb и ВВ) из 12 нормируемых превышали ПДК (41,7%). Воды района характеризуются устойчивым загрязнением по органическим веществам (42,2%), неустойчивым загрязнением по нефтяным углеводам (21,9%), а также единичной (менее 10%) повторяемостью превышения ПДК по свинцу. Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением для НУ, СПАВ, свинца и органических веществ был средним (2,12–4,80). Как и в предыдущие годы, растворенная ртуть в водах района выявлена не была. Средняя и максимальная концентрация железа была в пределах установленного норматива. Кислородный режим прибрежных вод района между устьями рек Мзымта и Сочи был в пределах нормы. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,1–9,6 мгО₂/дм³, в среднем 7,92 мгО₂/дм³. Пониженная концентрация менее 7,00 мгО₂/дм³ была отмечена у поверхности и в придонном слое на станциях на юге у рек Мзымта и Хоста, а также в порту Сочи. Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,88), рассчитанный в целом для всей акватории морских вод Большого Сочи по средней концентрации БПК₅, НУ, СПАВ и кис-

лорода существенно увеличился по сравнению с прошлым годом (рис.3.21). Рост индекса связан со значительным повышением содержания всех органических ЗВ. В последние несколько лет отмечается снижение содержания в водах акватории тяжелых металлов. Уровень загрязнения отдельно взятых районов исследуемой акватории (район порта Сочи, эстуарный район, открытое море) был примерно одинаковым, а морские воды оценивается как «умеренно загрязненные». В многолетней динамике состояние вод района Адлер-Сочи оценивается как стабильное.

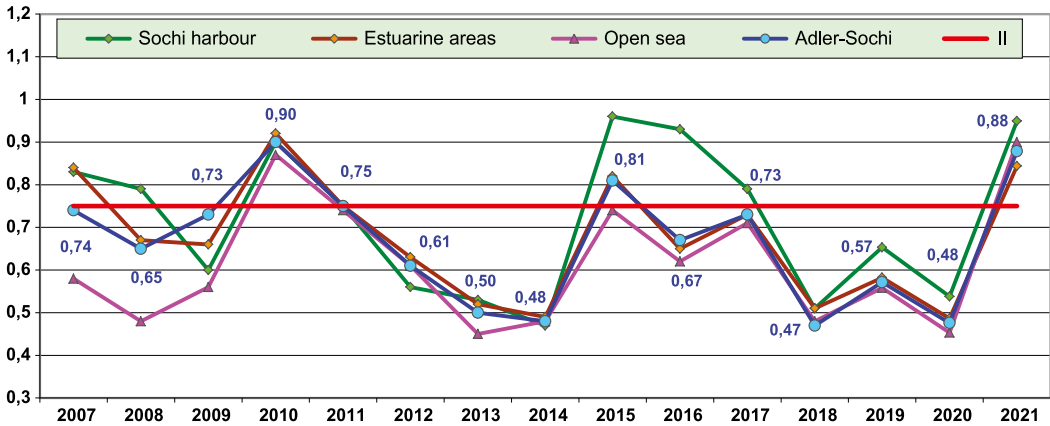


Рис. 3.21. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2007–2021 гг.

Глава 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

Ипатова С. В., Аляутдинов А. Р., Жохова Н. В., Долгова А. О.

4.1. Общая характеристика

Физико-географическое описание. Балтийское море относится к бассейну Атлантического океана и является крупнейшим материковым морем севера Европы. Площадь Балтийского моря составляет 422,6 тыс. км², объем 20080 км³. На западе граница Балтийского моря проходит по линии мыс Скаген – юго-западная оконечность о. Черн. Связь Балтийского моря с Северным осуществляется 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 Скагеррак (110 км). Вследствие мелководности проливов (глубина на порогах 7–18 м) затрудненный водообмен между Балтийским и Северным морями играет важнейшую роль в формировании природных особенностей Балтийского моря. Средняя глубина моря 48 м, максимальная 459 м. Преобладают глубины до 50 м, на долю которых приходится 60% площади моря, на долю глубин более 200 м – 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 2021 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (г. Санкт-Петербург) на 40 станциях сети ГСН. На акватории Невской губы к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) до устья реки Нева на акватории Морского Торгового Портa (МТП) на 1 станции в течение всего года, в открытой части губы на 17 станциях в течение всего года, в районе пос. Ольгино на 1 станции рядом с выходом сбросовой трубы Северной станции аэрации в период (март-октябрь),



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

в южном курортном районе губы на 3 станциях ежемесячно (май-октябрь); в северном курортном районе на 1 станции (май-октябрь), (рис. 4.1). В восточной части Финского залива за пределами КЗС отбор проб был выполнен в курортном районе мелководной части Финского залива на 2 станциях (май-октябрь), в мелководной зоне на 6 станциях (в апреле и августе), в Лужской и Копорской губе на 4 станциях (в апреле и в августе), в глубоководном районе в апреле и в августе на 5 станциях (рис. 4.4).

Качество воды определялось по показателям: соленость, рН, щелочность, 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 групп ДДТ и ГХЦГ. Наблюдения в навигационный период с мая по октябрь осуществлялись с использованием маломерного экспедиционного судна, в зимний период (феврале) со льда, на курортных станциях – с берега.

Учитывая в основном пресноводный характер Невской губы при оценке качества вод были использованы значения ПДК для поверхностных вод суши, а для районов залива за пределами КЗС значения ПДК для морских вод. Различия между нормативами могут быть существенными для двух типов вод, особенно для металлов, поэтому прямое сравнение по индексу загрязненности вод районов в Невской губе и в восточной части Финского залива может быть недостаточно корректным.

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 ИК-спектрометрическим методом; фенола – хроматографическим; СПАВ – (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим; металлов – методом атомно-абсорбционной спектрометрии фильтрованных проб воды.

4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

Метеорологические условия. В 2021 г. погодные условия формировались под чередующимся воздействием процессов циклонического и антициклонического характера. Наиболее ярко циклонические процессы проявились в мае, августе и в ноябре-декабре, а антициклонические воздействия преобладали в феврале и в июне-июле. В целом за год по данным прибрежных станций восточной части Финского залива количество выпавших осадков составило 106–125% от климатической нормы, среднегодовая температура воздуха превысила климатическую норму на 1,5–1,6°C. Самыми холодными месяцами года стали февраль и декабрь с отрицательными аномалиями –1,4...–1,7°C и –2,3...–2,8°C соответственно, самыми жаркими – июнь и июль, когда положительная аномалия составила 5,7–6,4°C и 4,5–5,3°C. По данным ОГМС Санкт-Петербург июнь стал самым жарким, а май оказался самым дождливым за все время инструментальных наблюдений за погодой с 1881 года.

Гидрологическая характеристика. Большую часть года сток реки Невы был пониженный, модульный коэффициент среднего стока составил 0,97. Самыми маловодными месяцами, как по величине стока, так и по наибольшим отрицательным отклонениям средних месячных расходов от средних многолетних величин, были февраль и март с модульными коэффициентами 0,79 и 0,81 соответственно. Лишь в период с апреля по июнь и в ноябре водность Невы была выше нормы на 1–11%. Наибольшая доля годового стока за гидрологический год с 1 октября 2020 г. по 30 сентября 2021 г. пришлось на летний сезон и составила

38,8% по сравнению с 39,5% в многолетнем распределении. Доля осеннего сезона составила 18,3%, что на 0,7% выше, чем в многолетнем распределении; доли зимнего (18,0%) и весеннего (24,9%) стока близки к многолетнему распределению. В целом за год уровенный фон в Невской губе и восточной части Финского залива был близок к среднему многолетнему, в вершине Невской губы и в устье р. Большая Нева выше на 5 и 2 см соответственно. В 2021 г. было два случая нагона из Финского залива, при которых был задействован Комплекс сооружений защиты Санкт-Петербурга от наводнений (КЗС) – 22 октября и 24 ноября. Также наблюдалось 8 случаев сгонных ситуаций, когда уровень моря у Кронштадта опускался ниже критической отметки –50 см БС.

Температура воды на поверхности в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе следовала за внутригодовым ходом температуры воздуха. В целом за год средняя температура воды по акватории восточной части Финского залива, включая Невскую губу и Выборгский залив, составила 7,6–8,7°C, что на 0,7–1,0°C выше нормы. Для режима солености Невской губы на протяжении всего периода был характерен пониженный фон. Отрицательные отклонения средних месячных значений солености от средних многолетних находились в пределах от минимальных –0,01 до –0,04‰ с января по март до максимального значения –0,18‰ в июне. Зима 2020–2021 г., как по ледовитости, так и по градусо-дням мороза характеризуется как мягкая. Сумма градусо-дней мороза по данным ОГМС Санкт-Петербург составила 492,9°C при норме 775°C. Ледовый сезон на рассматриваемой акватории составил около 140 дней (с 8 декабря 2020 г. по 27 апреля 2021 г.). Это на 7–15 дней меньше средней многолетней продолжительности. Он сопровождался частыми оттепелями с положительной аномалией среднедекадной температуры. Период с ледовыми явлениями в Невской губе был на 2 недели короче средней многолетней продолжительности и составил 121–127 дней. В восточной части Финского залива период со льдом был на 3 недели меньше нормы и составил от 50–64 дней у южного берега и в центральной части до 105–130 дней у северного берега и в Выборгском заливе.

4.4. Центральная часть Невской губы

В Невской губе в 2021 г. гидрохимические съемки проводились в феврале со льда, а в навигационный период с мая по октябрь с борта судна. Оценка качества вод Невской губы проводилась по 32 показателям, при этом использовались применяемые к пресным водам суши нормативы ПДК. В 2021 г. средняя температура вод Невской губы вернулась в диапазон средних значений после локального максимума 2020 г. Зафиксированная в июле на ст. № 15 температура была максимальной за последние 5 лет. Средняя соленость (0,15‰) также показала максимальное значение за последние 5 лет. Диапазон значений солености составил 0,06–3,7‰, максимальное значение отмечено на ст. № 16 в придонном слое. Значения водородного показателя варьировали в интервале от 6,75 (ноябрь, поверхность) до 8,69 (сентябрь, поверхность), при среднем 7,16 ед. рН, что соответствует многолетним показателям. Щелочность была в диапазоне 0,45–1,53 ммоль/дм³, при среднем 0,57, что также соответствует многолетним показателям (табл. 4.1). Кислородный режим в Невской губе был в пределах нормы, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода изменялось от 6,40 до 14,02 мгО₂/дм³ в толще воды от поверхности до дна. Насыщение вод кислородом было ниже нормы (70%) в 2 пробах из 225, а перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в 14% проб.

Таблица 4.1. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	14,1/ 22,23	12,97/ 19,42	12,91/ 20,82	13,57 19,27	14,13/ 20,79	13,12/ 24,98
Соленость (‰)	0,09/ 2,07	0,08/ 2,10	0,06/ 0,31	0,06/ 0,24	0,07/ 0,43	0,15/ 3,70
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,83/ 7,43	9,99/ 6,67	10,08/ 7,96	9,86/ 7,92	9,55/ 6,27	9,95/ 6,40
Кислород (%)	94,10/ 120,30	93,56/ 117,50	94,06/ 113,40	93,14/ 122,60	91,7/ 122,60	92,71/ 115,50
pH	7,44/ 7,98	7,20/ 7,96	7,14/ 7,68	7,12/ 7,94	7,12/ 8,20	7,16/ 8,69
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,54/ 0,98	0,55/ 1,47	0,52/ 1,01	0,55/ 0,78	0,56/ 1,58	0,57/ 1,53
Кислород* – здесь и далее приведены средние и минимальные значения растворенного в воде кислорода.						

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм³) в 87 пробах из 225, а в остальных варьировала от 20 до 1081 мкг/дм³ (2,8 ПДК) в поверхностном слое и до 1162 мкг/дм³ (3,0 ПДК) в придонном (табл. 4.2). Максимум был зафиксирован в мае на ст. №12 и являлся высшим с 1999 г.; средняя концентрация ингредиента составила 0,17 ПДК. Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 40–694 мкг/дм³. Содержание нитритного азота в слое поверхность-дно составила 11,82 мкг/дм³ (0,5 ПДК); диапазон значений от аналитического нуля на поверхности в июле в дельте Невы до 86,9 мкг/дм³ (3,6 ПДК) у дна в сентябре западнее точки сброса вод из Северных очистных сооружений. В десяти пробах (4%) содержание фосфатного фосфора превысило норматив, а средняя составила десятую часть ПДК (рис. 4.2). Интервал значений и средняя ингредиента составили 0–124,6/5,34 мкг/дм³. Средняя концентрация общего фосфора была относительно невысокой, а максимальная отмечена в октябре у дна в устье Невы. В целом среднее содержание биогенных веществ находится в диапазоне многолетних значений.

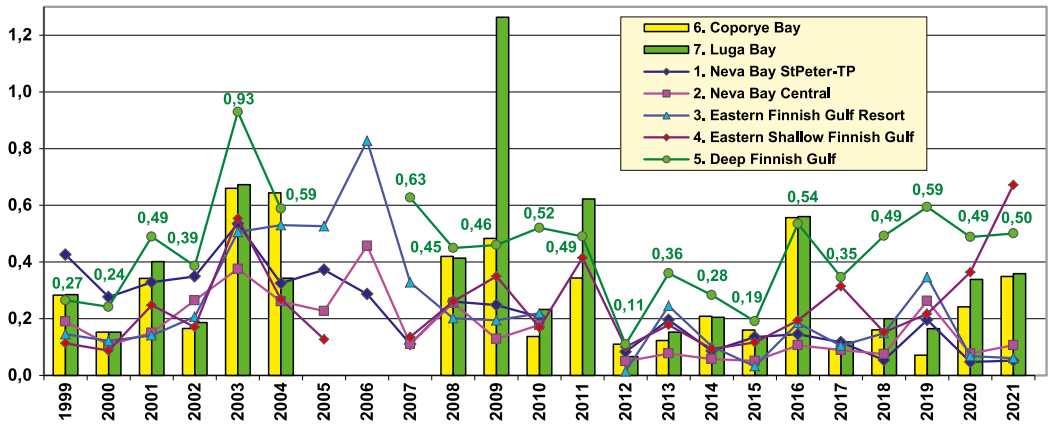


Рис. 4.2. Многолетняя динамика средней концентрации фосфатного фосфора (в ПДК) в различных районах восточной части Финского залива

Таблица 4.2. Средняя и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	78,35/ 550,0	55,94/ 556,0	44,97/ 485,0	68,17/ 937,0	52,41/ 862,0	64,28/ 1162,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	10,89/ 64,00	10,40/ 41,00	9,16/ 54,0	10,29/ 42,0	11,47/ 55,0	11,82/ 86,9	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	245,75/ 916,0	259,45/ 820,0	215,15/ 619,0	230,41/ 670,0	221,20/ 921,0	225,36/ 694,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	661,89/ 1315,0	689,45/ 1499,0	636,02/ 1232,0	646,54/ 1759,0	636,67/ 2114,0	710,17/ 2506,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	5,30/ 35,0	4,48/ 41,0	3,75/ 54,0	13,14/ 84,0	3,83/ 100,0	5,34/ 124,6	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	11,47/ 58,0	9,82/ 52,0	9,64/ 63,0	18,10/ 89,0	11,16/ 124,0	13,39/ 159,4	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	1,49/ 4,20	1,40/ 3,60	1,37/ 3,70	1,46/ 5,60	1,35/ 8,20	1,82/ 7,60	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,0007/ 0,04	0,0009/ 0,05	0,0018/ 0,160	0,0014/ 0,197	0,0001/ 0,006	0,0003/ 0,02	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,005/ 0,6	0,004/ 0,7	0/ 0	0,011/ 0,60	0,003/ 0,10	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	7,58/ 44,0	3,09/ 59,0	0/ 0	1,11/ 188,0	3,48/ 116,0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. В 2021 г. содержание фенола и СПАВ во всех пробах из всех районов Невской губы было ниже уровня аналитического определения. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив в 25% проб. Средняя концентрация ингредиента составила 0,87 ПДК; а максимальная (3,62 ПДК, наибольшая с 2010 г.) отмечена в мае на ст. №12 в дельте Невы. Концентрация нефтяных углеводородов была выше предела обнаружения использованной методики (DL=5 мкг/дм³) в шести пробах из 219 обработанных (2,7%). Максимальное значение 0,02 мкг/дм³ (0,4 ПДК) было зафиксировано на выходе из морского порта (ст. №25) в июне на поверхности.

Металлы. В 2021 г. в 96% проб концентрация меди превышала ПДК (табл. 4.3). Диапазон значений составил от аналитического нуля до 17,8 мкг/дм³ на выходе из торгового порта (ст. №25, май). Средняя концентрация металла в толще вод 5,17 ПДК, что является максимальным значением с 2005 г.

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 62% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в придонном слое в октябре вблизи острова Котлин (ст. №15, 8,3 ПДК). Средняя концентрация цинка (1,6 ПДК) была минимальной за последние 4 года. Концентрация марганца превышала норматив в 21% проб. Средняя концентрация в слое поверхность-дно (0,9 ПДК) стала максимальной за последние три года. В поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от аналитического нуля до 95 мкг/дм³, в придонном 0–120 мкг/дм³. Максимальное содержание алюминия было зафиксировано на поверхностном горизонте в июне на выходе из торгового порта вблизи дельты Невы. Предельно допустимый уровень по содержанию общего железа был превышен в 8%

Таблица 4.3. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм³	4,24/ 40,0	2,83/ 9,5	3,73/ 10,6	3,39/ 7,5	4,81/ 20,0	5,17/ 17,8	1
Zn, мкг/дм³	11,04/ 59,0	8,33/ 30,8	21,38/ 88,0	32,58/ 97,0	19,71/ 77,0	16,22/ 83,0	10
Mn, мкг/дм³	7,56/ 53,3	6,54/ 212,0	9,6/ 140,0	4,49/ 100,0	3,24/ 46,0	8,52/ 120,0	10
Fe, мкг/дм³	105,97/ 303,0	68,85/ 358,0	96,79/ 210,0	46,20/ 190,0	78,71/ 450,0	57,57/ 240,0	100
Al, мкг/дм³	23,45/ 58,0	23,25/ 47,0	25,34/ 54,0	22,18/ 59,0	28,62/ 78,0	24,60/ 88,0	40
Pb, мкг/дм³	0,86/ 8,90	0,43/ 2,20	0,0/ 0,0	0,02/ 4,6	0,07/ 4,2	0,06/ 3,8	6

проб. Наибольшая концентрация наблюдалась на поверхностном горизонте в феврале вблизи юго-восточного берега губы (ст. №11). Содержание свинца в водах Центральной части Невской губы в течение 2021 г. было ниже предела обнаружения ($DL=3$ мкг/дм³) в 98% проб. Среднее содержание никеля и кадмия составило 1,28 и 0,56 мкг/дм³ (0,13 ПДК и 0,06 ПДК) соответственно. Концентрация кобальта и хрома была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа.

4.5. Северный курортный район

Наблюдения в Северном курортном районе выполнялись на ст. №12а ежемесячно в период с мая по октябрь. Отбор всех шести проб осуществлялся с поверхностного горизонта. Здесь 23 июня был зафиксирован максимум температуры 32°C, а среднее ее значение (18,6°C) выше предыдущих лет; значения солёности изменялись в пределах от 0,07‰ в июне до 0,11‰ в сентябре, в среднем 0,08‰. В целом, солёность вернулась в диапазон многолетних значений после пика прошлого года. Величина водородного показателя была в диапазоне 7,03–8,07, в среднем 7,37 ед. рН, что немного выше многолетнего значения. Значения щёлочности: 0,56–0,99/0,78 ммоль/дм³. Кислородный режим в районе в течение всего года был в пределах нормы. Содержание кислорода изменялось в пределах 9,23–13,20/11,34 мгО₂/дм³, что соответствует многолетним значениям. Случаев дефицита кислорода до уровня менее 70% насыщения отмечено не было.

Таблица 4.4. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	14,73/ 19,80	14,65/ 20,6	16,33/ 23,5	17,1/ 20,7	16,78/ 24,0	18,6/ 32,0
Солёность (‰)	0,08/ 0,11	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,12/ 0,36	0,08/ 0,11
Кислород* (мгО₂/дм³)	11,43/ 8,82	11,00/ 9,16	10,23/ 8,39	11,43/ 9,22	10,89/ 9,50	11,34/ 9,23

Кислород (%)	112,73/ 153,9	108,18/ 132,2	104,08/ 140,7	118,67/ 151,4	112,12/ 140,4	120,53/ 153,6
pH	7,52/ 8,69	7,34/ 8,17	7,05/ 7,37	7,33/ 7,68	7,71/ 8,7	7,37/ 8,07
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,71/ 1,05	0,67/ 0,77	0,61/ 0,71	0,63/ 0,67	0,72/ 0,887	0,78/ 0,99

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения ($DL=20$ мкг/дм³) в четырех пробах из пяти. Максимальное значение (0,6 ПДК) было отмечено в мае, среднее значение содержания ингредиента 0,14 ПДК (табл. 4.5). Концентрация нитритного азота превысила уровень ПДК в двух пробах. Максимальная концентрация ингредиента (1,0 ПДК) зафиксирована в мае. Средняя концентрация нитратного азота составила 0,02 ПДК; максимальная наблюдалась в мае. Содержание общего азота показало максимальное значение за пятилетний период. Содержание фосфатного фосфора изменялось в интервале от аналитического нуля в двух пробах из 6 до 0,15 ПДК в июле.

Таблица 4.5. Средняя и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	42,33/ 135,0	45,33/ 178,0	45,5/ 138,0	62,0/ 173,0	22,0/ 99,0	54,0/ 230,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	15,9/ 55,0	22,43/ 60,0	9,17/ 22,0	12,63/ 23,0	12,82/ 33,0	12,87/ 24,7	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	245,5/ 740,0	313,83/ 592,0	96,17/ 358,0	152,5/ 386,0	136,83/ 515,0	154,5/ 372,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	873,0/ 1099,0	887,33/ 1172,0	618,83/ 1101,0	733,83/ 893,0	828,0/ 1336,0	949,5/ 1541,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	14,88/ 22,0	4,72/ 9,7	8,68/ 16,0	20,67/ 34,0	7,47/ 28,0	7,63/ 15,6	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	26,0/ 36,0	15,65/ 23,0	24,5/ 33,0	32,17/ 40,0	19,48/ 37,0	23,08/ 32,2	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	4,12/ 7,60	2,88/ 6,00	2,93/ 4,40	3,58/ 7,50	3,27/ 4,8	5,67/ 9,8	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,007/ 0,04	0/ 0	0/ 0	0,0135/ 0,019	0,01/ 0,06	0/ 0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,017/ 0,10	0,017/ 0,10	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	10,0/ 26,0	3,83/ 23,0	0/ 0	17,17/ 103,0	50,83/ 105,0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив в пяти пробах из шести. Максимум достигал 4,7 ПДК в июне, а средняя концентрация составила 2,7 ПДК. Среднее значение БПК₅ было максимальным за весь период наблюдений. Концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы. В 2021 г. концентрация меди превышала ПДК во всех отобранных пробах. Минимальное значение составило 2,2 мкг/дм³, а максимальное достигало 7,0 ПДК в сентябре. Несмотря на высокое значение средней концентрации меди, оно остается ниже среднего многолетнего 5,62 мкг/дм³ (5,6 ПДК). При этом наблюдается постепенное увеличение содержания меди в водах Невской губы после локального минимума в 2014 г. (рис. 4.3). Содержание цинка было ниже DL=5,0 мкг/дм³ в одной пробе, а средняя концентрация составила 1,2 ПДК, что стало в водах Северного курортного района Невской губы минимальным с 2014 г. Средняя концентрация марганца (0,4 ПДК) показала минимальное значение с 2006 г. Содержание ингредиента варьировало в диапазоне от аналитического нуля в сентябре (DL=1,0 мкг/дм³) до 0,9 ПДК в августе. В пробах июля и сентября содержание железа было ниже уровня определения, а среднее составило 0,8 ПДК по пресноводному нормативу. Максимальное содержание алюминия было зафиксировано в октябре, а среднее показало минимальное значение с 2015 г. (табл. 4.6). Среднее содержание никеля и кадмия составило 1,15 и 0,34 мкг/дм³ (0,12 ПДК и 0,03 ПДК) соответственно. Содержание свинца на протяжении 4 лет находится ниже уровня определения, как хрома и кобальта.

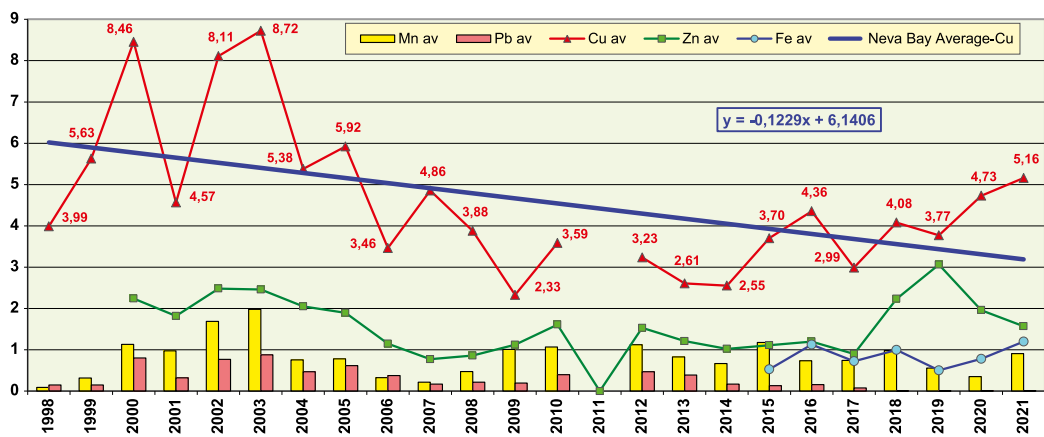


Рис. 4.3. Многолетняя динамика средней концентрации металлов (в ПДК) в водах Невской губы

Таблица 4.6. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	6,42/ 9,30	4,97/ 8,40	6,37/ 11,3	5,8/ 16,9	4,13/ 5,4	4,75/ 7,0	1
Zn, мкг/дм ³	32,38/ 94,3	12,98/ 28,7	16,11/ 59,0	19,52/ 34,0	23,50/ 45,0	11,65/ 21,40	10
Mn, мкг/дм ³	5,27/ 12,80	5,08/ 16,90	6,37/ 19,0	15,27/ 39,0	3,8/ 10,8	3,53/ 8,50	10
Fe, мкг/дм ³	231,5/ 648,0	100,7/ 201,0	140,0/ 340,0	71,5/ 100,0	92,5/ 240,0	80,67/ 310,0	100
Al, мкг/дм ³	47,00/ 108,0	32,50/ 64,0	44,17/ 120,0	47,83/ 86,0	29,5/ 46,0	19,68 33,0	40
Pb, мкг/дм ³	1,58/ 4,60	1,0/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	6

4.6. Южный курортный район

Наблюдения в Южном курортном районе выполнялись на ст. №№ 11а, 14а, 17а ежемесячно с мая по октябрь. Отбор 18 проб был выполнен из поверхностного слоя. Температура изменялась в диапазоне 6,8–25,1 °С. Значения солености изменялись в пределах 0,06–0,14‰, что соответствует прошлогодним значениям (табл. 4.7). Средняя соленость в период наблюдения составила 0,08‰. Максимальное значение отмечено у берега вблизи о. Котлин в октябре. Диапазон значений водородного показателя составил 6,78–8,04, в среднем – 7,22 ед. рН. Значения показателя щелочности варьировали в интервале 0,58–2,13 ммоль/дм³. Концентрация кислорода находилась в пределах от 6,67 до 13,05 мгО₂/дм³, в среднем 9,90 мгО₂/дм³. Насыщение вод кислородом меньше допустимого предела зафиксировано не было.

Таблица 4.7. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°С)	15,30/ 21,0	15,54/ 19,6	15,91/ 23,1	17,02/ 22,9	16,08/ 20,90	16,21/ 25,1
Соленость (‰)	0,11/ 0,41	0,08/ 0,11	0,11/ 0,35	0,08 0,12	0,08/ 0,13	0,08/ 0,14
Кислород* (мгО₂/дм³)	9,74/ 7,80	10,27/ 8,25	10,24/ 7,45	9,95/ 7,82	9,73/ 7,86	9,90/ 6,67
Кислород (%)	96,70/ 119,0	102,82/ 143,0	103,05/ 129,9	103,02/ 136,4	98,2/ 111,7	98,9/ 129,5
рН	7,64/ 8,68	7,50/ 8,23	7,20/ 7,85	7,57/ 8,84	7,30/ 8,17	7,22/ 8,04
Щелочность (ммоль/дм³)	1,18/ 2,90	1,34/ 3,20	0,93/ 2,21	1,04/ 2,54	0,92/ 1,33	1,00/ 2,13

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения ($DL=10$ мкг/дм³) в 4 пробах из 18. Максимальное значение (0,5 ПДК) было отмечено в мае у берега на западе района, среднее значение содержания ингредиента (0,16 ПДК) вернулось в диапазон многолетних значений после минимума 2020 г. (табл. 4.8). Максимальная концентрация нитритного азота достигала 0,87 ПДК и была зафиксирована в октябре. Содержание нитратов в целом было незначительным, а общего азота показала максимальное значение с 2018 г. Концентрация фосфатного фосфора изменялась в интервале от аналитического нуля до 0,74 ПДК. Содержание общего фосфора оставалось в пределах многолетних значений.

Таблица 4.8. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов и органических загрязняющих веществ в водах Южного курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH₄ мкгN/дм³	60,0/ 292,0	78,72/ 265,0	54,72/ 188,0	55,82/ 222,0	31,44/ 97,0	63,83/ 196,0	389
Азот нитритов N-NO₂ мкгN/дм³	12,49/ 42,0	12,09/ 21,0	10,38/ 21,0	7,98/ 13,0	10,7/ 34,0	8,19/ 20,8	24
Азот нитратов N-NO₃ мкгN/дм³	229,40/ 587,0	189,56/ 467,0	91,28/ 323,0	120,82/ 366,0	91,69/ 204,0	133,78/ 427,0	9032

Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	850,60/ 1134,0	848,17/ 1322,0	649,05/ 1180,0	606,35/ 932,0	581,5/ 770,0	797,83/ 1187,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	20,20/ 65,0	11,68/ 57,0	13,33/ 40,0	19,74/ 93,0	3,5/ 21,0	5,19/ 37,2	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	33,20/ 99,0	24,17/ 89,0	23,21/ 66,0	25,61/ 102,0	11,83/ 28,0	16,6/ 52,0	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	2,37/ 6,4	2,75/ 6,0	2,56/ 4,4	2,43/ 3,70	2,13/ 3,6	3,06/ 5,6	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,007/ 0,04	0,005/ 0,05	0/ 0	0,013/ 0,02	0,0003/ 0,005	0/ 0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,006/ 0,1	0,006/ 0,1	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	10,44/ 52,0	4,89/ 23,0	0/ 0	38,53/ 153,0	19,69/ 110,0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. В 2021 г. концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив в 78% проб против 73% в прошлом. Максимум достигал 2,67 ПДК в июле при средней концентрации 1,46 ПДК, которая показала максимум с 2008 г. В 2021 г. концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности использованного метода определения.

Металлы. Во всех пробах концентрация меди превышала норматив и достигала 8,9 ПДК в мае, в среднем составил 5,5 ПДК (табл. 4.9). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка в водах района был превышен в 39% проб. Максимальная концентрация составила 1,8 ПДК в июле, а в целом содержание цинка стало минимальным с 2007 г. Концентрация марганца превышала ПДК в 28% проб и достигала максимум 21,6 ПДК в июле. Средняя концентрация марганца составила 2,36 ПДК и стала абсолютным максимумом с 2000 г. Содержание железа превышало норматив в 28% проб, а максимум составил 2,3 ПДК в октябре. Содержание свинца, хрома и кобальта было ниже предела обнаружения. Максимальная концентрация кадмия, никеля и алюминия достигала 0,59; 2,9 и 46,0 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.9. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Южного Курортного района Невской губы в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	4,59/ 9,80	3,92/ 8,10	5,62/ 12,3	5,99/ 9,0	4,44/ 7,2	5,49/ 8,9	1
Zn, мкг/дм ³	14,33/ 26,20	8,40/ 18,70	31,8/ 140,0	16,72/ 27,9	22,74/ 66,0	7,5/ 18,3	10
Mn, мкг/дм ³	5,33/ 18,0	10,67/ 146,0	3,57/ 17,9	6,75/ 45,0	2,14/ 5,1	23,16/ 216,0	10
Fe, мкг/дм ³	154,5/ 604,0	52,78/ 159,0	74,5/ 150,0	28,71/ 68,0	40,19/ 98,0	66,44/ 230,0	100
Al, мкг/дм ³	34,69/ 87,0	18,94/ 35,0	25,89/ 52,0	23,35/ 46,0	20,88/ 36,0	20,26/ 46,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,95/ 4,3	0,11/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	6

4.7. Морской торговый порт

В Морском торговом порту Санкт-Петербурга на одной станции с глубиной 12 м ежемесячно было отобрано 18 проб воды из поверхностного и придонного слоев. Значения солености на поверхности изменялись в пределах 0,06–0,28‰, у дна – 0,08–0,21‰ при среднем значении во всем столбе воды 0,11‰, что является максимальным с 2016 г. Величина водородного показателя была в диапазоне 6,87–7,25, в среднем 7,07 ед. pH (табл. 4.10). Значения щелочности варьировали в интервале 0,570–0,887 ммоль/дм³. Содержание кислорода соответствовало установленной норме и изменялось в пределах 6,34–14,03 мгО₂/дм³. Случаев дефицита кислорода с уровнем менее 70% насыщения отмечено не было.

Таблица 4.10. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	9,27/ 21,32	9,77/ 18,95	10,14/ 19,94	10,39/ 18,4	10,92/ 19,52	10,04/ 22,32
Соленость (‰)	0,08/ 0,15	0,07/ 0,10	0,08/ 0,2	0,07/ 0,1	0,07/ 0,08	0,11/ 0,28
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,59/ 6,60	10,52/ 8,07	10,59/ 7,87	10,29/ 7,67	10,13/ 7,76	10,53/ 6,34
Кислород (%)	88,46/ 106,50	89,94/ 98,60	90,67/ 110,30	88,69/ 102,8	88,8/ 94,5	89,67/ 101,5
pH	7,42/ 7,86	7,11/ 7,42	7,12/ 7,49	7,22/ 7,53	7,09/ 7,54	7,07/ 7,25
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,61/ 0,72	0,61/ 0,78	0,55/ 0,68	0,57/ 0,64	0,58/ 0,63	0,58/ 0,65

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота на поверхности изменялась от 38 до 64 мкг/дм³ (июль), в придонном слое 50–87 мкг/дм³, что значительно ниже ПДК (табл. 4.11). Среднее содержание ингредиента во всей толще воды было ниже предыдущих лет. Максимальная концентрация нитратного азота на поверхности составила 413 мкг/дм³ (февраль), а у дна – 277 мкг/дм³ (октябрь). Значения концентрации нитритного азота изменялись на поверхности в диапазоне 2,1–21,0, в придонном слое 1,0–22,6 мкг/дм³. Средняя концентрация фосфатного фосфора во всем столбе воды была существенно ниже нормы. Максимальная концентрация общего фосфора была наименьшей за последние годы. В придонном слое только в одной пробе (6,2 мкг/дм³) фосфаты были выше предела обнаружения (DL=5 мкг/дм³), а средняя на поверхности составила 3,4 мкг/дм³.

Таблица 4.11. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	114,43/ 305,0	76,47/ 120,0	55,67/ 102,0	65,72/ 120,0	59,17/ 102,0	55,67/ 87,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	11,28/ 53,0	13,85/ 45,0	8,22/ 16,0	8,10/ 13,0	12,05/ 27,0	10,06/ 22,6	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	300,29/ 460,0	271,29/ 449,0	205,56/ 330,0	232,0/ 339,0	248,24/ 351,0	265,72/ 413,0	9032

Общий азот N _{total} мкгN/м³	730,33/ 1149,0	686,18/ 865,0	648,83/ 842,0	618,72/ 797,0	660,71/ 841,0	692,39/ 806,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм³	7,27/ 15,0	5,84/ 13,0	2,71/ 9,3	9,77/ 17,0	2,35/ 9,4	2,61/ 8,4	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм³	12,91/ 29,0	11,92/ 25,0	8,06/ 15,0	13,63/ 24,0	9,09/ 13,0	9,43/ 12,5	
БПК ₅ мгO ₂ /дм³	1,8/ 3,8	1,5/ 2,9	1,3/ 2,4	1,4/ 3,1	1,1/ 2,3	1,5/ 3,4	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мкг/дм³	0,008/ 0,05	0,007/ 0,04	0,004/ 0,04	0,019/ 0,028	0,001/ 0,019	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм³	0,181/ 0,80	0,035/ 0,60	0,089/ 0,9	0,1/ 0,8	0,012/ 0,1	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм³	5,429/ 17,0	0,750/ 12,00	0,611/ 11,00	7,059/ 120,00	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 17% проб, в прошлом году было 12%. Максимальная концентрация (1,6 ПДК) наблюдалась в январе на поверхностном горизонте, а среднее значение БПК₅ (0,7 ПДК) стало наибольшим с 2018 г. В 2021 г. концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы. Содержание меди превышало норматив ПДК во всех отобранных в МТП пробах и остается высоким с 2014 г. На поверхности концентрация была в диапазоне 2,0–8,1 мг/дм³, на придонном горизонте 0–6,4 мг/дм³, оба максимума в мае. Среднее содержание меди во всем столбе воды 4,5 ПДК.

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 61% проб. Максимальная концентрация наблюдалась в марте в поверхностном слое (3,0 ПДК) при среднем во всем столбе воды 1,6 ПДК. Концентрация марганца превышала норматив в 28% проб, а диапазон значений варьировал от аналитического нуля до 2,3 ПДК в августе на поверхности. Средняя концентрация марганца на поверхности 6,92 мкг/дм³ (0,7 ПДК), в придонном слое 4,25 мкг/дм³ (0,4 ПДК). Содержание железа превышало предельно допустимый уровень в 28% проб. Максимальная концентрация (1,4 ПДК) наблюдалась в августе в придонном слое вод, а средняя во всем столбе воды была меньше норматива. Содержание свинца только в одной пробе было выше аналитического нуля (3,1 мкг/дм³), а хрома и кобальта было ниже предела обнаружения. Максимальная концентрация кадмия, никеля и алюминия достигала 1,70; 3,6 и 47,0 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Сu, мкг/дм³	3,83/ 7,80	3,68/ 11,7	4,77/ 12,0	4,8/ 18,1	4,26/ 6,9	4,53/ 8,1	1
Zn, мкг/дм³	11,66/ 37,0	16,85/ 51,9	24,79/ 54,0	27,19/ 62,0	16,39/ 30,0	15,86/ 30,5	10
Mn, мкг/дм³	10,60/ 61,0	14,01/ 107,0	13,76/ 47,0	7,59/ 71,0	6,67/ 27,6	6,03/ 23,2	10

Fe, мкг/дм ³	112,09/ 238,0	117,59/ 452,0	129,33/ 260,0	102,05/ 460,0	80,71/ 180,0	71,39/ 140,0	100
Al, мкг/дм ³	27,7/ 68,0	33,11/ 59,0	35,33/ 58,0	34,11/ 78,0	41,24/ 110,0	25,51/ 47,0	40
Pb, мкг/дм ³	1,79/ 12,2	0,86/ 2,6	0,17/ 3,1	0/ 0	0,19/ 3,2	0,17/ 3,1	6

4.8. Северная станция аэрации

На станции вблизи оголовка трубы сброса вод с Северной станции аэрации (С2) наблюдения проводились в марте и с мая по октябрь. Всего было отобрано 14 проб с поверхности и у дна на глубине 4 м. Температурный режим соответствовал многолетним показателям (табл.4.13). Значения солености в слое поверхность-дно также соответствовали многолетним показателям и составили 0,06–0,07‰. Величина водородного показателя была в узком диапазоне 6,79–7,46, в среднем 7,12 ед. рН. Максимальные значения рН были зафиксированы в мае в обоих слоях воды. Показатель щелочности варьировал в пределах 0,49–0,68 ммоль/дм³, а средняя величина очень близка к среднемноголетней. Содержание растворенного кислорода в пробах воды с поверхностного и придонного горизонтов было в пределах нормы, за исключением одной мартовской пробы из придонного слоя. Диапазон значений на поверхности составил 7,75–13,20 мгО₂/дм³ и 5,87–13,11 мгО₂/дм³ у дна.

Таблица 4.13. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	14,14/ 21,76	12,30/ 18,69	12,52/ 19,23	13,27/ 18,92	13,32/ 18,0	12,50/ 22,63
Соленость (‰)	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,08	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,73/ 7,56	9,84/ 8,46	10,00/ 8,09	9,08/ 5,93	9,61/ 8,36	9,81/ 5,87
Кислород (%)	92,33/ 105,50	90,21/ 96,40	91,80/ 97,30	84,31/ 96,2	90,66/ 98,6	89,4/ 101,7
рН	7,42/ 7,70	7,23/ 7,58	7,34/ 7,64	7,03/ 7,34	6,99/ 7,31	7,12/ 7,46
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,55/ 0,64	0,56/ 0,61	0,55/ 0,63	0,55/ 0,71	0,54/ 0,61	0,55/ 0,68

Биогенные вещества. Содержание аммонийного азота на поверхности изменялось в интервале от 49 мкгN/дм³ в августе до 708 мкгN/дм³ в октябре, при среднем 132,75 мкгN/дм³ (0,34 ПДК). В придонном слое диапазон значений ингредиента составил 71,0–607,0 мкгN/дм³ (май). Среднее содержание аммонийного азота в слое поверхность-дно составило 0,6 ПДК (табл. 4.14). Превышение ПДК было зафиксировано в четырех пробах из 14. Концентрация нитритного азота превысила предельно допустимый уровень в 50% проб. Диапазон значений был примерно одинаковым в слоях: в поверхностном 7,7–91 мкг/дм³ (3,8 ПДК, сентябрь), в придонном 14–94 мкг/дм³ (3,9 ПДК, июль). Средняя концентрация ингредиента во всем столбе воды показала максимальное значе-

ние с 2015 г. Наибольшее содержание нитратов отмечалось в мае: на поверхностном горизонте 721 мкг/дм³, в придонном слое 873 мкг/дм³. Общее содержание нитратного азота было в пределах многолетней изменчивости параметра. Концентрация фосфатного фосфора на поверхности изменялась от аналитического нуля в феврале до 24 мкг/дм³ в мае, при среднем 8,1 мкг/дм³ (0,16 ПДК). В придонном слое диапазон значений ингредиента составил 0–64/19,5 мкг/дм³ (max июль).

Таблица 4.14. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	278,64/ 708,0	374,0/ 688,0	329,71/ 775,0	316,93/ 1347,0	148,71/ 510,0	231,5/ 830,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	15,67/ 28,0	29,92 / 68,0	24,32 / 47,0	35,79 / 61,0	25,37 / 50,0	37,91 / 94,3	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	365,14/ 581,0	437,43/ 841,0	283,57/ 513,0	559,64/ 973,0	284,71/ 517,0	371,79/ 873,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	1003,3/ 1836,0	1208,9/ 1987,0	1116,7/ 1835,0	1317,9/ 2423,0	879,71/ 1442,0	1009,7/ 1781,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	12,69/ 34,0	11,51/ 25,0	20,54/ 60,0	66,0 / 135,0	11,50/ 55,0	13,79/ 63,7	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	24,18/ 80,0	18,96/ 32,0	34,23/ 94,0	76,21/ 145,0	21,29/ 70,0	22,29/ 80,9	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	2,44 / 5,40	2,14 / 3,9	1,92/ 2,6	3,29 / 7,5	2,08/ 2,9	2,7 / 6,0	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мкг/дм ³	0,003/ 0,04	0,0/ 0,0	0,006/ 0,04	0,018/ 0,032	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,086/ 0,6	0,0/ 0,0	0,007/ 0,1	0,007/ 0,1	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	20,75/ 34,0	2,21/ 18,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	16,67/ 100,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Из 14 проанализированных проб воды в 9 случаях было отмечено превышение норматива по БПК₅. Наибольшие значения органического вещества были зафиксированы: на поверхностном горизонте (3,7 мгO₂/дм³) в мае и июне, на придонном горизонте (6,0 мгO₂/дм³) в мае. Средняя концентрация ингредиента в слое поверхность–дно составила 1,29 ПДК. В 2021 г. концентрация нефтяных углеводородов, СПАВ и фенолов была ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы. Содержание меди во всех отобранных пробах превысило ПДК. Концентрация этого металла на поверхности изменялась в интервале 3,8–7,7 мкг/дм³ (max июнь) при среднем 5,7 мкг/дм³ (5,7 ПДК). В придонном слое диапазон значений меди составил 3,4–7,5,0 мкг/дм³ (max сентябрь). Среднее содержание меди в слое поверхность–дно (5,6 ПДК) было максимальным с 2016 г. (табл. 4.15). Содержание цинка изменялось в диапазоне 8,5–77 мкг/дм³, в 11 пробах из 14 концентрация была выше ПДК. Максимальное значение (7,7 ПДК пресных вод) было в майской пробе из придонного слоя. Средняя концентрация цинка в слое поверхность–дно составила 1,9 ПДК. Концентрация марганца в слое поверхность–дно изменялась в диапазоне от минимально определяемой величины до 2,1 ПДК (октябрь) при среднем

5,76 мкг/дм³ (0,6 ПДК). Допустимый уровень был превышен в трех из 14 проб. Содержание железа выше нормы было зафиксировано в одной майской пробе воды из придонного слоя, а среднее в слое поверхность-дно составило 0,7 ПДК. Содержание свинца, хрома и кобальта в водах района было ниже предела обнаружения. Максимальная концентрация кадмия, никеля и алюминия достигала 1,30; 3,4 и 38,0 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.15. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	5,75/ 22,9	2,71/ 4,3	4,08/ 9,6	4,61/ 24,0	4,59/ 6,3	5,59/ 7,7	1
Zn, мкг/дм ³	15,81/ 30,50	9,44/ 14,20	25,16 62,0	26,96/ 53,0	16,30 35,0	18,65/ 77,0	10
Mn, мкг/дм ³	2,51/ 12,0	10,66/ 41,60	18,37/ 37,0	13,85/ 65,0	4,11/ 22,5	5,76/ 20,7	10
Fe, мкг/дм ³	117,5/ 247,0	85,64/ 145,0	125,79/ 180,0	60,5/ 110,0	78,79/ 99,0	68,14/ 110,0	100
Al, мкг/дм ³	18,2/ 39,0	21,43/ 28,0	27,78/ 36,0	21,36/ 36,0	22,07/ 34,0	24,36/ 38,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,77/ 4,90	0,57/ 2,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	6

Выводы

В 2021 г. в водах Невской губы к востоку от КЗС концентрация нефтяных углеводородов обычно была на уровне ниже предела обнаружения использованной методики химического анализа и лишь в редких случаях она составляла незначительные доли ПДК. Во всех районах Невской губы концентрация фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения. Воды губы в целом не загрязнены биогенными веществами и среднее содержание разных форм азота и фосфора было гораздо меньше ПДК. Однако максимальные величины аммонийного и нитритного азота в отдельных частях акватории губы превышали норматив. В целом более высокие значения биогенных элементов характерны для вод вблизи окончания трубы сброса вод с Северной станции аэрации. Многократно отмечалось превышение установленного допустимого уровня концентрации легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Этот показатель внесен как приоритетный при подсчете индекса загрязненности вод ИЗВ для четырех районов Невской губы из выделенных пяти. Медь в 100% случаев является основным загрязняющим элементом всех районов губы с максимальным превышением установленного для пресных вод норматива. На втором месте по металлам в 4 районах является цинк, а в Южном курортном районе также марганец. Кислородный режим в целом был в пределах нормы и лишь в одной пробе в районе Северной станции аэрации минимум составил 5,87 мгО₂/дм³. При расчете индекса загрязненности вод во всех районах Невской губы использовались только средние значения концентрации металлов (при доминирующем влиянии меди), БПК₅ и кислорода. В 2021 году, как и в отдельных районах, совокупный индекс загрязнения вод Невской губы составил 2,07, что определяет воды как «грязные», V класс (табл. 4.16).

