

**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

2022

**Москва
2024**

АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2022 приведены усредненные значения стандартных гидролого-гидрохимических характеристик, концентрации биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами в 56 локальных участках акваторий морей Российской Федерации в 2022 г. Обобщенная информация базируется на результатах наблюдений государственной программы мониторинга морской среды, проводимых 16 химическими лабораториями региональных подразделений Росгидромета, включая Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург). Работа по подготовке Ежегодника выполнена в лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета им. Н.Н. Зубова (ЛМЗ ГОИН, г. Москва, www.oceanography.ru, раздел «Загрязнение морей»).

Ежегодник содержит средние и максимальные (для кислорода минимальные) за год значения отдельных гидролого-гидрохимических показателей прибрежных морских вод, а также характеристику уровня загрязнения вод и донных отложений 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 иных характеристик качества вод.

Ежегодник-2022 предназначен для федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности, участников хозяйственно-производственного освоения шельфа, для широкой российской и международной общественности, ученых-экологов и студентов образовательных учреждений. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения морских акваторий, а также выявленные по данным многолетнего мониторинга тенденции могут быть использованы в научных исследованиях или при планировании хозяйственных и/или природоохранных мероприятий.

Ссылка для цитирования:

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2022 / Под общей редакцией А.Н. Коршенко. – Ижевск: ООО «Принт», 2024. – 232 с.

ISBN 978-5-6045347-3-1

© Коршенко А.Н., 2024

© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» (ФГБУ «ГОИН»), 2024

ABSTRACT

The Annual Report 2022 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2022. 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.

The Report-2022 contains annual and/or seasonal average and maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawater at 56 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 2022 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 2022 was compiled at the Marine Pollution Monitoring Laboratory of the N.N. Zybov State Oceanographic Institute of Roshydromet (SOI, Kropotkinsky Lane 6, 119034 Moscow, Russia, www.oceanography.ru, Chapter “Marine pollution”).

For bibliographic purposes, this document shall be cited as:

Marine Water Pollution: Annual Report 2022. – Izhevsk: OOO “Print”, 2024 – 232 c.

ISBN 978-5-6045347-3-1

© Korshenko A.N., 2024

© State Oceanographic Institute (SOI), 2024

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, 2021). Это издание содержит обобщенные данные о загрязнении омывающих территорию России морей и с 1997 г. готовится в соответствии с Постановлением Правительства №1425 от 15 ноября 1997 г. (ПП-РФ 1425). Ежегодники составляются в ГОИН на основе данных государственной наблюдательной сети (Положение о ГСН, 2003), включающей центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) межрегиональных территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Кроме этого в Ежегодники иногда дополнительно 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 2022 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета, полученные в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды. Данные были представлены в ГОИН на основании 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 гидролого-гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры технического состояния морских химических лабораторий. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Арктики, выполненных Северо-Западным филиалом ФГБУ «НПО «Тайфун» (г. Санкт-Петербург). Ежегодник-2022 по всем морям России подготовлен в Лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова 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 (Ntotal), фосфатного фосфора ($P-PO_4$), общего фосфора (Ptotal), кремния ($Si-SiO_3$), а также элементов гидрометеорологического режима – солености и хлорности воды (S‰), 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 последнее десятилетие 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 (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 раз-

работки региональных ПДК для отдельных морей в соответствии с уже опубликованными подробными Методическими указаниями по выполнению такой работы (МУ-2011).