Таблица 4.16. Оценка качества вод Невской губы Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Невская губа							
1. Центральная часть	1,99	V	2,05	V	2,07	V	Cu 5,17; Zn 1,62; БПК ₅ 0,86; O ₂ 0,60
2. Северный курортный р-н	2,50	V	2,15	V	2,29	V	Cu 4,75; БПК ₅ 2,7; Zn 1,17; O ₂ 0,53
3. Южный курортный р-н	2,36	V	2,09	V	2,47	V	Cu 5,49; Mn 2,32; БПК ₅ 1,46; O ₂ 0,61
4. Морской торговый порт	2,28	V	1,88	V	1,85	V	Cu 4,53; Zn 1,59; БПК ₅ 0,73; O ₂ 0,57
5. Северная станция аэрации С2	2,38	V	1,97	V	2,41	V	Cu 5,59; Zn 1,87; NO ₂ 1,58; O ₂ 0,61
Невская губа	2,06	V	2,02	V	2,07	V	Cu 5,16; Zn 1,56; БПК ₅ 0,96; O ₂ 0,60

Восточная часть Финского залива

4.9. Курортный район мелководной зоны

В 2021 г. гидрохимическая съемка курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь на станциях № 19а и № 20а. Отбор проб осуществлялся с поверхностного горизонта; всего было отобрано 12 проб.



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

Температурный режим в 2021 г. характеризовался повышением. Значение средней температуры составило 17,62°C, что является максимальным показателем за последние 5 лет (табл. 4.17). Соленость изменялась в диапазоне от 0,09‰ (ст. № 19а, июнь) до 1,35‰ (ст. № 19а, сентябрь) при средней 0,54‰, что выше прошлогодних показателей. Величина водородного показателя варьировала в диапазоне 6,68–8,64, в среднем – 7,31 ед. рН. Значения щелочности оставались на уровне прошлых лет и изменялись в интервале 0,591–0,849/0,660 ммоль/дм³, максимум в сентябре. Содержание растворенного кислорода было повышенным, среднее значение составило 10,51 мгО₂/дм³ при минимальном значении 9,20 мгО₂/дм³, зафиксированном в июле. Случаев дефицита кислорода с уровнем менее 70% насыщения отмечено не было. Из 12 проанализированных проб воды в 2 случаях было отмечено превышение ПДК (2,1 мгО₂/дм³) по БПК₅. Диапазон значений составил 0,6–8,9 мгО₂/дм³ (4,2 ПДК, июнь), при средней концентрации 1,8 ПДК, которое стало максимальным с 1999 г. Среди загрязняющих веществ концентрация нефтяных углеводородов, СПАВ и фенолов была ниже предела обнаружения DL=5, 100 и 0,1 мкг/дм³ соответственно. Также не были отмечены хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ.

Таблица 4.17. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	14,57/ 21,8	15,39/ 20,5	16,40/ 21,7	16,75/ 20,7	15,54/ 19,5	17,62/ 29,4
Соленость (‰)	1,19/ 3,26	0,32/ 0,71	0,43/ 0,88	0,60/ 1,96	0,46/ 0,79	0,54/ 1,35
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,62/ 8,33	10,15/ 8,92	10,01/ 8,55	9,39/ 6,07	9,8/ 8,86	10,51/ 9,20
Кислород (%)	94,63/ 113,8	101,29/ 121,5	102,26/ 135,7	96,48/ 114,9	99,31/ 117,4	109,4/ 138,9
рН	7,37/ 7,61	7,19/ 7,70	7,11/ 7,35	7,16/ 7,59	7,29/ 7,95	7,31/ 8,64
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,72/ 1,08	0,60/ 0,68	0,60/ 0,71	0,66/ 0,91	0,69/ 0,78	0,66/ 0,85

Биогенные вещества. В четырех пробах содержание аммонийного азота было ниже уровня определения, в одной пробе была зафиксирована высокая концентрация, а в остальных диапазон значений составил 0–192 мкгN/дм³; средняя величина была немного повышенной (табл. 4.18, рис. 4.5). Концентрация нитритного азота изменялась в диапазоне 3,0–14,3 мкгN/дм³ при минимальной с 2015 г. средней 0,3 ПДК. Максимальное содержание нитратов составило всего 0,05 ПДК в октябре. Концентрация фосфатного фосфора изменялась в диапазоне от минимально определяемого значения (DL=5 мкгP/дм³) до 0,27 ПДК в июне. Средняя величина показала минимальное значение с 2015 г. Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов. Низкие значения концентрации азот- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствуют о незначительном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива.

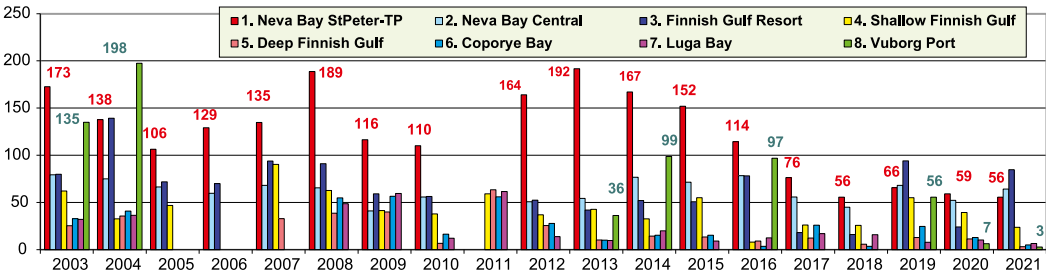


Рис. 4.5. Многолетняя динамика средней концентрации аммонийного азота $N-NH_4$ (мкг/дм³) в водах различных районов Невской губы и восточной части Финского залива

Таблица 4.18. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный $N-NH_4$ мкгN/дм³	78,17/ 214,0	18,17/ 100,0	16,08/ 59,0	94,17/ 260,0	24,18/ 59,0	84,83/ 540,0	389
Азот нитритов $N-NO_2$ мкгN/дм³	7,03/ 17,0	8,9/ 15,0	8,28/ 20,0	9,38/ 21,0	9,27/ 16,0	6,76/ 14,3	24
Азот нитратов $N-NO_3$ мкгN/дм³	218,5/ 420,0	222,5/ 521,0	113,75/ 314,0	208,83/ 481,0	158,55/ 389,0	129,17/ 428,0	9032
Общий азот N_{total} мкгN/дм³	736,83/ 1073,0	736,42/ 1436,0	741,98/ 1261,80	742,33/ 1068,0	718,64/ 983,0	833,25/ 1512,0	
Фосфатный фосфор $P-PO_4$ мкгP/дм³	9,23/ 22,0	5,22/ 18,0	6,69/ 33,06	17,32/ 40,0	3,41/ 13,0	3,06/ 13,5	50
Общий фосфор P_{total} мкгP/дм³	18,72/ 31,0	14,86/ 30,0	14,27/ 43,80	28,75/ 47,0	11,82/ 18,0	15,8/ 38,2	
БПК ₅ мгO ₂ /дм³	2,27/ 4,0	2,26/ 4,5	2,0/ 3,8	2,93/ 4,8	2,34/ 3,8	3,83/ 8,9	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мкг/дм³	0,0/ 0,0	0,004/ 0,05	0,0/ 0,0	0,011/ 0,019	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,017/ 0,1	0,009/ 0,1	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм³	15,5/ 30,0	4,5/ 24,0	0,0/ 0,0	8,58/ 103,0	0,02/ 0,1	0,0/ 0,0	100

Металлы. В 2021 г. в 50% проб было зафиксировано превышение норматива по меди. Диапазон значений концентрации ингредиента составил 2,6–25,0 мкг/дм³ (5,0 ПДК по морским нормативам, сентябрь), а средняя равнялась 1,4 ПДК (табл. 4.19). Максимальное содержание цинка составило 0,35 ПДК в июле, а среднее было ровно в два раза меньше. Концентрация марганца достигала в мае 0,5 ПДК. В 40% проб содержание железа зафиксировано ниже уровня методики определения ($DL=50$ мкг/дм³), а максимум достигал 11,4 ПДК в мае,

в среднем 2,43 ПДК. В 76% проб зафиксировано присутствие алюминия. Содержание свинца и кобальта в водах района было ниже предела обнаружения, хром отмечен в одной пробе (1,1 мкг/дм³). Максимальная концентрация кадмия, никеля и алюминия достигала 0,90; 3,1 и 79,0 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.19. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	6,58/ 21,2	6,68/ 13,3	11,38/ 30,0	6,33/ 16,5	3,96/ 7,6	7,17/ 25,0	5
Zn, мкг/дм ³	35,03/ 88,0	9,47/ 16,5	24,68/ 74,0	18,18/ 31,0	20,15/ 52,0	8,44/ 17,3	50
Mn, мкг/дм ³	36,49/ 147,0	10,66/ 33,0	11,93/ 36,0	23,85/ 170,0	11,92/ 56,0	4,6/ 25,7	50
Fe, мкг/дм ³	284,67/ 1279,0	305,08/ 1190,0	146,3/ 400,0	79,67/ 280,0	214,09/ 820,0	121,42/ 570,0	50
Al, мкг/дм ³	46,4/ 105,0	29,25/ 69,0	23,92/ 51,0	23,67/ 65,0	20,55/ 37,0	24,85/ 79,0	40
Pb, мкг/дм ³	3,6/ 19,0	0,86/ 2,3	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	10

4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива

В 2021 г. гидрохимическая съемка мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в апреле и августе на шести станциях с глубинами 7–22 м. Отбор проб осуществлялся с разных горизонтов. Всего было отобрано 40 проб. Диапазон значений температуры на поверхности составил 5,6–18,2°C, в придонном слое 1,5–17,9°C (табл. 4.20). Во время апрельской съемки соленость была в диапазоне от 0,27 до 0,90‰, в придонном слое 0,82–4,44‰; в августе 0,21–1,46‰ и 0,22–2,74‰ соответственно. Распределение всей водной толщи наблюдалось на ст. №19 и 26, что отражает наибольшее влияние стока из Невской губы. Значения щелочности воды на поверхности варьировали в интервале 0,56–0,85 ммоль/дм³, в придонном слое – 0,56–1,31 ммоль/дм³. Величина водородного показателя pH по всем горизонтам варьировала в диапазоне 7,5–8,63, что немного выше многолетних показателей. В двух апрельских пробах с поверхностного горизонта зафиксировано превышение нормы (6,5 < pH < 8,5). В ходе проведения гидрохимических съемок в апреле и августе 2021 г. случаев нарушения норматива по содержанию растворенного кислорода зафиксировано не было. Диапазон значений в придонном слое от 10,28–12,70 мгО₂/дм³ в апреле и 6,96–9,20 мгО₂/дм³ в августе. В поверхностном слое значения изменялись в диапазоне 13,03–14,00 мгО₂/дм³ в апреле и 8,78–9,45 мг/дм³ в августе. Процент насыщения соответствовал нормативу во всех отобранных пробах, диапазоны: 104,2–111,1% (поверхность) и 74,9–101,4% (дно) в апреле и 91,5–99,0% (поверхность) и 73,5–96,1% (дно) в августе. Среди загрязняющих веществ концентрация нефтяных углеводородов и СПАВ была ниже предела обнаружения DL=5, 100 мкг/дм³ соответственно; фенолы обнаружены в трех пробах в концентрации 0,1–0,2 мкг/дм³. Органические вещества по БПК₅ не определялись. Во всех пробах не были отмечены хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ.

Таблица 4.20. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	5,97/ 7,99	18,75/ 19,67	19,82/ 20,24	17,63/ 18,2	15,41/ 18,6	11,22/ 18,23
Соленость (‰)	2,0/ 3,56	0,59/ 2,88	1,28/ 2,58	1,35/ 3,86	1,58/ 3,98	1,24/ 4,44
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,58/ 8,23	8,62/ 5,69	8,31/ 5,72	8,19/ 4,52	7,71/ 2,47	10,55/ 6,96
Кислород (%)	86,03/ 99,8	92,53/ 113,2	91,55/ 111,2	86,38/ 100,0	77,40/ 108,7	94,09/ 111,1
pH	7,56/ 7,66	7,76/ 8,32	6,85/ 7,41	7,95/ 8,26	7,74/ 8,18	7,90/ 8,63
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,87/ 1,11	0,63/ 1,10	0,79/ 1,03	0,79/ 1,19	0,88/ 1,34	0,82/ 1,311

Биогенные вещества. В 2021 г. концентрация аммонийного азота в 12 из 30 проанализированных проб была ниже аналитического нуля. В поверхностном слое диапазон значений составил 0–44 мкгN/дм³, при среднем 15,8 мкгN/дм³; в придонном слое 0–76/37,1 мкгN/дм³. Средняя концентрация ингредиента во всем столбе воды стала минимальным значением с 2016 г. (табл. 4.21). Концентрация нитритного азота на поверхности изменялась в интервале 1,6–8,3 мкгN/дм³, при среднем 5,3 мкгN/дм³ (0,2 ПДК), в придонном слое 1,2–7,7/4,0 мкгN/дм³. Средняя во всем столбе воды стала минимальной с 2004 г. В апреле диапазон содержания нитратного азота в поверхностном слое составил 184–231 мкг/дм³, у дна - 155–269 мкг/дм³; в августе диапазоны составили 16–115 и 20–119 мкг/дм³ соответственно. Содержание фосфатного фосфора в апреле на поверхностном горизонте изменялось в пределах 14–62 мкг/дм³, при среднем 31,2 мкг/дм³ (0,62 ПДК); в придонном слое 38–142/78,7 мкг/дм³ (max 1,57 ПДК). В августе содержание фосфатов в водах района было несколько ниже: в поверхностном слое диапазон составил 12–22 мкг/дм³, в придонном – 9,9–25 мкг/дм³. Средняя концентрация фосфатов во всем столбе воды (0,67 ПДК) стала максимальной за весь период наблюдений. Небольшая концентрация различных форм биогенных элементов в водах Мелководного района подтверждает вывод о невысоком уровне эвтрофикации восточной части Финского залива.

Таблица 4.21. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	8,07/ 39,0	26,27/ 148,0	25,8/ 113,0	55,2/ 236,0	39,37/ 185,0	23,8/ 76,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	7,61/ 15,0	10,41/ 20,0	6,52/ 14,0	11,49/ 48,0	7,73/ 16,0	4,60/ 8,30	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	204,6/ 258,0	110,4/ 218,0	46,6/ 140,0	58,87/ 131,0	111,57/ 304,0	136,87/ 269,0	9032
Общий азот N _{total}	576,27/ 684,0	526,2/ 639,0	525,73/ 730,0	565,8/ 755,0	578,13/ 1369,0	524,03/ 648,0	

Фосфатный фосфор P-PO ₄	9,7/ 20,0	15,74/ 59,0	7,61/ 33,00	10,87/ 43,0	18,20/ 60,0	33,61/ 141,7	50
Общий фосфор P _{total}	20,55/ 39,0	25,03/ 83,0	19,67/ 54,0	19,79/ 62,0	27,97/ 74,0	47,07/ 152,4	
БПК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	1,33/ 1,5	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	2,1
Нефтяные углеводороды ТРНs мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,008/ 0,009	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	0,008/ 0,1	0,0/ 0,0	0,017/ 0,20	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	1,25/ 15,0	2,58/ 11,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Металлы. Концентрация меди в поверхностном слое изменялась в диапазоне 3,2–11,6 мкг/дм³ (2,3 ПДК, апрель), при средней 6,4 мкг/дм³ (1,3 ПДК); в придонном слое – 3,8–28/11,3 мкг/дм³ (макс 5,6 ПДК, апрель). Средняя концентрация во всем столбе воды (1,8 ПДК) является наибольшей с 2000 г. (табл. 4.22). Концентрация цинка в апреле в поверхностном слое изменялась от 7,6 до 28,0 мкг/дм³ (0,6 ПДК, апрель), у дна – 11,8–28,9 мкг/дм³ (0,6 ПДК, апрель). В августе содержание цинка было в диапазоне 6,7–12,3 и 5,7–10,2 мкг/дм³ соответственно. Среднее содержание цинка во всем столбе воды составило всего 0,2 ПДК. Диапазон концентрации марганца на поверхности находился в пределах 5,4–32,0 мкг/дм³ при средней 21,85 мкг/дм³ (0,4 ПДК); и 1,8–62,0/25,2 мкг/дм³ в придонном слое. Содержание железа выше норматива в водах мелководного района было зафиксировано в семи апрельских пробах, а в августе во всех было ниже DL = 50 мкг/дм³. В поверхностном слое значения были в пределах 59–85 мкг/дм³ (макс 1,7 ПДК), в придонном от аналитического нуля до 69 мкг/дм³ (1,4 ПДК). Средняя концентрация железа по всем станциям во всем столбе воды составила 0,4 ПДК. Содержание свинца, кобальта, хрома и ртути в водах района было ниже предела обнаружения. Максимальная концентрация кадмия, никеля и алюминия достигала 1,70; 3,3 и 45,0 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.22. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	1,6/ 2,3	3,69/ 7,4	8,74/ 23,5	1,63/ 2,4	3,42/ 9,9	8,84/ 28,0	5
Zn, мкг/дм ³	10,16/ 12,7	11,3/ 29,8	12,63/ 21,6	8,25/ 15,3	21,56/ 50,0	11,94/ 28,9	50
Mn, мкг/дм ³	7,98/ 14,9	17,03/ 81,7	35,96/ 190,0	45,78/ 110,0	62,75/ 490,0	23,54/ 62,0	50
Fe, мкг/дм ³	33,58/ 106,0	7,0/ 26,0	0/ 0	0/ 0	4,7/ 57,0	21,83/ 85,0	50
Al, мкг/дм ³	2,1/ 13,0	6,5/ 15,0	4,58/ 17,0	7,92/ 20,0	6,58/ 31,0	12,05/ 45,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,67/ 2,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0/ 0	0/ 0	0,0/ 0,0	10

4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива

В 2021 г. гидрохимическая съемка глубоководной зоны восточной части Финского залива проводилась в апреле и августе на разрезе по центру залива на ст. №№ 1,2,3,4, а также на ст. А в Выборгском заливе. Всего отобрано 62 пробы воды из поверхностного, промежуточного и придонного слоев. Средняя температура воды на поверхности в апреле составила 3,3°C, в августе – 15,2°C; в придонном слое – 3,6°C и 10,6°C. В апреле соленость на поверхности изменялась от 0,93‰ до 4,52‰, на дне – 4,55‰–6,74‰. В августе – 1,52–3,80‰ на поверхности и 2,94–5,97‰ на дне. Для обоих горизонтов максимальные значения были зафиксированы на самой западной ст. №4. С увеличением глубины значение солености возрастало, что объясняется притоком солоноватых вод из центральной части Финского залива (табл. 4.23). Значения водородного показателя на поверхности изменялись в диапазоне 7,29–8,7, на придонном горизонте – 7,34–8,0 ед. pH, это максимальные показатели за последние 5 лет. Величина водородного показателя не выходила за рамки нормативной величины ($6,5 < \text{pH} < 8,5$), за исключением трех апрельских проб со ст. №1. Среднее значение щелочности оставалось на многолетнем уровне и составило 1,08 ммоль/дм³ на поверхности и 1,40 ммоль/дм³ на дне. Щелочность в придонном слое во всех случаях была выше поверхностной и постепенно возрастала с увеличением глубины. Кислородный режим вод глубоководного района восточной части Финского залива в целом был удовлетворительным. На поверхности содержание кислорода всегда было выше норматива, а у дна в четырех случаях было ниже: 3,50–5,73 мгО₂/дм³. Среди загрязняющих веществ нефтяные углеводороды, фенолы и СПАВ были обнаружены всего один раз в концентрации 13, 0,1 и 100 мкг/дм³ соответственно. Легко окисляемые органические вещества по БПК₅ не определялись. Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ не были отмечены во всех проанализированных 10 пробах.

Таблица 4.23. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	6,45/ 9,10	12,12/ 19,24	12,23/ 20,24	12,58/ 17,65	11,94/ 18,60	9,26/ 18,13
Соленость (‰)	3,72/ 8,27	3,71/ 6,53	4,17/ 7,08	4,83/ 7,94	3,50/ 6,92	3,78/ 6,74
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,55/ 3,40	7,33/ 3,86	6,72/ 3,02	7,21/ 3,44	8,34/ 3,02	9,69/ 3,50
Кислород (%)	79,07/ 97,1	70,93/ 104,0	65,14/ 104,1	70,97/ 105,8	78,3/ 115,0	83,09/ 114,3
pH	7,52/ 7,78	7,75/ 8,34	7,39/ 7,9	7,76/ 8,31	7,73/ 8,24	7,93/ 8,7
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,07/ 1,61	1,24/ 1,62	1,36/ 1,71	1,33/ 1,62	1,27/ 1,64	1,26/ 1,58

Биогенные вещества. В апреле 2021 г. содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения на всех горизонтах, а в августе отмечено в пяти пробах со значениями 24–42 мкг/дм³. Средняя концентрация аммонийного азота по всем станциям и во всем столбе воды было минимальным с 1999 г. (табл. 4.24). Концентрация нитритного азота на поверхности в диапазоне 1,7–9,3 мкгN/дм³, при среднем 4,8 мкгN/дм³, на промежуточных горизонтах 0–7,7 мкгN/дм³, у дна 0–6,9 мкгN/дм³. Средняя концентрация нитритного азота

3,6 мкгN/дм³ увеличилась по сравнению с 2019 и 2020 гг. Значения нитратов на поверхности было 12–197 мкг/дм³, у дна 117–204 мкг/дм³ в апреле; в августе 10–29 и 47–195 мкг/дм³ соответственно. Содержание фосфатов в апреле на поверхности изменялось в пределах 8,7–18,4 мкг/дм³, у дна 32,7–59 мкг/дм³; в августе 5,1–14,7 мкг/дм³ и 15,6–69,6 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.24. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	9,15/ 41,0	12,42/ 51,0	5,85/ 38,0	19,62/ 84,0	10,75/ 50,0	3,15/ 42,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	1,7/ 12,0	5,03/ 28,00	3,31/ 11,0	2,83/ 8,7	2,43/ 8,7	3,60/ 9,3	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	99,0/ 164,0	55,04/ 153,0	55,69/ 127,0	101,92/ 241,0	83,15/ 252,0	97,31/ 204,0	9032
Общий азот N _{total}	458,35/ 553,0	427,08/ 679,0	457,27/ 579,0	553,04/ 897,0	441,25/ 591,0	444,77/ 596,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	26,75/ 93,0	17,319/ 86,0	24,62/ 95,0	29,70/ 122,0	22,68/ 90,0	24,02/ 69,6	50
Общий фосфор P _{total}	45,81/ 131,0	23,10/ 100,0	32,20/ 108,0	38,02/ 129,0	34,04/ 102,0	36,05/ 85,8	
Нефтяные углеводороды TPHs мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,007/ 0,04	0,0/ 0,0	0,007/ 0,008	0,0/ 0,0	0,0005/ 0,013	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,13/ 0,8	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	5,88/ 21,0	1,38/ 11,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	100

Металлы. Концентрация меди на поверхности изменялась в диапазоне 3,0–29,0 мкг/дм³ (5,8 ПДК, апрель), в придонном слое – 4,7–12,0 мкг/дм³ (2,4 ПДК, август). Средняя концентрация меди во всем столбе воды составила 8,08 мкг/дм³ (1,62 ПДК). Хотя это максимальное значение показателя с 2000 г., однако в целом наблюдается очевидный тренд на постепенное снижение содержания меди в водах залива (рис. 4.6, табл.4.25). Содержание цинка в апреле в поверхностном слое было в пределах 5,4–8,9 мкг/дм³, в придонном 8,2–13,8 мкг/дм³; в августе пределы составили 7,3–24,0 мкг/дм³ и 6,3–22,4 мкг/дм³ соответственно. Средняя концентрация цинка в слое поверхность–дно составила 0,2 ПДК, что существенно ниже прошлогодних значений. Среднее содержание марганца во всем столбе воды (0,4 ПДК) стало минимальным с 2017 г. Максимальная концентрация марганца на поверхности составила 1,1 ПДК; в более глубоких водах была меньше – 1,0 ПДК. Во всех пробах концентрация железа была ниже предела обнаружения методики, за исключением одной апрельской на поверхности (1,2 ПДК). Алюминий также был обнаружен только в одной пробе воды. Во всех пробах концентрация ртути, свинца, кобальта и хрома была ниже предела обнаружения методики. Максимальная концентрация кадмия и никеля достигала 0,53 и 3,3 мкг/дм³ соответственно.

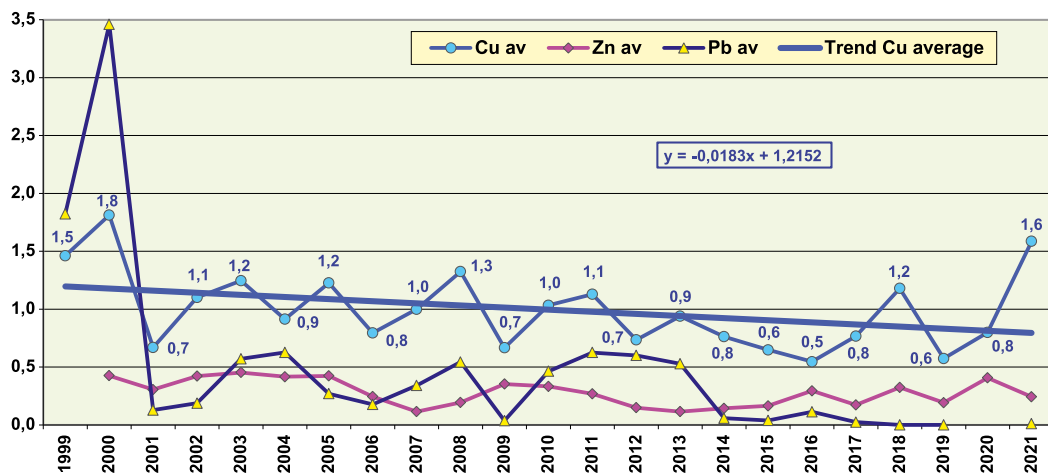


Рис. 4.6. Многолетняя динамика средней концентрации металлов (в ПДК) в водах восточной части Финского залива

Таблица 4.25. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2020	ПДК
Cu, мкг/дм³	1,01/ 1,10	2,47/ 3,7	0,37/ 2,6	1,51/ 3,3	4,79/ 8,4	8,08/ 29,0	5
Zn, мкг/дм³	7,87/ 12,20	6,4/ 9,70	12,84/ 24,1	5,52/ 21,9	19,54/ 48,0	10,85/ 24,0	50
Mn, мкг/дм³	7,03/ 21,0	45,31/ 232,0	105,4/ 360,0	175,31/ 470,0	23,88/ 120,0	23,35/ 59,0	50
Fe, мкг/дм³	0,0/ 0,0	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	2,95/ 59,0	50
Al, мкг/дм³	0,0/ 0,0	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,2/ 14,0	0,90/ 17,9	40
Pb, мкг/дм³	0,2/ 2,0	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	10

4.12. Копорская губа

В 2021 г. гидрохимическая съемка Копорской губы была выполнена 29 апреля и 21 августа на двух станциях на разных горизонтах. Средняя температура во всем столбе воды на двух станциях в апреле составила 3,62°C, а в августе 18,12°C. Разница температуры в апреле на ст. №3к (глубина 12 м) на поверхности и у дна составила 1,3°C, в августе – 0,2°C. На ст. №6к (глубина 27 м) разница составила соответственно 0,7°C и 0,4°C. В Копорской губе на глубоководной станции значение солёности менялось от 2,08‰ на поверхности до 4,47‰ у дна в апреле и от 2,89‰ на поверхности до 4,45‰ у дна в августе. На мелководной станции значения солёности составили 2,76‰ на поверхности и 3,56‰ у дна по результатам апрельской съемки и 3,11‰ / 2,88‰ в августе. Во всех пробах величина водородного показателя не выходила за рамки нормативной величины, за исключением трех проб воды

апреля со ст. №3к: 8,53–8,62 ед. рН. Вертикальные различия щелочности на обеих станциях в слое поверхность–дно были незначительными и составили 0,946–1,354 ммоль/дм³ в апреле и 1,097–1,376 ммоль/дм³ в августе. Кислородный режим вод района был удовлетворительным. Значений ниже нормы в апреле зафиксировано не было, а в августе отмечено в одной пробе с глубины 26 м (61,5% насыщения). Среднее значение кислорода по всем пробам было максимальным с 2011 г. (табл. 4.26). Среди загрязняющих веществ концентрация нефтяных углеводородов, СПАВ, фенолов и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ была ниже предела обнаружения.

Таблица 4.26. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	7,94/ 8,42	17,10/ 19,4	15,55/ 21,0	17,25/ 17,9	14,38/ 18,8	10,87/ 18,8
Соленость (‰)	4,12/ 4,93	2,89/ 3,71	3,21/ 4,97	4,29/ 4,48	2,88/ 4,09	3,16/ 4,47
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,46/ 6,66	7,95/ 6,22	7,55/ 4,57	8,50/ 6,43	7,82/ 4,34	10,52/ 5,64
Кислород (%)	81,7/ 95,7	84,05/ 98,0	81,05/ 102,4	90,48/ 99,4	78,2/ 107,5	93,02/ 113,4
рН	7,50/ 7,6	7,92/ 8,17	7,72/ 7,95	8,17/ 8,29	7,79/ 8,27	8,02/ 8,56
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,22/ 1,33	1,14/ 1,29	1,14/ 1,48	1,22/ 1,24	1,17/ 1,37	1,17/ 1,38

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже минимально определяемой величины (DL=20 мкг/дм³), за исключением одной пробы воды в августе с придонного горизонта (0,2 ПДК), (рис. 4.7, табл.4.27). Диапазон концентрации нитритов в слое поверхность–дно составил 4,3–7,7 мкг/дм³ в апреле и 2,1–12 мкг/дм³ в августе. Среднее содержание (0,2 ПДК) стало максимальным с 2018 г. (табл. 4.27). В апреле концентрация нитратов изменялась в диапазоне 64–165 мкг/дм³ на поверхности и 23–152 мкг/дм³ у дна, в августе интервалы составили 13–52 мкг/дм³ и 23–169 мкг/дм³. Содержание фосфатного фосфора на поверхности составило 6,1–10,5 мкг/дм³ (max 0,2 ПДК), в придонном слое 6,5–41,6 мкг/дм³ (max 0,8 ПДК). По результатам двух съемок среднее содержание нитратного азота и фосфатного фосфора в толще воды от поверхности до дна было максимальным с 2017 г. Несмотря на то, что содержание ряда форм биогенных элементов показало максимальные значения за пятилетний период, однако общий уровень эвтрофирования вод Копорской губы очевидно достаточно невысокий.

Таблица 4.27. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Копорской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	3,67/ 22,0	26,0/ 45,0	3,67/ 22,0	24,67/ 66,0	13,0/ 72,0	5,17/ 62,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	1,3/ 1,9	5,95/ 27,0	3,22/ 4,5	2,02/ 3,2	2,61/ 7,4	5,13/ 11,8	24

Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	107,67/ 125,0	17,33/ 49,0	25,83/ 118,0	20,0/ 36,0	85,58/ 256,0	85,92/ 177,0	9032
Общий азот N _{total}	489,83/ 513,0	511,83/ 558,0	479,33/ 576,0	479,67/ 537,0	436,33/ 627,0	446,5/ 573,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	27,83/ 42,0	4,68/ 23,0	8,03/ 41,0	3,58/ 14,0	12,08/ 36,0	17,47/ 41,60	50
Общий фосфор P _{total}	45,67/ 59,0	15,25/ 33,0	15,95/ 47,0	12,48/ 20,0	21,23/ 46,0	28,55/ 53,5	
Нефтяные углеводороды TPHs 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	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05/ 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	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

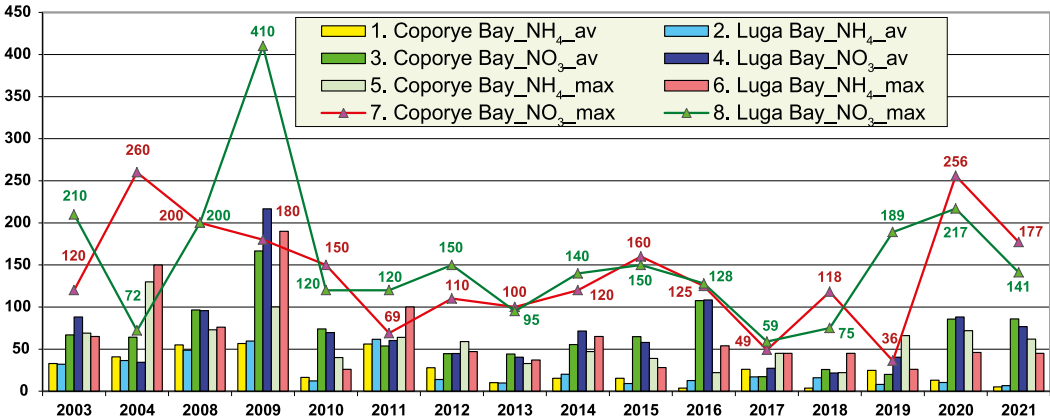


Рис. 4.7. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации аммонийного азота N-NH₄ и нитратов N-NO₃ (мкг/дм³) в водах Копорской и Лужской губ Финского залива

Металлы. В 2021 г. основными загрязняющими веществами в водах Копорской губы стали металлы (табл.4.28). Содержание меди на поверхности изменялось в интервале 3–22,8 мкг/дм³ (max 4,6 ПДК), в придонном слое диапазон составил 6,1–7,4 мкг/дм³ (max 1,5 ПДК). Среднее значение концентрации в толще воды (1,6 ПДК) стало максимальным с 2000 г. По результатам двух съемок концентрация цинка в слое поверхность-дно изменялась в диапазоне 7,3–16,8 мкг/дм³ (0,3 ПДК), а среднее содержание ингредиента (0,2 ПДК) существенно ниже экстремальных значений 2000 г. В трех пробах с глубоководной станции (т. е. в 40% случаев) содержание марганца превысило предельно допустимый уровень. Содержание ингредиента в слое поверхность-дно находилось от значений менее предела обнаружения (DL=1,0 мкг/дм³) до 110 мкг/дм³ при среднем 0,7 ПДК. Концентрация свинца была меньше минимально определяемой величины (DL=3,0 мкг/дм³) во всех пробах за исключением одной (3,8 мкг/дм³). Во всех отобранных пробах концентрация железа, ртути и хрома была ниже предела обнаружения методики. Только в одной пробе зафиксировано присутствие алюминия. Максимальная концентрация кадмия и никеля достигала 1,4 и 2,2 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.28. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Копорской губы в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм ³	1,1/ 1,4	1,73/ 2,9	0,0/ 0,0	0,88/ 1,3	3,63/ 6,1	7,95/ 22,8	5
Zn, мкг/дм ³	5,7/ 8,4	8,45/ 16,0	13,4/ 26,4	3,1/ 6,6	19,88/ 42,0	11,64/ 16,8	50
Mn, мкг/дм ³	3,08/ 3,8	62,53/ 209,0	92,93/ 250,0	66,68/ 140,0	45,19/ 200,0	35,6/ 110,0	50
Fe, 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	50
Al, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	3,25/ 13,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,45/ 11,6	40
Pb, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,48/ 3,8	10

4.13. Лужская губа

В 2021 г. гидрохимическая съемка Лужской губы проводилась 29 апреля и 21 августа на ст. №6л с глубиной 28 м и на ст. №18л (10 м) на разных горизонтах. Отобрано и обработано 16 проб воды с разных горизонтов. В среднем воды Лужской губы были холоднее, чем в последние четыре года. Минимальная температура (1,9°C) зафиксирована в апреле на придонном горизонте, а максимальная (18,2°C) в августе на поверхности. Значения солености соответствовали многолетним значениям. На поверхности диапазон составил 2,5–3,4‰, на дне 3,5–4,5‰ (табл. 4.29). Во всех пробах значения водородного показателя не выходили за рамки нормативной величины (6,5 < pH < 8,5), вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными, а диапазон величин составил 7,54–8,38 ед. pH. Вертикальные различия щелочности на обеих станциях были незначительными: 0,978–1,355 ммоль/дм³. Кислородный режим вод Лужской губы в целом был удовлетворительным, только в одной пробе из придонного слоя в августе концентрация растворенного кислорода была ниже норматива (38,4% насыщения). Более низкое содержание в воде кислорода на глубинных горизонтах связано с высокой стратификацией водной толщи.

Таблица 4.29. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Температура (°C)	7,38/ 7,94	16,68/ 18,8	14,82/ 20,0	15,55/ 18,2	12,64/ 18,8	9,85/ 18,2
Соленость (‰)	4,43/ 4,80	3,44/ 4,0	3,38/ 5,23	4,28/ 5,61	3,34/ 4,24	3,53/ 4,55
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	9,65/ 8,76	7,49/ 6,13	7,24/ 4,69	8,08/ 4,21	8,12/ 5,03	10,34/ 4,29
Кислород (%)	82,2/ 86,2	78,45/ 92,4	76,27/ 101,8	84,77/ 107,6	79,1/ 117,5	90,13/ 107,1
pH	7,52/ 7,58	7,91/ 8,28	7,58/ 7,80	8,09/ 8,34	7,69/ 8,28	7,91/ 8,38
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,33/ 1,65	1,37/ 1,64	1,27/ 1,53	1,29/ 1,35	1,26/ 1,54	1,25/ 1,36

Биогенные вещества. Только в двух пробах из 12 зафиксировано присутствие аммонийного азота – 35 и 45 мкг/дм³ (табл. 4.30). Среднее значение содержания ингредиента стало минимальным за имеющийся период наблюдений с 1999 г. Содержание нитритного азота на мелководной станции на поверхности изменялось в диапазоне 3,4–6,2 мкгN/дм³, на дне 3,4–7,2 мкгN/дм³. На глубоководной станции значения составили 3,4–6,2 и 3,8–4,9 мкгN/дм³ соответственно. Среднее содержание по всем пробам соответствует многолетним значениям. Концентрация нитратов на поверхности была в диапазоне 89–103 мкг/дм³ в апреле и 24–55 мкг/дм³ в августе, у дна – 97–141 мкг/дм³ и 29–60 мкг/дм³ соответственно. В апреле концентрация фосфатов на ст. №8л находилась в пределах от 11 мкг/дм³ на поверхности до 39 мкг/дм³ на дне, на ст. №18л – 14–22 мкг/дм³. В августе значения были 9,3–33 мкг/дм³ и 7,7–11 мкг/дм³. Очевидно, воды Лужской губы не загрязнены биогенными веществами.

Таблица 4.30. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2016–2021 гг.

Ингредиент	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	12,67/ 54,0	17,0/ 45,0	16,0/ 45,0	8,0/ 26,0	10,33/ 46,0	6,67/ 45,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	1,68/ 6,5	7,05/ 28,0	4,08/ 5,5	3,37/ 4,2	3,94/ 12,0	4,57/ 7,2	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	108,5/ 128,0	27,33/ 59,0	21,67/ 75,0	40,5/ 189,0	88,17/ 217,0	76,67/ 141,0	9032
Общий азот N _{total}	505,0/ 679,0	521,33/ 604,0	520,0/ 576,0	548,67/ 660,0	454,08/ 574,0	454,58/ 583,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	28,0/ 36,0	5,92/ 22,0	10,02/ 45,0	8,23/ 40,0	16,92/ 41,0	17,93/ 38,6	50
Общий фосфор P _{total}	48,5/ 57,0	13,82/ 32,0	15,47/ 45,00	16,28/ 44,0	26,17/ 53,0	30,68/ 54,4	
Нефтяные углеводороды TPHs мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,001/ 0,012	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,03/ 0,2	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	4,5/ 18,0	2,5/ 10,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. В 2021 г. концентрация нефтяных углеводородов во всех отобранных пробах была ниже предела определения методики (DL=5 мкг/дм³), за исключением одной апрельской пробы из придонного горизонта. Присутствие фенола отмечено только в одной пробе из поверхностного слоя на глубоководной станции в апреле. Исследования по содержанию БПК₅ в водах Лужской губы в 2021 г. не проводились. Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения DL=100 мкг/дм³. Также не были обнаружены пестициды групп ДДТ и ГХЦГ.

Металлы. Концентрация меди, продолжив свой рост, показала рекордное значение с 2014 г. Содержание ингредиента в Лужской губе превышало ПДК в 4 пробах из восьми. Концентрация в столбе воды изменялась в диапазоне 4,3–11,3 мкг/дм³ (max 2,3 ПДК, поверхность, апрель) при среднем значении 1,2 ПДК (табл. 4.31). Только в одной апрельской пробе

с поверхности содержание цинка достигало 2,2 ПДК. Концентрация в слое поверхность-дно изменялась в диапазоне 7,3–109 мкг/дм³. Среднее содержание цинка составило 0,4 ДК и стало максимальным с 2010 г. Концентрация марганца в водах Лужской губы в апреле и августе дважды превысила уровень норматива на придонном горизонте глубоководной станции, изменяясь в столбе воды в пределах 3,0–59,0 мкг/дм³. Среднее значение во всем столбе воды составило 0,6 ПДК, что существенно ниже экстремальных значений 2018–2019 гг. Присутствие алюминия отмечено в двух пробах на обеих станциях в апреле, а свинца в одной пробе с глубоководной станции (4,1 мкг/дм³). Во всех отобранных пробах концентрация железа, ртути, кобальта и хрома была ниже предела обнаружения методики. Максимальная концентрация кадмия и никеля достигала 0,63 и 2,2 мкг/дм³ соответственно.

Таблица 4.31. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2016–2021 гг.

Металлы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	ПДК
Cu, мкг/дм³	1,1/ 1,4	1,25/ 2,0	0,65/ 2,6	1,6/ 1,9	4,11/ 7,0	5,93/ 11,3	5
Zn, мкг/дм³	7,53/ 10,1	4,28/ 4,9	12,68/ 17,4	4,85/ 7,7	19,51/ 39,0	22,13/ 109,0	50
Mn, мкг/дм³	9,1/ 25,1	45,2/ 121,0	94,23/ 280,0	121,0/ 330,0	28,59/ 95,0	31,04/ 59,0	50
Fe, мкг/дм³	46,3/ 172,0	11,5/ 46,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	50
Al, мкг/дм³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,75/ 14,0	2,95/ 12,5	40
Pb, мкг/дм³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,51/ 4,1	10

Выводы

В 2021 г. совокупный индекс загрязнения вод восточной части Финского залива к западу от Комплекса защитных сооружений составил 1,14 (III класс), что определяет воды как «умеренно загрязненные» (табл. 4.32). Из отдельных районов только воды Лужской губы могут быть по результатам двух съемок весной и летом оценены как «чистые». В целом качество вод восточной части Финского залива по гидрохимическим показателям по данным съемок 2021 г. можно оценить как удовлетворительное. В морских водах изредка отмечаются случаи нарушения кислородного режима, не достигающие уровня экстремально высокого загрязнения. Концентрация загрязняющих веществ выше ПДК была зафиксирована для металлов (медь, марганец, цинк, железо). Повышенное содержание меди и марганца было зафиксировано во всех районах восточной части Финского залива. Уровень загрязнения биогенными веществами незначительный. Загрязнение вод восточной части Финского залива нефтяными углеводородами, фенолами и синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ) очень низкое. В отдельных районах восточной части залива зафиксировано высокое содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Во всех исследуемых районах Финского залива концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения.

Таблица 4.32. Оценка качества вод восточной части Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Курортный район МЗВЧ	1,22	IV	1,70	IV	1,56	IV	Fe 2,43; БПК ₅ 1,83; Cu 1,43; O ₂ 0,57
Мелководная зона восточной части ФЗ	0,61	II	0,79	III	0,87	III	Cu 1,77; PO ₄ 0,67; Mn 0,47; O ₂ 0,57
Глубоководная зона восточной части ФЗ	1,33	IV	0,66	II	0,84	III	Cu 1,80; P-PO ₄ 0,50; Mn 0,42 O ₂ 0,63
Копорская губа	0,57	II	0,69	II	0,81	III	Cu 1,59; Mn 0,71; PO ₄ 0,35; O ₂ 0,57
Лужская губа	0,91	III	0,63	II	0,71	II	Cu 1,19; Mn 0,62; Zn 0,44; O ₂ 0,58
Восточная часть Финского залива	1,08	III	0,85	III	1,14	III	БПК ₅ 1,83; Cu 1,59; Fe 0,57; O ₂ 0,59

Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

*Жохова Н. В., Плакуева М. В., Красавина А. С.,
Устинова А. А., Ступак К. В.*

5.1. Общая характеристика

Белое море относится к внутренним морям Северного Ледовитого океана, располагаясь на северной окраине Восточно-Европейской платформы. На севере соединяется с Баренцевым морем проливами Горло и Воронка; границей между морями считается линия, проведенная от мыса Святой Нос (Кольский полуостров) до мыса Канин Нос (полуостров Канин). Площадь моря составляет 90,8 тыс. км² (вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова), объем воды 4,4 тыс. км³ (Люция Белого моря, 1995). Белое море имеет довольно сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами, с сильно изрезанной береговой линией. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский (рис. 5.1). Акваторию Белого моря принято делить на несколько районов – Воронка, Горло, Бассейн и заливы. Берега Белого 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 Лямецким берегом. Берега северной части Белого моря мало изрезаны, преимущественно обрывисты и безлесны. Береговая линия Горла также мало изрезана и образует лишь несколько небольших губ. Берега Бассейна и его заливов на всем протяжении покрыты лесом и отличаются большой изрезанностью (Люция, 1995). Северо-западные берега высокие и скалистые, юго-восточные – пологие и низкие; 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 юго-восточной части Кандалакшского залива наблюдаются глубины свыше 250 м; для Горла моря характерны глубины свыше 50 м. Средняя глубина моря 67 м, а максимальная глубина 340 м. Центральную часть моря занимает замкнутая котловина, отделяемая от Баренцева моря порогом с малыми глубинами, препятствующими обмену глубинными водами. Донные осадки 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 режим региона Белого моря можно охарактеризовать как переходный от морского к континентальному; по условиям образования он принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса (Гидрометеорология..., 1991; Филатов, 2007). В летний период поверхностные воды заливов и центральной части моря прогреваются до 15–16°C, а в Онежском заливе и Горле 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. Горизонтальное распределение температуры воды на поверхности моря характеризуется большим разнообразием и значительной сезонной изменчивостью. 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 значений солености крайне неравномерное, минимумы (около 10–12‰) приурочены к заливам, а максимумы (34,5‰) обычно фиксируются в Бассейне. Устойчивая вертикальная стратификация исключает развитие конвекции на большей части моря ниже горизонтов 50–60 м. Несколько глубже (до 80–100 м) вертикальная зимняя циркуляция проникает вблизи Горла, где этому способствует связанная с приливами интенсивная турбулентность. Ограниченная глубина распространения вертикальной зимней циркуляции является характерной особенностью Белого моря. В море обычно выделяют несколько водных масс: баренцевоморские воды, опресненные воды вершин заливов, глубинные воды Бассейна и воды Горла.

Общий характер горизонтальной циркуляции вод моря – циклонический. Вдоль западных берегов в Белое море поступают более солёные баренцевоморские воды, а вдоль восточных берегов моря опреснённые поверхностные воды продвигаются и поступают в Горло и далее на север. Скорости течений 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, в некоторых узких заливах достигает 7 метров (7,7 метров в Мезенской губе, устье реки Семжа). Приливная волна проникает вверх по течению впадающих в море рек, например на Северной Двине, на расстояние до 120 километров. Несмотря на небольшую площадь поверхности моря на нём развита штормовая деятельность, особенно осенью, когда во время штормов высота волн достигает 6 метров. Сгонно-нагонные явления в холодное время года достигают на море величины 75–90 сантиметров.

Акватория Белого моря ежегодно покрывается льдом. Обычно лед наблюдается с ноября по май, но иногда он появляется в начале октября и исчезает в первой половине июля (Лощия, 1995). Раньше всего лед образуется в районах устьев рек, далее появляется у отмелей берегов. В начале ноября ледообразование начинается в вершинах Двинского, Онежского и Кандалакшского заливов. Центральная часть моря обычно покрыта плавающими льдами (до 90% ледового покрова), достигающими толщины 35–40 сантиметров, а в суровые зимы до полутора метров.

В Белое море впадают реки Северная Двина, Мезень, Поной, Онега и Кемь; годовой речной сток в среднем оценивается в 215 км³.

Основные города и порты на берегах Белого моря: Архангельск (346 978 человек, расположен 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 – 4,4 млн. т (<http://www.ascp.ru/>), Северодвинск (181 990 человек), Онега (18 493), Беломорск (9 199), Кандалакша (30 379), круглогодичный нефтяной порт Витино в нескольких км к югу от Кандалакши (пропускная способность – 8 млн. т), Кемь (10 648 чел.) и Мезень – город (3 212 чел.) и порт (27 тыс. тонн), расположенный на берегах реки Мезени в 45 км от ее впадения в Мезенскую губу (<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, 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.

В Кандалакшский залив Белого моря производят сброс сточных вод семь предприятий. Наиболее крупные из них – ООО «Кандалакшаводоканал-3», Князегубский рыбоводный завод ФГБУ «Мурманрыбвод», АО «Апатитыводоканал».

5.3. Двинский залив

Две гидрохимические съёмки в центральной части залива на семи стандартных станциях были выполнены 8–9 августа и 8 ноября 2021 г. (рис. 5.1). Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного слоев на мелководных станциях и дополнительно со стандартных гидрологических горизонтов на глубоководных. Всего отобрано и проанализировано 56 проб. 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).

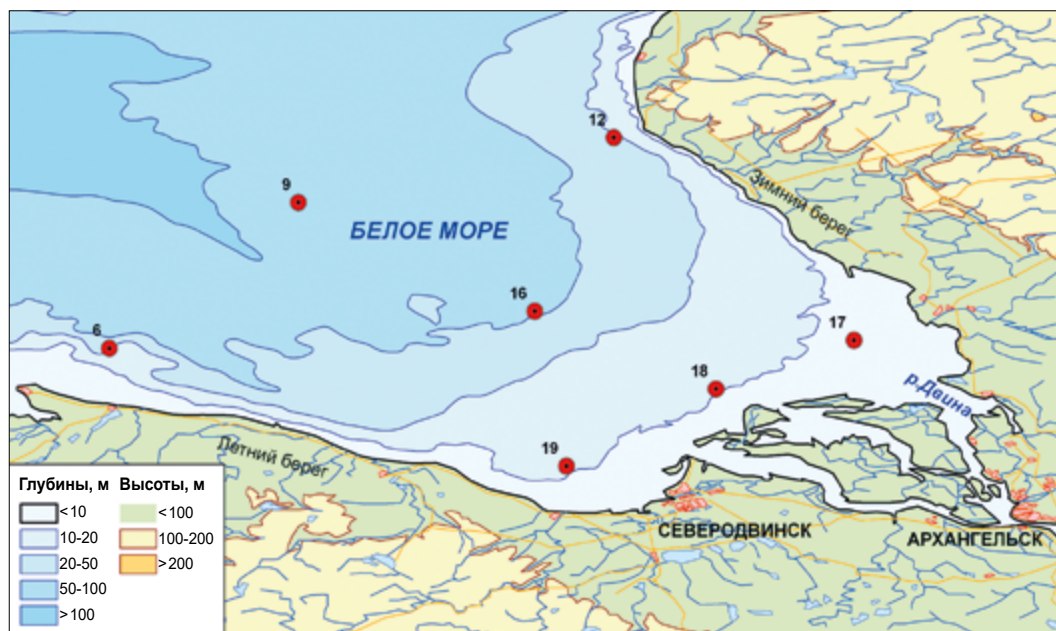


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2021 г.

Температура вод Двинского залива варьировала от 0,2°C до 16°C, среднее значение 8,1°C. Минимум наблюдался в августе в слое на глубине 80 м. Соленость на исследованной акватории увеличилась по сравнению с прошлым годом и в среднем составила 25,2‰ (на 3‰ выше). Наибольшие значения, как и в предыдущие годы, отмечены в придонном слое, при диапазоне значений 17,6–32,1‰. Минимум солености, связанный с влиянием речных вод, наблюдался в августе на ст. № 17 в приустьевом районе дельты Северной Двины в поверхностном слое. Значения pH изменялись в диапазоне 7,74–8,20, составив в среднем 8,00 ед. pH. Минимальная прозрачность по диску Секки вблизи дельты на ст. № 17 составляла 2,3 м в августе, а максимальная достигала 5,5 м на станции № 6 в ноябре.

Содержание **нефтяных углеводородов** изменялось от аналитического нуля (предел обнаружения 0,005 мг/дм³) до 0,052 мг/дм³ (1,04 ПДК), при среднем значении 0,014 мг/дм³, что ниже прошлогоднего. Незначительное превышение ПДК было обнаружено только в 1 пробе, в августе на ст. № 18 в поверхностном слое. В период 1978–2000 гг. средние значения содержания нефтяных углеводородов почти постоянно достигали или превышали 1 ПДК (рис. 5.2). Начиная с 2008 г. концентрация НУ в водах Двинского залива существенно снизилась. В этот период за счет большого количества проб, в которых содержание НУ не достигало предела обнаружения используемого метода химического анализа, средняя величина обычно составляла менее половины норматива. Однако экстремальные «выбросы» в отдельных пробах достигали значений порядка 1–2 ПДК в половине годов рассматриваемого периода, включая 2019–2021 гг. (рис. 5.3). В 2021 г. максимальное значение опустилось до 1,04 ПДК, среднее годовое продолжило тенденцию к понижению.

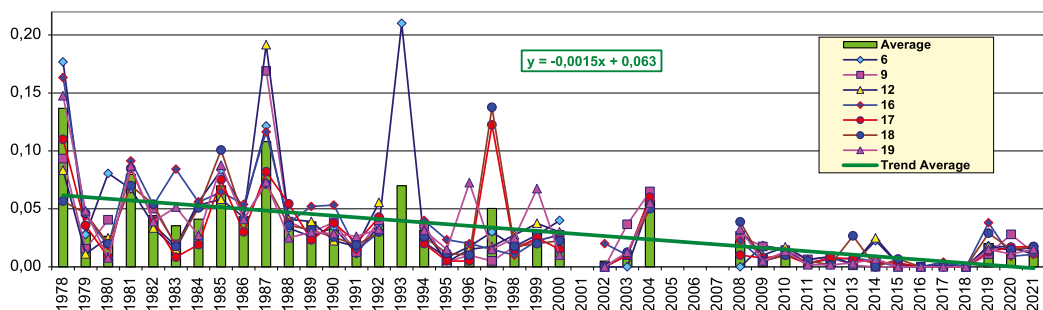


Рис. 5.2. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) на станциях Двинского залива Белого моря в 1978–2021 гг.

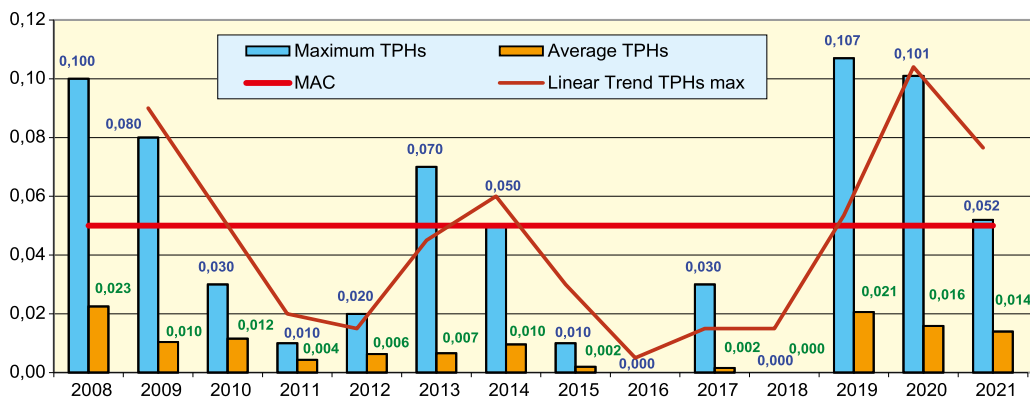


Рис. 5.3. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Двинского залива Белого моря в 2008–2021 гг.

Хлорорганические пестициды в водах Двинского залива не выявлены. В тринадцати пробах из 28 были обнаружены СПАВ. Максимальное значение 0,75 мг/дм³ (7,5 ПДК) было зафиксировано в ноябре на ст. № 12 на горизонте 20 м. В среднем содержание СПАВ составило 0,074 мг/дм³ (0,74 ПДК). Содержание меди в среднем составило 0,93 мкг/дм³ (0,2 ПДК), что немного меньше уровня 2020 г., и изменялось в диапазоне 0,34–10,7 мкг/дм³. Максимум (2,14 ПДК) отмечен в ноябре на ст. № 17 на глубине 10 м и был существенно выше, чем в прошлом году (0,9 ПДК). Содержание свинца варьировало в диапазоне 0,02–0,37 ПДК, при средней концентрации 0,083 мкг/дм³. Среднее значение немного повысилось по сравнению с 0,07 мкг/дм³ в 2020 г.

Концентрация биогенных элементов в водах залива была примерно на уровне средних многолетних значений. Содержание нитратного азота было в диапазоне 0–115/37,6 мкг/дм³; нитритного азота 0,85–4,7/2,0 мкг/дм³; На протяжении многих лет максимальные значения нитратов на дне были обычно выше, чем на поверхности или в среднем слое (рис. 5.4). Наибольшие среднегодовые и максимальные значения содержания нитратов практически всегда наблюдались в придонном слое. Самая высокая концентрация (274 мкг/дм³) была зафиксирована в 2012 г. и составила всего 0,03 ПДК. За весь сорокалетний период наблюдений среднегодовая концентрация нитратного азота практически не изменилась и линейный тренд этого показателя не выявлен. В то же время наблюдаются существенная межгодовая изменчивость и средних, и экстремальных значений, возможно связанная с сезонной динамикой нитратов и нерегулярным отбором проб в разные сезоны. Так, после понижения в 2020 г. произошло вновь некоторое повышение значений в 2021 г.

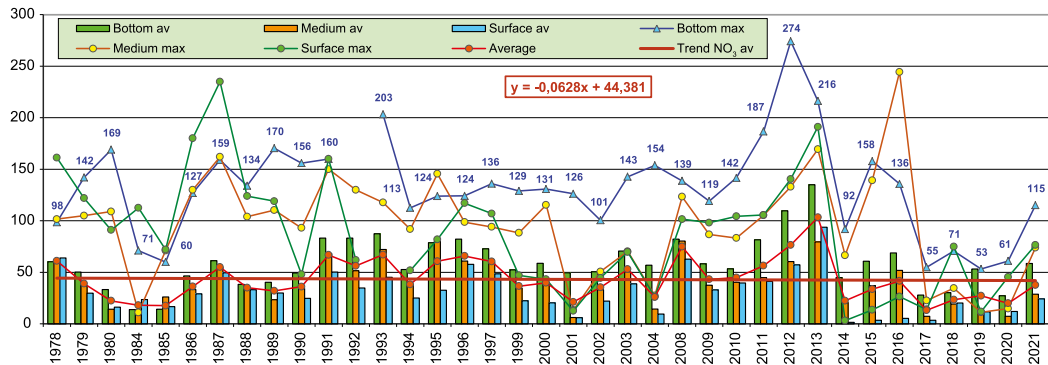


Рис. 5.4. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов (мкг/дм³) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2021 гг.

Содержание аммонийного азота в среднем по всем пробам составило 3 мкг/дм³; пределы изменений от аналитического нуля до 28 мкг/дм³. Многолетняя динамика аммония показывает существенное снижение значений в столбе воды в течение последних двух десятилетий (рис. 5.5). Возможно, очень высокий уровень 2009 г. является аналитической ошибкой применяемой методики. В любом случае, в последнее десятилетие хорошо заметным является стабилизация содержания аммонийного азота на очень низком уровне в районе десятитысячных долей ПДК для морских вод (2239 мкг/дм³). Отдельно стоит отметить синхронность изменения значений на всех станциях залива практически во все годы наблюдений.

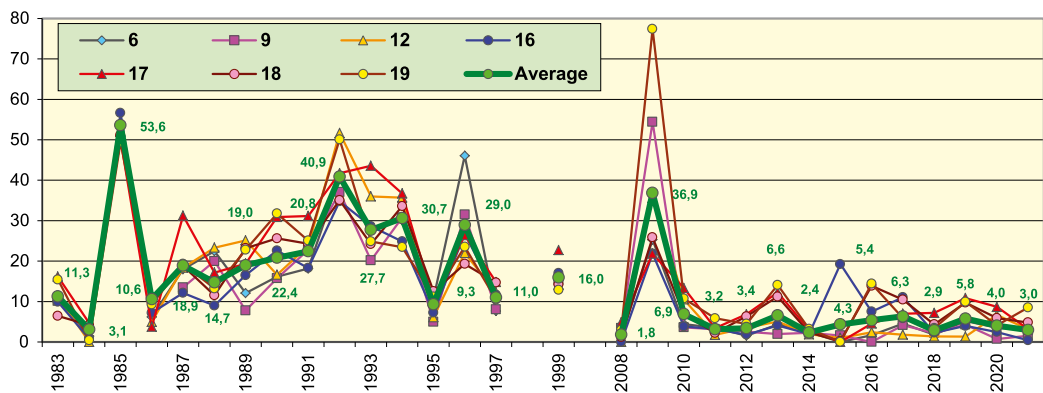


Рис. 5.5. Многолетняя динамика среднего значения содержания аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в 1983–2021 гг.

Среднегодовая концентрация силикатов в 2021 г. составила 498 мкг/дм^3 , что ниже значений прошлого года ($609,5 \text{ мкг/дм}^3$), диапазон изменения $237\text{--}1044 \text{ мкг/дм}^3$. За 43 года наблюдений за содержанием силикатов отмечаются подъемы и спады значений в разные годы (рис. 5.6). Линейного тренда не выявляется, среднее многолетнее значение за все годы измерений составило 466 мкг/дм^3 . Максимальное значение обычно было отмечено в верхнем слое – 1054 в 1993, 990 в 1978, 859 в 2020, а в 2021 г. оно снизилось до 648 мкг/дм^3 . Интересной особенностью является пониженное содержание силикатов в среднем слое, по сравнению с таковыми в придонном и поверхностном слоях. Локальные минимумы отмечены в 1981, 1999–2001 и 2014 годах.

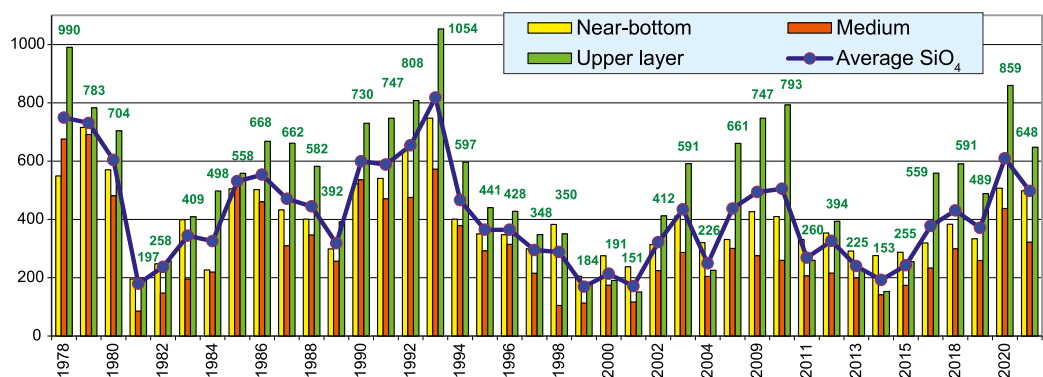


Рис. 5.6. Динамика средней и максимальной концентрации силикатов (мкг/дм^3) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2021 гг.

Содержание общего фосфора было в диапазоне $5,96\text{--}38,6$, при среднем $19,7 \text{ мкг/дм}^3$; фосфора фосфатов $3,3\text{--}47,4/14,3 \text{ мкг/дм}^3$.

Среднее содержание растворенного кислорода было равным $8,75$ против $7,43 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ в 2020 г., диапазон изменений $7,9\text{--}10,5 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, содержание кислорода увеличилось (рис.5.7). Процент насыщения изменялся в диапазоне $70,2\text{--}106,6\%$, в среднем $86,5\%$. Качество вод по комплексному индексу загрязненности ИЗВ ($0,50$) немного ухудшилось по сравнению с прошлым годом, однако осталось в границах II класса, «чистые». Для расчета ИЗВ использовались средняя концентрация НУ, СПАВ, фосфатов и растворенного в воде кислорода (табл. 5.2).

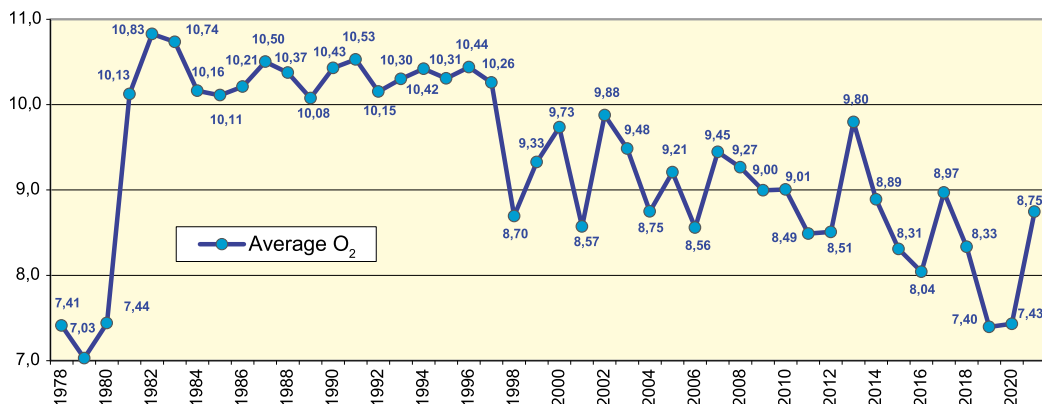


Рис. 5.7. Динамика среднего содержания кислорода ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в период 1978–2021 гг.

5.4. Кандалакшский залив

В 2021 г. на водпосту на акватории Кандалакшского морского торгового порта было отобрано 6 проб из приповерхностного слоя. Значения температуры были в диапазоне от $-0,2^\circ\text{C}$ (в марте) до 13°C (в августе). Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 5,7‰ до 23,9‰ при среднегодовом значении 13,6‰, что выше прошлогодних значений. Водородный показатель в пробах воды варьировал в пределах 7,16–8,01 ед. рН, среднее значение 7,57 ед. рН. Содержание кислорода менялось в диапазоне $9,35\text{--}13,73 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, составив в среднем $11,53 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. В сравнении с прошлым годом снизилось содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅: только один раз было зафиксировано значение $1,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне $0,006\text{--}0,019 \text{ мг/дм}^3$, в среднем составило $0,012 \text{ мг/дм}^3$, т. е. чуть ниже прошлогоднего уровня (рис. 5.8).

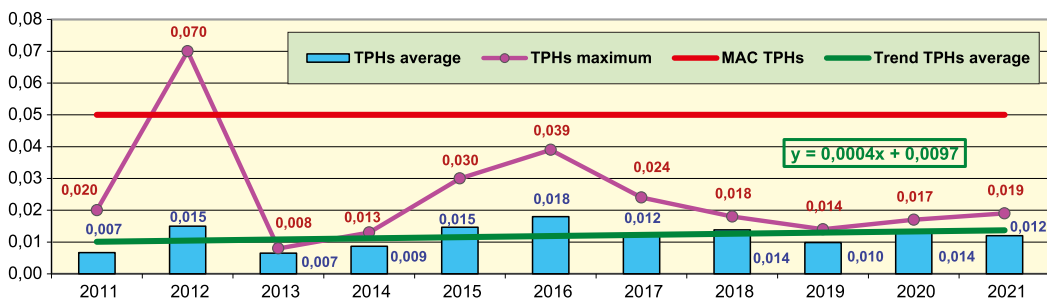


Рис. 5.8. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Кандалакшского залива Белого моря в 2011–2021 гг.

Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения. Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь $0\text{--}8,1 \text{ мкг/дм}^3$, при среднем значении $3,4 \text{ мкг/дм}^3$ (0,68 ПДК, ниже прошлого года); никель $0\text{--}4,0/1,2 \text{ мкг/дм}^3$; марганец $0\text{--}13,8/7,6 \text{ мкг/дм}^3$; кадмий $0\text{--}0,7/0,2 \text{ мкг/дм}^3$; железо $11\text{--}140/43 \text{ мкг/дм}^3$, максимум отмечен в мае и составляет

2,8 ПДК. Содержание ртути было выше предела обнаружения только в одной пробе в марте – 0,015 мкг/дм³. Содержание свинца было ниже предела обнаружения во всех пробах, а концентрация хрома возросла и составила 0–3,2 мкг/дм³.

Значения концентрации аммонийного азота превысили ПДК (при солёности <13‰) в одной пробе в мае – 493 мкг/дм³ (1,3 ПДК), в среднем составив 156 мкг/дм³. Содержание фосфатов в этой же пробе воды достигало 61,2 мкгР/дм (1,2 ПДК) и в среднем составило 29 мкгР/дм³ (0,58 ПДК). Нитриты были в диапазоне 0–3,9 мкгN/дм³, при среднем значении 1,9 мкгN/дм³; нитраты – 0–47,8/20,2 мкгN/дм³; силикаты – 92,2–1297/862,1 мкг/дм³. Для расчёта комплексного индекса загрязнённости вод ИЗВ использовались средняя концентрация железа, меди, фосфатов и растворённого в воде кислорода. Качество морских вод по ИЗВ (0,66, «чистые») осталось практически на прошлогоднем уровне.

Таблица 5.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0,021	0,42	0,016	0,32	0,014	0,28
		0,107	2,14	0,101	2,02	0,052	1,04
	СПАВ	0		0		74,3	0,74
		0		0		750	7,50
	Нитриты	2,9	0,12	2,7	0,11	2,0	0,08
		7,32	0,31	5,45	0,23	4,7	0,20
	Аммонийный азот	5,8	0,01	4,0	0,01	3,0	<0,01
		21,96	0,06	26,6	0,06	28,0	0,07
	Медь	2,12	0,42	1,01	0,20	0,93	0,19
		29,27	5,9	4,68	0,94	10,7	2,14
	Свинец	0,28	0,03	0,072	<0,01	0,083	<0,01
		8,9	0,89	0,33	0,03	0,37	0,04
	Растворенный кислород	7,40		7,43		8,75	
		6,55		4,60	0,77	7,92	
	% насыщения	68,1		69,8		86,5	
		54,9		41,7		70,2	
Кандалакшский залив: порт Кандалакша	НУ	0,010	0,20	0,014	0,28	0,012	0,24
		0,014	0,28	0,017	0,34	0,019	0,38
	СПАВ	0,0				0,0	
		0,0				0,0	
	Медь	8,4	1,68	4,1	0,82	3,4	0,68
		16,5	3,30	11,6	2,32	8,1	1,62
	Никель	4,8	0,48	1,5	0,15	1,2	0,12
		9,9	0,99	3,6	0,36	4	0,40
	Свинец	0		0		0	
		0		0		0	

	Марганец	9,2	0,18	8,4	0,17	7,6	0,15
		20	0,40	24	0,48	13,8	0,28
	Железо	38,6	0,77	42,5	0,85	43,0	0,86
		64	1,28	86	1,72	140	2,80
	Ртуть	0,004	0,04	0,002	0,02	0,0025	0,03
		0,026	0,26	0,013	0,13	0,015	0,15
	Азот аммонийный	25,7	<0,1	2449,4	6,30	156	0,40
		56,7	<0,1	10813	27,80	493	1,27
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	0		0,68	0,32	0,18	0,09
		0		2,5	1,19	1,1	0,52
	Растворенный кислород	7,93		10,59		11,53	
		6,85		7,80		9,35	

Примечания:
1. 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
2. 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 2019–2021 гг.

Район моря	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Двинский залив	0,44	II	0,36	II	0,50	II	СПАВ 0,74; НУ 0,28; PO ₄ 0,29; O ₂ 0,69
Торговый порт, г. Кандалакша	0,92	III	0,63	II	0,66	II	Fe 0,86; Cu 0,68; PO ₄ 0,58; O ₂ 0,52

Выводы

В Двинском заливе в 2021 г. было выполнено две гидрохимических съемки в августе и ноябре. Сравнительная межгодовая оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. По сравнению с 2020 г. загрязнение НУ, нитратами и аммонийным азотом снизилось. Загрязнение медью в среднем осталось примерно на уровне прошлого года или немного ниже, однако зафиксированное максимальное значение (более 2 ПДК на ст. № 17 в ноябре) выше прошлогоднего. Загрязнение свинцом выше ПДК в течение 2021 г. не наблюдалось. Превышение норматива по НУ отмечено лишь в одной пробе из поверхностного слоя в эстуарной зоне реки в августе на ст. № 18; во всех остальных случаях концентрация НУ была значительно ниже ПДК. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось. В морских водах залива в 2021 г. улучшился кислородный режим; содержание растворенного в воде кислорода менее установленного норматива не наблюдалось. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ (СПАВ, НУ, фосфаты) определили значение ИЗВ=0,50, что соответствует II классу, «чистые» (табл. 5.2).

Загрязнение вод Кандалакшского залива в 2021 г. нефтяными углеводородами было незначительным и ниже уровня прошлого года. Как и в прошлом году содержание СПАВ было ниже уровня аналитического определения. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ выше аналитического нуля было лишь в одной пробе, поэтому средняя величина почти в 4 раза ниже прошлого года. Содержание тяжелых металлов в общем снизилось, лишь по железу максимальное значение было больше прошлогоднего в одной пробе (2,8 ПДК). Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и выше прошлогодних значений. Приоритетными загрязняющими веществами в 2021 г. являлись железо, медь и фосфаты (в прошлом году вместо фосфатов были НУ). Индекс загрязненности вод ИЗВ=0,66, что немного больше прошлогоднего значения, однако существенно меньше оценки предыдущего. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Кандалакшского залива в период наблюдений не отмечалось. Воды залива соответствуют II классу качества вод, «чистые» (табл. 5.2).

Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

Чекменева Н. А., Устинова А. А., Ступак К. В.

6.1. Общая характеристика

Баренцево море – окраинное море Северного Ледовитого океана, расположенное между северным берегом Европы и островами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. В южной части сообщается с Карским морем проливом Карские ворота, с Белым проливами Горло и Воронка. Берега преимущественно фьордовые, высокие, скалистые, сильно изрезанные, восточнее п-ова Канин низкие и слабо изрезанные. Площадь моря составляет 1424 млн. км², объем 316 тыс. км³, средняя глубина 222 м, наибольшая 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 распределения атлантических вод, интенсивности зимнего охлаждения и рельефа дна. 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. 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 довольно слабо. Глубина проникновения вертикальной зимней циркуляции составляет 50–75 м. Выделяются следующие 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 летом высокой температурой и низкой соленостью, а зимой низкими и температурой, и соленостью.

Общий характер поверхностной циркуляции циклонический. Приливы полусуточные, достигают высоты 6,1 м и вызываются главным образом атлантической приливной волной. 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 в море 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. Наблюдаются льды местного происхождения. 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. Мощность 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).

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. В Кольский залив осуществляется сброс производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод муниципальными организациями, флотами и береговыми предприятиями различных ведомств, расположенными на его берегах. Основными сбрасывающими сточные воды предприятиями являются: ГОУП «Мурманскводоканал», МУП «Североморскводоканал», АО «Главное управление жилищно-коммунального хозяйства, ПАО «Мурманский морской торговый порт», АО «Мурманский морской рыбный порт».

Кольский залив, рыбохозяйственный водоем высшей категории, характеризуется высоким уровнем загрязнения. Это закономерный результат непрекращающегося сброса в залив неочищенных сточных вод. В водах и донных отложениях залива постоянно отмечается повышенное содержание нефтепродуктов, фенолов и тяжелых металлов. С точки зрения радиационного загрязнения особую опасность представляют собой суда и хранилища отходов ФГУП «Атомфлот» и Северного флота. Дополнительным источником поступления ЗВ является индустриальная деятельность непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку месторождений, захоронение (дампинг), прямой сброс, аварийные ситуации. В настоящее время вследствие предполагаемого освоения нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличиться поступление нефтепродуктов, как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. Для северных морей разработка нефтяных месторождений представляет особую опасность, что связано с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления нефтепродуктов вследствие низких температур воды и воздуха.

6.3. Загрязнение вод Кольского залива

В период с января по ноябрь 2021 г., один раз в два месяца, Мурманское УГМС выполняло отбор шести проб воды из поверхностного слоя только на водпосту в торговом порту г. Мурманска (рис. 6.1, ВПМ). В пробах были выполнены определения следующих показателей: температура, соленость, pH, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК₅, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

Температура воды за весь период наблюдений варьировала в пределах от 1,6 до 11,4°C (в июле), при среднем значении 5,5°C, в 2020 г. среднее значение было равным 5,2°C. В 2021 г. температура воды продолжала повышаться, как и в 2018-2019 гг. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 10,94–25,39‰, минимум отмечен в ноябре, а максимум в марте. Величина водородного показателя была в диапазоне 7,62–8,32 ед. pH; максимум наблюдался в январе. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от 0,856 до 1,456 мг-экв/дм³; среднегодовая составила 1,231 мг-экв/дм³. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потребле-

нию кислорода БПК₅ во всех месяцах, кроме марта, было на уровне аналитического нуля, а в марте составило 1,3 мгО₂/дм³. Это незначительно выше значения в январе прошлого года (1,0 мгО₂/дм³). В 2020-2021 гг. наблюдается тенденция уменьшения значений БПК₅. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде, также как и в предыдущие годы, было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. Пестициды групп ГХЦГ и ДДТ также не были обнаружены, фенолы не определялись.



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

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в 2021 г. было значительно ниже прошлогоднего и вернулось к значениям 2017-2018 гг. Концентрация была в диапазоне от 0,015 до 0,064 мг/дм³. Максимальное значение отмечено в мае и составило 1,3 ПДК, против прошлогоднего превышения – 1,9 ПДК. Значение выше ПДК было отмечено однажды против двух в прошлом году. Тенденция снижения содержания нефтяных углеводородов с 2016 г. сохраняется в торговом порту г. Мурманск. Анализ многолетней динамики показал, что в 2021 г. средняя концентрация была на уровне значений ниже ПДК и составила 0,034 мг/дм³. Это ниже уровня прошлого года, когда средняя концентрация впервые была на уровне ПДК (рис. 6.2).

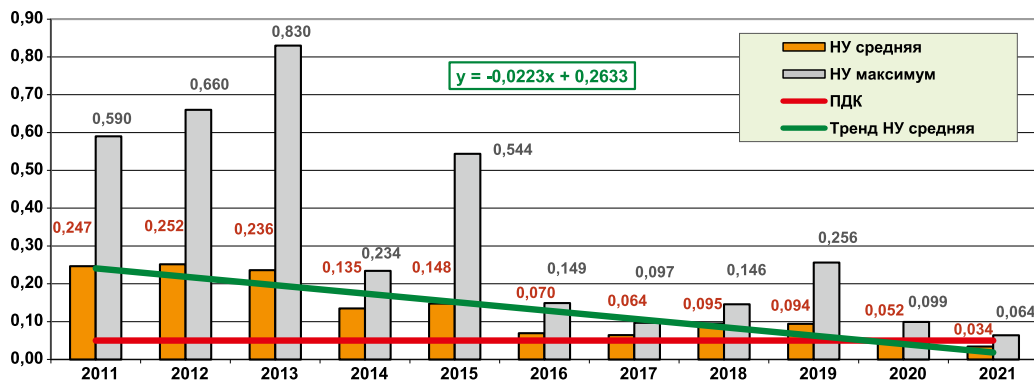


Рис. 6.2. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в торговом порту Мурманска в 2011-2021 гг.

Загрязнение вод порта тяжелыми **металлами** в 2021 г. немного снизилось по сравнению с прошлым годом (табл. 6.1). Содержание меди осталось высоким по отношению к ПДК (среднее 1,02 ПДК, максимальное 2,06 ПДК), но немного понизилось в сравнении с 2020 г. (рис. 6.3, табл. 6.2). Содержание кадмия было немного ниже прошлогоднего: среднее значение составило 0,1 мкг/дм³, максимальное – 0,4 мкг/дм³. Концентрация марганца понизилась, значения вернулись к уровню 2018-2019 гг., среднее составило 1,9 мкг/дм³, максимальное – 6,4 мкг/дм³. Содержание железа понизилось: среднее – 0,5 ПДК против 0,7 ПДК в 2020 г. Таким образом, превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено только для меди. Начиная с 2013 г. сохраняется тенденция уменьшения содержания тяжёлых металлов. В пробах 2021 г. был снова обнаружен никель: максимальное значение – 3 мкг/дм³, и не был отмечен свинец, как и в 2019-2020 гг. В пробах воды на водпосту в торговом порту г. Мурманска в мае 2021 г. была зафиксирована ртуть в концентрации 0,012 мкг/дм³. В 2020 г. концентрация ртути была также зафиксирована один раз в ноябре и составила 0,013 мкг/дм³.

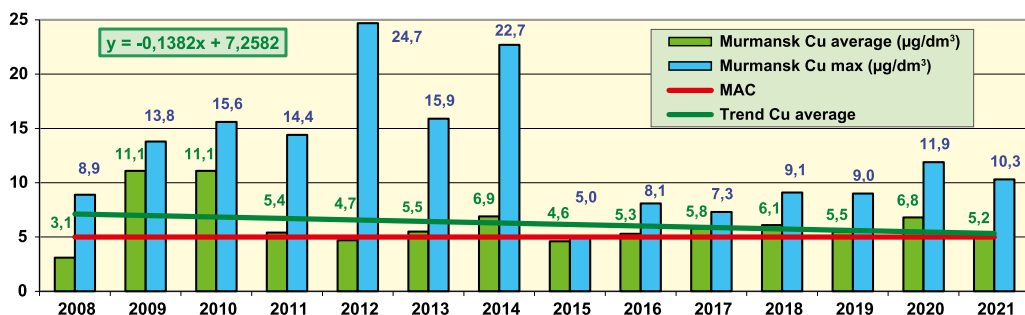


Рис. 6.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2021 гг.

Таблица 6.2. Динамика средней концентрации приоритетных загрязняющих веществ (в единицах ПДК) в районе водомерного поста торгового порта г. Мурманска.

Показатель	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Нефтяные углеводороды	2,7	3,0	1,4	1,2	1,9	1,9	1,00	0,68
Железо	6,0	1,2	0,76	0,65	0,59	0,84	0,70	0,46
Медь	6,9	4,6	5,3	5,8	6,1	5,5	1,36	1,02

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от 59,0 (в сентябре) до 270,8 мкг/дм³ (в марте), при среднем значении 136 мкг/дм³ (0,06 ПДК). Содержание нитритного азота изменялось в диапазоне 0–4,51 мкг/дм³ (0,19 ПДК), в среднем 2,13 мкг/дм³ (0,09 ПДК); нитраты определялись в диапазоне 6,7–39,8 мкг/дм³, среднее значение составило 18,4 мкг/дм³. Силикаты варьировали в диапазоне 865–16711 мкг/дм³ при среднем значении 3834 мкг/дм³. Значения силикатов по сравнению с прошлым годом повысились в среднем в 2,6 раза. В 2021 г. содержание фосфатов снизилось и было в пределах 4,65–151,66 мкг/дм³, в среднем 52,77 мкг/дм³ (1,05 ПДК). Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста снизилось примерно на четверть по сравнению с прошлым годом (рис. 6.4). В целом, в 2021 г. наблюдается снижение концентрации биогенных элементов в воде вблизи водпоста в торговом порту г. Мурманска.

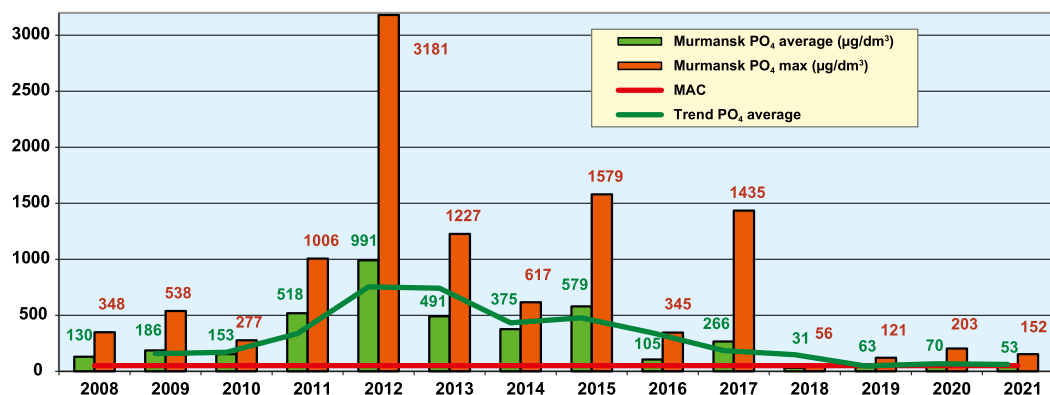


Рис. 6.4. Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO₄ (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2021 гг.

В районе расположения ВПМ среднегодовая концентрация **кислорода** составляла 9,32 мгО₂/дм³, минимум (8,56 мгО₂/дм³) был существенно выше норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 79,1–88,6%. Значения кислорода в 2021 г. были немного ниже прошлогодних. Согласно значению индекса загрязненности вод ИЗВ тенденция улучшения качества вод в Кольском заливе Баренцева моря в 2021 г. сохраняется. ИЗВ (0,70) был самый низкий за последние несколько лет. Качество вод оценивается II классом, «чистые» (табл. 6.3, рис. 6.5). Концентрация нефтяных углеводородов в 2021 г. впервые была ниже значения уровня ПДК и составила 0,034 мг/дм³. Средняя концентрация меди стала меньше (5,2 мкг/дм³) и совсем немного превысила норматив. Среднегодовое содержание железа также стало ниже по сравнению с прошлогодним и не превысило ПДК. Содержание кислорода по сравнению с 2020 г. уменьшилось.

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2019–2021 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,094	1,88	0,05	1,00	0,034	0,68
	0,256	5,12	0,099	1,98	0,064	1,28
Медь Cu	5,48	1,10	6,8	1,36	5,20	1,02
	9,0	1,80	11,9	2,38	10,3	2,06
Никель Ni	2,63	0,26	1,9	0,19	1,00	0,10
	6,4	0,64	3,8	0,38	3,0	0,30
Свинец Pb	0		0		0	
	0		0		0	
Ртуть Hg	0		0,002	0,02	0,002	0,02
	0		0,013	0,13	0,012	0,12
Кадмий Cd	0		0,15	0,02	0,10	0,01
	0		0,5	0,05	0,40	0,04
Марганец Mn	4,25	0,09	8,63	0,17	1,90	0,04
	8,0	0,16	19,3	0,39	6,40	0,13
Железо Fe	41,5	0,83	35	0,70	22,8	0,46
	71	1,42	87	1,74	37	0,74
Аммонийный азот N-NH ₄	123,7	0,05	121	0,04	136,0	0,06
	218,3	0,097	205	0,09	270,8	0,12
Фосфатный фосфор P-PO ₄	63,06	1,26	69,56	1,39	52,77	1,05
	121,15	2,42	202,62	4,05	151,66	3,03
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,98	0,47	0,17	0,08	0,22	0,10
	1,8	0,86	1,0	0,48	1,3	0,62
Растворенный кислород O ₂	8,44		10,06		9,32	
	5,10	0,85	9,00		8,56	
% насыщения O ₂	89,1		96,3		83,42	
	82,4		76,1		88,6	

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ), растворенного в воде кислорода, биохимического потребления кислорода и взвешенных веществ 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.

3. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, β-ГХЦГ, ДДТ, ДДД и ДДЭ) не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.

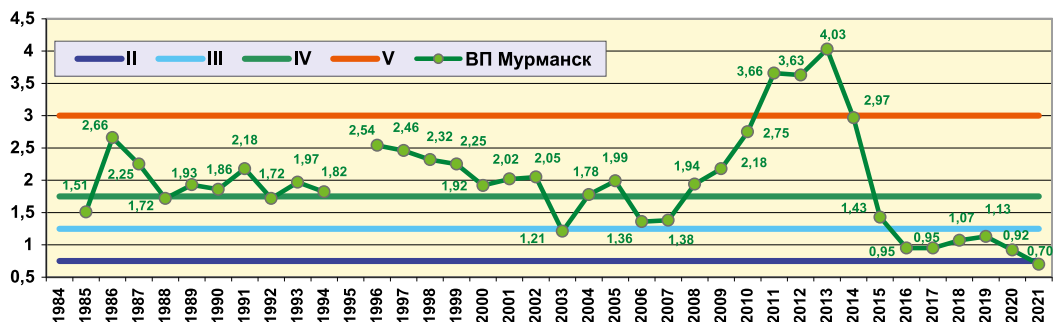


Рис. 6.5. Изменение индекса загрязнения вод ИЗВ в районе водпоста торгового порта г. Мурманска в период 1984-2021 гг.

Таблица 6.3. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2019-2021 гг.

Район моря	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	1,13	III	0,92	III	0,70	II	НУ 0,68; Cu 1,02; Fe 0,46; O ₂ 0,64

Выводы

В 2021 г. качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск значительно улучшилось. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,70) существенно снизился до значений II класса, «чистые». Содержание фосфатов в 2021 г. снизилось в среднем почти в 1,5 раза по сравнению с прошлым годом. Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Концентрация нефтяных углеводородов в 2021 г. впервые была ниже значения уровня ПДК и составила 0,034 мг/дм³. Максимальное значение выше ПДК было зафиксировано в мае и составило 1,3 ПДК. Средняя концентрация меди стала меньше и немного превысила норматив (5,2 мкг/дм³); среднегодовое содержание железа также стало ниже по сравнению с прошлогодним и составило 0,46 ПДК. Содержание кислорода уменьшилось: среднегодовая концентрация составила 9,32 мгО₂/дм³ против 11,06 мгО₂/дм³ в 2020 г.

Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демешкин А. С., Крутелев С. П., Чекушева Н. А., Долгова А. О.

7.1 Общая характеристика

Гренландское море – часть Северного Ледовитого океана, расположенная между островами Гренландия, Исландия, архипелагом Шпицберген и островом 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. Приливы здесь полусуточные, достигающие более 4 метров высоты. Площадь моря составляет 1 195 тыс. км², средняя глубина 1444 м, наибольшая 5527 м.

Климат арктический и значительно варьируется на обширной морской территории. Температура воздуха колеблется между –49°C вблизи Шпицбергена зимой и 25°C у побережья Гренландии летом. Средние значения составляют –10°C на юге и –26°C на севере в феврале, который является самым холодным месяцем. 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 покрываются цельным ледовым покровом (Советская энциклопедия, 1972).

Средняя температура поверхностных вод составляет около –1°C и ниже на севере и 1–2°C на юге; соответствующие летние температуры составляют около 0 и 6°C. Соленость поверхностных вод составляет 3,30–3,45‰ в восточной части и ниже 3,20‰ в западной части, увеличиваясь до 3,49‰ к дну. Холодные воды Северо-Атлантического течения погружаются в Северном Ледовитом океане и возвращаются на юг в виде холодного Восточно-Гренландского течения, которое 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 против часовой стрелки поток воды в центральной части моря. Несмотря на арктический климат и круглогодичное присутствие ледяного покрова, в Гренландском море хорошо представлен планктон и бентос, благодаря чему оно обеспечивает питанием разнообразную морскую фауну (Советская энциклопедия, 1972).

7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В конце июня 2021 г. в прибрежных водах архипелага Шпицберген (Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» был выполнен отбор 24 проб морской воды. Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного горизонтов на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории поселка Баренцбург, а также на двух станциях в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории поселка Пирамида (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель (рН), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), общая щелочность, растворенный кислород, БПК₅), содержания в воде биогенных элементов (ни-

тригидрат, нитраты, аммоний, общий азот, фосфаты, общий фосфор, кремниевые кислоты), а также загрязняющие вещества – тяжелые металлы и мышьяк, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальные фенолы (алкилфенолы, хлорфенолы и нитрофенолы), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей.

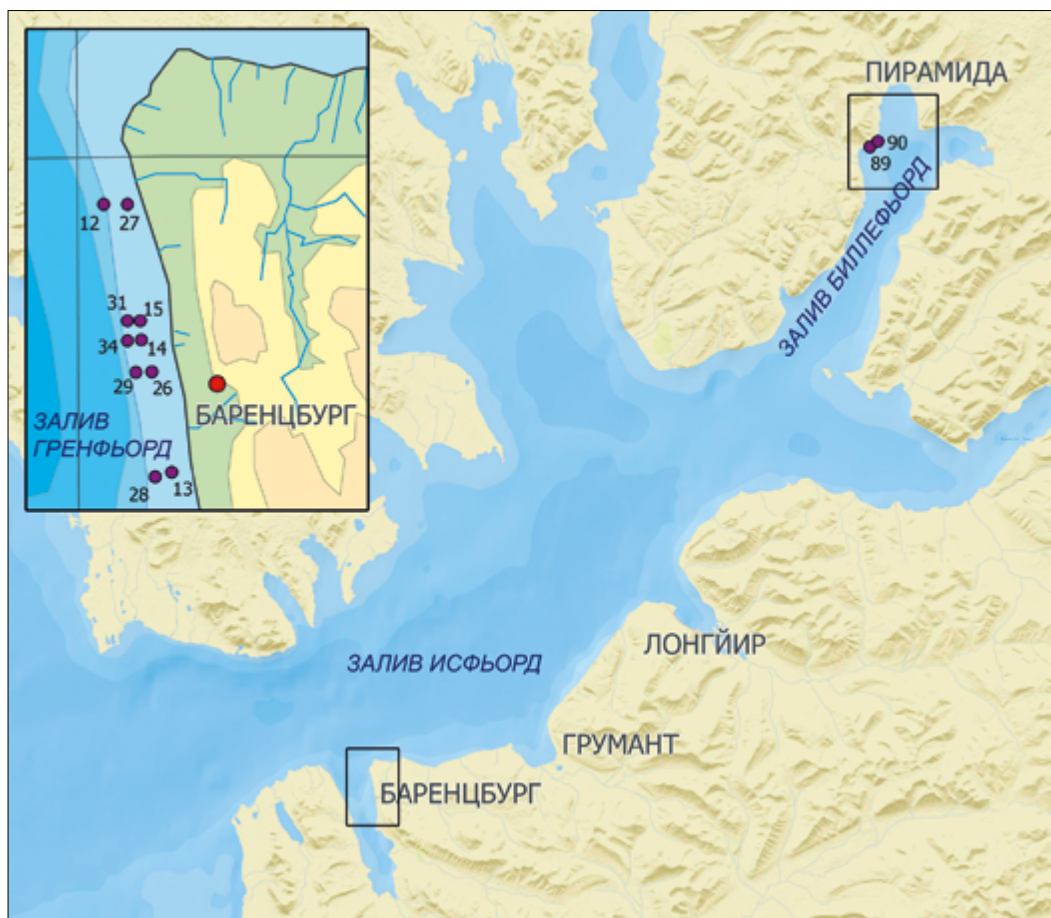


Рис. 7.1. Районы наблюдений на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд архипелага Шпицберген в 2021 г.

7.3. Гидрохимические показатели

Значения водородного показателя (рН) морских вод находились в интервале 7,66–8,40, в среднем 8,22 ед. рН, и были сдвинуты в сторону чуть более щелочной среды в сравнении со значениями 2020 г. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) морских вод обследованной акватории варьировал в диапазоне 200–280 мВ, составляя в среднем 245,3 мВ. В целом наблюдается уменьшение показателя последние три года. Щелочность (Alk) составляла 1,78–2,12/2,03 мг-моль/дм³. Значение электропроводности морской воды (Eh) летом изменялось от 37,1 до 51,1 мС/см при средней величине 47,7 мС/см. Содержание взвешенных веществ варьировало в диапазоне от значений ниже предела обнаружения (DL=5 мг/дм³) в семи пробах до 9,26 мг/дм³, в среднем 4,55 мг/дм³.

Значения концентрации общего азота в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд изменялись в пределах 87–353 мкг/дм³, при среднем значении 165,0 мкг/дм³. На станциях в акватории залива Биллефьорд значения данного показателя были в целом ниже и варьировали от 102 до 123 мкг/дм³. Содержание аммонийного и нитратного азота было ниже предела обнаружения, а нитритного 0–0,83/0,20 мкг/дм³. Начиная с 2017 г. впервые было зафиксировано содержание минерального фосфора в воде залива Гренфьорд: диапазон 11,3–32,1 мкг/дм³, в среднем 24,6 мкг/дм³; в заливе Биллефьорд все значения были ниже DL=5,0 мкг/дм³. Концентрация общего фосфора в обоих заливах составила 5,2–19,1/12,4 мкг/дм³; силикатов 22,7–240,0/83,2 мкг/дм³.

Содержание растворенного кислорода на всех станциях находилось в пределах 12,4–14,9 мгО₂/дм³ (98,0–104,3% насыщения). В придонном слое значения были в среднем на 0,5–2 мг/дм³ выше, чем в поверхностном. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод на всех станциях в июне варьировали в узком диапазоне 1,18–1,95 мгО₂/дм³, при среднем значении 1,46 мгО₂/дм³, что значительно ниже значений последних трёх лет (рис. 7.2).

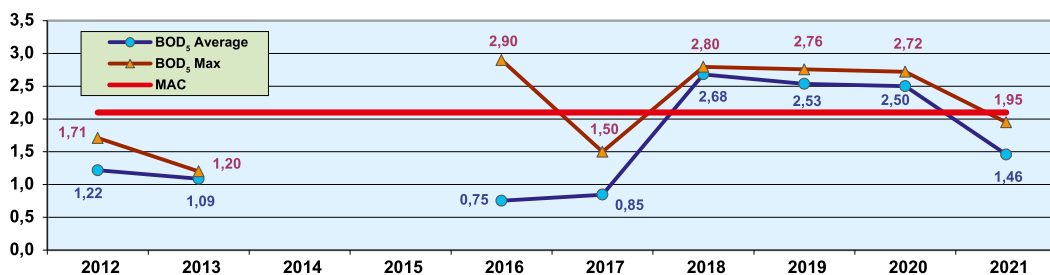


Рис. 7.2. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации органических веществ по БПК₅ в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в 2012–2021 гг.

7.4. Загрязняющие вещества в морской воде

Концентрация СПАВ на всех станциях, как и в предыдущие два года, была ниже предела обнаружения методики DL=10 мкг/дм³. Концентрация фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ, бензол, толуол, сумма пара- и мета-ксилолов, орто-ксилол и др.) в водах обоих заливов была ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа, DL менее 0,5; 0,5; 0,1 и 0,1 мкг/дм³ соответственно.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водах залива Гренфьорд не было зафиксировано наличие четырех соединений: аценафтилена, индено(123cd)пирена, флуорена и аценафтена. Максимальная концентрация остальных соединений ПАУ составила (нг/дм³): нафталина – 20,5, фенантрена – 12,2, антрацена – 2,13, флуорантена – 13,2, пирена – 11,3, хризена – 3,11, бенз(к)флуорантена – 1,80, бенз(б)флуорантен – 1,98, бенз(а)пирена – 1,21, дибенз(аh)антрацена – 1,01 и бенз(gh,i)перилена – 2,43 нг/дм³. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ в водах Гренфьорда в июне 2021 г. составило 24,20 нг/дм³, максимальное – 44,76 нг/дм³, что в 1,3 раза ниже прошлогоднего экстремума. Содержание ПАУ понизилось в основном из-за бенз(а)пирена, дибенз(аh)антрацена и флуорена и аценафтена. На станциях в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории пос. Пирамида, максимальное значение суммарного ПАУ составило 34,48 нг/дм³, среднее – 28,33 нг/дм³.

В 2021 г. суммарное содержание пестицидов группы ДДТ в заливе Гренфьорд сильно повысилось; максимальная концентрация увеличилась с 0,62 до 19,79 нг/дм³, в заливе

Биллефьорд – с 0,35 до 1,18 нг/дм³. Все значения связаны со «свежим» ДДТ, поскольку концентрация его метаболитов ДДЭ и ДДД, а также гексахлорбензола, была ниже предела обнаружения DL=0,05 нг/дм³. Максимальное значение для суммы группы ГХЦГ в заливе Гренфьорд составило 0,49 нг/дм³, среднее – 0,15 нг/дм³, а в заливе Биллефьорд 0,34/0,15 нг/дм³. Концентрация остальных хлорорганических пестицидов (heptachlor, aldrin, octachlorstyrene, heptachlorepoхide, trans-chlordane, cis-chlordane, transnonachlor, cis-nonachlor, photo-mirex, mirex) была ниже предела обнаружения DL=0,05 нг/дм³. Сохранилась тенденция снижения концентрации суммы ПХБ в водах двух заливов за последние пять лет. Максимальное значение суммы ПХБ в заливе Гренфьорд составило 0,30 нг/дм³, в заливе Биллефьорд – 0,22 нг/дм³, что почти в 12 раз ниже прошлогодних значений в водах двух заливов. Из всех конгенов полихлорированных бифенилов ПХБ в морской воде были зафиксированы только: #99, #101 и #156, но в очень невысокой концентрации, немного превышающей предел обнаружения методики анализов DL=0,01 нг/дм³.

Среднее содержание всех определяемых тяжелых **металлов** в морской воде не превышало норматив (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Гренфьорд в 2013–2021 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	0,0	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
Максимальная	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
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	0,2	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1
	0,8	<0,1	0,65	<0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	0,14	<0,1
	0,6	–	<0,1	0,2	0,9	0,1	0,3	<0,1	–	<0,1
	0,7	–	0,2	0,04	0,5	0,2	0,2	<0,1	<0,1	–
	0,4	–	0,03	0,07	1,3	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
ПДК max	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	<0,1	0
	0,5	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,3	0,1	<0,1	<0,1	0,6
	0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2
	1,8	0,3	1,20	0,6	0,5	0,7	0,24	7,4	0,27	0,80
	2,2	–	<0,1	0,5	1,8	0,6	0,9	0,3	–	0,2
	1,06	–	0,4	0,64	0,84	0,4	0,5	0,6	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

Наиболее высокие величины были отмечены для цинка и никеля, максимальные значения которых превышали ПДК. В целом значения концентрации металлов менялись незначительно в последние пять лет (рис. 7.3). Содержание ртути в водах заливов было незначительным.

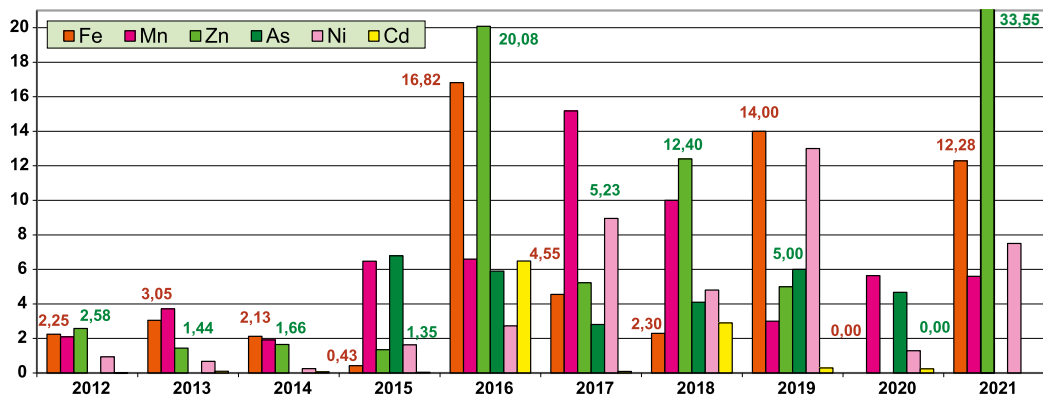


Рис. 7.3. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в прибрежных водах на акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.

Концентрация большинства загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд характерна для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать воды обследованной акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург в летний период 2021 года как «грязные», IV класс. Качество морских вод залива Биллефьорд в районе поселка Пирамида оценивается IV классом, «грязные». Наиболее высокая концентрация отмечена для некоторых тяжелых металлов и ДДТ. В местах поступления неочищенных коммунально-бытовых сточных вод обоих поселков наблюдается локальное загрязнение морских вод, однако это не оказывает существенного влияния на качество вод заливов. Следует отметить, что начиная с 2017 г. наблюдается тенденция к увеличению степени загрязнения морских вод залива Гренфьорд.

7.5. Загрязняющие вещества в донных отложениях

В донных отложениях обследованных частей акваторий заливов Гренфьорд и Биллефьорд проводилось определение содержания загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов, НАУ, ПАУ, фенолов, тяжелых металлов и ХОС. Концентрация неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и фенолов в морских отложениях находилась ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях залива Гренфьорд достигало 106 мкг/г при среднем 24 мкг/г, а в заливе Биллефьорд – 6/4 мкг/г. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в грунтах залива Гренфьорд составило 2356 нг/г, а у пос. Пирамида – 774 нг/г. Максимальные значения концентрации суммы пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ составляли в заливах Гренфьорд и Биллефьорд 2,7/0,34 нг/г и 38,4/1,4 нг/г, соответственно. Максимальная концентрация суммы конгенов ПХБ в донных отложениях заливов 55,6 и 14,4 нг/г.

В донных отложениях залива Гренфьорд превышение ДК отмечено для суммы нефтяных углеводородов (НУ) до 2,12 ДК; суммы ПАУ до 4,3 ДК; суммы ДДТ до 13,4 ДК, суммы ПХБ до 2,7 ДК. В донных отложениях залива Биллефьорд однократное превышение ДК отмечено для суммы ПАУ до 1,1 ДК, остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали норматив. Морские донные отложения характеризуются «значительной» степенью загрязнения бенз(а)пиреном – до 65,2 нг/г в заливе Гренфьорд. Источником загрязнения грунтов в устье реки, по-видимому, являются выходы на поверхность горных выработок рудника «Баренцбург» и расположенные на террасе правого склона долины Грендален отвалы содержащей примесь угля породы. В целом, вклад техногенной составляющей в формирование уровня содержания загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд существенен, так как отмечается повсеместное загрязнение донных отложений НУ, ПАУ и хлорорганическими соединениями.

Глава 8.

МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Наблюдения на станциях ГСН в морях Северного Ледовитого океана, за исключением Баренцева, Карского и Гренландского морей, в 2021 г. в рамках системы государственного мониторинга не проводились. 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.

Исследования проводились в августе-сентябре 2021 г. Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» в Обской губе и южной части Карского моря. Была отобрана серия проб морских вод для определения основных гидрохимических показателей: водородного показателя (рН), электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала (Еh), общей щелочности, 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 ПХБ), ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Водородный показатель морских вод находился в пределах от 7,82 до 8,40 ед. рН. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Еh) морских вод обследованной акватории варьировали в пределах от 190 до 280 мВ, составляя в среднем 217 мВ. Значения электропроводности морской воды изменялись в пределах 44,3–53,2 мС/см при средней величине 46,9 мС/см. Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод находилось в диапазоне 9,55–12,63 мгО₂/дм³; уровень насыщения варьировал от 96% до 107%. Значения биохимического потребления кислорода по БПК₅ составляли 1,02–2,21 мгО₂/дм³.

Концентрация нитратного и аммонийного **азота** в обследованных водах была ниже предела обнаружения; общего азота изменялась от 178 до 1097 мкг/дм³, а содержание нитритного азота достигало 5,41 мкг/дм³, силикатного кремния – 65 мкг/дм³. Концентрация фосфатного фосфора в водах района исследований находилась в пределах 4,0–16,1 мкг/дм³, а содержание общего фосфора варьировало от 15,0 до 48,2 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. Максимальное суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории достигало 105 мкг/дм³ (2,1 ПДК). Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морских водах акватории были обнаружены только нафталин и бенз(а)антрацен. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах Карского моря составило 91 нг/дм³. Из хлорорганических соединений (ХОС) в период наблюдений было зафиксировано наличие групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Значимой концентрации полихлорбензолов обнаружено не было. Максимальная концентрация идентифицированных ХОС составляла: для суммы ГХЦГ – 0,35 нг/дм³; суммы ДДТ – 0,24 нг/дм³; суммы ПХЦД – 0,5 нг/дм³; суммы ПХБ – 0,9 нг/дм³. Содержание контролируемых тяжелых **металлов** в пробах морской воды (в мкг/дм³) достигало значений: для железа – до 14, марганца – 4,4, цинка – 5,0, меди – 1,95, никеля – 3,3, кобальта – 1,4, кадмия – 0,45 и мышьяка – до 1,27 мкг/дм³. Концентрация ртути, свинца, олова и хрома находилась ниже предела обнаружения.

Расчет индекса ИЗВ для морских вод выполнялся с использованием средних значений концентрации растворенного кислорода и трех показателей загрязнения. Это позволяет воды южной части Карского моря в 2021 году оценить как «чистые», II класс качества.

Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (Тихий океан)

Погожева М. П., Копаница М. В.

9.1. Общая характеристика

Юго-восточные берега полуострова Камчатка омываются водами Тихого океана. Побережье здесь значительно изрезано, есть несколько крупных заливов (Камчатский, Кроноцкий, Авачинский). Далеко выступают в море скалистые полуострова (Шипунский, Кроноцкий, Камчатский, Озерной). Крупнейшей бухтой является Авачинская губа, которая представляет собой внутреннюю, закрытую часть Авачинского залива. Длина бухты 24 километра, ширина у входа – 3 километра, общая площадь водного зеркала равна 215 км², максимальная глубина 26 метров. В бухту впадают реки Авача и Паратунка. На берегах бухты находится крупнейший город полуострова Петропавловск-Камчатский (179,6 тыс. жителей) и город-порт Вилучинск (22,2 тыс.), являющиеся наиболее значительными источниками антропогенного загрязнения.



Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка

9.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Основными источниками загрязнения морских вод Авачинской губы являются реки, предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыбопромыслового и транспортного флотов, а также хозяйственно-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 2021 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 41,0 млн. м³ сточных вод, что на 1,4 млн. м³ больше прошлого года (39,6 млн. м³). Из них без очистки – 5,3 млн. м³, недостаточно очищенных – 1,4 млн. м³, нормативно очищенных – 6,3 млн. м³, нормативно чистых – 28,2 млн. м³. Общий объем производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод по сравнению с 2020 годом вырос на 4%. Количество всех сбрасываемых загрязняющих веществ, за исключением ионов аммония, возросло.

По сравнению с прошлым годом расход воды рек Авача и Паратунка уменьшился на 3,6% и 36% соответственно. Количество поступающих в бухту с речным стоком биогенных элементов (соединения азота и фосфора) и детергентов по сравнению с 2020 г. уменьшилось на 10% и 29% соответственно, а нефтепродуктов, напротив, значительно возросло – в 4,4 раза. Содержание взвешенных веществ и фенолов практически не изменилось (табл. 9.2).

Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2021 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
Расход воды (м ³ /с)	133,0		30,1		163,1
Наименование вещества	мг/дм ³	тыс. т	мг/дм ³	тыс. т	тыс. т
Детергенты	0,005	0,021	0,003	0,003	0,024
Фенолы	0,005	0,021	0,005	0,005	0,026
Нефтепродукты	0,427	1,791	0,194	0,184	1,975
Взвешенные вещества	23,70	99,40	4,29	4,07	103,48
Азот нитритный	0,007	0,029	0,002	0,002	0,031
Азот нитратный	0,165	0,692	0,150	0,142	0,834
Азот аммонийный	0,058	0,243	0,007	0,007	0,250
Фосфор минеральный	0,028	0,117	0,033	0,031	0,149

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2021 г. специалистами Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Камчатское УГМС» было проведено 6 гидрохимических съемок с мая по октябрь на 9 станциях в Авачинской губе на арендуемом судне (рис. 9.2). Отбор проб морской воды выполнялся с горизонтов 0 м, 10 м и из придонного слоя на глубинах от 11 до 26 м. Всего было обработано 138 проб морской воды. Были определены стандартные гидрохимические показатели (рН, растворенный кислород, щелочность, кремний, фосфор минеральный и общий, нитриты, нитраты и аммонийный азот), концентрация загрязняющих веществ (фенолы, детергенты и нефтяные углеводороды) и элементы гидрометеорологического режима (хлорность, соленость, концентрация взвешенных веществ, температура воды и воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность и волнение). На пяти морских гидрометеорологических станциях проводились визуальные наблюдения за загрязнением водной поверхности прилегающих районов моря нефтяной пленкой.

Таблица 9.1. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от предприятий в Авачинскую губу в 2021 г.

Предприятие	Отведено всего (тыс. м³)	без очистки	недостаточн очищенной	нормативно чистой	нормативно- очищенной/ всего	Аммонийнон (т)	Взвешенные вещества (т)	СПАВ (кг)	Нефтепродукты (нефть), (т)	Сульфат-анион (сульфаты), (т)	Фосфаты (по фосфору), (т)	Хлорид-анион (хлориды), (т)
г. Петропавловск-Камчатский												
АО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт»	8,92	8,92				0,221	0,282	3,6	0	0,146	0,032	0,458
АО «ПСРЗ»	216,14	6,14	0,00	210,00	0,00	0,003	0,102	0,294	0,002	0,104	0,004	0,092
ООО «Жестяно-баночная фабрика и Ко»	135,23	0,00	135,23	0,00	0,00	0,442	2,631	28,99	0,048	1,92	0,054	1,801
ООО «Петропавловск-Камчат- ский рыбоконсервный завод»	78,03	0,00	78,30			0,118	0,121	1,948	1,948	45,279	0,058	286,241
ООО «Экология»	2,00		2,00			0,000	0	41,3500	0,022	3,6	0,007	4,06
АО «Судоремсервис»	367,29	0	307,29	60	0	5,8	7,07	69,585	0,051	8,788	0,72	10,64
Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина	788,17	0,00	788,17			0,026	5,241	50,35	0,01	8,33	0,055	6,457
ООО «Аквафиш»	6,73	0,00	0,84		5,89	0	0,369	6,075	0	0,096	0,06	0,903
Краевое ГУП «Камчатский водоканал»	9621,84	3344,9			6276,94	232,4	886,36	12434,71	2,61	424,79	89,26	551,03
ООО «Терминал «Сероглазка»	17		17			0	0,003	0,838	0	0,113	0	0,085
ООО «УКР»	254,40	254,40				0,021	0,594	7,123	0,002		0	
ООО «Камчаттралфлот»	0				0		0	0		0	0	0
ПАО «Камчатскэнерго»	27469,00	71,56	37,87	27469,00		0,041	0,694	896,54	0,006	28,87	0,019	219,45
г. Вилочинск												
«Вилочинский водоканал»	1580,43	1580,43				39,31	168,47	896,54	1,059	110,7	376,407	70,95
АО «СВРЦ»	472,15	1,79		456,76	1,60	0,265	1,49	3,23	0,01	1,791	0,006	1,866
Отделение Вилочинск «ДальРАО»	0,27		0,27			0,001	0,002	0,008	0	0,016	0	0,003



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 5,402‰ в июне в приустьевой зоне реки Паратунка до 33,656‰ в мае в центре Авачинской губы, составив в среднем для всей толщи 29,227‰. В придонном слое соленость не опускалась ниже 24,063‰. В подповерхностных водах на глубине 10 м она изменялась в диапазоне 29,84–33,66‰. Средняя соленость за пять лет составила 27,78‰. Значения хлорности изменялись в диапазоне 2,99–18,63‰, составив в среднем для всей толщи 16,18‰. Средняя для поверхностного слоя – 13,73‰; промежуточного – 17,70‰ и придонного – 17,78‰. Температура морской воды изменялась от 1,32°C в придонном слое приустьевой части реки Авача (ст. № 4) 24 мая до 16,76°C в морском порту (ст. № 49) 21 июля. В течение периода наблюдений показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 1,66–9,07°C; на поверхности в пределах 6,38–16,76°C; в придонном слое 1,32–8,18°C. Значения pH были в диапазоне 7,62–9,06. Мутность воды варьировала от 10 мг/дм³ в приустьевой зоне р. Паратунка до 114 мг/дм³ в Раковой бухте; среднегодовой показатель 75,25 мг/дм³.

Повышенные значения концентрации растворенных **нефтяных углеводородов** наблюдались в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий, а также в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию губы способствовали приливо-отливные, стонно-нагонные явления и течения, поэтому их повышенная концентрация фиксировалась практически повсеместно на различных горизонтах. Поступив в морскую среду, часть нефтяных углеводородов распределялась в виде пленки, отдельные пятна которой ежедневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции

МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы уменьшилось в 2 раза по сравнению с 2020 г. и составило 0,6 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 18,8% всех отобранных проб; в 2020 г. этот показатель составил 54%. Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р. Паратунка (8,2 ПДК).

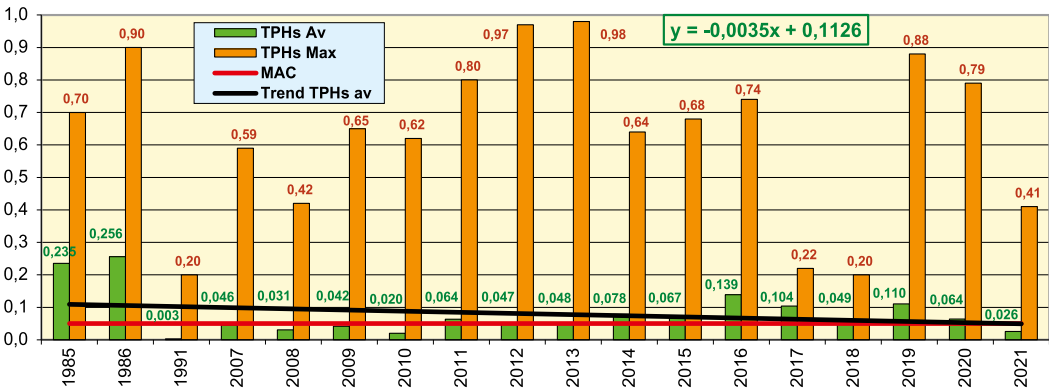


Рис. 9.3. *Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Авачинской губы в 1985–2021 гг.*

Визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих морских акваторий проводились на пяти гидрометеорологических станциях ФГБУ «Камчатское УГМС»: МГ-1 Петропавловск-Камчатский, ОГМС Никольское, МГ-2 Озерная, МГ-2 Петропавловский Маяк и МГ-2 Оссора. В бухте Оссора на побережье Берингова моря нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС Никольское (о. Беринга, Тихий океан) с мая по декабрь и в январе у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности с повторяемостью 1–25 дней. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка регистрировалась с сентября по октябрь (25 дней) слабой интенсивности – 1 балл с покрытием 10%. В период с января по февраль и в апреле загрязнение акватории нефтепродуктами не фиксировалось, в остальное время нефтяные следы были видны в течение 1–16 дней. Наиболее загрязнена нефтепродуктами поверхность Авачинской губы. При отсутствии льда на МГ-1 Петропавловск-Камчатский ежедневно отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности (1 балл). На западном побережье Камчатки (район поселка Озерновский, Охотское море) в январе-феврале и ноябре-декабре нефтяная пленка отсутствовала. Пленка слабой интенсивности, покрывавшая 10% видимой акватории моря, наблюдалась в марте (до 3 дней), в апреле (8 дней), в октябре (3 дня), а с мая по сентябрь отмечалась большую часть месяца. Туманы и частые моросящие дожди на западном побережье Камчатки и в районе Петропавловского маяка приводили к существенному ухудшению видимости, что препятствовало проводить визуальные наблюдения за загрязнением поверхности морских вод.

Среднегодовая концентрация детергентов (АСПАВ), поступающих в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми, промышленными стоками и с речной водой составила 6,23 мкг/дм³. Максимум 130 мкг/дм³ отмечен в поверхностном слое в приустьевой зоне р. Авача в августе. В 94% проб концентрация находилась ниже предела обнаружения (DL=50 мкг/дм³).

Фенолы являются распространенным загрязняющим веществом в Авачинской губе. Они образуются при биохимическом распаде, трансформации органического вещества и поступают в морскую среду с речными водами, стоками промышленных предприятий и коммунальных объектов. Участки наиболее высокой концентрации фенолов сосредоточены в устьях рек Авача и Паратунка, а также в восточной части губы в местах выпуска сточных вод города Петропавловска-Камчатского. В целом по толще и на каждой станции содержание фенолов составило менее 1,0 ПДК. Максимальное значение (2,0 ПДК) было выявлено в июльских пробах в толще воды в морском порту (ст. № 47). Повторяемость превышения ПДК за год составила 26%, против 12% в 2020 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 3,0 до 0,67 ПДК (рис. 9.4).

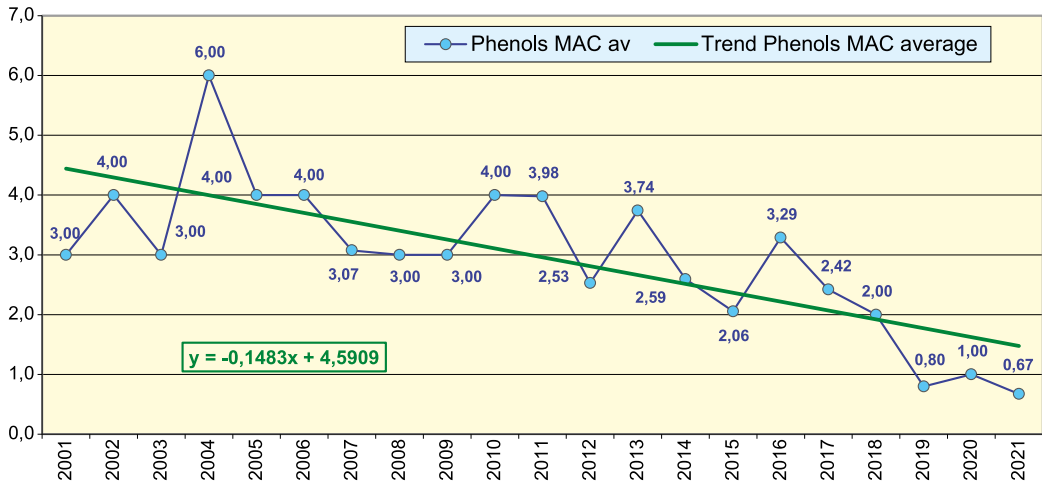


Рис. 9.4. Многолетняя динамика среднегодовой концентрации фенолов в единицах ПДК в Авачинской губе в период 2001–2021 гг.

Биогенные элементы. Концентрация минерального **фосфора** изменялась в широком диапазоне от аналитического нуля до 152,79 мкг/дм³, общего фосфора от 10,96 до 183,82 мкг/дм³. Средние значения составили 38,33 и 58,90 мкг/дм³ соответственно, что немного выше прошлогодних значений. В целом по толще вод наибольшее содержание фосфатов наблюдалось в августе, сентябре и октябре. Высокая концентрация зафиксирована на дне центральной части губы и на входе в бухту Крашенинникова. Максимальная концентрация общего фосфора была отмечена в июне также в придонном слое в центре Авачинской губы. Летом, в период активного фотосинтеза, содержание фосфора в морской воде снижается за счет наибольшего его потребления фитопланктоном. Осенью процессы регенерации преобладают над процессами потребления и концентрация соединений фосфора в морской воде достигает наибольших значений. С глубиной содержание фосфатов и общего фосфора возрастает.

По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация нитритного **азота** в водах Авачинской губы осталась на том же уровне, а максимальная снизилась в 2 раза. В 2021 г. случаев превышения ПДК по нитритам не отмечалось. 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 96,2 мкг/дм³. Наибольшие величины в среднем по толще отмечались в июне-июле, с максимумом в придонном слое в центре Авачинской губы (581,66 мкг/дм³). Среднее содержание аммонийного азота (59,47 мкг/дм³)

осталось практически на прошлогоднем уровне. Его концентрация во всех отобранных пробах была значительно ниже ПДК. С мая по октябрь в среднем по толще вод отмечена тенденция к снижению с 76 до 53 мкг/дм³. По-прежнему, наибольшее количество аммонийного азота (249,1 мкг/дм³) было сосредоточено в центральной части Авачинской губы. Максимальная разовая концентрация была зарегистрирована на придонном горизонте в июле и составила 278,6 мкг/дм³.

В 2021 г. концентрация **силикатов** в водах губы варьировала в широком диапазоне 143–6788 мкг/дм³; среднегодовая величина незначительно увеличилась до 1421 мкг/дм³. Поскольку основным источником поступления кремния в Авачинскую губу 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 2021 г. такие высокие значения (более 3000 мкг/дм³ – 11 проб) отмечались в поверхностном горизонте на входе в бухту Крашенинникова и в эстуариях рек Авача и Паратунка. Наибольшие величины были отмечены в мае (6788 мкг/дм³) в бухте Крашенинникова и июне (5196 мкг/дм³) в акватории морского порта. Разница между содержанием кремния в поверхностном и придонном слое заметна на всех станциях, особенно в теплый период года. В это время слабое ветровое перемешивание и устойчивая стратификация водных масс препятствуют вертикальному перемешиванию морской воды, с началом осенне-зимней конвекции она уменьшается.

Кислородный режим Авачинской губы характеризуется постоянным перенасыщением **кислородом** поверхностного горизонта и дефицитом его в придонном слое в теплый период года. Содержание растворенного в воде кислорода в период наблюдений изменялось в пределах 3,69–6,12 (33,6–152,4% насыщения), составив в среднем 10,39 мгО₂/дм³ (149,1% насыщения), (табл. 9.3). За 2021 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 101,5% при норме 70%. Дефицит кислорода на дне Авачинской губы наблюдался в августе (38,9%) и сентябре (49,3%). С повышением температуры воды потребление растворенного кислорода увеличивается, а слабое ветровое перемешивание и устойчивая летняя стратификация водных масс препятствуют аэрации придонного слоя. Минимальные значения от 3,69 до 5,53 мгО₂/дм³ были отмечены в августе и сентябре в 5 пробах из придонного горизонта в центре Авачинской губы, в бухте Крашенинникова и морском порту. Концентрация ниже 3,0 мгО₂/дм³, соответствующая уровню высокого загрязнения (ВЗ), в 2021 г. отмечена не была (рис. 9.5).

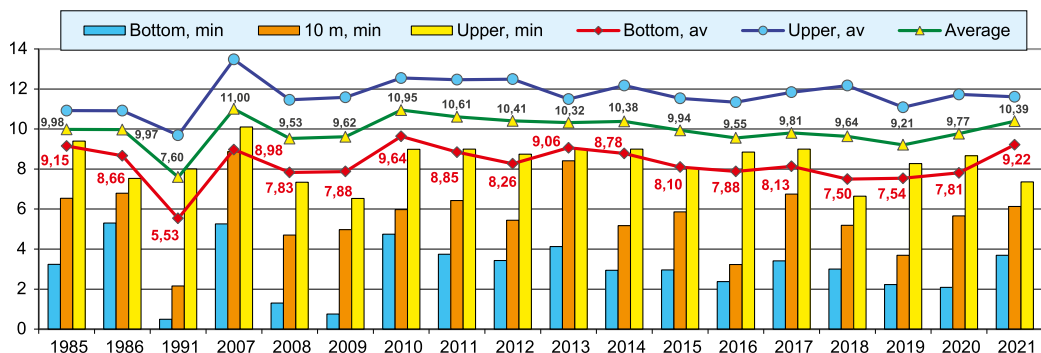


Рис. 9.5. Многолетняя динамика минимальных и средних значений растворенного кислорода (мг/дм³) в Авачинской губе в 1985–2021 гг.

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 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,110	2,20	0,064	1,28	0,026	0,52
		0,88	17,60	0,79	15,80	0,41	8,20
	Фенолы	0,79	0,79	0,56	0,56	0,67	0,67
		3,1	3,10	2,0	2,00	2,0	2,00
	СПАВ	51,3	0,51	0		6,23	0,06
		160	1,60	0		130	1,30
	Азот аммонийный	59,4	0,03	54,0	0,02	59,47	0,03
		434	0,19	298	0,13	278,60	0,12
	Азот нитритный	10,68	0,45	6,65	0,28	6,92	0,29
		164,2	6,84	47,3	1,97	22,38	0,93
	Растворенный кислород	9,21		9,77		10,39	
		2,23	0,37	2,09	0,35	3,69	0,62
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фенолов – в мкг/дм³. 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.							

Результат расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученный на основе осредненной концентрации нефтяных углеводородов, фенолов, нитритного азота и растворенного в воде кислорода, показал улучшение качества вод Авачинской губы (табл. 9.4). За счет уменьшения загрязненности вод НУ значение индекса уменьшилось до 0,52, II класс, «чистые».

Таблица 9.4. Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	1,03	III	0,68	II	0,52	II	НУ 0,52; фенолы 0,67; NO ₂ 0,29; O ₂ 0,58

Выводы

Наибольший вклад в загрязнение морских вод Авачинской бухты по-прежнему вносят нефтяные углеводороды и фенолы. По сравнению с 2020 г. среднегодовое содержание НУ в водах уменьшилось в 2 раза и составило 0,52 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 18,8% всех отобранных проб (в 2020 г. этот показатель составил 54%). Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р. Паратунка (8,2 ПДК). Содержание фенолов в целом по толще и на каждой станции составило менее 1,0 ПДК. Наибольшее

значения (2,0 ПДК) были выявлены в июльских пробах в толще воды в морском порту. Повторяемость превышений ПДК за год составила 26% против 12% в 2020 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 3,0 до 0,67 ПДК. В течение последних пяти лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была низкой, а в 2020 г. во всех отобранных пробах их содержание находилось ниже предела обнаружения. В 2021 г. значения ниже предела обнаружения были в 94% проб, среднегодовая концентрация составила 6,23 мкг/дм³. Максимум 130 мкг/дм³ отмечен в поверхностном слое в приустьевой зоне р. Авача в августе. По сравнению с предыдущим годом средняя и максимальная концентрация нитритного азота в водах Авачинской губы снизилась в 2 раза. Случаев превышения ПДК по нитритам не отмечалось, а нитритный азот был включен в расчёт индекса загрязненности вод этой акватории. Содержание нитратов в среднем по толще было ниже прошлогоднего и составляло 96,2 мкг/дм³. Наибольшие величины (в среднем по толще) отмечались в июне-июле, с максимумом в придонном слое в центре Авачинской губы. Содержание минерального фосфора было немного выше прошлогодних значений и не превышало пороговых значений. Остальные биогенные элементы (азот нитратный, аммонийный и фосфор общий) также находились в пределах допустимых величин концентрации. За 2021 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 101,5% при норме 70%. Дефицит кислорода на дне Авачинской губы наблюдался в августе (38,9%) и сентябре (49,3%). Концентрация ниже 3,0 мг/дм³, соответствующая уровню высокого загрязнения (ВЗ), в 2021 г. отмечена не была. Согласно расчету индекса загрязненности наблюдается улучшение качества вод Авачинской губы. В 2021 г. за счет уменьшения содержания НУ значение индекса (ИЗВ=0,52, II класс качества вод, «чистые») снизилось в 1,3 раза по сравнению с предыдущим годом.

Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

Щербаков К. А., Артамонова Е. М.

10.1. Общая характеристика

Охотское море является одним из наиболее крупных и глубоких морей мира. Его площадь равна 1603 тыс. км², объем – 1316 тыс. км³, средняя глубина – 821 м, наибольшая глубина – 3521 м. Охотское море относится к окраинным морям смешанного материково-океанского типа. При большой протяженности береговая линия изрезана относительно слабо. Вместе с тем она 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 и Лаперуза сравнительно узки и мелководны. Ширина пролива Невельского всего около 7 км. Ширина пролива Лаперуза – 43–186 км, глубина – 53–118 м. Суммарная ширина Курильских проливов около 500 км, а максимальная глубина самого глубокого из них – пролива Буссоль – превышает 2300 м. Таким образом, возможность водообмена между Японским и Охотским морями несравненно меньшая, чем между Охотским морем и 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).

По своему расположению Охотское море находится в зоне муссонного климата умеренных широт, на который существенно влияют физико-географические особенности моря. Так, его значительная часть на западе глубоко вдается в материк и лежит сравнительно близко от полюса холода азиатской с. ш., 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 сглаживает различия климата в разных частях большого моря (Шлямин, 1957, Добровольский, 1982).

Зимой в северной части моря температура воды составляет $-1,5^{\circ}\text{C}$ – $-1,7^{\circ}\text{C}$. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой $-1,7^{\circ}\text{C}$. Толщина этого слоя 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 $3,5^{\circ}\text{C}$, а летом – 7 – 14°C ; с глубиной температура понижается до $1,5$ – $2,5^{\circ}\text{C}$ на горизонте 400 м (Охотское море, 1992).

Распределение солености в Охотском море сравнительно мало изменяется по сезонам. Соленость повышается в восточной части, находящейся под воздействием тихоокеанских вод, и понижается в западной части, опресняемой материковым стоком. 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 – 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, всего на 0,5–0,6‰. В отдельных заливах и проливах величина солености, ее стратификация могут значительно отличаться от вод открытого моря в зависимости от местных условий (Охотское море, 1998, Залогин, 1999).

В Охотское море впадает довольно много преимущественно небольших рек, поэтому при столь значительном объеме его вод материковый сток относительно невелик. Он равен 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 наиболее ощутимо влияние материкового стока, в основном в прибрежной зоне, 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 следующие водные массы: собственно охотоморская (образуется в результате зимней конвекции и располагается в слое 0–200 м), промежуточная (образуется из-за приливной трансформации верхнего слоя тихоокеанских вод в Курильских проливах и располагается в слое от 200 до 500–800 м) и 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 скорости приливных течений невелики – 5–10 см/с, в проливах, заливах и у берегов значительно больше. В Курильских проливах скорости течений доходят до 2–4 м/с. С октября по июнь море покрыто льдом, хотя 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. Осенью велика повторяемость штормов, сопровождающихся ветром, скорость которого достигает 30 м/с. Наблюдаются цунами, высота которых может достигать до 20 м при 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, чавыча, нерка – источники красной икры. Ведется интенсивный лов сельди, минтая, камбалы, трески, наваги, мойвы и других рыб. В море обитают киты, тюлени, сивучи, морские котики. Все больший интерес приобретает промысел моллюсков и морских ежей. На литорали повсеместно распространены различные водоросли. В связи со слабой освоенностью прилегающих территорий морской транспорт приобрел основное значение. Важные морские пути ведут к Корсакову на острове Сахалин, Магадану, Охотску и другим населенным пунктам (<http://geographyofrussia.com>). С целью охраны прибрежных экосистем Охотского моря на различных участках побережья созданы участки ООПТ федерального уровня – Курильского, Магаданского, Поронайского, Джугджурского заповедников. Также природоохранные задачи выполняют ООПТ регионального уровня.

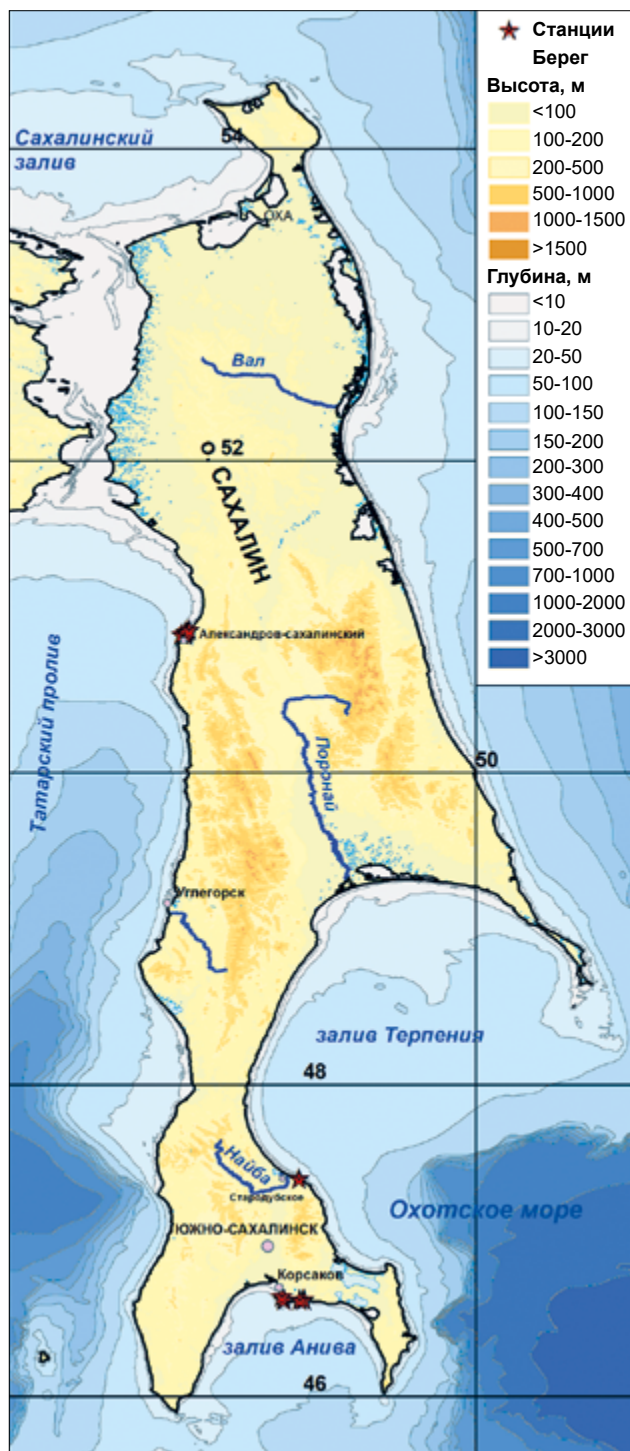


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2021 г.

10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин

На шельфе о. Сахалин в рамках программы регулярных наблюдений состояния морской среды исследования проводились Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск). Отбор 72 проб выполнен ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь 2021 г. в районе села Стародубское Долинского городского округа Сахалинской области на одной фоновой станции; в заливе Анива в районе порта Пригородное Корсаковского городского округа (3 станции) и на акватории порта Корсаков (3 станции). В Татарском проливе на акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский наблюдения проводились на 5 станциях (рис. 10.1). Шельфовая зона острова традиционно загрязняется отходами добывающих предприятий, муниципальными сточными водами коммунально-бытовых объектов, рыбопромысловыми и перерабатывающими судами и предприятиями. Значительную роль в загрязнении морских вод играет речной сток. В последние годы возросла антропогенная нагрузка на шельфовые районы моря в связи с разведкой и разработкой нефтегазовых месторождений. Освоение шельфа сопровождается интенсивным строительством и эксплуатацией трубопроводов, нефте- и газоналивных терминалов, портов, платформ для бурения скважин и иной обеспечивающей широкое развитие данной отрасли инфраструктуры.

10.2.1. Район села Стародубское

В периоды наблюдений температура поверхностного слоя воды в 2021 г. находилась в пределах 6,0–19,0°C; в шести пробах воды соленость была в диапазоне 20,97–32,26‰; хлорность морской воды 11,61–17,86‰; концентрация ионов водорода менялась в диапазоне 7,77–8,14 ед. рН; значения щелочности варьировали от 1,664 до 2,200 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 16,9 до 157,0 мг/дм³ (максимальное значение отмечено 29 июля 2021 г.), в среднем 94,0 мг/дм³ (9,4 ПДК). Содержание легко окисляемого органического вещества по БПК₅ было выше норматива в четырех пробах и варьировало в пределах 1,5–3,4 мгО₂/дм³, в среднем 2,38 мгО₂/дм³ (1,1 ПДК). Концентрация различных форм азота была значительно ниже установленных нормативов ПДК (табл. 10.1). Содержание фосфатов в морских водах изменялось в разные месяцы в очень широком диапазоне 16,0–167,0 мкг/дм³, наибольшие значения в первые три месяца существенно, в 2–3 раза, превышали норматив; среднее значение составило 83,5 мкг/дм³ (1,7 ПДК). Концентрация кремния варьировала в шести пробах в диапазоне 95–793 мкг/дм³, в среднем 301,7 мкг/дм³.

Загрязнение акватории у села Стародубское **нефтяными углеводородами** в 2021 г. повысилось по сравнению с предыдущим годом. Содержание НУ в двух пробах из шести было ниже предела обнаружения (DL=0,020 мг/дм³), а в четырех составило в среднем 0,033 мг/дм³ (0,66 ПДК). Максимальное содержание НУ в водах отмечено 13 августа – 0,092 мг/дм³ (1,84 ПДК). Район села Стародубское из всех районов мониторинга шельфовой зоны о. Сахалин наименее загрязнен нефтяными углеводородами (рис. 10.2). Загрязнение прибрежных вод острова в среднем было на уровне норматива или чуть выше, только для Стародубского среднее значение не превышало ПДК. Уровень загрязнения значительно повысился в районе Пригородное. Здесь в среднем нефтяное загрязнение стало превышать норматив, чего не наблюдалось за период наблюдений 2011–2021 гг. Максимальные значения во всех районах порядка 2–3 ПДК. У Корсакова и Александровска они стали ниже, у Стародубского повысились, а в Пригородном остались на прошлогоднем уровне. Фенолы в водах исследуемой акватории во всех шести пробах находились в концентрации ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм³), в предыдущем году они были отмечены 15 октября со значением 2,9 мкг/дм³.

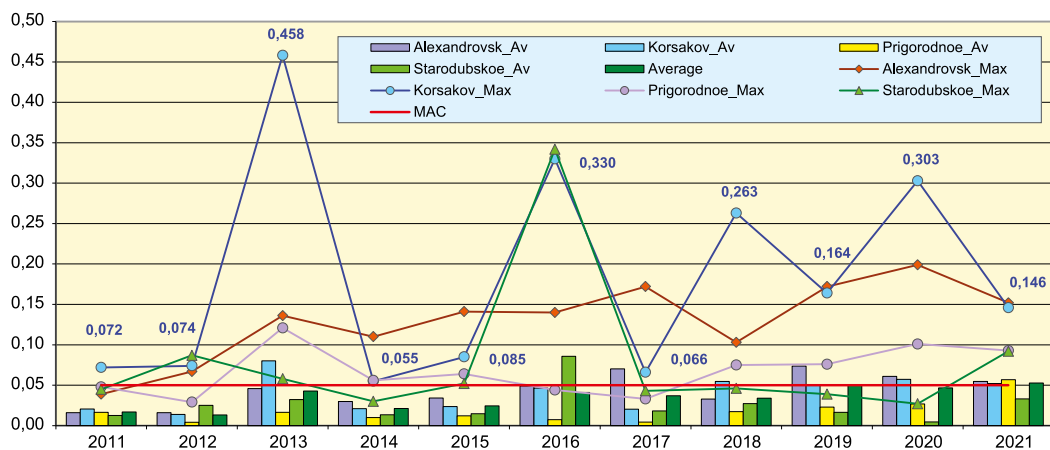


Рис. 10.2. Максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах шельфа о. Сахалин в 2011–2021 гг.

Концентрация тяжелых **металлов** (цинк, кадмий, медь и свинец) в течение 2021 г. изменялась незначительно. Содержание кадмия в воде района было выше предела обнаружения ($DL=0,3$ мкг/дм³) в одной пробе из шести (0,6 мкг/дм³). Минимальное значение концентрации цинка составило в июне 4,2 мкг/дм³, а максимум в сентябре – 8,4 мкг/дм³. Свинец отмечен в пяти из шести проб в концентрации 0,6–2,8 мкг/дм³. По данным многолетних наблюдений медь является одним из основных загрязнителей морских вод у села Стародубское. Ее содержание варьировало от 2,9 в июне до 5,8 мкг/дм³ в мае, в среднем 4,4 мкг/дм³ (0,88 ПДК).

Концентрация растворенного в воде **кислорода** существенно снизилась по сравнению с 2020 г. и была в диапазоне 5,35–9,74 мгО₂/дм³. Значения ниже нормы зафиксированы в четырех пробах, отобранных в июле–октябре. Уровень насыщения вод кислородом во все месяцы был ниже нормы и составлял 55,06–99,30%, в среднем 76,35%. Уровень загрязненности морских вод района у села Стародубское по ИЗВ (0,89) по сравнению с прошлым годом ухудшился и находится в диапазоне значений для «умеренно загрязненных» вод (табл. 10.2). Расчет индекса выполнен по средним значениям концентрации НУ, органического вещества, меди и кислорода. В целом в 2021 г. в прибрежных водах отмечено повышение содержания нефтяных углеводородов, меди, СПАВ; снижение содержания фенолов. Средняя концентрация органических веществ по БПК₅ остается на уровне предыдущих лет, однако максимальная снизилась в полтора раза.

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе села Стародубское повысилось примерно вдвое по сравнению с предыдущим годом до 1,0 ДК, а максимум достигал 2,1 ДК при 0,8 ДК в 2020 г. (табл. 10.3). Однако, такой уровень загрязнения в среднем в два раза ниже уровня 2019 и 2018 годов. Концентрация меди и кадмия в донных отложениях от предыдущих лет практически не отличалась, а цинк и свинец не обнаружены. Содержание фенолов также было ниже предела обнаружения.

10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова

В районе порта г. Корсакова мониторинг гидрохимического состояния морской среды проводился с мая по октябрь на трех станциях. На исследуемой акватории в период наблюдений температура поверхностного слоя воды была в диапазоне 8,0–17,0°C, соленость 17,88–31,81‰, хлорность морской воды 9,90–17,61‰, концентрация ионов водорода менялась в пределах 7,86–8,20 ед. рН; значения щелочности варьировали от 1,280 до 2,240 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ в 18 отобранных пробах изменялась от аналитического нуля до 889 мг/дм³ (10 августа в шторм), в среднем 16,91 мг/дм³ (1,7 ПДК) если не брать повышенное значение в штормовую погоду. Содержание легко окисляемого органического вещества по БПК₅ было в диапазоне от менее предела обнаружения в трех пробах ($DL=1,0$ мгО₂/дм³) до 4,2 мгО₂/дм³ (2,0 ПДК); в среднем 2,4 мгО₂/дм³ (табл. 10.1).

Концентрация **нефтяных углеводородов** в прибрежных водах залива в районе порта Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения ($DL=0,02$ мг/дм³, две пробы из 18) до 0,146 мг/дм³ (2,9 ПДК, 21 октября). По сравнению с 2020 годом максимальный уровень загрязнения снизился в два раза, однако все еще является значительным превышением допустимых параметров качества воды. Нефтяное загрязнение акватории залива определяется портовым хозяйством, промышленностью и коммунальными сточными водами. Средняя за год величина НУ составила 0,052 мг/дм³ (1,0 ПДК), что сопоставимо с уровнем прошлого года. Содержание фенолов в водах залива было ниже предела обнаружения ($DL=2,0$ мкг/дм³) во всех пробах. Концентрация СПАВ в четырех пробах была ниже предела обнаружения ($DL=10$ мкг/дм³), а в остальных максимально достигала 75 мкг/дм³ (0,8 ПДК); в среднем 25 мкг/дм³ (0,3 ПДК). Это примерно в два раза выше прошлогодних значений.

Концентрация **меди** в морской воде в районе порта Корсаков изменялась в диапазоне 1,8–7,4 мкг/дм³ (максимум 1,58 ПДК); максимальное значение было сопоставимо с прошлогодним; среднее значение незначительно увеличилось (рис.10.3). Уровень содержания свинца и цинка в морских водах был немного ниже показателей за предыдущий год. Концентрация кадмия в 2021 г. превысила предел обнаружения в шести пробах из 18, однако оставалась незначительной (максимум 0,06 ПДК).

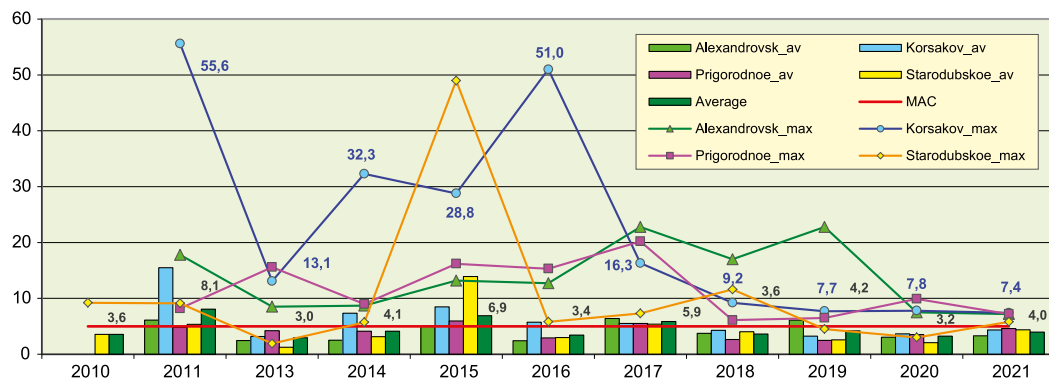


Рис. 10.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в прибрежных водах Сахалина в 2010–2021 гг.

Концентрация различных форм **азота** в водах залива в районе порта Корсаков была в пределах естественной межгодовой изменчивости: средняя концентрация аммонийного азота составила 21,1 мкг/дм³ (примерно на треть ниже прошлогодней, снижается второй год), максимальная – 130,4 мкг/дм³, при этом в 11 пробах из 18 значения были ниже предела обнаружения (DL=20 мкг/дм³); нитритов – 3,68/16,41 мкг/дм³; нитратов – 30,2/381,0 мкг/дм³. Концентрация фосфатов изменялась в пределах от аналитического нуля (ниже предела обнаружения DL=5 мкг/дм³) до 100,0 мкг/дм³, средняя величина была ниже прошлогодней и составила 35,1 мкг/дм³ (0,7 ПДК). Концентрация кремния варьировала в семнадцати пробах в широких пределах 46,1–761,0 мкг/дм³, а в одной в конце июня достигала 3020 мкг/дм³.

Кислородный режим в водах порта Корсаков в среднем был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного **кислорода** в период проведения наблюдений составило 7,05 мгО₂/дм³ (в прошлом году 7,80); диапазон концентрации 4,24–10,81 мгО₂/дм³. В восьми пробах августа, сентября и октября содержание кислорода было ниже норматива. Индекс загрязненности вод залива Анива в районе порта Корсаков в 2021 г. составил 0,97; воды относятся к III классу, «умеренно загрязненные» (табл. 10.2). По сравнению с предыдущим годом показатель качества вод в районе порта практически не изменился (1,07 в 2020 г.). Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества по БПК₅ и медь.

В шести пробах **донных отложений** с одной станции из прибрежной зоны залива Анива в районе порта Корсаков содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне от аналитического нуля (DL=5 мкг/г) до 298 мкг/г с максимумом в мае, в среднем 182 мкг/г (3,6 ДК), что в 4 раза ниже показателей предыдущего года. В 2020 г. концентрация НУ составляла 14,3 ДК, в 2019 – 9,5 ДК, в 2018 – 3,0 ДК; 2017 – 3,8 ДК, 2016 – 3,2 ДК, 2015 – 2,0 ДК. Средняя и максимальная концентрация НУ возросла почти в 4,5 раза за период 2018–2020 гг., но потом снизилась. Значения концентрации фенолов варьировали в пределах от 0 (ниже

предела обнаружения $DL=0,05$ мкг/г) до 0,1 мкг/г, в среднем 0,02 мкг/г, что существенно меньше прошлогоднего уровня. Содержание металлов в осадках у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 5,6–9,7 мкг/г (среднее 7,7 мкг/г, 0,2 ДК, что ниже прошлогодних значений); цинк 51–104 мкг/г (среднее 87 мкг/г, 0,6 ДК). Концентрация кадмия и свинца варьировала в пределах 0,05–0,14 мкг/г и 4,0–4,5 мкг/г, средние значения 0,09 и 4,2 мкг/г ниже прошлогодних.

10.2.3. Залив Анива. Район порта Пригородное

На побережье залива Анива на территории 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. тонн 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 в 2021 г. было отобрано 18 проб воды и 18 проб донных отложений на трех станциях с мая по октябрь.

Температура поверхностного слоя вод в период наблюдений изменялась в диапазоне 7,0–17,5°C; соленость – 27,82–31,81‰; хлорность – 15,40–17,61‰; pH – 7,79–8,17; щелочность – 1,745–2,187 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 0 (ниже предела обнаружения $DL=2,5$ мг/дм³) до 60 мг/дм³ с максимумом в начале-середине августа, как и в предыдущие два года. Средняя концентрация составила 26 мг/дм³ (2,6 ПДК), что в два раза выше показателя прошлого года. Концентрация легко окисляемого органического вещества по БПК₅ изменялась от 0 в двух пробах ($DL=1,0$ мгО₂/дм³) до 38,6 мгО₂/дм³ (18,38 ПДК, 26 мая) в среднем 4,7 мгО₂/дм³ (2,24 ПДК); в прошлом году было 0,76 ПДК.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в поверхностном слое вод изменялась от значений ниже предела обнаружения ($DL=0,02$ мг/дм³) в одной пробе из 18, а в остальных достигала 0,093 мг/дм³, составив в среднем 0,057 мг/дм³ (1,14 ПДК). Средний уровень загрязнения НУ по сравнению с прошлогодними значениями увеличился в два раза (табл. 10.1).

Содержание фенолов было ниже предела обнаружения ($DL=2$ мкг/дм³) во всех пробах, как и в 2020 г.; СПАВ – ниже DL в 4 из 18 проб, но в остальных достигало 167 мкг/дм³ (1,67 ПДК), в среднем 28 мкг/дм³, что в пять раз выше прошлогодних показателей. Концентрация меди в морской воде в районе порта Пригородное изменялась в диапазоне 2,2–7,2 мкг/дм³, составив в среднем 4,6 мкг/дм³ (0,92 ПДК); цинка – 4,0–11,1/6,3 мкг/дм³ (0,13 ПДК). Концентрация свинца в двух пробах из 18 была ниже предела обнаружения ($DL=0,3$ мкг/дм³), средняя составила 0,8 мкг/дм³ (0,08 ПДК), как и в 2020 г., а максимальная достигала 1,8 мкг/дм³ (0,18 ПДК). Увеличилось содержание кадмия. В 2020 г. во всех пробах кадмий был в концентрации ниже предела обнаружения ($DL=0,3$ мкг/дм³), а в 2021 г. кадмий не был обнаружен в восьми пробах из 18. Средняя концентрация составила 0,2 мкг/дм³ (0,02 ПДК), максимальная достигала 0,6 мкг/дм³ (0,06 ПДК).

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива в районе порта Пригородное изменялась от аналитического нуля в семи пробах из 18 ($DL=20$ мкг/дм³) до 419,2 мкг/дм³ (0,2 ПДК) в мае, среднее значение составило 73,7 мкг/дм³; азот нитритов <0,50–51,77/5,83 мкг/дм³, максимум составил 2,16 ПДК; нитратов 5,0–412,0/53,0 мкг/дм³. Концентрация неорганического фосфора варьировала в диапазоне <0,50–3417 мкг/дм³, средняя величина составила 278 мкг/дм³. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне 43–7220 мкг/дм³, а среднее значение (839 мкг/дм³) немного ниже прошлогоднего.

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась в диапазоне 4,45–10,57 мгО₂/дм³, в среднем 6,60 мгО₂/дм³. Содержание ниже норматива было отмечено в семи пробах, пять из которых были отобраны в сентябре-октябре. По ИЗВ (1,30) прибрежные воды залива Анива в районе порта Пригородное в 2021 г. относятся к IV классу, «загрязненные» (в 2020 г. воды были «чистые»). За минувший год класс качества вод снизился на два пункта (табл. 10.2). Приоритетными загрязняющими веществами и в этом году остаются нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК₅) и медь, причем доля НУ и растворенных органических веществ увеличилась в два раза.

Донные отложения. Уровень содержания загрязняющих веществ в донных отложениях оставался относительно стабильным в течение всего периода мониторинга. Концентрация нефтяных углеводородов по сравнению с прошлым годом повысилась в два раза до средней 10,0 мкг/г (0,2 ДК). Содержание фенолов только в одной пробе было выше аналитического нуля (0,22 мкг/г), поэтому среднегодовая концентрация снизилась до 0,01 мкг/г. Концентрация меди и кадмия осталась на уровне прошлого года. Содержание свинца в донных отложениях исследуемой акватории было ниже предела обнаружения методики. Содержание цинка увеличилось до среднего значения 19 мкг/г (0,14 ДК). В целом концентрация тяжелых металлов в донных отложениях находится в пределах среднемноголетних значений.

Таблица 10.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах шельфа о. Сахалин в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Село Стародубское (6 проб в 2021 г.)	НУ	0,017 0,039	0,34 0,78	0,005 0,027	0,10 0,54	0,033 0,092	0,66 1,84
	Фенолы	0,67 4,0	0,67 4,00	0,48 2,9	0,48 2,90	0 0	
	СПАВ	27,8 47	0,28 0,47	11,8 34	0,12 0,34	9,7 45	0,10 0,45
	Кадмий	0 0		0 0		0,10 0,6	0,01 0,06
	Медь	2,58 4,5	0,52 0,90	2,1 3,0	0,42 0,60	4,4 5,8	0,88 1,16
	Цинк	3,20 5,6	0,06 0,11	4,3 8,4	0,09 0,17	7,0 8,4	0,14 0,17
	Свинец	0,36 1,1	0,04 0,11	1,1 1,8	0,11 0,18	0,95 2,8	0,10 0,28
	Аммонийный азот	16,5 39	<0,01 0,02	108,3 330	0,05 0,15	18,1 44,4	<0,01 0,02
	Нитритный азот	4,50 9,45	0,19 0,39	2,39 4,37	0,10 0,18	3,09 6,82	0,13 0,28
	БПК ₅	2,78 6,0	1,32 2,86	2,95 5,5	1,40 2,62	2,38 3,4	1,13 1,62
	Кислород	7,90 5,83	0,97	9,59 8,12		6,83 5,35	0,89

Залив Анива: порт г. Корсакова (18 проб в 2021 г.)	НУ	0,050 0,164	1,00 3,28	0,057 0,303	1,14 6,06	0,052 0,146	1,04 2,92
	Фенолы	0,14 2,6	0,14 2,60	0 0		0 0	
	СПАВ	22,6 91	0,23 0,91	12,6 46	0,13 0,46	25 75	0,25 0,75
	Кадмий	0 0		0 0		0,13 0,6	0,01 0,06
	Медь	3,23 7,7	0,65 1,54	3,65 7,8	0,74 1,56	4,4 7,4	0,88 1,48
	Цинк	4,67 12,9	0,09 0,26	7,36 20,4	0,15 0,41	6,9 15,1	0,14 0,30
	Свинец	0,51 2,2	0,05 0,22	1,34 4,3	0,13 0,43	0,9 4,0	0,09 0,40
	Аммонийный азот	78,5 390	0,03 0,17	31,5 97,4	0,01 0,04	21,1 130,4	<0,01 0,06
	Нитритный азот	3,00 8,98	0,13 0,37	3,25 11,36	0,14 0,47	3,68 16,41	0,15 0,68
	БПК ₅	4,13 9,5	1,97 4,52	3,44 5,3	1,64 2,52	2,37 4,2	1,10 2,00
	Кислород	6,87 4,79	0,80	7,80 4,50	0,75	7,05 4,24	0,71
Залив Анива: порт Пригородное (18 проб в 2021 г.)	НУ	0,023 0,076	0,46 1,52	0,027 0,101	0,54 2,02	0,057 0,093	1,14 1,86
	Фенолы	0 0		0 0		0 0	
	СПАВ	11,6 51	0,12 0,51	4,83 20	0,05 0,20	28 167	0,28 1,67
	Кадмий	0 0		0 0		0,2 0,6	0,02 0,06
	Медь	2,48 6,5	0,50 1,30	3,53 9,9	0,71 1,98	4,6 7,2	0,92 1,44
	Цинк	4,16 15,2	0,08 0,24	5,54 15,4	0,11 0,31	6,3 11,1	0,13 0,22
	Свинец	0,12 0,7	0,01 0,07	0,78 3,3	0,08 0,33	0,8 1,8	0,08 0,18
	Аммонийный азот	22,8 164	0,01 0,07	13,3 81,9	<0,01 0,04	73,7 419,2	0,03 0,19
	Нитритный азот	2,80 12,97	0,03 0,54	4,35 28,05	0,18 1,17	5,83 51,77	0,24 2,16

	БПК ₅	2,70 5,1	1,29 2,43	1,60 4,5	0,76 2,14	4,70 38,6	2,24 18,38
	Кислород	7,88 5,42	0,90	8,05 6,62		6,60 4,45	0,74

Примечания:
1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК₅ приведена в мг/дм³; СПАВ, фенолов, 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.

Таблица 10.2. Оценка качества морских вод Охотского моря в прибрежной акватории
о. Сахалин в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
село Стародубское	0,82	III	0,73	III	0,89	III	НУ 0,66; Cu 0,88; БПК ₅ 1,13; O ₂ 0,88
порт Корсаков	1,12	III	1,07	III	0,97	III	НУ 1,04; БПК ₅ 1,10; Cu 0,88; O ₂ 0,85
порт Пригородное	0,75	III	0,69	II	1,30	IV	НУ 1,14; БПК ₅ 2,24; Cu 0,92; O ₂ 0,91

Таблица 10.3. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в донных
отложениях шельфа о. Сахалин в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
село Стародубское (6 проб в 2021 г.)	НУ	138 259	2,8 5,2	26,3 39,8	0,5 0,8	49,5 103,9	0,99 2,08
	Фенолы	0,31 0,84		0,51 1,59		0 0	
	Медь	4 6,1	0,1 0,2	4,4 6,8	0,1 0,2	4,83 10,2	0,14 0,29
	Цинк	9,7 58	0,07 0,41	0 0		0 0	
	Кадмий	0,08 0,10	0,10 0,13	0,06 0,09	0,1 0,1	0,04 0,08	0,05 0,10
	Свинец	0 0		0 0		0 0	
порт г. Корсакова (6 проб в 2021 г.)	НУ	474 634	9,5 12,7	717 2453	14,3 49,1	182,25 298	3,65 5,96
	Фенолы	0,41 1,26		0,93 1,7		0,02 0,1	
	Медь	24,7 32,5	0,71 0,93	18,5 25,0	0,5 0,7	7,7 9,7	0,22 0,28

	Цинк	60 69	0,4 0,5	57 70	0,4 0,5	87 104	0,62 0,74
	Кадмий	0,27 0,55	0,3 0,7	0,2 0,37	0,3 0,5	0,09 0,14	0,11 0,18
	Свинец	5,9 6,4	<0,1 <0,1	6,6 15,9	0,1 0,2	4,2 4,5	0,05 0,05
порт Пригородное (18 проб в 2021 г.)	НУ	49,1 77	0,98 1,5	5,9 17,9	0,1 0,4	10,0 43,7	0,20 0,87
	Фенолы	0,19 0,71		0,6 1,6		0,01 0,22	
	Медь	4,7 6,1	0,1 0,2	4,7 6,2	0,1 0,2	3,9 6,4	0,11 0,18
	Цинк	0 0		0 0		19 66	0,14 0,47
	Кадмий	0,05 0,10	0,06 0,13	0,05 0,09	0,1 0,1	0,01 0,04	0,01 0,05
	Свинец	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.

10.3. Выводы

По данным мониторинга уровень загрязнения вод Охотского моря на трех прибрежных участках шельфа острова Сахалин в 2021 г. оставался незначительным за исключением акватории порта Пригородное. Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, медь и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Органическое загрязнение достигало 1,1–2,24 ПДК в трех контролируемых районах и было наибольшим у порта Пригородное. Нефтяные углеводороды достигали 0,66–1,14 ПДК и также были наибольшими у порта Пригородное. Медь встречалась в концентрации 0,88–0,92 ПДК с максимумом в порту.

В 2021 г. в прибрежных морских водах значение индекса ИЗВ составило 0,89; 0,97 и 1,30 у села Стародубское, в районе порта Корсаков и порта Пригородное соответственно. У Стародубского и в районе порта Корсаков существенных изменений по сравнению с прошлым годом не отмечено. Воды здесь оцениваются как «умеренно загрязненные» (III класс качества). В акватории порта Пригородное морские воды в 2020 г. оценивались как «чистые» (II класс качества вод), однако в 2021 г. ИЗВ ухудшился на два пункта до «загрязненных» (IV класс качества). Снижение качества определено увеличением содержания НУ и органического загрязнения в два раза. Значение очень близко к границе классов «умеренно загрязненных» и «загрязненных» вод. По результатам регулярного гидрохимического мониторинга донные отложения близ порта Корсаков в 2021 г. остаются наиболее загрязненными на шельфе о. Сахалин прежде всего по нефтяным углеводородам.

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

*Подкопаева В. В., Горлова В. А., Артамонова Е. М., Матвейчук И. Г.,
Долгова А. О., Кочетков В. В.*

11.1. Общая характеристика

Японское море – полузамкнутое море Тихого океана. Проливами Татарским, Невельского и Лаперуза оно 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 северной части (к северу от 44° с. ш.) представляет собой широкий желоб, постепенно сужающийся к северу. Центральная часть (между 40° и 44° с. ш.) находится в пределах глубокой замкнутой котловины. В южной части моря (к югу от 40° с. ш.) на подводном склоне Корейского п-ва между хребтами прослеживаются широкие подводные долины. Климат муссонный, резко выражен зимний муссон.

Температура воды на поверхности зимой изменяется от 0°С на севере до 12°С на юге, летом – от 17°С до 26°С соответственно. Изменчивость температуры по вертикали наиболее значительна в юго-восточной части моря, разность в среднем составляет 22°С. Зимой разность уменьшается до 10°С. В северной и в северо-западной частях моря зимой разность температур невелика (не превышает 1°С), а летом возрастает с северо-запада на юго-восток от 12°С до 22°С. 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 – 34,0–34,8‰. Зимой в связи с интенсивным охлаждением вод северо-западной части моря и района побережья Приморья интенсивно развивается вертикальная циркуляция, глубина распространения которой достигает 3000 м. Основной приток вод происходит через Корейский пролив – около 97% общего годового количества поступающей воды. Зимой устойчивый северо-западный муссон препятствует поступлению вод в море через пролив, вызывая ослабление циркуляции вод.

В Японском море наблюдается циклонический круговорот с центром в северо-западной части моря. Выделяют три водные массы: тихоокеанская и японская в поверхностной зоне, японская в глубинной. По происхождению все водные массы представляют собой результат трансформации поступающих в море тихоокеанских вод. Для моря характерны приливы всех основных видов: полусуточные, суточные и смешанные. Максимальные приливные колебания уровня моря (до 2,3–2,8 м) наблюдаются 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 на столько же понижаться. Летом наблюдается обратное явление.

Ледообразование начинается уже в октябре, а последний лед задерживается на севере иногда до середины июня. На севере моря лед образуется ежегодно, а к югу от Татарского пролива устойчивое ледообразование ежегодно наблюдается только в глубоко вдающихся в материк заливах и бухтах. Припай развит незначительно. Толщина ледяного покрова в середине февраля доходит до 1 м.

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. Циклоны первого вида наблюдаются обычно в теплое время года, а циклоны второго вида – в холодное. 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.

11.2. Источники загрязнения

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и бухты 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) и бытовые муниципальные сточные воды (коммунальные сбросы жилых массивов), ливневый поверхностный сток с прилегающей загрязненной территории, сброс твердых отходов и мусора в море (Marine Litter), проведение строительных, дноуглубительных, взрывных и других работ на водных объектах. Основные источники загрязнения залива Петра Великого расположены в городах Владивосток, Находка, Артем, Уссурийск, Дальнегорск, Большой Камень, Фокино и муниципальных районов Шкотовского, Хасанского и Надеждинского. 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. Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки Раздольная с притоками р. Комаровка и р. Раковка, Артёмовка, Партизанская, Рудная и Объяснения.

Поступающие в морскую среду загрязняющие вещества антропогенного происхождения, адсорбируясь на мелкодисперсных иловых частицах, в основной массе оседают на дно в местах осадконакопления и могут полностью или на длительный срок выйти из оборота элементов в морской среде. Однако при определенных гидрометеорологических условиях донные отложения могут взмучиваться и становиться источником вторичного загрязнения морских вод. Такое же негативное влияние оказывают дноуглубительные, строительные, взрывные работы и дампинг грунта. 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 загрязняющих веществ в морскую воду залива Петра Великого предоставлены территориальным отделом Водных ресурсов по Приморскому краю на основании таблиц 2тп-водхоз. В Амурском заливе основными источниками загрязнения являются города Владивосток (603,5 тыс. жителей в 2021 г.) и Уссурийск (180,4 тыс.): значительная часть стоков западной части первого сбрасывается непосредственно в залив, а сточные воды второго выносятся р. Раздольной. В Уссурийский залив сбрасываются сточные воды г. Владивостока (северо-западное побережье залива), г. Артема (109,6 тыс.) – в бухту Муравьиную (через реки Шкотовка и Артемовка). Сточные воды населенных пунктов восточного побережья залива поступают в бухту Суходол (через реки Суходол, Петровка, Смолянинка), а также в бухты Андреева и Большой Камень. Кроме того, к источникам загрязнения морской среды Уссурийского залива относятся районы возможного паводкового смыва, сельскохозяйственные угодья, а также сточные воды и поверхностный сток с территорий военных ведомств. Река Раздольная с притоками Комаровка и Раковка является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Уссурийска и Октябрьского муниципального района. В водоток с очищенными и недостаточно-очищенными стоками МУП «Уссурийск-Водоканал» поступило аммоний-иона 27,972 т, железа 1,741 т, меди 21,054 кг, алюминия 147,3 кг, БПК_{полн.} 90,728 т, взвешенных

веществ 127,951 т. Основным источником загрязнения залива Находка являются городские и промышленные стоки города и порта Находка (139,9 тыс.) и г. Партизанска (33,8 тыс.), а также сток реки Партизанская с притоками Сергеевка, Ратная, Мельники, Тигровая и Водопадная. В реку с загрязненными сточными водами в 2021 г. поступило аммоний-иона 8,56 т, БПК_{полн.} 18,872 т, взвешенных веществ 21147 т, железа 3,866 кг.

По состоянию на 1 января 2022 г. в Приморском крае учтено 282 водопользователя против 279 в прошлом году. Общий объем сбрасываемых в водные объекты края сточных вод уменьшился на 14,7% в 2021 г. и составил 359,76 против 421,67 млн. м³. Из суммарного объема загрязненные сточные воды составили 250,66 против 260,96 млн. м³ прошлого года (уменьшение на 3,95%). Степень очистки сточных вод составила: 1) сброшенных без очистки 211,7/217,58 млн. м³ (уменьшение на 2,7%); 2) недостаточно-очищенных 38,95/43,38 млн. м³ (10,21%); 3) нормативно-очищенных 80,51/80,92 млн. м³ (0,51%); 4) нормативно-чистых 28,59/79,79 млн. м³ (64,17%); 5) требующих очистки 331,17/341,88 млн. м³ (3,13%). Основной объем загрязненных сточных вод сбрасывают предприятия жилищно-коммунального хозяйства, объекты электроэнергетики, рыбной промышленности и цветной металлургии. Наибольший вклад в загрязнение морских вод вносит г. Владивосток (83,4%), сбрасывающий 247,1 млн. м³ загрязненных сточных вод в различные части акватории залива Петра Великого – бухты Золотой Рог и Диомид, пролив Босфор Восточный, Амурский и Уссурийский заливы. Основной вклад в загрязнение бухты Золотой Рог вносит река Обь-яснения, которая является приемником сточных вод структурного подразделения Владивостокской ТЭЦ-2 филиала Приморская генерация АО «Дальневосточная генерирующая компания» (194,96 млн. м³). Краевым государственным унитарным предприятием «Приморский водоканал» сбрасывается 46,05 млн. м³ загрязненных сточных вод. Всего реками побережья Японского моря в воды бассейна Японского моря сбрасывается 22,476 т АСПАВ, 27,925 т нефтепродуктов, 2869,419 т взвешенных веществ, 483792,326 т сульфатов, 356,873 т сухого остатка, 3367364,375 т хлоридов, 166,032 т фосфора фосфатов, 2869 т БПК_{полное}, 577,318 т аммония, 284,885 т кальция, 2493,838 т нитратов, 31,141 т нитритов, 3,862 т НСПАВ, 11714 кг бора, 364,389 кг жиров природного происхождения, 24,192 т железа, 896,172 кг алюминия, 238,748 кг кадмия, 382,518 кг марганца, 580,231 кг меди, 396,331 кг никеля, 316,840 кг свинца, 552,089 кг хрома шестивалентного, 1395,710 кг цинка, 8981,580 кг танидов и 979,762 кг фенолов.

В 2021 г. систематические исследования гидрохимического режима и качества вод прибрежной зоны Японского моря проводились лабораторией мониторинга загрязнения морских вод Приморского Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток) с апреля по октябрь в шести прибрежных районах залива Петра Великого на 39 стандартных станциях. Работы осуществлялись в рамках программы Государственной наблюдательной сети (ГНС). Отбор проб проводился в июне, августе и октябре в бухтах Золотой Рог (5 станций), Диомид (1) и в проливе Босфор Восточный (3), заливе Находка (август и сентябрь, 12 ст.), Амурском заливе (сентябрь, 9 ст.) и Уссурийском заливе (октябрь, 9 ст.) на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС». В заливах Находка (июнь), Амурский (июнь) и Уссурийский (июнь и июль) отбор проб производился на э/с «Атлас» ДВНИГМИ. Пробы донных отложений на загрязнение и анализ гранулометрического состава отбирались два раза в год – в июне и осенью. Оценка степени загрязнения донных отложений выполняется на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ по критериям экологической оценки загрязнённости грунтов по Neue Niederländische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица А.4).

11.3. Бухта Золотой Рог

Бухта Золотой Рог – длинная узкая бухта к северу от пролива Босфор Восточный Японского моря. Она защищена от всех ветров, кроме штормовых и волнения, вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый ($43^{\circ}06'$ с. ш. $131^{\circ}53'$ в. д.) и находящимся в 1,2 морской мили к востоку-северо-востоку от него мысом Голдобина. Глубины во входе в бухту 20–27 м и далее к вершине они постепенно уменьшаются. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает чрезвычайно загрязненная речка Объяснения. С северо-запада бухта Золотой Рог ограничена полуостровом Шкота с холмистыми берегами, а в южной части они обрывистые и на всем протяжении приглубые. Северный, южный и восточный берега возвышенные, кое-где обрывистые и окаймлены узкой низкой прибрежной полосой, искусственно выровненной и местами расширенной для портовых сооружений. Они почти на всем протяжении укреплены стенками, оборудованы 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 проложен вантовый Золотой мост. Площадь поверхности бухты – $4,44 \text{ км}^2$. Грунт в бухте илистый. Летом в бухте Золотой Рог преобладают южные и юго-восточные ветра, часты дожди и туманы. Осенью и зимой дуют преимущественно северные и северо-западные ветра, сопровождающиеся сухой и ясной погодой, значительным понижением температуры и повышением атмосферного давления. Зимние и осенние ветра бывают продолжительными и достигают скорости 6–8 м/с и более. Весной и летом скорость ветра несколько меньше. Туманы в бухте Золотой Рог наблюдаются с апреля по август и наиболее часто они бывают в июне-июле. Обычно туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива, а при штиле туманы бывают реже. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамёрзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.



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

В 2021 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в июне, августе и октябре на 5 постоянных станциях мониторинга (рис. 11.1). В 39 пробах воды из бухты Золотой Рог значения **температуры** морской воды изменялись в период наблюдений от 5,64°C в придонном слое в июне на ст. №14 на выходе из бухты до 30,20°C в поверхностном слое в августе в вершине бухты на ст. №1. Среднегодовое значение составило 18,48°C. Среднегодовой показатель **солёности** в 2021 году составил 30,984‰. Солёность изменялась от 27,930‰ в поверхностном слое в августе в кутовой части бухты до 33,550‰ в придонном слое в июне на выходе из бухты. Значения водородного показателя изменялись от 7,54 на поверхностном горизонте ст. №1 в августе до 8,31 в придонном слое ст. №14 в июне; среднегодовая величина составила 8,06 ед. pH. Средняя концентрация взвешенных частиц в водах бухты Золотой Рог составила 5,55 мг/дм³, что в полтора-два раза меньше значений двух предыдущих лет (табл. 11.1). Максимум (0,89 ПДК) был зафиксирован в октябре на промежуточном горизонте. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) в толще воды бухты изменялось в диапазоне 1,0–6,0 мгО₂/дм³; максимум (2,86 ПДК) отмечен в июне на выходе из бухты на поверхностном горизонте. Среднегодовое значение (1,05 ПДК) близко к уровню предыдущего года (1,36 ПДК). В отличие от предыдущих лет концентрация твердых взвешенных частиц в водах бухты была ниже установленного норматива, максимум достигал только 0,89 ПДК. Прозрачность вод бухты по диску Секки не превышала 4 м.

Среднее содержание **нефтяных углеводородов** (НУ) в водах бухты Золотой Рог существенно повысилось по сравнению с прошлогодним уровнем и составило 1,19 ПДК (табл. 11.1). Концентрация НУ превысила норматив в 35,8% проб. Максимальное значение (7,0 ПДК) зарегистрировано в октябре в середине бухты в придонном слое. В 2021 г. среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшее значение средней концентрации нефтяных углеводородов было зафиксировано в соседних бухтах Золотой Рог и Диомид (рис. 11.2). Здесь же были наиболее высокие максимальные значения НУ в морской воде, 7,0 ПДК и 5,0 ПДК. Также традиционно высокое экстремальное значение было отмечено в заливе Находка (4,6 ПДК). По **визуальным наблюдениям** за состоянием поверхности вод в июне практически по всей акватории бухты была зафиксирована пленка нефтепродуктов со степенью покрытия 91–100%, с густотой 10 баллов и интенсивностью 1 балл. В августе на отдельных участках акватории зафиксирована пленка со степенью покрытия 71–80% и 91–100%, с густотой 8 и 10 баллов соответственно и интенсивностью 1 балл. Местами наблюдался плавающий мусор.

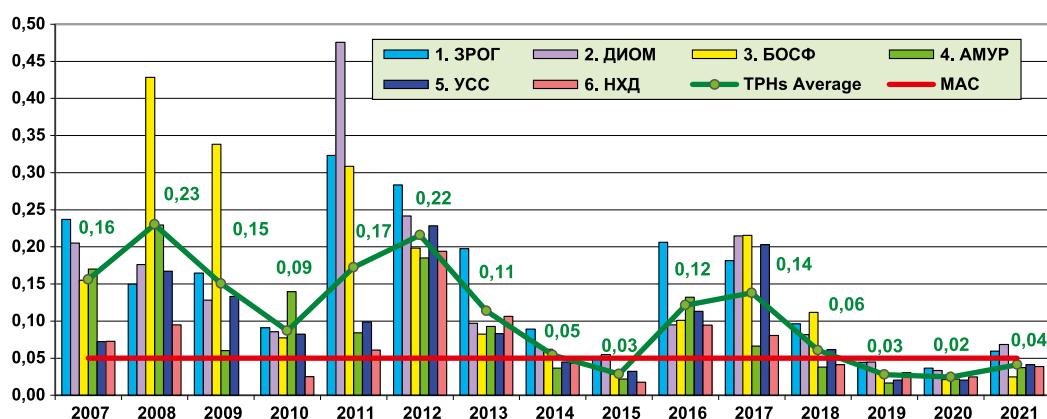


Рис. 11.2. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря. 1 – бухта Золотой Рог, 2 – бухта Диомид, 3 – пролив Босфор Восточный, 4 – Амурский залив, 5 – Уссурийский залив, 6 – залив Находка

Среднегодовое содержание **фенолов** снизилось в 1,8 раза и составило 1,17 ПДК. Их концентрация превышала норматив в 79,5% проб воды против 100% в прошлом году. Максимальное значение (1,8 ПДК) зарегистрировано в августе в кутовой части бухты вблизи реки в придонном слое. Среднегодовое содержание АПАВ в водах бухты снизилось в 1,1 раза до 0,86 ПДК. Диапазон концентрации составил 4,00–243,00 мкг/дм³. Максимальное значение (2,43 ПДК) было отмечено в августе на выходе из бухты на придонном горизонте. Концентрация АПАВ превысила предельно допустимое значение в 33,3% проб по сравнению с 41,7% в прошлом году. Среднегодовая и максимальная концентрация всех определяемых тяжелых металлов в водах бухты Золотой Рог не превышала предельно допустимых значений (табл. 11.2). Содержание почти всех металлов, за исключением ртути, немного снизилось по сравнению с прошлым годом.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах бухты Золотой Рог в 2012–2021 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	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
	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
ПДК средняя	0,25	0,02	0,03	0,04	0,14	0,39	1,53	0,10
	0,16	0,02	0,02	0,04	0,12	0,12	0,56	0,01
	0,31	0,06	0,02	0,16	0,45	0,22	0,70	0,23
	0,32	0,02	0,02	0,08	0,38	0,11	0,68	0,26
	0,36	0,06	0,13	0,05	0,18	0,12	0,49	0,41
	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
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

Концентрация аммонийного азота в толще вод бухты Золотой Рог в целом была невысокой и достигала только 958 мкг/дм³ (0,33 ПДК) в августе в кутовой части бухты вблизи устья реки Объяснения в поверхностном слое. Только в шести поверхностных пробах из вершины бухты концентрация превышала 200 мкг/дм³, поэтому среднее содержание аммонийного азота составило 0,05 ПДК и по сравнению с прошлым годом оно практически не изменилось. Также осталась на прежнем уровне среднегодовая концентрация нитритного азота в толще вод бухты. Максимальная составила 84,5 мкг/дм³ (4,23 ПДК) и была зафиксирована в августе на ст. №11 в промежуточном 10-метровом слое. Среднее содержание нитратов повысилось в 1,3 раза с 32,2 до 42,4 мкг/дм³; максимум (110,60 мкг/дм³) был отмечен в октябре в середине бухты в придонном слое. Среднегодовая концентрация общего азота практически не изменилась по сравнению с прошлым годом и составила 799 мкг/дм³; пределы изменений 345–2332 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация органического азота составила 562 мкг/дм³; значения варьировали в диапазоне 237–1337 мкг/дм³.

В 2021 г. среднегодовая концентрация минерального (фосфатов) и общего фосфора в бухте Золотой Рог составила 22,7 (2020 г. – 43,5) и 34,5 мкг/дм³ (48,1) соответственно. Максимальное содержание фосфатов (90,8 мкг/дм³) было зафиксировано в июне в вершине бухты у устья реки Объяснения; там же было отмечено наибольшее значение общего фосфора (123,80 мкг/дм³). Среднегодовая концентрация минерального фосфора снизилась в 1,9 раза, а общего фосфора – в 1,4 раза по сравнению с 2020 годом. Средняя концентрация кремния снизилась с 465,1 до 408,6 мкг/дм³; в течение периода наблюдений значения изменялись в диапазоне 135–1044 мкг/дм³. Максимальная концентрация была зафиксирована в июне на ст. №7 в поверхностном слое.

Кислородный режим характеризуется как средним содержанием растворенного в воде кислорода, так и его минимумом (дефицитом). Нарушение кислородного режима наблюдается во всех прибрежных районах залива Петра Великого, как правило в летнее время. Концентрация кислорода во время наблюдений в бухте Золотой Рог изменялась в пределах 4,61–8,79 мгО₂/дм³, в среднем составила 7,37 мгО₂/дм³. Абсолютный минимум 4,61 мгО₂/дм³ (71,5% насыщения – ниже норматива в 1,3 раза) был зафиксирован в августе на ст. №1 в устье реки Объяснения в поверхностном слое (рис. 11.3).

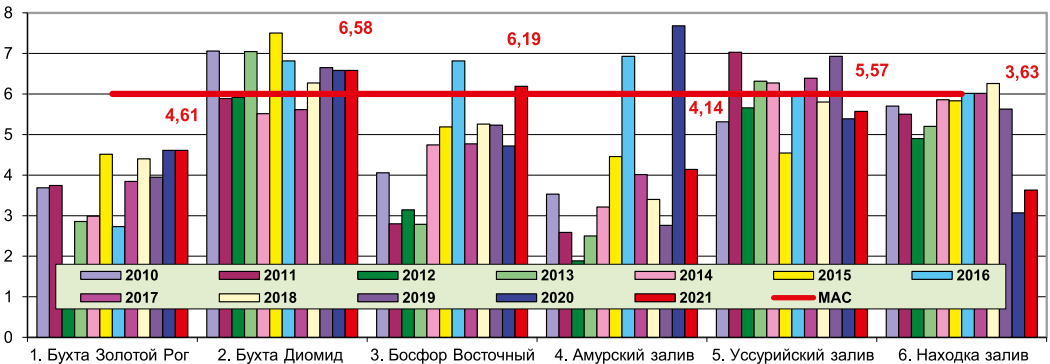


Рис. 11.3. Динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода (мгО₂/дм³) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

По сравнению с 2020 г. кислородный режим в бухте в среднем ухудшился. Показатели были немного ниже в августе (6,96), чем в июне (7,80) и октябре (7,18 мгО₂/дм³). По содержанию кислорода поверхностный (7,22) и придонный (7,29 мгО₂/дм³) слои не отличались. Кроме бухты Золотой Рог ситуация с нарушением кислородного режима очень напряженная в проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе, в основном в районах вблизи г. Владивостока: 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 лишь периодически. В 2021 г. кислородный режим в водах залива Петра Великого ухудшился в большинстве районов: в бухте Золотой Рог среднее содержание растворенного кислорода снизилось в 1,2 раза, в бухте Диомид – в 1,3 раза, в проливе Босфор Восточный – в 1,12 раза, в Амурском заливе оно снизилось с 10,06 до 7,89 мгО₂/дм³, т.е. в 1,3 раза, в заливе Находка – с 7,99 до 7,65 мгО₂/дм³. В Уссурийском заливе кислородный режим практически не изменился. В заливе Находка в течение периода наблюдений в мае, июле и сентябре было зафиксировано 26 случаев уменьшения содержания растворенного кислорода ниже норматива весной и только в двух пробах из бухты Находка (ст. № 1) летом и осенью.

В 2021 г. качество вод бухты Золотой Рог по индексу **ИЗВ** (1,06) существенно улучшилось по сравнению с прошлым годом и стало соответствовать диапазону величин III класса, «умеренно загрязненные» (табл. 11.3, рис. 11.4). Общий линейный тренд значений индекса отсутствует, при этом наблюдаются очень значительные межгодовые вариации. Последние пять лет качество вод бухты постепенно улучшается. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, фенолы и растворенное органическое вещество по БПК₅. Содержание металлов, включая ртуть, было относительно невысоким и даже по максимальным значениям не достигало установленного норматива. 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.

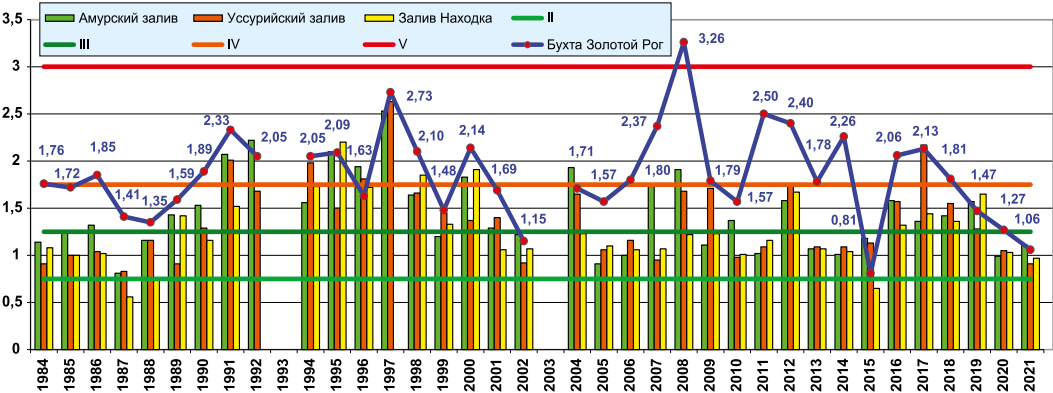


Рис. 11.4. Динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных частях залива Петра Великого и бухте Золотой Рог в 1984–2021 годах

Особенно сильно нарушенным кислородный режим был в кутовой части бухты вблизи устья реки Обьяснения. Качество вод отдельных районов залива в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса качества, «умеренно-загрязненные». А постепенное улучшение состояния вод бухты Золотой Рог позволило также отнести их к этому классу.

В 2021 г. в бухте Золотой Рог наблюдения за **донными отложениями** проводились в июне, августе и октябре на всех пяти станциях в бухте; всего было отобрано 15 проб. Грунты в бухте почти на всех станциях илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Летом гранулометрический состав донных отложений бухты был представлен частицами размером от 0,001 мм до 10,0 мм, а преобладали фракции 1,0–2,0 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 мм составило 0,22%; 0,005–0,01 мм – 9,5%; 0,01–0,05 мм – 20,64%; 0,05–0,1 мм – 18,02%; 0,1–0,2 мм – 23,20%; 0,2–0,5 мм – 20,02%; 0,5–1,0 мм – 6,71%; 1,0–2,0 мм – 0,73% и размером 2,0–5,0 мм составило 0,18%. Осенью гранулометрический состав донных отложений бухты Золотой Рог был составлен частицами размером 0,001 мм до 2,0 мм. Преобладают фракции с размером частиц от 0,1 мм до 0,2 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 мм составило 0,36%; 0,005–0,01 мм – 13,54%; 0,01–0,05 мм – 22,86%; 0,05–0,1 мм – 19,42%; 0,1–0,2 мм – 26,50%; 0,2–0,5 мм – 13,60%; 0,5–1,0 мм – 3,06% и размером 1,0–2,0 мм составило 0,66%.

Содержание **НУ** в пробах изменялось в пределах 650–26670 мкг/г, составив в среднем 9755 мкг/г, что примерно в 1,3 раза ниже прошлогодней величины. Динамика средней концентрации НУ по годам: 2005 г. – 1440 мкг/г; 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 мкг/г. В 2021 г. средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов (ДК) в **195,1** раз (табл. А.4). Максимальное значение (**533,4 ДК**) было отмечено в октябре в кутовой части бухты у устья реки. Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб. Содержание фенолов в пробах изменялось в пределах 2,6–12,0 мкг/г, в среднем составило 6,74 мкг/г. По сравнению с прошлым годом незначительно снизилось с 7,4 до 6,74 мкг/г. Максимум отмечен в июне на ст. №11 в куту бухты.

Концентрация **α-ГХЦГ** в отобранных пробах изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 0,9 нг/г сухого вещества; в среднем – 0,1 нг/г. Концентрация **γ-ГХЦГ** (линдан) – в диапазоне 0,10–0,30 нг/г, среднее содержание составило 0,20 нг/г (4 ДК). Максимум (6 ДК) был зафиксирован в июне на ст. №14 на выходе из бухты. Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог составила: ДДТ – 0,52 и 1,30 нг/г; ДДЭ – 10,36 и 41,50 нг/г; ДДД – 11,34 и 22,9 нг/г. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила в 22,05 нг/г (8,8 ДК). По сравнению с прошлогодним этот показатель снизился незначительно в 1,14 раза. Средняя концентрация альдрина составила 1,46 нг/г сухого остатка, что выше уровня прошлого года в 1,3 раза. В период наблюдений содержание этого пестицида варьировало в диапазоне 0,2–5,40 нг/г, а максимум был зафиксирован в июне на выходе из бухты в районе ст. №14. Среднегодовая концентрация полихлорбифенилов (ПХБ) в донных отложениях бухты составила 525,22 нг/г сухого остатка (26,26 ДК), что в 2,4 раза выше прошлогоднего уровня; диапазон значений 128,3–1692,4 нг/г. Максимум (84,62 ДК) был зафиксирован в июне также на выходе из бухты.

В 2021 г. среднегодовое содержание всех определяемых тяжелых **металлов** в донных отложениях бухты Золотой Рог снизилось: марганец и кадмий – в 1,3 раза, цинк и ртуть – в 1,25 раза, медь и железо – в 1,2 раза, кобальт, свинец и хром – в 1,1 раза (табл. 11.4). Среднегодовая концентрация меди, свинца, кадмия, цинка и ртути превышала норматив в 1,5–3,5 раза. Максимальные значения меди (7,39), кадмия (5,13), свинца (3,25), цинка (4,0) и ртути (7,43 ДК) были отмечены в вершине бухты на ст. №1. В прошлом году наибольший уровень содержания этих металлов был зарегистрирован в осадках в центре бухты на ст. №7.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2012-2021 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
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
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
	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
ПДК максимальная	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

* выделенные значения выше ДК.

** пробы на содержание ртути в донных отложениях отбирались в мае и октябре.

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 2021 г. гидрохимические наблюдения в бухте Диомид проводились в июне, 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 12,02–23,80°C. Соленость изменялась от 28,92‰ в августе на поверхности до 32,79‰ в июне на глубине 7 м; среднее значение составило 30,755‰ (2016 – 32,053‰; 2017 – 29,625‰; 2018 – 31,64‰; 2019 – 28,98‰; 2020 – 29,21‰). Водородный показатель варьировал в пределах 7,97–8,26; в среднем 8,09 ед. рН (в 2016 г. – 8,16; 2017 – 8,15; 2018 – 8,13; 2019 – 8,23; 2020 – 8,01). Содержание взвешенных в воде частиц изменялось в диапазоне 2,3–8,1 мг/дм³, в среднем – 4,67 (0,47 ПДК). Максимум отмечен в октябре в придонном слое. По сравнению с прошлым годом средняя величина снизилась в 1,3 раза. Средний показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) немного снизился до 2,00 мгО₂/дм³; максимальное значение (1,90 ПДК) зарегистрировано в июне. Прозрачность воды бухты была не более 2 м.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** в 2021 г. составило 0,068 мг/дм³, диапазон изменений 0,00–0,25 мг/дм³ (табл. 11.1). Средняя величина повысилась в 2,1 раза, а максимальная концентрация (5,0 ПДК) зарегистрирована в октябре в придонном слое. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано. Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,8–1,4 мкг/дм³; среднее содержание составило 1,17 ПДК. Максимум зафиксирован в августе в поверхностном слое. Уровень загрязненности морских вод фенолами снизился по сравнению с прошлым годом в 1,6 раза (рис. 11.5). Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 16–120 мкг/дм³, максимум отмечен в июне в придонном слое. Среднегодовая величина (0,61 ПДК) снизилась по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза. Превышение предельно допустимой концентрации отмечено в одной пробе.

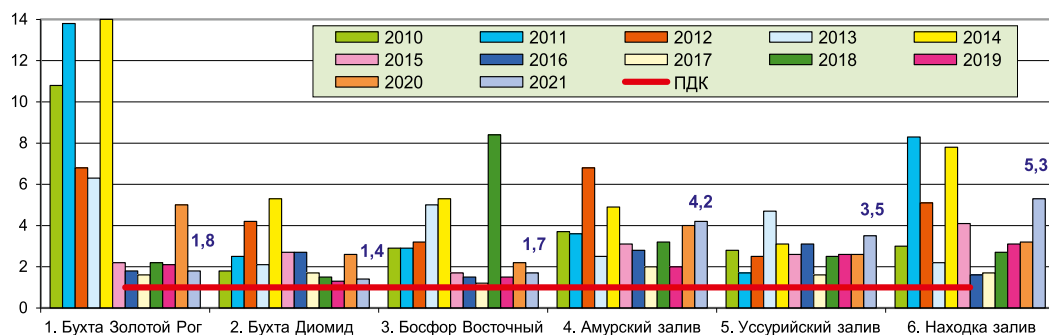


Рис. 11.5. Динамика максимальной концентрации фенолов (мкг/дм³) в водах отдельных районов залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

Среднегодовая и максимальная концентрация исследуемых **тяжелых металлов** в водах бухты не превышала предельно допустимых значений. Среднее и наибольшее значения составили для свинца 0,17/0,40; меди 0,87/1,10; кадмия 0,07/0,10; никеля 0,57/2,40; ртути 0,015/0,04; цинка 3,98/6,30 и марганца 1,97/4,50 мкг/дм³. Максимальные показатели содержания фенолов в водах отдельных районов залива Петра Великого не имеют четкого тренда (рис. 11.5). За последний год максимумы по фенолам снизились в бухте Золотой Рог, бухте Диомид и проливе Босфор Восточный. В Амурском заливе изменений не произошло, а в Уссурийском заливе и заливе Находка произошел рост этого показателя.

Содержание аммонийного **азота** в водах бухты изменялось в пределах 22–152 мкг/дм³; среднегодовая концентрация осталась (0,02 ПДК) на прошлогоднем уровне. Концентрация нитритов в морской воде снизилась в 1,9 раза, а нитратов в 1,5 раза и составила 32,0 мкг/дм³. Среднее содержание общего азота снизилось с 690,5 мкг/дм³ до 609,0 мкг/дм³ (максимум 752,0). Среднегодовая концентрация органического азота снизилась с 555,0 до 516,0 мкг/дм³, максимальная составила 655,0 мкг/дм³. В период проведения работ концентрация фосфатов была в диапазоне 9,4–14,0 мкг/дм³, средняя (11,95 мкг/дм³) почти в пять раз ниже прошлогодней (55,4 мкг/дм³); максимум был отмечен дважды – в августе и в октябре в придонном слое. Количество общего фосфора изменялось в диапазоне 12,4–22,7 мкг/дм³, среднее – 19,13 мкг/дм³ (в 2020 г. – 41,63 мкг/дм³); максимум отмечен в октябре в придонном слое. Содержание кремния изменялось в пределах 193–591 мкг/дм³, составив в среднем за год 322,5 мкг/дм³ (в 2020 г. – 413,5 мкг/дм³); максимум зафиксирован в августе в придонном слое. По сравнению с прошлым годом среднее содержание кремния снизилось в 1,28 раза.

Кислородный режим в водах бухты Диомид ухудшился примерно в 1,3 раза: среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** снизилась и составила 7,46 мгО₂/дм³ или 96,3% насыщения против прошлогодних 9,51 мгО₂/дм³ и 118,8% насыщения. Минимальное значение (6,58 мгО₂/дм³) было отмечено в августе в придонном слое. По индексу загрязненности вод ИЗВ (1,07, III класс, «умеренно-загрязненные») качество вод бухты Диомид практически осталось на уровне прошлого года. По сравнению с 2020 г. повысилась концентрация НУ в морской воде и снизилась концентрация фенолов. Концентрация тяжелых металлов в водах бухты по-прежнему не превышала норматива.

В бухте Диомид в июне и октябре были отобраны две пробы **донных отложений**, в которых проводилось определение содержания нефтяных углеводородов, фенолов и тяжелых металлов. Содержание НУ в июньской пробе составило 2360 мкг/г сухого остатка (47 ДК), в октябрьской пробе – 6870 (137,4 ДК). По сравнению с предыдущим годом среднее содержание было ниже в 2,2 раза (рис 11.6). В последние 10 лет уровень загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений бухты Диомид постепенно снижается после максимума в 2018 г. До 2014 г. среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид редко превышала 100 ДК: 2006 г. – 108 ДК; 2007 г. – 107 ДК; 2008 г. – 56 ДК; 2009 г. – 133 ДК; 2010 г. – 66 ДК; 2011 г. – 89 ДК; 2012 г. – 57 ДК; 2013 г. – 29 ДК, а в последние шесть лет этот показатель всегда был выше: в 2014 г. – 110 ДК; 2015 г. – 132 ДК; 2016 г. – 129 ДК; 2017 г. – 222 ДК; 2018 г. – 333 ДК, в 2019 г. – 196, в 2020 – 206 ДК. В заливе Петра Великого два прибрежных района резко выделяются среди других по уровню загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами: это бухта Золотой Рог и бухта Диомид (рис. 11.6), где среднее содержание НУ превышает этот показатель в других районах на порядок. Достаточно высок уровень загрязненности донных отложений НУ и в проливе Босфор Восточный. В заливах Амурском, Уссурийском и Находка ситуация значительно более спокойная: в 2021 г. среднее содержание НУ в этих районах изменялось в диапазоне 1,2–6,2 ДК.

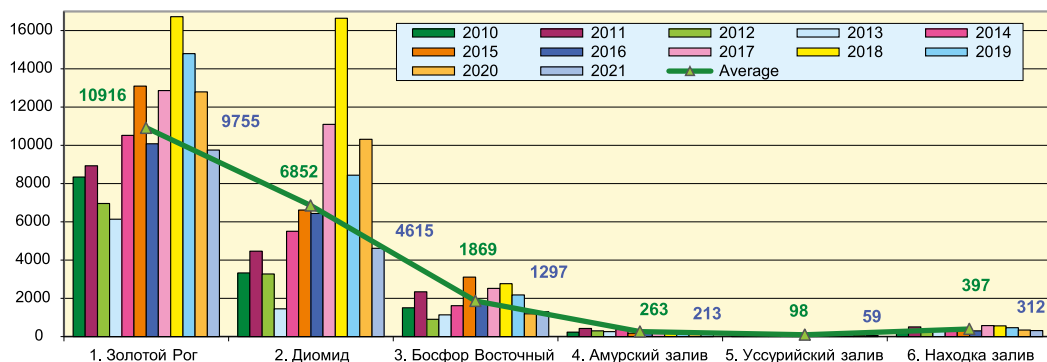


Рис. 11.6. Многолетние изменения средней концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2021 гг.

Содержание α -ГХЦГ в донных отложениях бухты Диомид в двух пробах было ниже уровня чувствительности метода анализа. Концентрация γ -ГХЦГ в июне и октябре составила 0,2 нг/г (4 ДК). Содержание ДДТ в донных отложениях летом составило 0,8 нг/г, в октябре 7,7 нг/г, в среднем – 4,25 нг/г; ДДЭ 7,2–8,7/7,95 нг/г; ДДЦ 4,3–11,8/8,05 нг/г. Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в июне 12,3 нг/г (4,92 ДК), в октябре 28,2 нг/г (11,28 ДК). Содержание альдрина составило 0,5 нг/г в июне, 1,9 нг/г в октябре; ПХБ 368,7 нг/г (18,44 ДК) и 239,2 нг/г (11,96 ДК) соответственно. Содержание фенолов в донных отложениях составило 2,8 и 4,4, в среднем 3,6 мкг/г, что в 1,7 раза ниже уровня прошлого года (6,20 мкг/г).

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми **металлами** было традиционно высоким (табл. 11.5). Среднегодовое содержание большинства элементов многократно превышало ДК, хотя и снизилось по сравнению с 2020 г.; кобальта и никеля не изменилось и было по-прежнему ниже принятого норматива ДК, а ртути увеличилось в 1,2 раза до 7,0 ПДК.

Таблица 11.5. Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2012-2021 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
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
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
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

11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс

Босфор Восточный – пролив в заливе Петра Великого Японского моря, соединяет Амурский и Уссурийский заливы и отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русского и Елены. Глубины в средней части пролива Босфор Восточный 26–38 м. По мере приближения к западному проходу пролива они постепенно увеличиваются до 50 м, а к восточному – до 42 м. 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 из Уссурийского залива в Амурский вдоль северного берега. Средняя скорость этих течений в устьях пролива колеблется от 0,2 до 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 непрерывающиеся всю зиму судоходство и ледокольные работы.

В 2021 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод и донных отложений в проливе Босфор Восточный (ст. №18, 23) и бухте Улисс (ст. №19) проводились в июне, августе и октябре (рис. 11.1). Всего проанализировано 27 проб морской воды. В период наблюдений минимальная температура воды была зафиксирована в июне на ст. №23 у мыса Безымянного в придонном слое и составила 5,69°C, максимальная в авгу-

сте там же на поверхности (23,50°C). Значения солености изменялись от 26,08‰ в августе в поверхностном слое в бухте Улисс до 33,58‰ в июне в придонном слое. Среднегодовое значение солености составило 30,68‰. Значения водородного показателя варьировали от 7,97, зафиксированных в августе на ст. №18 в придонном слое, до 8,30 в июне в бухте Улисс на промежуточном горизонте 10 м; среднее значение составило 8,12 ед. pH. Концентрация взвешенных частиц в воде была в диапазоне от 1,8–9,0 мг/дм³; среднее значение снизилось в 1,8 раза и составило 4,54 мг/дм³. Средняя концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ составила 1,81 мгО₂/дм³, что немного ниже прошлогоднего (2,00 мгО₂/дм³). Значения изменялись в диапазоне 1,0–4,0 мгО₂/дм³ (1,9 ПДК). Прозрачность морских вод в проливе Босфор Восточный была не более 5 м.

Концентрация **HV** в воде пролива летом–осенью изменялась от аналитического нуля в двух пробах до 1,20 ПДК. Среднее содержание не изменилось и составило 0,02 мг/дм³. Максимальная концентрация была отмечена в бухте Улисс в июне в придонном слое. 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 очень узком диапазоне 1,0–1,70 мкг/дм³; среднегодовое содержание составило 1,32 ПДК. Максимум отмечен в августе в придонном слое. Превышение ПДК отмечено в 94,4% проб. Концентрация АПАВ в морских водах была в пределах 33–255 мкг/дм³; а средняя концентрация повысилась с 0,76 до 0,97 ПДК (рис. 11.7). Содержание детергентов превышало норму в 38,9% проб. По многолетним данным системы государственного мониторинга во всех прибрежных районах залива Петра Великого три года с 2016 г. наблюдался резкий рост уровня загрязненности морских вод поверхностно-активными веществами по сравнению со всеми предыдущими годами наблюдений (рис. 11.7). В 2020–2021 годах этот процесс остановился во всех районах, и среднегодовой показатель не превысил 1 ПДК.

Средняя за три теплых месяца концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах пролива Босфор Восточный не превышала установленный норматив (табл. 11.6). Максимальная концентрация ртути превысила ПДК в 2,9 раза и была зафиксирована в октябре на ст. №23 в придонном горизонте. Наибольшие значения остальных определяемых металлов не превышали норму.

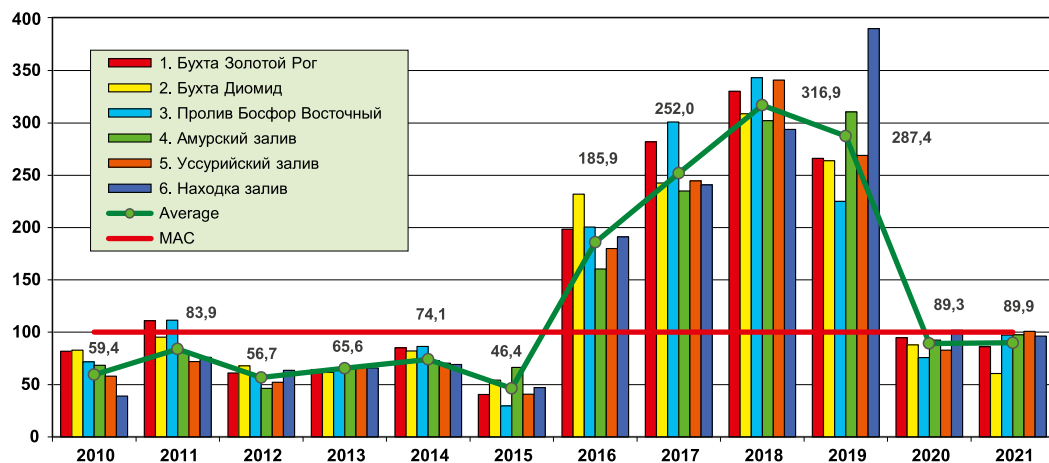


Рис. 11.7 Межгодовая динамика средней концентрации поверхностно-активных веществ (мкг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

Таблица 11.6. Среднее и максимальное значение концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах пролива Босфор Восточный в 2012–2021 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
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
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
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

Концентрация биогенных элементов в водах пролива и бухте Улисс в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного **азота** изменялось в незначительном диапазоне 17–133 мкг/дм³, а среднее было очень невысоким (0,01 ПДК). Среднегодовая концентрация нитритов снизилась в 2 раза, а максимум (32,7 мкг/дм³, 1,64 ПДК) был отмечен в августе на востоке пролива в поверхностном слое. Диапазон значений нитратного азота был 2,2–71,0 мкг/дм³; максимальная концентрация была отмечена в августе у дна, а среднегодовая снизилась с 27,6 до 21,07 мкг/дм³. Значения общего азота изменялись в диапазоне 422–819 мкг/дм³, составив в среднем 555,9 мкг/дм³, что в 1,1 раза меньше прошлогоднего 614,3 мкг/дм³; максимум был зарегистрирован в августе на востоке в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического азота составила 473,0 мкг/дм³, что несколько ниже прошлогоднего значения 500,0 мкг/дм³; содержание органического азота изменялось в пределах 349,0–788,0 мкг/дм³.

Среднегодовое содержание минерального фосфора снизилось в 2,9 раза и составило 11,67 мкг/дм³. За наблюдаемый период концентрация в пробах воды изменялась от 5,5 до 23,9 мкг/дм³. Максимальная концентрация фосфатов была отмечена в октябре на ст. №23 на горизонте 10 м. Значения общего фосфора были в пределах 7,4–36,3 мкг/дм³, максимум был зафиксирован в октябре в бухте Улисс в придонном слое. Средняя концентрация общего фосфора снизилась в 2 раза с 38,1 до 18,20 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива повысилась в 2,1 раза и составила 9,9 мкг/дм³, диапазон 1,9–32,7 мкг/дм³. Концентрация кремния изменялась в широком диапазоне 143–980 мкг/дм³; максимум зарегистрирован в августе в придонном слое. Средняя концентрация составила 380,5 мкг/дм³, это в 1,75 раза ниже уровня прошлого года 666,3 мкг/дм³.

В 2021 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный и бухты Улисс снизилось с 8,96 до 7,99 мгО₂/дм³ (93,3% насыщения). По ИЗВ (0,98) качество вод пролива не изменилось и соответствовало III классу, «умеренно загрязненные». Расчет выполнен по средней концентрации кислорода, фенолов, детергентов и органических веществ по БПК₅. Приоритетными ЗВ в этом районе акватории залива Петра Великого являются нефтяные углеводороды, АПАВ, фенолы, органическое вещество, ртуть, железо, цинк и медь.

В проливе Босфор Восточный и бухте Улисс шесть проб на содержание ЗВ в **донных отложениях** было отобрано в июне и октябре. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 280–3530 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 1296,67 мкг/г. Максимальная концентрация превысила ДК в 70,6 раза и была зафиксирована в октябре в бухте Улисс. В предыдущие годы средняя концентрация 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 и в 2020 – 1188 мкг/г сухого остатка. В 2021 г. превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. Среднее содержание фенолов в донных отложениях пролива фенолами снизился почти в 1,3 раза с 4,8 до 3,6 мкг/г, при диапазоне концентрации 2,5–4,4 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в октябре в бухте Улисс.

Содержание изомера **α-ГХЦГ** во всех пробах донных отложений было ниже уровня чувствительности метода определения. Концентрация γ-ГХЦГ изменялась в диапазоне 0,2–0,3 нг/г, в среднем 0,23 нг/г (4,6 ДК). В 2021 г. концентрация ДДТ была в диапазоне 0,0–0,9 нг/г, в среднем 0,25 нг/г; ДДЭ – 0,2–1,3/0,68 нг/г; ДДД – 0,5–2,0/1,38 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило 2,32 нг/г (0,93 ДК). Содержание альдрина в трех июньских пробах – 0,1 нг/г. Концентрация ПХБ в донных отложениях в июне изменялась от 32,8 до 72,3 нг/г, составив в среднем 53,4 нг/г (2,67 ДК).

Средняя концентрация большинства тяжелых металлов в шести пробах донных отложений пролива Босфор Восточный и бухты Улисс по сравнению с прошлым годом снизилась (табл. 11.7). Повысилось значение меди, свинца и ртути, а кобальта, никеля и хрома осталось на прежнем уровне. Максимальная концентрация меди 1,49 ДК, свинца 1,51 ДК и ртути 3,67 ДК.

Таблица 11.7. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2012-2021 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
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
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
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

11.6. Амурский залив

Амурский залив – внутренний залив у северо-западного берега залива Петра Великого. Длина около 65 км, ширина от 9 до 20 км, глубина до 50 м. Площадь поверхности 966 км². Амурский залив среди других акваторий Приморского края 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. Тем не менее, 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, напротив островов Попова и Рейнке 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.

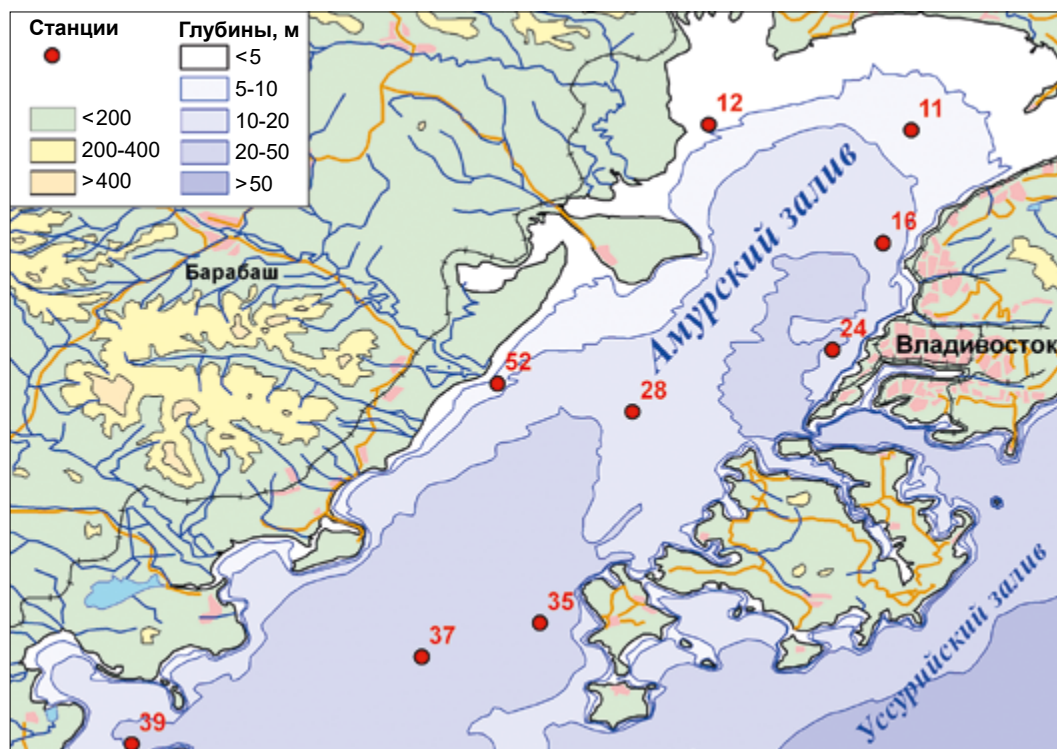


Рис. 11.8. Станции отбора проб в Амурском заливе в 2021 г.

В 2021 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в июне и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 48 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.8). В период наблюдений **температура** воды изменялась от 0,05°C в апреле на ст. №37 в придонном слое до 24,14°C в сентябре на ст. №16 на поверхностном горизонте, составив в среднем для всей толщи 13,17°C. Соленость варьировала в широком диапазоне: 24,81–34,07‰ (апрель, ст. №37 на выходе из залива в придонном слое), составив в среднем 22,07‰. Значения pH изменялись в диапазоне 7,89–8,50; среднее – 8,29 ед. pH. Среднегодовое содержание взвешенных веществ повысилось по сравнению с 2020 г. в 1,4 раза и составило 8,36 мг/дм³. Значение биохимического потребления кислорода БПК₅ изменялось в диапазоне 1,0–5,0 мгО₂/дм³, составив в среднем 2,46 мгО₂/дм³ (1,17 ПДК). Максимальное значение (2,4 ПДК) было зафиксировано пять раз в апреле дважды на ст. №39 и вдоль всего восточного берега в глубине залива. Прозрачность вод в заливе достигала 7 метров, это прошлогодний уровень прозрачности.

В период проведения наблюдений содержание **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялось от 0,01 до 0,12 мг/дм³ (2,4 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в апреле у Владивостока в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация (0,037 мг/дм³, 0,8 ПДК) по сравнению с 2020 г. выросла в 2 раза. В Амурском заливе с 2017 г. отмечалось постепенное снижение среднегодовой концентрации НУ в морских водах, однако в последний год зафиксирован рост этого показателя (рис.11.2). В 2021 г. превышение ПДК было отмечено в 14,6% проб (в 2020 г. – 2,1%). По визуальным наблюдениям в июне за состоянием поверхности морских 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, как правило, в бухте Золотой Рог, бухте Диомид и проливе Босфор Восточный – в прибрежных водах вокруг Владивостока (рис. 11.9). В других районах редко наблюдалась критически высокая концентрация НУ. Везде в 2011-2012 и 2016-2017 годах был резкий всплеск содержания нефтяных углеводородов в водах залива Петра Великого. В последние три года ситуация улучшилась, и их средняя концентрация превышала норматив только в бухтах Золотой Рог и Диомид, а во всех остальных районах она была ниже установленного предела.

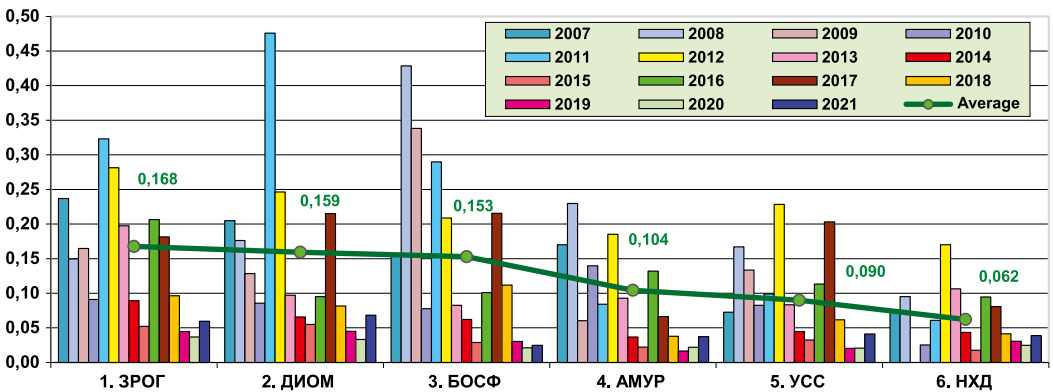


Рис. 11.9. Межгодовые изменения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря: 1. ЗРОГ – бухта Золотой Рог, 2. ДИОМ – бухта Диомид, 3. БОСФ – пролив Босфор Восточный, 4. АМУР – Амурский залив, 5. УСС – Уссурийский залив, 6. НХД – залив Находка

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** снизился в 1,2 раза и составил в среднем 1,54 ПДК. Диапазон значений 0,8–4,20 мкг/дм³; максимальная концентрация была зафиксирована в апреле на ст. №39 в придонном слое. В 81,3% случаев содержание фенолов в пробах превышала норматив. Концентрация АПАВ была в широком диапазоне 0,0–250,0 мкг/дм³, составив в среднем 97,7 мкг/дм³ (0,98 ПДК). Максимальная была зафиксирована в апреле на ст. №35 в поверхностном слое. Уровень загрязненности морских вод детергентами в Амурском заливе по сравнению с прошлым годом практически не изменился (рис.11.7). В 37,5% случаев концентрация АПАВ в пробах превышала ПДК.

Средние показатели всех определяемых в морской воде **металлов** не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.8). В сентябре на ст.№39 в придонном слое зафиксирована максимальная концентрация ртути, которая превысила ПДК в 1,7 раза. Наибольшие значения других металлов не превышали норматив.

Таблица 11.8. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Амурского залива в 2012–2021 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
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
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

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

Концентрация аммонийного **азота** в водах Амурского залива изменялась в пределах 12,0–139,0 мкг/дм³, составив в среднем 0,01 ПДК; по сравнению с 2020 г. содержание аммония снизилось почти в два раза. Содержание нитритов в морской воде также отмечено во всех пробах (0,6–48,4 мкг/дм³), средняя величина в 1,4 раза ниже прошлогодней. Среднее содержание нитратов повысилось почти в 3,8 раза с 8,34 до 31,30 мкг/дм³, при диапазоне значений 3,0–102,3 мкг/дм³. Среднее содержание общего азота снизилось по сравнению с прошлым годом (936,9 мкг/дм³) в 1,8 раза, составив 532,27 мкг/дм³; разброс величин 323,0–1189,0 мкг/дм³. Среднегодовое значение органического азота также снизилось в 1,9 раза и составило 456,0 мкг/дм³ (в 2020 г. – 863,0 мкг/дм³); максимальное значение 1110,0 мкг/дм³.

Среднее содержание фосфора **фосфатов** в водах Амурского залива очень незначительно повысилось с 24,9 до 26,73 мкг/дм³; концентрация изменялась в диапазоне 4,7–120,4 мкг/дм³. Концентрация общего фосфора была в пределах 11,6–144,5 мкг/дм³; среднегодовой показатель по сравнению с прошлым годом повысился в 1,6 раза с 23,18 до 36,53 мкг/дм³. Максимальное значение обоих параметров отмечено в сентябре у Владивостока на ст. №16 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод залива составила 9,9 мкг/дм³, а диапазон в наблюдаемый период – 1,9–32,7 мкг/дм³. Средняя концентрация кремния в водах Амурского залива снизилась в 1,2 раза: с 732,42 до 592,15 мкг/дм³; максимум (1615 мкг/дм³) был отмечен в апреле в вершине залива на ст. №12 в поверхностном слое в распреснённой линзе с соленостью 24,81‰.

Содержание растворенного **кислорода** в водах Амурского залива изменялось в диапазоне 4,14–10,39 мгО₂/дм³, среднее составило 7,89 мгО₂/дм³, 93,3% насыщения. В период наблюдений в июне и сентябре было отмечено четыре случая, когда концентрация растворенного **кислорода** была ниже норматива. Максимально низкое значение (4,14 мг/дм³, 55,4% насыщения) было зафиксировано в сентябре у Владивостока на ст. №16 в придонном слое. По сравнению с прошлым годом среднегодовой показатель снизился в 1,3 раза с 10,06 до 7,89 мгО₂/дм³. Воды Амурского залива в 2021 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,11) по-прежнему соответствовали III классу и оценивались как «умеренно-загрязненные». Качество вод незначительно ухудшилось по сравнению с прошлогодним в основном за счет увеличения уровня загрязненности морских вод органическим веществом в 2,5 раза. В расчет индекса включены также фенолы (небольшое снижение) и детергенты. Хотя содержание НУ увеличилось почти в два раза, однако осталось ниже нормы в среднем, но достигало 2,4 ПДК по максимальной величине. Хотя загрязнение вод металлами в целом незначительное, однако наибольшая концентрация ртути доходила до 1,7 ПДК. Кислородный режим в заливе значительно ухудшился. В четырех случаях концентрация кислорода была ниже норматива, один раз в конце апреля, а три раза в начале сентября у Владивостока. Сезонное летне-осеннее снижение аэрированности вод обычно влияет на оценку качества морской среды.

В 2021 г. отбор 18 проб **донных отложений** в Амурском заливе проводился в апреле и сентябре. Среднее содержание НУ составило 213,33 мкг/г сухого остатка (4,2 ДК). Концентрация нефтяных углеводородов в пробах изменялась в широком диапазоне 10–1030 мкг/г. Максимум (20,6 ДК) отмечен в сентябре на ст. №24 вблизи Владивостока. Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 1,6–15,0/5,28 мкг/г, максимум был отмечен в апреле на ст. №39.

Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ варьировала от 0,20 до 32,40 нг/г, а средняя составила 6,91 нг/г (2,76 ДК), что в 1,5 раза выше значения прошлого года. Максимальная величина ДДТ достигала только 0,8 нг/г, ДДД было больше (2,9 нг/г), а ДДЭ в одной пробе со ст. №11 достигало очень высокого значения 31,3 нг/г (3,1 ПДК), следующее значение 4,9 нг/г. Средняя концентрация α -ГХЦГ в донных отложениях составила 0,11 нг/г; значения изменялись от аналитического нуля в восьми пробах до 0,5 нг/г; γ -ГХЦГ – 0,0–0,2/0,05 нг/г. Максимальное содержание линдана (4 ДК) было зафиксировано на ст. №24 (глубина 22 м). В этой же пробе единственный раз был обнаружен альдрин (0,1 нг/г) и отмечено первое и второе по величине содержание полихлорбифенилов (60,9 в апреле и 56,2 нг/г в сентябре). Средняя концентрация ПХБ в донных отложениях Амурского залива составила 18,6 нг/г (0,93 ДК), минимальная 2,9 нг/г.

Среднегодовые значения всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях Амурского залива достигали половины допустимого уровня только для кадмия и никеля (табл. 11.9). Максимальное значение никеля (2,93 ДК) зафиксировано в апреле на ст. №11. Максимальная концентрация ртути немного снизилась и составила 1,03 ДК, при этом уровень загрязненности в среднем не изменился по сравнению с 2020 г. Общий уровень загрязнения осадков Амурского залива ртутью существенно ниже, чем в бухте Золотой Рог и бухте Диомид (рис. 11.10). В меньшей степени, но тоже достаточно высоко загрязнены донные отложения в проливе Босфор Восточный. Во всех остальных районах среднее содержание ртути не превышало допустимого уровня, а максимальные величины не превышали 2 ДК. Максимальные значения остальных определяемых тяжелых металлов в донных отложениях залива в 2021 г. не превышали допустимый уровень.

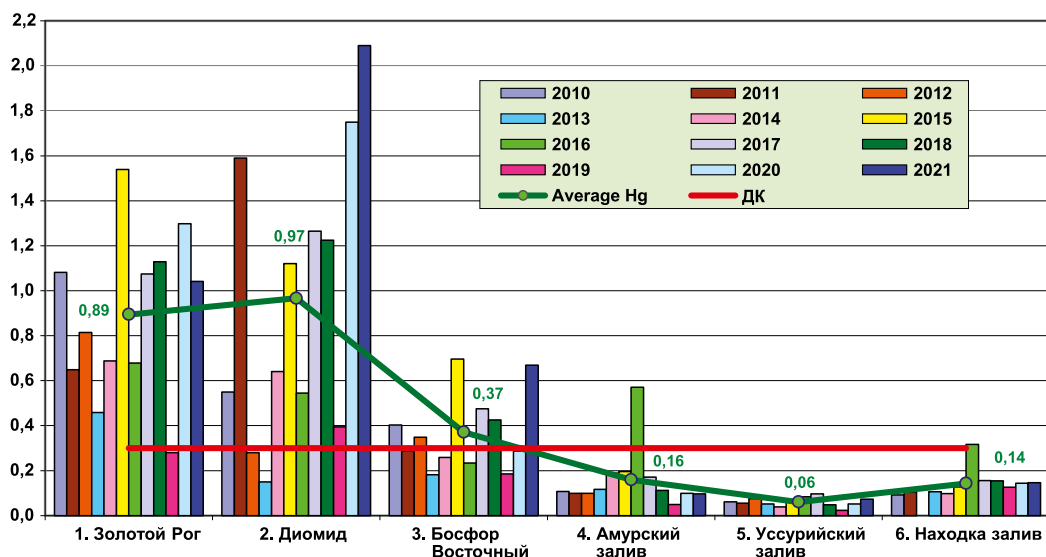


Рис. 11.10. Многолетние изменения средней концентрации ртути (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2021 гг. Значения в бухте Диомид в 2020–2021 гг. составили 1,75 и 2,09 мкг/г соответственно

Таблица 11.9. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2012–2021 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	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
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
ДК максимальная	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
	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

11.7. Уссурийский залив

Уссурийский залив – крупный внутренний залив у северного берега залива Петра Великого Японского моря. Входной на западе мыс Маячный на острове Шкота и мыс Сысоева (Шкотовский район) 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, ледяной покров незначителен. 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 бухте Лазурная (Шамора) расположен самый популярный и крупный пляж Владивостока. Считается более холодным по сравнению с соседним Амурским заливом.

В 2021 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях (рис. 11.11). Всего было отобрано 72 пробы воды и 18 проб донных отложений в апреле и октябре. В период проведения работ **температура** воды изменялась от -1°C в апреле на выходе из залива в придонном слое до $20,9^{\circ}\text{C}$ в июле в вершине залива в поверхностном слое. Среднее значение составило $11,63^{\circ}\text{C}$. Значения солёности изменялись от 28,96‰ в июле в вершине залива на поверхности до 34,11‰ в апреле на выходе из залива в придонном слое; средний показатель составил 33,23‰. Значения pH изменялись от 8,07 до 8,4, в среднем – 8,25 ед. pH. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,6–11,7 мг/дм³, составив в среднем 5,66 мг/дм³; максимальное значение (1,2 ПДК) зарегистрировано в июле в куту залива. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК₅ снизилось по сравнению с прошлым годом и составило 1,26 мгО₂/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 мгО₂/дм³). Максимальное значение (4,00 мгО₂/дм³, 1,9 ПДК) было зарегистрировано в июле в придонном слое около г. Большой Камень. Всего в Уссурийском заливе в 2021 г. зафиксировано 5 случаев, когда значение БПК₅ было выше ПДК.



Рис. 11.11. Станции отбора проб в Уссурийском заливе

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от величин ниже предела обнаружения в четырех пробах ($DL=0,01 \text{ мг/дм}^3$) до $0,13 \text{ мг/дм}^3$ (2,6 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в апреле у Большого Камня в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация НУ по сравнению с прошлогодней увеличилась в два раза и составила 0,8 ПДК (рис. 11.9). Содержание НУ в воде залива превышало ПДК в 39% проб. Содержание фенолов в пробах изменялось в диапазоне $0,4\text{--}3,5 \text{ мкг/дм}^3$; средняя концентрация снизилась в 1,5 раза и составила 1,1 ПДК. Максимальная концентрация фенолов в морской воде была зафиксирована в апреле на поверхности на ст. №108. Превышение ПДК наблюдалось в 75% проб (2010 г. – 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 г. – 75%). Уровень загрязненности вод залива детергентами в среднем увеличился в 1,2 раза и немного превысил норматив; диапазон $2\text{--}380 \text{ мкг/дм}^3$, максимум был отмечен в июле в промежуточном слое около Владивостока.

Воды Уссурийского залива относительно бухты Золотой Рог и Амурского залива меньше загрязнены тяжелыми **металлами**, их средняя за период наблюдений концентрация не превышала половину норматива (табл. 11.10). Максимальная концентрация меди и ртути увеличилась в 1,8 раз, составив 1,4 и 1,6 ПДК соответственно. Максимальная концентрация никеля снизилась в 1,8 раз до 0,8 ПДК. Максимальная концентрация марганца выросла в 9 раз (0,8 ПДК) и наблюдалась в октябре на ст. №112 в промежуточном слое.

Таблица 11.10. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм^3) в водах Уссурийского залива в 2012–2021 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
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
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
ПДК максимальная	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
	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

Содержание биогенных элементов в водах Уссурийского залива в 2021 г. в целом соответствовало многолетней изменчивости. Средняя за период наблюдений концентрация аммонийного азота не превысила 0,1 ПДК, снизилась по сравнению с предыдущем годом в 2,4 раза и составила 0,01 ПДК. Значения изменялись в пределах 10–55 мкг/дм³. 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 1,1 раза и составила 0,13 ПДК при диапазоне значений 0,2–29,2 мкг/дм³. Максимум (1,2 ПДК) зарегистрирован в прибрежной зоне вблизи Большого Камня в конце апреля в придонном слое на глубине 13 м. Средняя величина нитратов увеличилась в 4,8 раза и составила 22,3 мкг/дм³ при диапазоне значений 2,6–116,1 мкг/дм³; максимум (0,01 ПДК) отмечен в октябре на выходе из залива в придонном слое. Среднее содержание общего азота уменьшилось в 1,4 раза до 606 мкг/дм³; диапазон значений 320–1882 мкг/дм³.

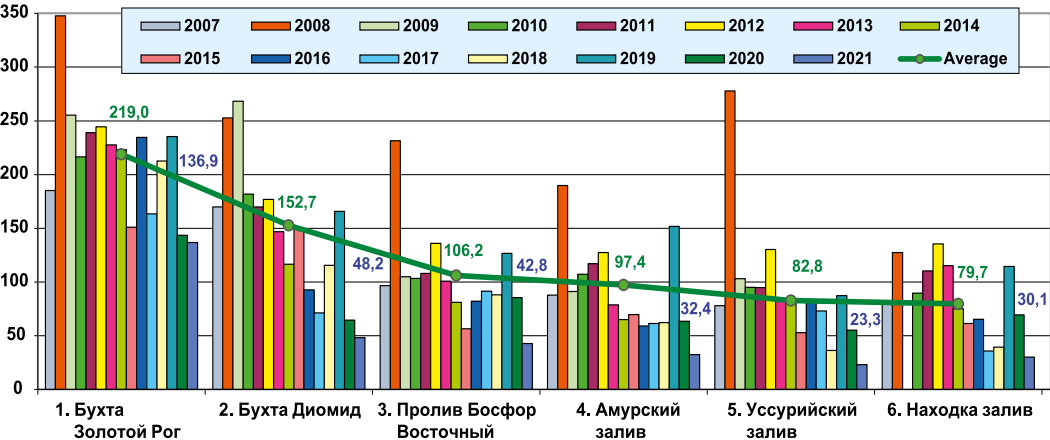


Рис. 11.12. Динамика средней концентрации аммонийного азота N–NH₄ (мкг/дм³) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2021 гг.

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось в пределах 5,2–70,1 мкг/дм³, составив в среднем 13,22 мкг/дм³. Максимум (1,4 ПДК) зарегистрирован в апреле на выходе из залива. Среднее содержание общего фосфора по сравнению с предыдущим годом практически не изменилось и составило 20,87 мкг/дм³; диапазон 8,2–49,5 мкг/дм³. Максимум зарегистрирован в октябре на выходе из залива в придонном слое. Средняя концентрация кремния в воде повысилась с 295,81 до 369,39 мкг/дм³; диапазон значений 74–973 мкг/дм³; максимум отмечен в центре залива в июле у дна.

Среднее за период наблюдений содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива (8,70 мгО₂/дм³) практически не изменилось по сравнению с прошлым годом и соответствовало среднемуголетнему. В 2021 г. на акватории Уссурийского залива зафиксирован дефицит растворенного в воде кислорода (5,57 мгО₂/дм³) в одной придонной пробе, отобранной на глубине 43 м в апреле в центре залива. Воды Уссурийского залива в 2021 г. по индексу загрязненности вод ИЗВ (0,91, III класс) оцениваются как «умеренно загрязненные». Расчет выполнен по средней концентрации фенолов, нефтяных углеводородов и детергентов. В целом состояние вод незначительно улучшилось по сравнению с прошлым годом в основном за счет содержания фенолов. Кроме трех расчетных ингредиентов к числу приоритетных загрязняющих веществ в водах залива также относятся легко окисляемое органическое вещество по БПК₅, металлы ртуть и медь, максимальная концентрация которых достигала 1,60 и 1,44 ПДК соответственно. Кислородный режим в целом в период наблюдений был в пределах нормы.

Содержание нефтяных углеводородов в пробах **донных отложений** Уссурийского залива изменялось от 30 до 130 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 59,44 мкг/г (1,2 ДК); максимум (2,6 ДК) отмечен в октябре в центре залива на глубине 42 м. По сравнению с прошлым годом среднее содержание НУ снизилось в 1,2 раза. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 67% проб. Концентрация фенолов в пробах была в диапазоне 1,6–10,1 мкг/г, а в среднем составила 3,4 мкг/г. Максимум отмечен в апреле в кутовой части залива. Из пестицидов концентрация изомера α -ГХЦГ в осадках залива была незначительной и изменялась от аналитического нуля в десяти пробах до 0,4 нг/г; среднее значение – 0,09 нг/г; максимум был зафиксирован дважды в июне у Владивостока и в центре залива. Однако содержание «свежего» линдана было намного выше и изменялось в пределах аналитического нуля в двух пробах до 0,6 нг/г (12 ПДК), в среднем 0,27 нг/г (5,4 ПДК). Концентрация ДДТ в донных отложениях Уссурийского залива изменялась в диапазоне 0,0–14,9 нг/г, в среднем – 1,14 нг/г; ДДЭ – 0,2–2,1/0,6 нг/г; ДДД – 0,0–5,8/0,97 нг/г. Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 2,7 нг/г (1,1 ДК). Максимальное значение суммы этой группы достигало 22,4 нг/г (9,0 ПДК) у Владивостока на ст. №100; а следующее значение (5,5 нг/г) отмечено в кутовой части залива. Среднее содержание суммы полихлорбифенилов в донных отложениях составило 21,36 нг/г при диапазоне 6,6–108,8 нг/г (5,4 ДК). Максимальная концентрация ПХБ была зафиксирована в апреле в кутовой части залива на глубине 6 м. В осадках залива альдрин был найден только в октябре в концентрации 0,1–0,3 нг/г, в среднем 0,16 нг/г.

Уровень загрязнения донных отложениях Уссурийского залива тяжелыми **металлами** в целом невысокий. Средние значения концентрации всех определяемых ТМ варьировали в пределах 0,2–0,5 ДК (табл. 11.11). Максимальное содержание никеля в центральной части залива на глубине 43 м было выше ДК в 2,9 раза. Содержание кадмия снизилось с 1,1 до 0,8 ДК, всех остальных металлов немного увеличилось по сравнению с предыдущим годом, при этом оставалось меньше норматива. Загрязнение осадков ртутью было в целом невысоким, хотя максимум увеличился в два раза.

Таблица 11.11. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2012-2021 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
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
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
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

11.8. Залив Находка

Залив Находка расположен на юге Приморского края, на востоке залива Петра Великого Японского моря. Площадь поверхности 140 км². Включает бухты Находка, Врангеля, Козьмина, Новицкого и небольшие другие. На берегу залива расположен город Находка. В заливе находятся 4 порта и 4 судоремонтных завода. Базовый порт 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 ото 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, включая центральную часть залива, бухты Находка, Козьмина и Врангеля, в 2021 г. гидрохимические наблюдения проводились в мае, июне и сентябре на 12 станциях было отобрано 96 проб воды и 36 проб донных отложений (рис. 11.13). В период наблюдений **температура** воды изменялась в пределах 2,60–23,13°C, в среднем 13,75°C. Соленость варьировала от 17,91‰ вблизи устья реки Партизанская в сентябре на поверхности до 33,95‰ в бухте Врангеля на глубине 10 м. Среднегодовое значение составило 32,17‰. Значения pH изменялись от 7,95 до 8,44; в среднем – 8,26 ед. pH. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,2–29,8 мг/дм³, максимум (3,0 ПДК) отмечен 12 июля в придонном слое в бухте Находка. Средняя величина (7,54 мг/дм³) вернулась к уровню позапрошлого года. Среднее значение биохимического потребления кислорода немного повысилось (1,55 мгО₂/дм³, 0,74 ПДК), но не достигло уровня позапрошлого года. Максимальное значение содержания органических веществ по БПК₅ составило 4,0 мгО₂/дм³ (1,9 ПДК) и было отмечено у бухты Новицкого и мористее о. Лисий.



Рис. 11.13. Станции отбора проб в заливе Находка

Таблица 11.12. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Находка в 2012–2021 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
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	1,0	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
ПДК средняя	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	
	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
ПДК максимальная	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
	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

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах залива в период наблюдений изменялось в диапазоне от аналитического нуля в одной пробе до 0,23 мг/дм³, в среднем 0,039 мг/дм³ (0,78 ПДК). В целом уровень загрязненности вод залива НУ был весьма высоким и повысился примерно на треть. Максимальная концентрация была зафиксирована 12 июля в бухте Врангеля в придонном слое на глубине 16 м. В 27 пробах (28%) 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 изменялась в пределах 1,0–5,3 мкг/дм³, среднегодовой показатель был в полтора раза выше прошлогоднего. Максимальная концентрация (5,3 ПДК) была зарегистрирована 24 мая на глубине 41 м на выходе из залива в придонном слое. Во всех пробах концентрация фенолов была выше предельно допустимого значения. Содержание АПАВ в водах залива Находка по сравнению с предыдущим годом незначительно снизилось. Диапазон значений составил 6–223 мкг/дм³, в среднем 96,4 мкг/дм³. Максимальная концентрация была зарегистрирована в конце мая в бухте Козьмина в промежуточном слое. В 46,9% проб концентрация детергентов была выше предельно допустимого значения.

Средняя концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах залива Находка составляла десятые доли норматива (табл. 11.12). В наибольшей степени в морских водах был представлен никель (0,22 ПДК), медь (0,18 ПДК) и ртуть (0,14 ПДК). При этом максимальная концентрация никеля почти в три раза превышала установленный норматив (12 июля в глубине бухты Находка), а ртути достигала 1,0 ПДК в поверхностном слое вод залива, что в три раза меньше прошлогоднего. При этом среднее значение снизилось примерно в два раза.

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива изменялась в диапазоне 11–186 мкг/дм³, максимум отмечен в кутовой части бухты Находка. Среднее значение опять снизилось в два раза до 30,1 мкг/дм³. Содержание нитритов изменялось в диапазоне 0,2–193,4 мкг/дм³, максимальная величина повысилась почти в 16 раз. Среднее значение 11,9 мкг/дм³, по сравнению с прошлым годом увеличение в 4 раза (рис. 11.14).

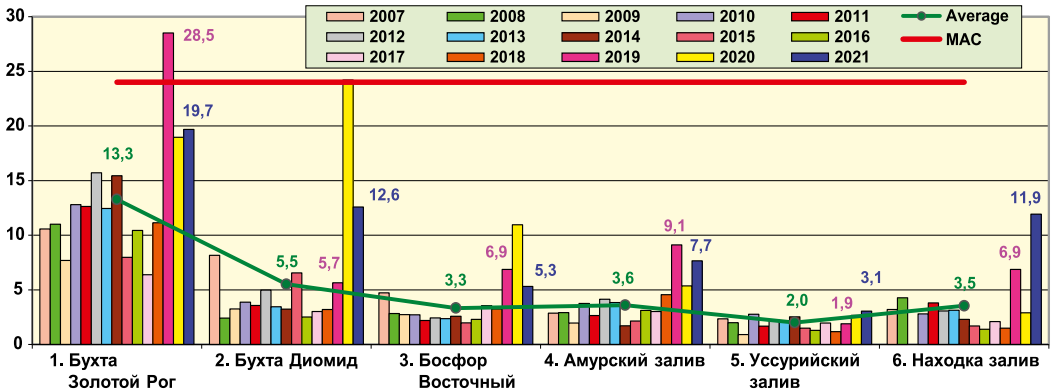


Рис. 11.14. Средние значения содержания нитритов (мкг/дм³) в районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2021 гг.

Уровень загрязненности морских прибрежных вод залива Петра Великого нитритами в 2010–2021 гг. в целом соответствовал естественному режиму и редко превышал ПДК. Среднегодовые значения нитритов в морских водах превысили норматив в исследуемый период дважды: в бухте Золотой Рог (2019 г. – 1,43 ПДК) и в бухте Диомид (2020 г. – 1,21 ПДК). В 2021 г. резко повысилось содержание нитритов в морской воде в заливе Находка. Среднее

значение за год выросло в 5 раз за счет высоких величин в бухте Находка, где в мае в четырех пробах концентрация нитритов превышала 130 мкг/дм³. Концентрация нитратов была в диапазоне 0,2–158,7 мкг/дм³, в среднем 31,6 мкг/дм³; увеличение почти в четыре раза. Максимум был зафиксирован в конце мая на поверхности в устье реки на севере залива. Среднее содержание общего азота немного снизилось с 627,5 до 574,6 мкг/дм³; диапазон значений 325–1041 мкг/дм³, в прошлом году было 419–1090 мкг/дм³. Средняя концентрация органического азота в толще воды составила 502,0 мкг/дм³ (в прошлом году 547,0 мкг/дм³) при диапазоне значений 190–1024 мкг/дм³.

Содержание фосфатов в водах залива Находка изменялось в пределах 5,2–77,0 мкг/дм³, составив в среднем 15,3 мкг/дм³; максимальная концентрация была зарегистрирована 24 мая на ст. №35 у мыса Козьмина на поверхности. Однако наиболее загрязненным фосфатами районом залива остается бухта Находка. Из девяти проб со значениями выше 25,0 мкг/дм³ шесть были отмечены в этом районе как у поверхности, так и на глубине до 8 м. Значения общего фосфора составили 7,3–115,5/23,8 мкг/дм³; средняя величина незначительно увеличилась в 1,2 раза. Среднегодовая концентрация органического фосфора увеличилась в два раза и составила 8,6 мкг/дм³, диапазон изменений 0,0–102,0 мкг/дм³. Среднее по всем пробам содержание кремния в водах залива Находка уменьшилось в 1,4 раза до 364,0 мкг/дм³; диапазон 73–3278 мкг/дм³. Всего в пяти пробах концентрация силикатов превышала 1000 мкг/дм³, а максимум был зафиксирован в середине сентября у устья реки Партизанская.

Кислородный режим залива Находка в теплый период года в целом был существенно нарушенным. Хотя средняя концентрация растворенного **кислорода** была выше норматива, однако она снизилась с 7,99 до 7,65 мгО₂/дм³. Наиболее неблагоприятная ситуация складывалась в мае, когда было зафиксировано 26 проб с концентрацией ниже допустимого норматива (6 мг/дм³), а летом и осенью только в двух придонных пробах из кутовой части бухты Находка из 32 выполненных определений. Минимальная концентрация кислорода (3,63 мгО₂/дм³) была отмечена в конце мая в центре бухты на ст. №14 в промежуточном слое на глубине 10 м. По значению расчетного индекса **ИЗВ** (0,97, III класс, «умеренно загрязненные») в летне-осенний период наблюдений в 2021 г. качество вод в заливе Находка очень незначительно улучшилось за счет небольшого снижения содержания СПАВ и фенолов. Концентрация легко окисляемых органических веществ и нефтяных углеводородов увеличилась примерно в полтора раза до 0,74 ПДК и 0,78 ПДК соответственно. Было отмечено существенное увеличение средней и максимальной концентрации нитритов. Содержание тяжелых металлов в целом было очень невысоким. Средняя концентрация ртути снизилась примерно в два раза до 0,14 ПДК, а максимум достигал 1,00 ПДК. В отдельных обычно наиболее загрязненных частях залива качество вод практически не изменилось по сравнению с прошлым годом (бухта Врангеля – 1,01; бухта Козьмина – 0,92), за исключением бухты Находка (1,38), где индекс значительно вырос до уровня IV класса, «загрязненные», в основном за счет повышения содержания нитритов. Кислородный режим был существенно нарушенным в мае практически на всей акватории залива. В этот месяц в большинстве проб воды концентрация растворенного кислорода была ниже норматива, минимум составил 3,63 мгО₂/дм³.

В заливе Находка в мае и сентябре 2021 г. было отобрано 24 пробы **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в диапазоне 20–2480 мкг/г сухого грунта, составив в среднем 311,7 мкг/г (6,2 ДК), что немного меньше прошлогодних 6,9 ДК. Максимальное значение (49,6 ДК) зарегистрировано в сентябре в глубине бухты Находка. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 100% проб. Уровень загрязненности донных от-

ложений 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 и более (табл. 11.13). Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 2,8–6,7 мкг/г, среднее значение составило 4,75 мкг/г и практически не изменилось по сравнению с 2019–2020 гг. (4,7–5,0 мкг/г). Максимальная концентрация отмечена в конце сентября в бухте Новицкого.

Таблица 11.13. Минимальная, максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных участков залива Находка в 2017–2021 гг.

Акватория	Кол-во проб 2021	Min	Max	Средняя
Залив Находка (центральная часть)	24	70/	490/	167/
		110/	670/	245/
		80/	380/	152,5/
		70/	620/	170/
		20	400	126,3
Бухта Врангеля	2	120/	170/	145/
		270/	280/	275/
		110/	120/	115/
		90/	290/	190/
		40	40	40
Бухта Находка	4	1720/	3890/	2600/
		1819/	2580/	2195/
		1700/	2650/	2100/
		910/	1870/	1222,5/
		540	2480	1325
Бухта Козьмина	2	90/	120/	105/
		90/	130/	110/
		90/	120/	105/
		70/	90/	80/
		40	40	40

Средняя концентрация α -ГХЦГ в донных отложениях залива Находка (0,07 нг/г) практически не изменилась по сравнению с прошлым годом (0,09 нг/г), диапазон значений 0,0–0,2 нг/г; концентрация в десяти пробах из 24 была ниже предела обнаружения. Линдан обнаружен в двадцати пробах. Среднее содержание γ -ГХЦГ составило 0,22 нг/г, что превышает ДК в 4,4 раза. Максимальное значение (0,8 нг/г, 16 ДК) было зафиксировано в середине сентября в бухте Находка на глубине 9 м.

Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 2,17 нг/г (0,9 ДК), что примерно в 3 раза ниже прошлогоднего; диапазон 0,5–13,1 нг/г. Максимум зафиксирован в кутовой части бухты Находка. В целом в последнее десятилетие уровень загрязненности пестицидами донных отложений залива Находка сильно уступает прибрежным акваториям вокруг Владивостока (рис. 11.15). Пестицидами группы ДДТ загрязнены в той или иной степени все прибрежные районы залива Петра Великого. Самые напряженные районы расположены вокруг Владивостока – бухты Золотой Рог и Диомид, в меньшей степени пролив Босфор Восточный. Существенно ниже значения всех форм этой группы в крупных заливах Амурском, Уссурийском и Находка. Здесь суммарная среднегодовая концентрация ДДТ и его метаболитов составляла 4,32; 2,72 и 2,17 нг/г соответственно, а максимальные значения достигали 32,4 нг/г (13,0 ДК) в кутовой части Амурского залива, 22,4 нг/г (9,0 ДК) у Владивостока.

стока в Уссурийском и 13,1 нг/г (5,2 ДК) в куту бухты Находка. В последние три года во всех районах залива Петра Великого отмечается тенденция к снижению содержания этой группы. В заливе Находка в 2021 г. содержание ДДТ в донных отложениях варьировало в узком диапазоне от аналитического нуля в шести пробах до 3,7 нг/г, максимум, как и ранее, зафиксирован в кутовой части бухты Находка, средняя составила 0,28 нг/г; ДДЭ – 0,1–2,6/0,59 нг/г, ДДД – 0,1–7,7/1,30 нг/г. Концентрация ДДТ существенно уменьшилась по сравнению с прошлым годом, а метаболитов практически не изменилось. Альдрин в донных отложениях залива найден только в сентябре в шести пробах, концентрация 0,1–0,4/0,05 нг/г. Суммарное содержание ПХБ изменялось в чрезвычайно широком диапазоне 3,1–345,3 нг/г, который примерно соответствовал прошлогоднему 4,7–306,5 нг/г, однако среднее возросло в полтора раза с 36,63 до 53,40 нг/г (2,7 ДК). Максимальное значение полихлорбифенилов (15,3 ДК) было зарегистрировано в глубине бухты Находка на глубине 9 м, а второе значение (298,7 нг/г) зафиксировано в куту этой бухты.

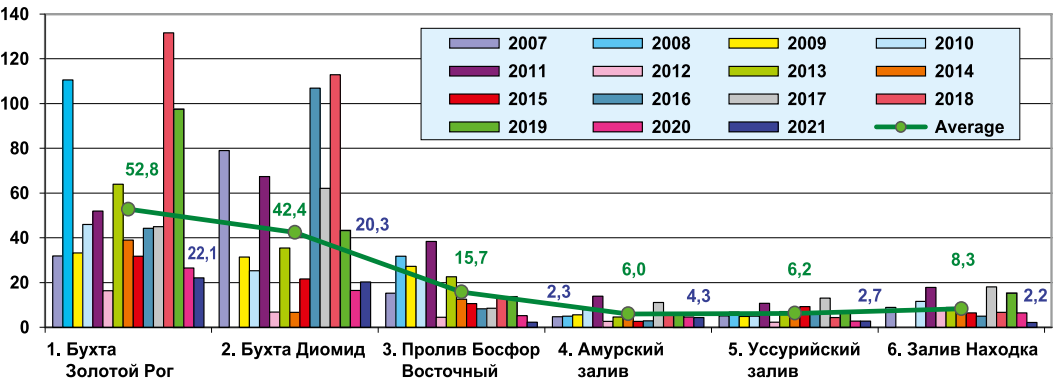


Рис. 11.15. Среднее содержание суммы ДДТ (нг/г) в донных отложениях различных районов Японского моря в 2007–2021 годах.

В июне и сентябре 2021 г. средняя концентрация всех **тяжелых** металлов в 24 пробах донных отложений залива Находка не достигала условного допустимого уровня (табл. 11.14). Среднегодовое содержание большинства металлов незначительно выросло, за исключением никеля и ртути. А вот максимальная концентрация только кобальта и хрома не достигала ДК, а остальных варьировала в пределах 1,13–3,21 ДК. Наибольшие значения остальных определяемых тяжелых металлов в донных отложениях залива Находка не превысили допустимого уровня. Средняя величина содержания ртути практически не изменилась по сравнению с прошлым годом, а максимальная немного снизилась.

Таблица 11.14. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2012–2021 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 20,08 19,27 27,07	21,60 20,71 15,63 24,41	0,23 0,06 0,19 0,33	4,74 4,48 4,10 6,34	11,11 21,34 20,58 18,02	84,74 108,70 76,28 99,80	147,49 126,31 104,93 172,50	24102 20493 17303 31460	19,04 17,36 10,64 18,96	0,154 0,127 0,144 0,146
Максимальная	177,0 71,0 95,0 65,0 132,0 117,0 110,6 82,3 92,8 112,2	134,0 107,0 74,0 45,0 73,0 56,0 114,9 65,1 61,6 87,1	1,1 2,3 1,0 3,6 21,0 1,6 0,7 0,4 0,7 0,9	7,3 6,0 7,1 5,6 8,6 8,3 7,8 7,2 11,6 14,9	15,0 22,0 19,0 31,0 33,0 16,0 19,6 75,5 76,6 57,7	408,0 288,0 260,0 212,0 301,0 310,0 308,0 292,5 302,2 382,4	232,0 345,0 191,0 251,0 260,0 210,0 296,0 189,0 144,4 573,0	44018 39423 36024 35049 30611 41188 34422 39708 28017 74945	43,0 36,0 37,0 62,0 44,0 88,0 33,3 33,5 23,4 33,4	0,39 0,53 0,47 0,57 2,25 0,55 1,23 1,59 0,65 0,52
ДК средняя	0,69 0,45 0,55 0,50 0,54 0,58 0,56 0,57 0,55 0,77	0,22 0,22 0,24 0,12 0,20 0,17 0,25 0,24 0,18 0,29	0,30 0,98 0,54 1,61 2,66 0,42 0,29 0,07 0,23 0,41	0,21 0,14 0,21 0,16 0,24 0,27 0,24 0,22 0,21 0,32	0,28 0,38 0,32 0,41 0,44 0,25 0,32 0,61 0,59 0,51	0,60 0,52 0,54 0,50 0,51 0,60 0,61 0,78 0,54 0,71			0,23 0,13 0,23 0,34 0,17 0,39 0,19 0,17 0,11 0,19	0,27 0,35 0,33 0,42 1,05 0,52 0,51 0,42 0,48 0,49
ДК максимальная	5,06 2,03 2,71 1,86 3,77 3,34 3,16 2,35 2,65 3,21	1,58 1,26 0,87 0,53 0,86 0,66 1,35 0,77 0,72 1,02	1,38 2,88 1,25 4,50 26,25 2,00 0,88 0,50 0,88 1,13	0,37 0,30 0,36 0,28 0,43 0,42 0,39 0,36 0,58 0,75	0,43 0,63 0,54 0,89 0,94 0,46 0,56 2,16 2,19 1,65	2,91 2,06 1,86 1,51 2,15 2,21 2,20 2,09 2,16 2,73			0,43 0,36 0,37 0,62 0,44 0,88 0,33 0,34 0,23 0,33	1,30 1,77 1,57 1,90 7,50 1,83 4,10 5,30 2,17 1,73

Таблица 11.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Бухта Золотой Рог (39 проб)	НУ	0,045 0,13	0,90 2,60	0,037 0,09	0,73 1,80	0,060 0,35	1,19 7,00
	Фенолы	1,21 2,1	1,21 2,10	2,05 5,0	2,05 5,00	1,17 1,8	1,17 1,80
	АПАВ	266,1 731,0	2,66 7,31	95 274	0,95 2,74	86 243	0,86 2,43

	Аммонийный азот	235,5 952	0,10 0,42	144 595	0,06 0,26	137 958	0,06 0,42
	Нитритный азот	28,5 177,4	1,19 7,39	19,0 76,5	0,79 3,19	19,7 84,5	0,82 3,52
	Медь	0,66 2,1	0,13 0,42	1,90 5,6	0,38 1,12	1,11 1,9	0,22 0,38
	Железо	25,5 143	0,51 2,86				
	Цинк	3,65 9,6	0,07 0,19	11,41 27,2	0,23 0,54	4,43 12,8	0,09 0,26
	Свинец	0,03 0,3	<0,01 0,03	0,08 0,4	<0,01 0,04	0,20 0,8	0,02 0,08
	Марганец	1,55 35,5	0,03 0,71	6,22 59,6	0,12 1,19	3,42 32,7	0,07 0,65
	Кадмий	0,01 0,1	<0,01 0,01	0,04 0,5	<0,01 0,05	0,05 1,4	<0,01 0,14
	Ртуть	0,034 0,06	0,34 0,60	0,015 0,04	0,15 0,40	0,015 0,06	0,15 0,60
	БПК ₅	2,63 7,0	1,25 3,33	2,85 9,0	1,36 4,29	2,21 6,0	1,05 2,86
	Взвешенные вещества	11,35 28,8	1,14 2,88	7,37 14,2	0,74 1,42	5,55 8,9	0,56 0,89
	Кислород	7,87 3,95	0,66	8,60 4,61	0,77	7,37 4,61	0,77
2. Бухта Диомид (6 проб)	НУ	0,045 0,13	0,90 2,60	0,033 0,05	0,67 1,00	0,068 0,25	1,37 5,00
	Фенолы	1,10 1,3	1,10 1,3	1,87 2,6	1,87 2,60	1,17 1,4	1,17 1,40
	АПАВ	264 470	2,64 4,70	88 142	0,88 1,42	61 120	0,61 1,20
	Аммонийный азот	165,7 321	0,07 0,14	65 157	0,03 0,07	48 152	0,02 0,07
	Нитритный азот	5,65 14,8	0,24 0,62	24,20 79,3	1,01 3,30	12,58 29,8	0,52 1,24
	Медь	0,70 2,0	0,14 0,40	2,02 4,4	0,40 0,88	0,87 1,1	0,17 0,22
	Железо	14,82 39,0	0,30 0,78				
	Цинк	3,43 5,6	0,07 0,11	12,67 18,3	0,25 0,37	3,98 6,3	0,08 0,13
	Свинец	0,03 0,1	<0,01 0,01	0,25 1,2	0,03 0,12	0,17 0,4	0,02 0,04
	Марганец	0,48 0,9	<0,01 0,02	2,63 4,6	0,05 0,09	1,97 4,5	0,04 0,09
	Кадмий	0 0		0,07 0,2	<0,01 0,02	0,07 0,1	<0,01 0,01
	Ртуть	0,040 0,07	0,40 0,70	0,023 0,06	0,23 0,60	0,015 0,04	0,15 0,40

	БПК ₅	2,67 6,0	1,27 2,86	2,17 6,0	1,03 2,86	2,00 4,0	0,95 1,90
	Взвешенные вещества	12,13 22,5	1,21 2,25	6,28 11,2	0,63 1,12	4,67 8,1	0,47 0,81
	Кислород	8,71 6,65		9,51 6,58		7,46 6,58	
3. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс (27 проб)	НУ	0,030 0,14	0,60 2,80	0,021 0,05	0,42 1,00	0,025 0,06	0,50 1,20
	Фенолы	1,04 1,5	1,04 1,50	1,43 2,2	1,43 2,20	1,32 1,7	1,32 1,70
	АПАВ	225,0 542,0	2,25 5,42	76 282	0,76 2,82	97 255	0,97 2,55
	Аммонийный азот	126,8 312	0,06 0,14	85,5 166	0,04 0,07	43 133	0,01 0,06
	Нитритный азот	6,87 63,2	0,29 2,63	10,95 57,8	0,46 2,41	5,32 32,7	0,22 1,36
	Медь	0,73 3,7	0,15 0,74	2,80 14,5	0,56 2,90	1,02 3,4	0,20 0,68
	Железо	29,7 187,8	0,59 3,76				
	Цинк	6,57 42,1	0,13 0,84	18,24 79,2	0,36 1,58	4,27 10,5	0,09 0,21
	Свинец	0,19 1,6	0,02 0,16	0,18 0,7	0,02 0,07	0,21 0,9	0,02 0,09
	Марганец	2,59 20,3	0,05 0,41	9,83 49,5	0,20 0,99	2,04 10,6	0,04 0,21
	Кадмий	0,04 0,5	<0,01 0,05	0,07 0,20	<0,01 0,02	0,03 0,6	<0,01 0,06
	Ртуть	0,017 0,04	0,17 0,40	0,037 0,16	0,37 1,60	0,051 0,29	0,51 2,90
	БПК ₅	1,93 4,0	0,92 1,90	2,00 6,0	0,95 2,86	1,81 4,0	0,86 1,90
	Взвешенные вещества	10,56 27,3	1,06 2,73	8,20 55,0	0,82 5,50	4,54 9,0	0,45 0,90
	Кислород	8,10 5,23	0,87	8,96 4,72	0,79	8,00 6,19	
4. Амурский залив (48 проб)	НУ	0,017 0,05	0,33 1,00	0,022 0,07	0,44 1,40	0,037 0,12	0,74 2,40
	Фенолы	1,12 2,0	1,12 2,0	1,92 4	1,92 4,00	1,54 4,2	1,54 4,20
	АПАВ	311 842	3,11 8,42	93 266	0,93 2,66	98 250	0,98 2,50
	Аммонийный азот	151,8 359	0,07 0,16	64,0 147	0,03 0,07	32,4 139	0,01 0,06
	Нитритный азот	9,12 35,4	0,38 1,48	5,36 21,5	0,22 0,90	7,66 48,4	0,32 2,02

	Медь	0,44 3,3	0,09 0,66	1,21 2,6	0,24 0,52	0,80 1,2	0,16 0,24
	Железо	30,2 200,5	0,60 4,01				
	Цинк	9,27 48,0	0,19 0,96	7,75 34,9	0,15 0,70	7,26 17,3	0,15 0,35
	Свинец	0,16 1,7	0,02 0,17	0,35 6,2	0,03 0,62	0,11 0,4	0,01 0,04
	Марганец	2,27 26,2	0,05 0,52	3,13 10,1	0,06 0,20	3,55 32,7	0,07 0,65
	Кадмий	0,14 1,2	0,01 0,12	0,05 0,5	0,01 0,05	0,02 0,2	<0,01 0,02
	Ртуть	0,030 0,11	0,30 1,10	0,032 0,14	0,32 1,40	0,021 0,17	0,21 1,70
	БПК ₅	3,02 7,0	1,44 3,33	1,04 2,0	0,50 0,95	2,46 5,0	1,17 2,38
	Взвешенные вещества	11,27 126,7	1,13 12,67	6,17 20,0	0,62 2,00	8,36 19,8	0,84 1,98
	Кислород	9,76 2,76	0,46	10,06 7,68		7,89 4,14	0,69
5. Уссурийский залив (72 проб)	НУ	0,020 0,10	0,41 2,00	0,021 0,11	0,42 2,20	0,041 0,13	0,82 2,60
	Фенолы	1,39 2,6	1,39 2,60	1,71 2,6	1,71 2,60	1,12 3,5	1,12 3,50
	АПАВ	268,8 835	2,69 8,35	82,9 249	0,83 2,49	100,8 380	1,01 3,80
	Аммонийный азот	87,3 221	0,04 0,10	55 160	0,02 0,06	23 55	0,01 0,02
	Нитритный азот	1,9 16,6	0,08 0,69	2,7 40,7	0,11 1,70	3,1 29,2	0,13 1,22
	Медь	0,49 1,9	0,10 0,38	1,06 4,1	0,21 0,82	0,95 7,2	0,19 1,44
	Железо	16,69 128,4	0,33 2,57				
	Цинк	7,89 33,1	0,16 0,66	8,56 34,9	0,17 0,70	5,83 29,6	0,12 0,59
	Свинец	0,17 0,6	0,02 0,06	0,11 0,7	0,01 0,07	0,13 0,6	0,01 0,06
	Марганец	0,45 2,4	<0,01 0,05	0,96 4,2	0,02 0,08	2,73 37,8	0,05 0,76
	Кадмий	0,17 0,9	0,02 0,09	0,06 1,0	0,01 0,10	0,02 0,1	<0,01 0,01
	Ртуть	0,027 0,09	0,27 0,90	0,014 0,09	0,14 0,90	0,048 0,16	0,48 1,60
	БПК ₅	1,93 17,0	0,92 8,10	2,01 5,0	0,96 2,38	1,26 4,0	0,60 1,90
	Взвешенные вещества	6,60 18,9	0,66 1,89	4,13 12,60	0,41 1,26	5,66 11,7	0,57 1,17
	Кислород	9,87 6,93		8,79 5,39	0,90	8,70 5,57	0,93

6. Залив Находка (с бухтами) (96 проб)	НУ	0,031 0,15	0,62 3,00	0,025 0,15	0,50 3,00	0,039 0,23	0,78 4,60
	Фенолы	1,24 3,1	1,24 3,10	1,85 3,2	1,85 3,20	1,37 5,3	1,37 5,30
	АПАВ	390 710	3,90 7,10	102 482	1,02 4,82	96 223	0,96 2,23
	Аммонийный азот	114 368	0,05 0,16	69 443	0,02 0,15	30 186	0,01 0,06
	Нитритный азот	6,87 83	0,29 3,46	2,91 12,2	0,12 0,51	11,93 193,4	0,50 8,06
	Медь	0,94 5,5	0,19 1,10	1,06 3,9	0,21 0,78	0,88 2,0	0,18 0,40
	Железо	16,58 117,3	0,33 2,35				
	Цинк	7,73 20,5	0,15 0,41	8,18 24,9	0,16 0,50	5,83 20,1	0,12 0,40
	Свинец	0,22 2,1	0,02 0,21	0,10 0,6	0,01 0,06	0,18 0,5	0,02 0,05
	Марганец	0,94 13,9	0,02 0,28	5,31 135,0	0,11 2,70	2,84 17,7	0,06 0,35
	Кадмий	0,07 0,3	<0,01 0,03	0,06 0,50	<0,01 0,05	0,05 0,6	<0,01 0,06
	Ртуть	0,032 0,12	0,32 1,20	0,025 0,28	0,25 2,80	0,014 0,10	0,14 1,00
	БПК ₅	1,83 7,0	0,87 3,33	1,07 2,00	0,51 0,95	1,55 4,0	0,74 1,90
	Взвешенные вещества	7,33 18,7	0,73 1,87	6,12 13,5	0,61 1,35	7,54 29,8	0,75 2,98
	Кислород	10,18 5,63	0,94	7,99 3,07	0,51	7,65 3,63	0,61
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, органических вещества по БПК₅, взвешенных веществ (твердых частиц) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, аммонийного и нитритного азота, АПАВ, меди, железа, цинка, свинца, марганца, кадмия и ртути в мкг/дм³. 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение. 3. Значения ПДК для органического вещества по БПК₅ рассчитаны по нормативу 2,1 мгО₂/дм³.							

Таблица 11.3. Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2019–2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Бухта Золотой Рог	1,47	IV	1,26	IV	1,06	III	НУ 1,19; Фенолы 1,17; БПК ₅ 1,05; О ₂ 0,81
2. Бухта Диомид	1,45	IV	1,14	III	1,07	III	НУ 1,37; Фенолы 1,17; БПК ₅ 0,95; О ₂ 0,80
3. Пролив Босфор Восточный	1,24	IV	0,95	III	0,98	III	Фенолы 1,32; АПАВ 0,97; БПК ₅ 0,86; О ₂ 0,75

4. Амурский залив	1,57	IV	0,99	III	1,11	III	Фенолы 1,54; БПК ₅ 1,17; АПАВ 0,98; O ₂ 0,76
5. Уссурийский залив	1,40	IV	1,04	III	0,91	III	Фенолы 1,12; НУ 0,83; АПАВ 1,01; O ₂ 0,69
6. залив Находка (с бухтами)	1,65	IV	1,03	III	0,97	III	Фенолы 1,37; АПАВ 0,96; НУ 0,78; O ₂ 0,78
6.1. бухта Находка ст. 1, 2 (12 проб)	1,68	IV	1,18	III	1,38	IV	NO ₂ 2,31; Фенолы 1,60; АПАВ 0,76; O ₂ 0,84
6.2. бухта Врангеля ст. 25 (9 проб)	1,56	IV	0,99	III	1,01	III	Фенолы 1,12; НУ 1,07; АПАВ 1,11; O ₂ 0,74
6.3. бухта Козьмина ст. 33 (9 проб)	1,49	IV	0,92	III	0,92	III	Фенолы 1,22; АПАВ 0,91; БПК ₅ 0,85; O ₂ 0,71
Татарский пролив: Александровск-Сахалинский	1,02	III	0,82	Ш	0,85	Ш	НУ 1,10; Cu 0,66; БПК ₅ 0,92; O ₂ 0,72

Выводы

Из шести прибрежных районов залива Петра Великого с 2007 г. наиболее высокий уровень загрязненности морских вод нефтяными углеводородами наблюдался вокруг города Владивостока в бухтах Золотой Рог, Диомид и проливе Босфор Восточный. В больших заливах высокие значения концентрации НУ наблюдались значительно реже и в основном вблизи главного города в Амурском и Уссурийском заливах, а также в бухтах залива Находка. Во всех районах в 2011–2012 и в 2016–2017 годах был резкий всплеск концентрации нефтяных углеводородов. В последние три года общий уровень их содержания существенно уменьшился, а среднее значение превышало 1 ПДК только в бухтах Золотой Рог и Диомид. Уровень загрязненности вод фенолами в 2021 г. немного понизился во всех прибрежных участках вокруг Владивостока, однако немного вырос в больших заливах. Основная часть значений средней концентрации фенолов в последнее десятилетие варьирует в диапазоне 2–5 ПДК. Средний уровень загрязненности морских вод АПАВ в последние два года был на уровне около одного ПДК или немного ниже во всех районах контроля. Необходимо отметить очень незначительные различия между различными частями залива Петра Великого. Однако четыре года перед этим средняя концентрация детергентов была в 2–3 раза больше. В 2021 году уровень загрязненности морских вод тяжелыми металлами во всех прибрежных районах залива в среднем не превышал предельно допустимой концентрации.

Загрязнение аммонием морских вод прибрежных районов залива Петра Великого соответствует естественному режиму и в исследуемый период никогда не превышало ПДК. В последние два года среднегодовое содержание аммония снизилось во всех районах. Концентрация аммонийного азота по-прежнему остается наиболее высокой у Владивостока в бухтах Золотой Рог и Диомид. Уровень загрязненности морских прибрежных вод Петра Великого нитритами в 2010–2021 годах в целом соответствовал естественному режиму и редко превышал ПДК. За весь период наблюдений с 2010 г. среднегодовая концентрация нитритов в морских водах залива превышала норматив только дважды: в Бухте Золотой Рог (2019 г. – 1,43 ПДК) и в бухте Диомид (2020 г. – 1,21 ПДК). В подавляющем большинстве значения были в 5–6 раз меньше ПДК. Одновременно фиксируется повышение содержания нитритов во всех районах в последние три года, в наибольшей степени выраженное в бухтах вокруг

Владивостока и заливе Находка, где среднее значение за год выросло в 4 раза за счет очень высоких значений в мае в бухте Находка.

В 2021 году кислородный режим в прибрежных районах залива Петра Великого ухудшился в большинстве районов: в бухте Золотой Рог среднее содержание растворенного кислорода снизилось в 1,2 раза, в бухте Диомид – в 1,3 раза, в проливе Босфор Восточный – в 1,12 раза, в Амурском заливе оно снизилось с 10,06 до 7,89 мгО₂/дм³, т.е. в 1,3 раза, в заливе Находка – с 7,99 до 7,65 мгО₂/дм³. В заливе Находка в основном в мае было зафиксировано 26 случаев резкого уменьшения содержания растворенного кислорода ниже установленного норматива. В Уссурийском заливе кислородный режим в 2021 г. практически не изменился по сравнению с прошлым годом.

Согласно расчету индекса загрязненности вод ИЗВ качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние два года стабилизировалось на уровне III класса, «умеренно загрязненные». Уменьшение индекса произошло после четырех лет повышенных значений на всех участках акватории залива. В целом наблюдается циклический характер изменений уровня загрязнения вод в несколько лет, а также всплески высоких значений в отдельных заливах на фоне умеренных величин в остальных. Во все периоды исследований начиная с 1984 г. наиболее загрязненной оставалась бухта Золотой Рог, воды которой стабильно оценивались как «грязные», реже «загрязненные». Однако последние пять лет качество вод бухты постепенно улучшается и в 2021 г. по индексу ИЗВ (1,06) они стали соответствовать диапазону величин III класса, «умеренно загрязненные». Общий линейный тренд значений индекса отсутствует для вод этой бухты, при этом наблюдаются очень значительные межгодовые вариации. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, фенолы и растворенное органическое вещество по БПК₅. Содержание металлов, включая ртуть, было относительно невысоким и даже по максимальным значениям не достигало установленного норматива. 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 Обьяснения.

Уровень загрязненности донных отложений районов залива Петра Великого нефтяными углеводородами был различным. В наибольшей степени загрязнены донные отложения в бухте Золотой Рог (превышение допустимого уровня из года в год отмечается в 100% проб) и в заливе Находка. Донные отложения в других районах менее загрязнены НУ, но везде показатели превышают условный допустимый уровень ДК.

Донные отложения всех прибрежных районов залива Петра Великого в значительной степени загрязнены пестицидами группы ДДТ. Самые высокие значения фиксируются в бухтах Золотой Рог и Диомид; несколько меньше в проливе Босфор Восточный. В 2021 г. в бухтах средние значения составили 22,05 и 20,25 нг/г соответственно. Существенно ниже концентрация ДДТ и его метаболитов в других частях акватории Петра Великого. В заливах Амурском, Уссурийском и Находка суммарная среднегодовая пестицидов этой группы составляла 4,32; 2,72 и 2,17 нг/г соответственно, а максимальные значения достигали 32,4 нг/г (13,0 ДК) в кутовой части Амурского залива, 22,4 нг/г (9,0 ДК) у Владивостока в Уссурийском и 13,1 нг/г (5,2 ДК) в куту бухты Находка. В последние три года во всех районах залива Петра Великого отмечается тенденция к снижению содержания этой группы хлорорганических соединений. Содержание линдана и его изомеров во всех районах залива Петра Великого было весьма высоким. В 2021 г. они были выявлены практически во всех пробах (предел обнаружения 0,1 нг/г), а их суммарное содержание составляло 0–1,1 нг/г. Концентрация γ-ГХЦГ варьировала от аналитического нуля до 0,8 нг/г (16 ПДК). Значения равные

или больше 10 ПДК были зафиксированы в бухтах Находка и Врангеля в заливе Находка, а также в пяти пробах из различных частей Уссурийского залива с глубинами 7–67 м. Концентрация пестицида альдрина была в целом невысокой и достигала 5,6 нг/г в устье реки. Объяснения в куту бухты Золотой Рог. Содержание полихлорбифенилов в донных отложениях всего залива в 2021 г. традиционно оставалось очень высоким и варьировало в диапазоне 2,9–1692,4 нг/г (84,6 ПДК). Наиболее высокие величины ПХБ (более 10 ПДК) были зафиксированы в осадках вокруг Владивостока в бухтах и проливе Босфор Восточный, а также в очень загрязненной бухте Находка.

В 2021 г. донные отложения во всех участках залива Петра Великого содержат значительное количество ртути, концентрация которой была выше норматива в 21 пробе из 78 исследованных и достигала 2,23 нг/г (7,4 ДК) в бухте Золотой Рог. Наиболее загрязненными ртутью были донные отложения бухты Золотой Рог и бухты Диомид, в немного меньшей степени, но тоже достаточно высоко загрязнены осадки в проливе Босфор Восточный. Во всех остальных районах содержание ртути не превышает условного допустимого уровня. Средняя и максимальная концентрация меди, свинца, кадмия, цинка и хрома во много раз превышала ДК в бухтах Золотой Рог и Диомид, но средняя уже не достигала установленной нормы в проливе южнее Владивостока (кроме ртути). На других участках залива Петра Великого уровень загрязнения осадков тяжелыми металлами значительно ниже в пределах десятых ДК, за исключением отдельных бухт в заливе Находка.

11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский являются сбросы загрязненных хозяйственно-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 проводился Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск). В 2021 г. в период с мая по октябрь на 5 станциях было отобрано и обработано 30 проб воды и 30 донных отложений. В исследуемый теплый период времени года температура воды изменялась от 3,6°C в мае до наибольшего прогрева (20,8°C) в июле; среднегодовое значение 14,27°C. Соленость варьировала в пределах 25,66–31,96‰, составив в среднем 30,38‰. Хлорность была в диапазоне 14,20–17,69‰, средняя – 16,83‰. Значения водородного показателя изменялись в диапазоне 7,92–8,20, среднее – 8,08 ед. pH. Щелочность была в пределах 1,828–2,285 мг-экв/дм³, в среднем за период наблюдений – 2,150 мг-экв/дм³, что точно равно значению предыдущего года. Концентрация взвешенных частиц в морской воде изменялась в диапазоне 13–275 мг/дм³, в среднем – 85,7 мг/дм³ (8,57 ПДК), что в 1,7 раза больше прошлогоднего значения (5,17 ПДК). Максимум (27,5 ПДК) был зарегистрирован в мае на ст. №5 в поверхностном слое. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в среднем была 1,94 мгО₂/дм³ (0,92 ПДК, в прошлом году 0,79 ПДК); максимальная величина была зафиксирована в мае и составила 4,2 мгО₂/дм³ (2,0 ПДК).

В 2021 г. содержание **нефтяных углеводородов** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от аналитического нуля до 0,152 мг/дм³ (3,04 ПДК). По сравнению с прошлогодней средняя концентрация НУ снизилась до 1,1 ПДК (табл. 11.15). Максимум был отмечен в октябре в придонном слое. Концентрация фенолов во всех пробах морской воды была ниже предела обнаружения DL = 2,0 мкг/дм³. Уровень загрязненности морских вод СПАВ соответствовал уровню прошлого года – средняя величина составила 14,27 мкг/дм³; максимум – 26,0 мкг/дм³ (0,26 ПДК).

Среднее содержание **меди** в 2021 г. практически не изменилось и составило 3,29 мкг/дм³ (0,66 ПДК). Максимум достигал 7,2 мкг/дм³ (1,44 ПДК) и был зафиксирован в июне. Концентрация цинка и свинца была невысокой и составила в среднем 7,09 и 0,47 мкг/дм³ (0,14 и 0,05 ПДК) соответственно. В период проведения работ содержание кадмия в водах района было очень незначительным. Концентрация кадмия была ниже предела обнаружения (DL = 0,3 мкг/дм³) в 22 пробах, а в остальных восьми достигала 0,80 мкг/дм³, составив в среднем 0,12 (0,01 ПДК).

Таблица 11.15. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Татарского пролива Японского моря у г. Александровск-Сахалинский в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Татарский пролив:	НУ	0,074 0,172	1,48 3,44	0,061 0,199	1,20 3,98	0,055 0,152	1,10 3,04
Александровск-Сахалинский	СПАВ	13,2 30	0,13 0,30	13,2 25	0,13 0,25	14,3 26	0,14 0,26
	Кадмий	0 0		0 0		0,12 0,80	0,01 0,08
	Медь	6,12 22,8	1,22 4,56	3,06 7,5	0,61 1,50	3,29 7,20	0,66 1,44
	Цинк	4,63 25,2	0,09 0,50	5,47 18,5	0,11 0,37	7,09 13,2	0,14 0,26
	Свинец	0,23 1,3	0,02 0,13	0,78 3,00	0,08 0,30	0,47 1,10	0,05 0,11
	Аммонийный азот	1,24 37,3	<0,01 0,17	4,67 48,0	<0,01 0,021	3,23 31,0	<0,01 0,014
	Нитритный азот	0,23 1,0	<0,01 0,04	0,27 2,00	0,01 0,08	0,43 2,00	0,02 0,08
	БПК ₅	1,42 3,40	0,68 1,62	1,66 3,20	0,79 1,52	1,94 4,20	0,92 2,00
	Кислород	8,79 7,55		8,84 7,26		8,35 7,21	
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК ₅ приведена в мг/дм ³ ; СПАВ, тяжелых металлов, нитритного и аммонийного азота в мкг/дм ³ . 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.							

Концентрация **биогенных** элементов в исследуемый период была в пределах средне-многолетних значений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения (DL = 20 мкг/дм³) в четырех пробах (20,0–31,0 мкг/дм³), среднее значение 3,2 мкг/дм³. Концентрация нитритов была ниже DL = 0,5 мкг/дм³ в 20 пробах из 30 обработанных, а в остальных пробах не превышала 2,0 мкг/дм³. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений (DL = 5 мкг/дм³) в 22 пробах, а в остальных пробах было в диапазоне 5,0–320,0 мкг/дм³, среднее – 28,4 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в майской пробе. В период проведения наблюдений в 19 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения DL = 5 мкг/дм³. Среднее содержание фосфатов в 2021 г. составило 6,83 мкг/дм³ (в 2020 г. – 7,26 мкг/дм³), а максимум был отмечен в мае – 52,12 мкг/дм³.

Диапазон концентрации кремния составил 42,0–1121 мкг/дм³; средняя концентрация (307,97 мкг/дм³) практически не отличалась от прошлогодней (323,63 мкг/дм³). Максимум был отмечен в мае.

Кислородный режим в водах Татарского пролива соответствовал многолетней норме: содержание растворенного кислорода в воде изменялось в диапазоне 7,21–10,36 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,35 мгО₂/дм³. По значению индекса ИЗВ (0,85) качество вод Татарского пролива в 2021 г. практически не изменилось 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 пределах среднемноголетней нормы.

В пробах **донных отложений**, отбираемых ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 0,0–123,5 мкг/г, максимум (2,47 ДК) был отмечен в июне; среднее значение (20,42 мкг/г, 0,41 ДК) было в 1,7 раза выше прошлогоднего (табл. 11.16). Содержание фенолов в донных отложениях в 28 пробах из 30 не превысило уровень чувствительности метода определения (DL=0,05 мкг/г), а в двух составило 0,07 и 0,08 мкг/дм³; среднегодовая концентрация в 2021 г. равнялась 0,005 мкг/г. Среднее и максимальное содержание кадмия и свинца в осадках побережья о. Сахалин было в районе 0,1 ДК. Среднее содержание меди повысилось в 1,7 раза, цинка – в 1,3 раза, свинца – в 10 раз по сравнению с прошлым годом и составило 0,11, 0,41 и менее 0,01 ДК. Средняя концентрация меди составила 0,11 ДК, а максимальная достигала 15,2 мкг/г (0,43 ДК); цинка 0,41/102,3 мкг/г (0,73 ДК).

Таблица 11.16. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск–Сахалинский в 2019–2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
Татарский пролив:	НУ	31,13 113	0,6 2,3	13,06 52,50	0,26 1,04	20,42 123,5	0,41 2,47
г. Александровск-Сахалинский	Фенолы	0,03 0,29		0,89 3,98		0,005 0,08	
	Медь	1,61 4,0	0,04 0,11	2,30 3,3	0,07 0,09	3,95 15,2	0,11 0,43
	Цинк	44,90 187	0,32 1,34	42,4 111	0,30 0,79	56,78 102,3	0,41 0,73
	Кадмий	0,038 0,05	0,05 0,63	0,031 0,05	0,04 0,63	0,026 0,11	0,033 0,14
	Свинец	1,53 10	0,02 0,12	0,03 0,05	<0,01 <0,01	0,31 5,20	<0,01 0,06

Выводы

В 2021 г. в Татарском проливе в районе проведения наблюдений средний уровень загрязненности вод НУ незначительно снизился до 1,10 ПДК, как и максимальный – до 3,04 ПДК. Столь высокий уровень присутствия в прибрежных водах Сахалина является обычным. Содержание фенолов было ниже предела обнаружения во всех пробах. Как средняя, так и максимальная концентрация СПАВ практически не изменилась и варьировала в пределах первых

десятих. Содержание биогенных элементов в прибрежье острова было очень незначительным и соответствовало среднегодовой норме. Концентрация тяжелых металлов (кадмия, цинка и свинца) была очень невысокой и составляла доли ПДК. Средняя концентрация меди была немного выше половины норматива, а максимум составил 1,44 ПДК. Кислородный режим соответствовал среднегодовой норме, а случаи дефицита не зафиксированы. По значению индекса ИЗВ (0,85) качество вод Татарского пролива в 2021 г. по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно загрязненные». Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Донные отложения Татарского пролива в районе наблюдений у г. Александровска загрязнены нефтяными углеводородами и металлами незначительно. Только максимальная концентрация НУ достигала 2,47 ДК, остальные значения составляли сотые-десятые доли ДК.

Глава 12. ВЫВОДЫ

12.1. Каспийское море

На южной границе акватории Северного Каспия в 2021 г. приоритетными загрязняющими веществами оставались фенолы, нефтяные углеводороды и аммонийный азот. Угроза эвтрофикации вод в настоящее время отсутствует, но выявлена статистически значимая тенденция к росту содержания в воде аммонийного азота. Состояние вод по сравнению с предыдущими годами в целом не изменилось и соответствует умеренно загрязненным водам. Существенной тенденции в многолетней динамике качества вод за последнее десятилетие не отмечалось.

В северной части Дагестанского взморья от Лопатина до Каспия гидрохимические наблюдения выполнены только один раз 10–13 декабря 2021 г. на 26 станциях. Приоритетным загрязняющим веществом оставались фенолы: наибольшая средняя/максимальная концентрация 3,29/4,00 ПДК у Махачкалы. Средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах установленных нормативов, а наибольшая достигала 1,2; 0,80 и 0,75 ПДК соответственно. При этом концентрация аммонийного азота увеличилась вдвое по сравнению с предыдущим годом. По уровню ИЗВ морские воды характеризовались в разных районах как «загрязненные» и «умеренно загрязненные». Во всех северных прибрежных районах Дагестана качество вод в последние три года осталось на прежнем уровне или немного улучшилось, за исключением морских вод у Махачкалы. Как пространственные, так и межгодовые изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

Качество вод в российском секторе недропользования Каспийского моря варьировало от III класса («чистые») в период половодья до II класса («умеренно загрязненные») в осеннюю межень. Качество донных отложений в целом определялось как удовлетворительное, а по содержанию нефтяных углеводородов осадки характеризовались как «чистые». Комплексная оценка качества морской среды показала ухудшение экологической обстановки на акватории Среднего Каспия, в то время как на северном мелководье она улучшилась по сравнению с 2020 г.

12.2. Азовское море

В устьевых протоках реки Дон приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, ртуть, фосфаты и нитриты. Концентрация нефтяных углеводородов в водах устьевых протоков Дона (Переволока, Песчаный и Мертвый Донец) была высокой и в 67% проб превышала норматив, в среднем 1,44 ПДК, максимум 5,80 ПДК. Загрязнение донных отложений нефтяными углеводородами в среднем составило более 2,8 ДК. Загрязнение ртутью хотя несколько снизилось против прошлогоднего уровня, но остается очень высоким, в среднем более 1,7 ПДК, максимум 2,8 ПДК, превышение норматива было в 75% проб. Содержание фосфатов увеличилось по сравнению с предыдущими годами и в среднем составило более 2 ПДК, а наибольшее 3,7 ПДК. Содержание нитритов и аммонийного азота немного возросло в среднем до 1,6 ПДК и 0,4 ПДК соответственно. Кислородный режим был в норме за исключением одного случая ниже норматива более чем на 28%. Значение ИЗВ, определенное по фосфатам, нитритам и ртути, составило 1,52, что соответствует IV классу, «загрязненные». Качество вод устьевых протоков Дона в последние три года несколько улучшилось.

В Таганрогском заливе наиболее существенным является загрязнение ртутью: средняя за год концентрация повысилась до 1,95 ПДК, а максимум составил 2,90 ПДК. Содержание

нефтяных углеводородов остается значительным, хотя среднее и максимальное снизилось за два последних года до 1,28/4,80 ПДК. Загрязнение донных отложений НУ в среднем было около 2,4 ДК. Содержание СПАВ в водах залива незначительное. Максимальная концентрация аммонийного азота превысила ПДК и прошлогодние значения, но средняя по всем отобраным пробам была менее 0,2 ПДК. Содержание нитритов, нитратов и фосфатов меньше, чем в устье р.Дон, в среднем значении существенно менее норматива. Концентрация растворенного кислорода в водах залива в среднем была в пределах нормы. Однако на самой западной станции в заливе у дна на глубине около 5 м был зафиксирован случай катастрофического минимума кислорода ($0,55 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, 7% насыщения). Индекс загрязненности вод Таганрогского залива, определенный по нефтяным углеводородам, ртути и нитритам, составил $\text{ИЗВ}=1,10$. По этому показателю воды отнесены к «умеренно загрязненным», III класс. Качество несколько улучшилось и приблизилось к уровню 2019 г.

В районах **дельты Кубани и Темрюкского залива** приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, однако их среднегодовое содержание превысило норматив (1,1 ПДК) лишь в канале порта Темрюк. Концентрация НУ в низовьях дельты Кубани составила 0,84 ПДК; на взморье рукава Кубань 0,52 ПДК; на взморье Протоки 0,42 ПДК; в устьевой области р. Кубань 0,44 ПДК. Концентрация ионов аммония во всех районах залива была в среднем 0,47 ПДК, среднегодовое содержание нитритов 0,46 ПДК, хотя были отмечены случаи превышения норматива. По остальным формам биогенных элементов концентрация была в пределах нормы и средние значения были намного менее нормы. На акватории Темрюкского залива концентрация кислорода была ниже допустимого уровня всего в двух пробах. Средний уровень насыщения вод растворенным кислородом в разных районах залива изменялся в диапазоне 92–108%. По ИЗВ (0,66) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока, определенные по среднегодовой концентрации НУ, нитритов, фосфатов и кислорода относились к II классу качества вод, «чистые». В разных районах на акватории Темрюкского залива ИЗВ составлял 0,46–0,71, II класс, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами являлись НУ, аммонийный азот и нитриты. Качество вод в Темрюкском заливе за последние полтора десятка лет несколько ухудшилось внутри класса «чистые воды» при значительных межгодовых скачках значения ИЗВ. Воды в подходном канале порта Темрюк постепенно приближаются к границе «умеренно загрязненных» вод.

Во второй половине года с июля по декабрь в водах **Керченского пролива** приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, СПАВ и нитриты. По сравнению с прошлым годом произошло значительное повышение уровня нефтяного загрязнения до 1,54 ПДК в среднем и 4,40 ПДК максимального значения. Концентрация СПАВ в среднем составила 0,22 ПДК, максимум 1,13 ПДК. Существенно возросло присутствие в водах пролива пестицидов группы ДДТ. Максимум содержания метаболита ДДД (1,09 ПДК) превышал норматив, средняя 0,20 ПДК. Концентрация в водах пролива других хлорорганических соединений (ГХЦГ, альдрин, гептахлор, ПХБ) была ниже предела обнаружения. Продолжилось многолетнее постепенное увеличение солености вод пролива, среднее значение во второй половине года составило 15‰. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Максимальная концентрация биогенных веществ варьировала в пределах 1/3–2/3 ПДК. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле снижаясь до уровня ПДК в северной части пролива, а в августе в порту Камыш-Бурун. Качество вод Керченского пролива по сравнению с предыдущими годами ухудшилось ($\text{ИЗВ}=0,69$), оставаясь внутри II класса, «чистые». Однако если в предыдущем году значение индекса тяготело к нижней границе, то в 2021 г. оно находилось вблизи верхней границы.

12.3. Черное море

Крым. Практически во всех районах побережья Крыма приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, легко окисляемое органическое вещество по БПК₅ и моющие вещества (СПАВ). В 2021 г. прибрежные воды Крыма в целом оценивались II классом, «чистые». Только на южном взморье Севастопольского региона, где происходит практически без очистки сброс сточных вод Севастополя в Голубой бухте и Балаклавы на траверзе бухты воды классифицировались как «умеренно загрязненные» (III класс). Ближе к границе этого класса также оцениваются достаточно грязные воды южных бухт взморья. Воды акватории порта Ялта оставались чистыми. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Здесь не исследовали содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅, однако при очень невысокой концентрации в водах порта НУ и СПАВ ощутимую долю в общий уровень загрязнения вносили хлорорганические соединения – пестициды группы ДДТ, гептахлор и полихлорированные бифенилы, являющиеся индикаторами промышленного загрязнения. Межгодовые изменения в водах выделенных районов были весьма значительными в пределах классов качества «чистые» и «умеренно загрязненные».

Кислородный режим **Севастопольской бухты** в целом был в пределах нормы. Дефицит растворенного кислорода в поверхностных водах не превышал 10%, а в придонных 11% насыщения. В восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана) и в бухте Южная дефицит кислорода достигал 2–8%, воды остальной части акватории были достаточно хорошо насыщены кислородом (103% насыщения). Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной. По среднемесячным значениям в слое поверхность–дно дефицит кислорода достигал 14% насыщения. Среднегодовое содержание немного возросло, достигнув 92% насыщения.

Кавказ. В 2021 г. уровень загрязнения северной части прибрежной акватории Кавказа у городов Анапа, Новороссийск, Геленджик и Туапсе существенно возрос по сравнению с прошлым годом, хотя значения оставались в пределах II класса, а все районы характеризовались как «чистые». На всех участках в расчет индекса вошли средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и кислорода. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов составила 1,02–2,4 ПДК в водах всех районов, наибольшее превышение было отмечено у Туапсе. Средняя концентрация НУ для всех районов акватории осталась в пределах допустимого норматива. На мористых станциях, находящихся на некотором удалении от основных источников поступления автохтонной органики в море, исследовалось загрязнение морских вод органическими веществами по БПК₅. Везде значения были немного ниже норматива. Этот параметр входил в число приоритетных компонентов при расчете ИЗВ, что стало причиной повышения индекса для районов Анапа–Туапсе в 2021 г. Средняя годовая и максимальная концентрация остальных нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. 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. Растворенная ртуть отмечена в 12 пробах из 16 измеренных, максимальная концентрация достигала 0,25 ПДК у Туапсе. Концентрация биогенных элементов в целом была незначительной. Кислородный режим на всех контролируемых участках был в пределах обычной изменчивости, дефицит растворенного кислорода на исследуемой акватории обнаружен не был.

В 2021 г. в прибрежных водах района **Сочи–Адлер** между эстуариями рек Мзымта и Сочи средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ, за исключением СПАВ, была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальные значения превышали норматив для нефтяных углеводородов, СПАВ, определяемых по БПК₅ легко

окисляемых органических веществ и свинца. Воды района характеризуются устойчивым загрязнением по органическим веществам (42,2%), неустойчивым загрязнением по нефтяным углеводородам (21,9%), а также единичной (менее 10%) повторяемостью превышения ПДК по свинцу. Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением для НУ, СПАВ, свинца и органических веществ был средним (2,12–4,80). Как и в предыдущие годы, растворенная ртуть в водах района выявлена не была. Средняя и максимальная концентрация железа была в пределах установленного норматива. Кислородный режим прибрежных вод района между устьями рек Мзымта и Сочи был в пределах нормы. ИЗВ (0,88), рассчитанный в целом для всей акватории морских вод Большого Сочи по средней концентрации БПК₅, НУ, СПАВ и кислорода, существенно увеличился по сравнению с прошлым годом. Рост индекса связан со значительным ростом содержания всех органических ЗВ. В последние несколько лет отмечается снижение содержания в водах акватории тяжелых металлов. Уровень загрязнения отдельно взятых районов исследуемой акватории (район порта Сочи, эстуарный район, открытое море) был примерно одинаковым, а морские воды оцениваются как «умеренно загрязненные». В многолетней динамике состояние вод района Сочи-Адлер оценивается как стабильное.

12.4. Балтийское море

В 2021 г. в водах **Невской губы** к востоку от комплекса защитных сооружений (КЗС) концентрация нефтяных углеводородов обычно была ниже предела обнаружения использованной методики химического анализа и лишь в редких случаях она составляла незначительные доли ПДК. Во всех районах Невской губы концентрация фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения. Воды губы в целом не загрязнены биогенными веществами и среднее содержание разных форм азота и фосфора было гораздо меньше нормы. Однако максимальные величины аммонийного и нитритного азота в отдельных частях акватории губы превышали норматив. В целом более высокие значения биогенных элементов характерны для вод вблизи окончания трубы сброса вод с Северной станции аэрации. Многократно отмечалось превышение установленного допустимого уровня концентрации легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Этот показатель внесен как приоритетный при подсчете индекса загрязненности вод ИЗВ для четырех районов Невской губы из выделенных пяти. Медь в 100% случаев является основным загрязняющим элементом всех районов губы с максимальным превышением установленного для пресных вод норматива. На втором месте по металлам в 4 районах является цинк, а в Южном курортном районе также марганец. Кислородный режим в целом был в пределах нормы, и лишь в одной пробе в районе Северной станции аэрации минимум составил 5,87 мгО₂/дм³. При расчете индекса загрязненности вод во всех районах Невской губы использовались только средние значения концентрации металлов (при доминирующем влиянии меди), БПК₅ и кислорода. В 2021 году, как и в отдельных районах, совокупный индекс загрязнения вод Невской губы составил 2,07, что определяет воды как «грязные», V класс.

Расчетный комплексный индекс загрязнения вод восточной части **Финского залива** к западу от Комплекса защитных сооружений составил 1,14 (III класс), что определяет воды как «умеренно загрязненные». Из отдельных районов только воды Лужской губы могут быть по результатам двух съемок весной и летом оценены как «чистые». В целом качество вод восточной части Финского залива по гидрохимическим показателям по данным гидрохимических съемок 2021 г. можно оценить как удовлетворительное. В морских водах изредка отмечаются случаи нарушения кислородного режима, не достигающие уровня экстремально

высокого загрязнения. Концентрация загрязняющих веществ выше ПДК была зафиксирована для металлов (медь, марганец, цинк, железо). Повышенное содержание меди и марганца было зафиксировано во всех районах восточной части Финского залива. Уровень загрязнения биогенными веществами незначительный. Загрязнение вод восточной части Финского залива нефтяными углеводородами, фенолами и синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ) очень низкий. В отдельных районах восточной части залива зафиксировано высокое содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Во всех исследуемых районах Финского залива концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения.

12.5. Белое море

Контроль загрязнения вод Белого моря проводился в Двинском и Кандалакшском заливах. В Двинском заливе в 2021 г. было выполнено две гидрохимических съемки в августе и ноябре. Сравнительная межгодовая оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ (СПАВ, НУ, фосфаты) определили ИЗВ=0,50, что соответствует II классу, «чистые». Загрязнения тяжелыми металлами выше ПДК в течение 2021 г. не наблюдалось, кроме одного случая в ноябре (содержание меди 2,14 ПДК). Превышение норматива нефтяных углеводородов отмечено лишь в августе в эстуарной зоне Двины в поверхностном слое; во всех остальных случаях концентрация НУ была значительно ниже ПДК. Кислородный режим был в норме. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось.

Воды Кандалакшского залива (ИЗВ=0,66) можно отнести также ко II классу качества вод, «чистые». Превышение ПДК было зафиксировано по железу в одной пробе (2,8 ПДК). Приоритетными загрязняющими веществами являлись железо, медь и фосфаты (в прошлом году вместо фосфатов были нефтяные углеводороды). СПАВ не были обнаружены. Содержание органических веществ по БПК₅ выше аналитического нуля было лишь в одной пробе. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и выше прошлогодних значений. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод не наблюдалось.

12.6. Баренцево море

Контроль качества вод Баренцева моря в 2021 г. по-прежнему проводился на одной станции в Кольском заливе на водпосту в торговом порту г. Мурманска (ВПМ) в период с января по ноябрь, один раз в два месяца. Впервые за много лет исследований воды в районе водпоста по индексу загрязненности вод (ИЗВ=0,70) оценивается II классом, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами для расчета индекса остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Средняя концентрация НУ впервые была ниже норматива и составила 0,034 мг/дм³, при этом максимум составил 1,3 ПДК и был зафиксирован в мае. Среднее содержание меди (5,2 мкг/дм³) стало меньше и совсем немного превышало норматив; среднегодовое содержание железа также стало ниже по сравнению с прошлогодним и составило 0,5 ПДК. Содержание растворенного в воде кислорода уменьшилось: среднегодовая концентрация составила 9,32 мгО₂/дм³ против 11,06 мгО₂/дм³ в прошлом году. Содержание фосфатов снизилось в среднем почти в полтора раза по сравнению с прошлым годом. В целом наблюдается снижение содержания различных форм биогенных элементов в воде вблизи водпоста в торговом порту г. Мурманска.

12.7. Гренландское море (Шпицберген)

В прибрежных водах архипелага Шпицберген в конце июня 2021 г. значения гидрохимических показателей в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд были характерными для прибрежных районов Гренландского и Норвежского морей. Впервые с 2017 г. было зафиксировано содержание минерального фосфора: концентрация в заливе Гренфьорд была в диапазоне 8,93–19,1 мкг/дм³, в заливе Биллефьорд ниже – 5,22–9,91 мкг/дм³. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод на всех станциях в июне варьировали в узком диапазоне 1,18–1,95 мгО₂/дм³, при среднем значении 1,46 мгО₂/дм³, что значительно ниже значений последних трёх лет. Суммарное содержание нефтяных углеводородов в водах заливов увеличилось, а максимальное значение составило 9,8 мкг/дм³. Среднее суммарное содержание органических веществ группы ПАУ составило 24,20 нг/дм³; максимальное (44,76 нг/дм³) было в 1,3 раза ниже прошлогоднего. Оценка качества по индексу загрязнённости вод позволяет классифицировать воды залива Гренфьорд у поселка Баренцбург и залива Биллефьорд в районе поселка Пирамида в летний период 2021 г. как «грязные», IV класс. Начиная с 2017 г. наблюдается тенденция к увеличению степени загрязнения морских вод залива Гренфьорд. В донных отложениях превышение ДК отмечено для суммы нефтяных углеводородов до 2,12 ДК; суммы ПАУ до 4,3 ДК; суммы пестицидов группы ДДТ до 13,4 ДК, суммы ПХБ до 2,7 ДК.

12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

Наибольший вклад в загрязнение морских вод Авачинской губы по-прежнему вносят нефтяные углеводороды и фенолы. Среднегодовое содержание НУ в водах уменьшилось вдвое и составило 0,52 ПДК. Среднее содержание фенолов в толще вод не достигало норматива, а наибольшие значения (2,0 ПДК) были выявлены в июле в морском порту. Повторяемость превышений нормы составила 26% проб против прошлогодних 12%. В течение последних пяти лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была низкой, а в 2021 г. значения ниже предела обнаружения были в 94% проб, среднегодовая концентрация составила 6,23 мкг/дм³. Максимум (130 мкг/дм³) был отмечен в поверхностном слое в приустьевой зоне реки Авача в августе. Средняя и максимальная концентрация нитритного азота в водах Авачинской губы снизилась примерно в 2 раза. Случаев превышения ПДК по нитритам не отмечалось, а нитритный азот был включен в расчёт индекса загрязнённости вод этой акватории. Содержание нитратов в среднем по толще вод было ниже прошлогоднего и составляло 96,2 мкг/дм³. Наибольшие величины отмечались в июне-июле с максимумом в придонном слое в центре Авачинской губы. Содержание всех форм биогенных элементов находилось в пределах допустимых величин. В 2021 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным (101,5% при норме более 70%). Дефицит кислорода на дне губы наблюдался в августе (38,9%) и сентябре (49,3%). Согласно расчету индекса загрязнённости наблюдается улучшение качества вод Авачинской губы. В 2021 г. за счет уменьшения содержания НУ и фенолов значение индекса (ИЗВ=0,52, II класс качества вод, «чистые») снизилось в 1,3 раза по сравнению с предыдущим годом.

12.10. Охотское море. Остров Сахалин

На трех прибрежных участках шельфа острова Сахалин у села Стародубское, в районе порта Корсаков и порта Пригородное уровень загрязнения вод оставался незначительным за исключением акватории порта Пригородное. Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, медь и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Органическое загрязнение достигало 1,10–2,24 ПДК в трех контролируемых районах и было

наибольшим у порта Пригородное. Здесь же концентрация НУ достигала 1,14 ПДК. Медь встречалась в концентрации 0,88–0,92 ПДК с максимумом в порту Пригородное. В 2021 г. значение индекса ИЗВ составило 0,88; 0,97 и 1,30 у села Стародубское, в районе порта Корсаков и порта Пригородное соответственно. В первых двух районах существенных изменений по сравнению с прошлым годом не отмечено – III класс качества, «умеренно загрязненные». В акватории порта Пригородное качество морских вод в 2021 г. ухудшилось на два пункта до «загрязненных» (IV класс). Снижение качества определено увеличением содержания НУ и органического загрязнения в два раза. По результатам регулярного гидрохимического мониторинга донные отложения близ порта Корсаков в 2021 г. остаются наиболее загрязненными на шельфе о. Сахалин прежде всего по нефтяным углеводородам.

12.11. Японское море

Из шести прибрежных районов залива Петра Великого с 2007 г. наиболее высокий уровень загрязненности морских вод нефтяными углеводородами наблюдался в бухтах Золотой Рог, Диомид и проливе Босфор Восточный. В других районах редко наблюдались критически высокие концентрации НУ. Во всех районах в 2011–2012 и в 2016–2017 годах был резкий всплеск концентрации НУ. В 2020–2021 гг. ситуация улучшилась, и среднее содержание превышало норматив только в бухте Золотой Рог и бухте Диомид. Во всех остальных районах оно было ниже. Уровень загрязненности прибрежных вод фенолами немного снизился во всех районах. Также везде понизилось содержание в морской воде моющих веществ, за исключением пролива Босфор Восточный. Среднегодовая концентрация аммонийного азота в морских водах прибрежных районов залива Петра Великого в последние три года снизилась во всех районах, а самые высокие значения остаются в бухтах Золотой Рог и Диомид. Уровень загрязненности морских вод нитритами в целом соответствовал естественному режиму и редко превышал ПДК. В 2021 г. повысилось в четыре раза содержание нитритов в воде в заливе Находка. Загрязнение морских вод тяжелыми металлами во всех прибрежных районах в среднем не превышало нормативы.

Кислородный режим в прибрежных водах залива Петра Великого ухудшился в большинстве районов: в бухте Золотой Рог среднее содержание растворенного кислорода снизилось в 1,2 раза, в бухте Диомид – в 1,3 раза, в проливе Босфор Восточный – в 1,12 раза, в Амурском заливе оно снизилось в 1,3 раза, в заливе Находка снизилось на 4–5%. В заливе Находка в течение периода наблюдений было зафиксировано 20 случаев резкого уменьшения содержания растворенного кислорода. И только в Уссурийском заливе кислородный режим в 2021 г. практически не изменился. Качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса, «умеренно загрязненные». Исключением является бухта Золотой Рог, воды которой стабильно относятся к классу IV, «загрязненные», хотя и здесь наблюдается некоторый тренд в сторону улучшения качества вод.

Уровень загрязненности донных отложений районов залива Петра Великого нефтяными углеводородами был разным: в наибольшей степени загрязнены осадки в бухте Золотой Рог, где превышение допустимого уровня из года в год отмечается в 100% проб, и в заливе Находка. Отложения в других районах менее загрязнены, но везде показатели превышают допустимый уровень. Все прибрежные районы залива Петра Великого в той или иной степени загрязнены пестицидами группы ДДТ. Более всех загрязнены бухты Золотой Рог и Диомид во Владивостоке; несколько лучше ситуация в Амурском заливе и проливе Босфор Восточный. Суммарное среднегодовое содержание пестицидов группы ДДТ в последние три года было в пределах 1,8–2,8 ДК. В Уссурийском заливе и в заливе Находка значение средней суммы пестицидов этой группы в последние годы имеет тенденцию к снижению. Наиболее

загрязненными ртутью в 2010–2021 г. были донные отложения бухты Золотой Рог и бухты Диомид, достаточно высоко, но в меньшей степени загрязнен пролив Босфор Восточный. Во всех остальных районах среднее содержание ртути в донных отложениях не превышало допустимого уровня, а максимальная концентрация не превышала 2 ДК.

В Татарском проливе у города Александровск уровень загрязненности вод НУ в 2021 г. снизился, а СПАВ – не изменился. Содержание различных форм биогенных элементов соответствовало среднесуточной норме. Значения концентрации тяжелых металлов было невысоким и в среднем не превышало ПДК. Кислородный режим соответствовал среднесуточной норме. По значению индекса ИЗВ (0,85) качество вод Татарского пролива в 2021 г. по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно загрязненные». Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Донные отложения в районе наблюдений загрязнены нефтяными углеводородами незначительно, средний показатель составил 0,41 ДК. Уровень содержания тяжелых металлов в осадках был ниже ДК.

Литература

1. **Вековые разрезy 1961.** Гидрометеорологические станции и гидрологические разрезy, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима на морях, омывающих берега СССР. – ГИМИЭ, Гидрометеорологическое издательство (отделение), М., 1961, 41 с.
2. **Вековые разрезy 1976.** Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, в устьях рек, впадающих в них. – ГОИН, Гидрометеоздат, Ленинград, 1976, 40 с.
3. **Ежегодник-2020.** Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020 / под ред. А.Н. Коршенко. – Иваново: ПресСто, 2022, 240 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. – Гидрометеоздат, Санкт-Петербург, 2003, 50 с.
6. **Приказ 156.** О введении 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, Гидрометеоздат, 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, Гидрометеоздат, 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. **Приказ 536.** Приказ Минприроды России от 4 декабря 2014 г. №536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I – V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду».
13. **МР-1988.** Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. – Москва, Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988, 9 с.
14. **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.
15. **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.
16. **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).

17. **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.
18. **ДК-2002.** Neue Niederlandische 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 Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).
19. **ПП-РФ 477.** Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды».
20. Бухарицин П. П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. – Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.
21. Косарев А. Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. – Москва, МГУ, 1975, 272 с.
22. Крицкий С. К. Колебания уровня Каспийского моря. – Москва, Наука, 1975, с. 149-152.
23. **CCME-2021.** Canadian Council of the Ministers of the Environment). Canadian Environmental Quality Guidelines. Winnipeg, 2001. URL: <http://stts.ccme.ca/en/index.html> (accessed 24.08.2015).
24. **РД-2019.** РД 52.15.880-2019. Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений. – Астрахань, ФГБУ; «КаспМНИЦ», 62 с.
25. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1962, 853 с.
26. Геология Азовского моря. – К: «Наукова думка», 1974, 246 с.
27. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том III Азовское море. – Л.: Гидрометеиздат, 1986, 218 с.
28. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море. – СПб: Гидрометеиздат, 1991, 236 с.
29. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб: Гидрометеиздат, 1991, 428 с.
30. Закономерности экосистемных процессов Азовского моря. – М: Наука, 2006, 304 с.
31. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море. – Севастополь: «Экоси-гидрофизика», 2009, 402 с.
32. Дьяков Н.Н., Белогудов А. А. Водообмен залива Сиваш с Азовским морем через пролив Генический (Тонкий). – Труды ГОИН, 2015, Вып. 216, с. 240-253.
33. Семенова Е. А. Исследование водообмена через мелководный пролив (на примере проливе Тонкого). – Сб. работ ГМО ЧАМ, 1962, Вып. 1, с. 53-63.
34. Слатинский Ю. Г. Водообмен Сиваша с Азовским морем. – Труды ГОИН, 1986, Вып. 176, с. 18-24.
35. Львова Е. А. Равнины Крыма. – Симферополь: Крым, 1982, 80 с. 36. Матишов Г. Г. Геоморфологические особенности шельфа Азовского моря. – Вестник Южного научного центра РАН, 2006, Т. 2, № 1, с. 44-48.
37. Бронфман А.М., Хлебников Е. П. Азовское море. Основы реконструкции. – Л: Гидрометеиздат, 1985, 270 с.
38. Симов В. Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. – М.: Гидрометеиздат, 1989, 326 с.
39. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю. П. Береговая зона Азовского моря. – Издательство Ростовского университета, 1980, 172 с.
40. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвевинский А.С. и др. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе. – М: ООО «Принт», 2020, 365 с.
41. Игнатов Е. И., Чистов С. В. Эколого-геоморфологическая оценка побережья и дна Керченского пролива в связи с решением транспортных проблем. – Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа, Севастополь, 2003, Вып. 8, с. 163-174.
42. 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.

43. Дьяков Н. Н., Тимошенко Т. Ю., Белогудов А. А. и др. Атлас льдов Черного и Азовского морей. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2016, 219 с.
44. Боровская Р. В., Ломакин П. Д., Панов Д. Б., Спиридонова Е. О. Современное состояние ледовых условий в Азовском море и Керченском проливе на базе спутниковой информации. – Препринт, Севастополь, НАН України, МГИ, 2008, 42 с.
45. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря. – Севастополь, МГИ, 2011, 212 с.
46. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб, Гидрометеоздат, 1991, 428 с.
47. Зубов Н. Н. Основы учения о проливах Мирового океана. – М, Географгиз, 1956, 239 с.
48. 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.
49. BLACK SEA STATE OF ENVIRONMENT REPORT 2009-2014/5. – Istanbul: Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, 2019, 795 с.
50. Джоашвили Ш. Реки Черного моря. – Европейское агентство по охране окружающей среды, Технический отчет №71, 2003, 58 с.
51. 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.
52. Суховой В. Ф. Моря Мирового океана. – Л., Гидрометеоздат, 1986, 288 с.
53. Mee L., Jeftic L. AoA Region: Black Sea. – UNEP, 2010, 9 p.
54. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2. Черное море. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2012, 421 с.
55. Фашук Д. Я. Черное море: географо-экологический «портрет». – М., ГЕОС, 2019, 310 с.
56. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Том III. Балтийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. – СПб, Гидрометеоздат, 1992, 451 стр.
57. Лотия Белого моря. – СПб: Главное Управление Навигации и Океанографии Министерства обороны Российской Федерации, 2006, 411 с.
58. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Под ред. Б.Х. Глуховского. – Л.: Гидрометеоздат, 1991, 240 с.
59. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности. – Под ред. Б.М. Затучной, Д.Е. Гершановича. – Л.: Гидрометеоздат, 1991, 192 с.
60. Филатов Н. Н., Тержевик А. Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007, 349 с.
61. Арктическая энциклопедия. – Москва, «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. Добровольский 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. / Под ред Терзиев Ф. С.. Том 9, Вып. 1, 1992, 318 стр.
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 стр.

СПИСОК опубликованных Ежегодников

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1966 г. – А. С. Пахомова, Н. А. Афанасьева, А. К. Величkevич, Е. П. Кириллова, под ред. А. И. Симонова и А. С. Пахомовой. – Москва, 1968, 161 с.

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1967 г. – А. С. Пахомова, А. К. Величkevич, 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. Величkevич, 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. Величkevич, 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 СССР в 1970 г. – Под ред. д-ра. геогр. наук А. И. Симонова. – М., 1971.

Обзор состояния загрязненности дальневосточных морей СССР 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, 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. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, 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. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, 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. Лукьянов, М. В. Кудряшенко, 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. Лукьянов, 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. Лукьянов, 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, Гидрометеиздат, 2001, 80 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н. А. Афанасьева, И. Г. Матвейчук, И. Я. Агарова, Т. И. Плотнокова, В. П. Лучков, под ред. А. Н. Коршенко, Санкт-Петербург. – Гидрометеиздат, 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, Гидрометеиздат, 2005, 127 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003. – А. Н. Коршенко, И. Г. Матвейчук, Т. И. Плотникова, В. П. Лучков. – М, Метеоагентство 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. Кириянов. – М, Метеоагентство 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, Метеоагентство 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, «Артифлекс», 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., Кириянов 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., Кириянов 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., Кириянов В. С., Крутов А. Н., Кочетков В. В. – Обнинск, «Артифлекс», 2010, 174 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010. – Под ред. Коршенко А. Н., Обнинск, «Артифлекс», 2011, 196 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011. – Под ред. Коршенко А. Н., Обнинск, «Артифлекс», 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. Коршенко А. Н., Иваново: ПресСто, 2022, 240 с. ISBN 978-5-6045347-0-0.

**Авторы, владельцы материалов и организации,
принимающие участие в подготовке Ежегодника-2021**

Каспийское море

- 1) Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Дошахова 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»: Хорошенькая Е. А., Сулеменко Е. А.,
- 2) Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Дербичева Т. И., Кобец С. В. 3) Лаборатория мониторинга загрязнения среды г. Керчи ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А. И., Тищенко Е., Полубинская Е. М., Иванько Л. Н.,
- 4) Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Дьяков Н. Н.

Черное море

- 1) Отдел биогеохимии моря ФГБУН «Морской гидрофизический институт» (ОБМ МГИ РАН, г. Севастополь): Орехова Н. А., Кондратьев С. И., Видничук А. В., Медведев Е. В., Хоружий Д. С., Вареник А. В. 2) Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И. В., Мальченко Ю. А., Дьяков Н. Н.
- 3) Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗОС г. Ялта): Зайцева О. И., Брайко О. И., Фурник Д. В. 4) Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Керчи (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А. И., Иванько Л. Н., Соколов А. А., Полубинская Е. М., Ковалева Е. М.
- 5) Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Дербичева Т. И., Кобец С. В. 6) Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи): 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): Ипатов С. В., Сазонова И. Л., Мишуловина Н. Ю., Макаренко А. П., Лебедева Н. И., Ячменова М. В.

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., Плакуева М. В. 2) ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О. М., Устинова А. А., Ступак К. В.

Баренцево море

1) ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О. М., Устинова А. А., Ступак К. В.

Гренландское море (Шпицберген)

1) Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демешкин А. С., Крутелев С. П.

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 мониторинга загрязнения морских и поверхностных вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е. М.

Японское море

1) Лаборатория мониторинга загрязнения морских вод Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток): Подкопаева В. В., Горлова В. А.

2) Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория мониторинга загрязнения морских и поверхностных 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, Гидрометеиздат, 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, Гидрометеиздат, 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»).
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 реактивом 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 реактивом Несслера.
10. **РД 52.10.774-2013.** Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
11. **РД 52.10.775-2013.** Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии (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 спектроскопии.

13. **РД 52.10.779-2013.** Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии.

14. **РД 52.10.803-2013.** Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии (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 спектроскопии 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 argentометрическим 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 кадмиевом редукторе (взамен РД 52.10.745-2010 Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редукторе).

24. **РД 52.10.910-2021.** Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации.

25. **РД 52.10.911-2021.** Массовая доля металлов в пробах гидробионтов. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации.

26. **РД 52.10.912-2021.** Массовая концентрация растворенных форм кадмия, кобальта, меди, никеля и свинца в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации.

CONTENTS

ANNOTATION	3
ABSTRACT	4
INTRODUCTION	5
Chapter A. DESCRIPTION OF MONITORING SYSTEM	6
A.1. Monitoring stations	6
A.2. Methods of sampling and data treatment	7
A.3. Monitoring of marine environment at 2021	18
Chapter 1. CASPIAN SEA	22
1.1. General information	22
1.2. Discharge of the pollutants	24
1.3. Water conditions at the southern border of the Northern Caspian	25
1.4. Water assessment in areas of oil extraction	30
1.5. Waters conditions of the Dagestan coastal area	32
Chapter 2. AZOV SEA	41
2.1. General information	41
2.2. River Don estuarine region and Taganrog Bay	44
2.2.1. Water pollution of the Don estuarine area and Taganrog Bay	45
2.2.2. Bottom sediments pollution	51
2.3. Marine estuarine area and the Kuban River delta	52
2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area	52
2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay	52
2.4. Monitoring of the Kerch Strait	64
Chapter 3. BLACK SEA	70
3.1. General information	70
3.3. Sevastopol Bight and sea-side (SB SOI)	72
3.2.1. Sevastopol Bight	73
3.2.2. Sevastopol northern side	75
3.2.3. Sevastopol bights of the southern coast	77
3.2.4. Sevastopol southern coast	79
3.2.5. Coastal waters of Southern and Eastern Crimea	81
3.2.6. Yalta port	82
3.3. Water quality of Crimean coastal waters	88
3.4. Pollution of the coastal waters of the Caucasus	89
Chapter 4. BALTIC SEA	106
4.1. General information	106
4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay	106
4.3. Hydrometeorological conditions	107
4.4. Central part of the Neva Bay	108
4.5. Northern resort of the Neva Bay	111
4.6. Southern resort of the Neva Bay	114
4.7. Marine Trade Port (MTP)	116
4.8. Northern WWT plant	118
4.9. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf	121
4.10. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	124

4.11. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	127
4.12. Koporsky Bay	129
4.13. Luzsky Bay	132
Chapter 5. WHITE SEA	136
5.1. General information	136
5.2. Sources of pollution	138
5.3. Dvina Bay	138
5.4. Kandalaksha Bay	142
Chapter 6. BARENTS SEA	146
6.1. General information	146
6.2. Sources of pollution	147
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay	147
Chapter 7. GREENLAND SEA (SPITSBERGEN)	153
7.1. General information	153
7.2. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters	153
7.3. Hydrochemical parameters	154
7.4. Pollution of marine environment	155
7.5. Marine bottom sediments pollution.....	157
Chapter 8. ARCTIC SEAS	159
8.1. Kara sea	160
Chapter 9. KAMCHATKA SHELF (PACIFIC OCEAN)	161
9.1. General information	161
9.2. Sources of pollution	162
9.3. Water pollution in the Avacha Bay	162
Chapter 10. OKHOTSK SEA	170
10.1. General information	170
10.2. Pollution of the Sakhalin shelf	172
10.2.1. Area of village Starodubskoe	173
10.2.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov	174
10.2.3. Aniva Bay. Area near village Prigorodnoe	176
10.3. Results	180
Chapter 11. JAPAN SEA	181
11.1. General information.	181
11.2. Sources of pollution	182
11.3. Golden Horn Bay	184
11.4. Diomedea Bay	191
11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight	194
11.6. Amur Bay	199
11.7. Ussuri Bay	205
11.8. Nakhodka Bay	210
11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait	223
Chapter 12. CONCLUSIONS	227
Literature cited	235
<i>Annex 1.</i> The list of the published Annual Repots.	238
<i>Annex 2.</i> The authors and owners of the data	241
<i>Annex 3.</i> Roshydromet Manuals on marine hydrochemistry	243

Содержание

АННОТАЦИЯ	3
ABSTRACT	4
ВВЕДЕНИЕ	5
А. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	6
А.1. Станции мониторинга	6
А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений	7
А.3. Мониторинг морской среды в 2021 г.	18
Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ	22
1.1. Общая характеристика	22
1.2. Поступление загрязняющих веществ	24
1.3. Состояние вод на южной границе Северного Каспия	25
1.4. Оценка состояния морской среды в районах добычи нефти	30
1.5. Состояние вод Дагестанского побережья	32
Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ	41
2.1. Общая характеристика	41
2.2. Устьевая область реки Дон и Таганрогский залив	44
2.2.1. Загрязнение вод устьевой области р. Дон и Таганрогского залива	45
2.2.2. Загрязнение донных отложений	51
2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань	52
2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань	52
2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива	52
2.4. Мониторинг Керченского пролива	64
Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ	70
3.1. Общая характеристика	70
3.2. Севастопольская бухта и взморье (СО ГОИН)	72
3.2.1. Севастопольская бухта	73
3.2.2. Севастопольское северное взморье	75
3.2.3. Севастопольские бухты южного взморья	77
3.2.4. Севастопольское южное взморье	79
3.2.5. Прибрежные воды ЮБК и Восточного Крыма	81
3.2.6. Порт Ялта	82
3.3. Качество черноморских вод у берегов Крыма	88
3.4. Загрязнение прибрежных вод Кавказа	89
Глава 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ	106
4.1. Общая характеристика	106
4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы	106
4.3. Характеристика гидрометеорологических условий	107
4.4. Центральная часть Невской губы	108
4.5. Северный курортный район	111
4.6. Южный курортный район	114
4.7. Морской торговый порт	116
4.8. Северная станция аэрации	118
4.9. Курортный район мелководной зоны	121
4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива	124
4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива	127

4.12. Копорская губа	129
4.13. Лужская губа	132
Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ	136
5.1. Общая характеристика	136
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ	138
5.3. Двинский залив	138
5.4. Кандалакшский залив	142
Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ	146
6.1. Общая характеристика	146
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ	147
6.3. Загрязнение вод Кольского залива	147
Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)	153
7.1 Общая характеристика	153
7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген	153
7.3. Гидрохимические показатели	154
7.4. Загрязняющие вещества в морской воде	155
7.5. Загрязняющие вещества в донных отложениях	157
Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА	159
8.1. Карское море	160
Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (Тихий океан)	161
9.1. Общая характеристика	161
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ	162
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы	162
Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ	170
10.1. Общая характеристика	170
10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин	172
10.2.1. Район села Стародубское	173
10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова	174
10.2.3. Залив Анива. Район порта Пригородное	176
Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ	181
11.1. Общая характеристика	181
11.2. Источники загрязнения	182
11.3. Бухта Золотой Рог	184
11.4. Бухта Диомид	191
11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	194
11.6. Амурский залив	199
11.7. Уссурийский залив	205
11.8. Залив Находка	210
11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив	223
Глава 12. ВЫВОДЫ	227
Литература	235
<i>Приложение №1.</i> Список опубликованных Ежегодников	238
<i>Приложение №2.</i> Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2021	241
<i>Приложение №3.</i> РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»	243