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

<i>Биогенные вещества</i>				
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 соединение элементов: Н – 1, N – 14, О – 16, Р – 32, Si – 28, К – 39. Таким образом, ПДК аммония составляет 14/18 от первого приведенного в ПДК-2016 значения; нитритов 14/46; нитратов 14/62; силикатов SiO ₃ 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/дм³	мкг/ дм³	нг/дм³
Нафталин (3)	91–20–3	C ₁₀ H ₈	для пресных вод – 0,004	4	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ), (3)	-	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	морские воды – 0,05	50	
Родамин-Б (Краситель красный С-2108-Д), (4)	-	C ₃₀ H ₃₄ N ₂ O ₅	0,05	50	
	-		для пресных вод – 0,05	50	
Соевое масло (3)	8001–22–7	C ₅₇ H ₉₈ O ₆	морские воды – 1,0		
Синтетические поверхностно- активные вещества (СПАВ)***	-	Detergents	0,1	100	
		Detergents	для пресных вод – 0,5	500	
Фенол/карболовая кислота (3)	108–95–2	Fenols C ₆ H ₆ O	фенол – 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлор- циклогексана) (1)	319–84–6	HCH, Group HCH with γ-HCH (Lindane), C ₆ H ₆ Cl ₆	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50–29–3	DDT, C ₁₄ H ₉ Cl ₅	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67–64–1	C ₃ H ₆ O	для пресных вод – 0,05	50	
Бензол (4)	71–43–2	Benzen, C ₆ H ₆	для пресных вод – 0,5	500	
Бромбензол (2)	108–86–1	C ₆ H ₅ Br	0,1	100	
			для пресных вод – 0,0001	0,1	
α-Бромнафталин (1)	90–11–9	C ₁₀ H ₇ Br	для пресных вод – 0,000001	0,001	1
Арцерид (1)	-		для пресных вод – 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1). <i>бетабайтроид</i>	-	C ₂₂ H ₁₈ Cl ₂ FNO ₃	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
2,4-Динитрофенол (2)	51–28–5	C ₆ H ₄ N ₂ O ₅	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Дихлорбензол (2), смесь изомеров	25321–22–6	C ₆ H ₄ Cl ₂	для пресных вод – 0,001	1	
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 ₃ 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 (четырёххлористый 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), (ТВТ)	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 (морские воды)		
			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/дм ³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод). – Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм ³ . – В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мг/дм ³ .
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 – электроспрей масс-спектрометрия. Гравиметрия. ** Хлорорганические и фосфорорганические пестициды (ХОП, ФОП): 1) ДДТ и его метаболиты; 2) восемь стереоизомеров гексахлорциклогексана (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 нг/дм³. В ПДК-2016 этот уровень установлен в качестве Предельно Допустимой Концентрации. *** Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) – значения приведены по ПДК-2010.		

Уровень содержания вещества или химического элемента 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). Применение индекса имеет существенные ограничения, в первую очередь связанные с набором контролируемых параметров и количеством установленных ПДК для морских вод, поэтому рекомендуется использовать ИЗВ в основном с целью ориентировочного описания многолетней динамики и текущего состояния морской среды, а также дополнять полученные результаты другими методами оценки (Коршенко, 2023).

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. (Приказ 156). Критериями ЭВЗ морской воды являются:

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1–2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3–4 класса опасности – в 50 раз и более. Содержание веществ в морских водах сопоставляется с наиболее «жесткими» ПДК в ряду одноименных показателей. Для веществ, на которые нормативными документами предусмотрено полное отсутствие их в воде водных объектов, в качестве ПДК условно принимается значение 0,01 мг/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 органического вещества (C_{org}), и/или (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
Мышьак, 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 (TPNs), 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, Ntot	* 14
Марганец, Mn	* 55	Фосфаты, PO ₄	* 31
Железо, Fe	* 56	Общий фосфор, Ptot	* 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 контролируруемыми 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 поступлении 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.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 2022 г.

В 2022 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 16 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также НИИ и СЗНПО «Тайфун» Росгидромета на 241 станции, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на острове Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 56 локальных участках прибрежных районов, наиболее подверженных антропогенному 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 хозяйственных работ сетевых Управлений Росгидромета. Наибольшее количество станций по программе мониторинга было выполнено на Каспийском, Черном, Балтийском и Японском морях (рис. А.2).

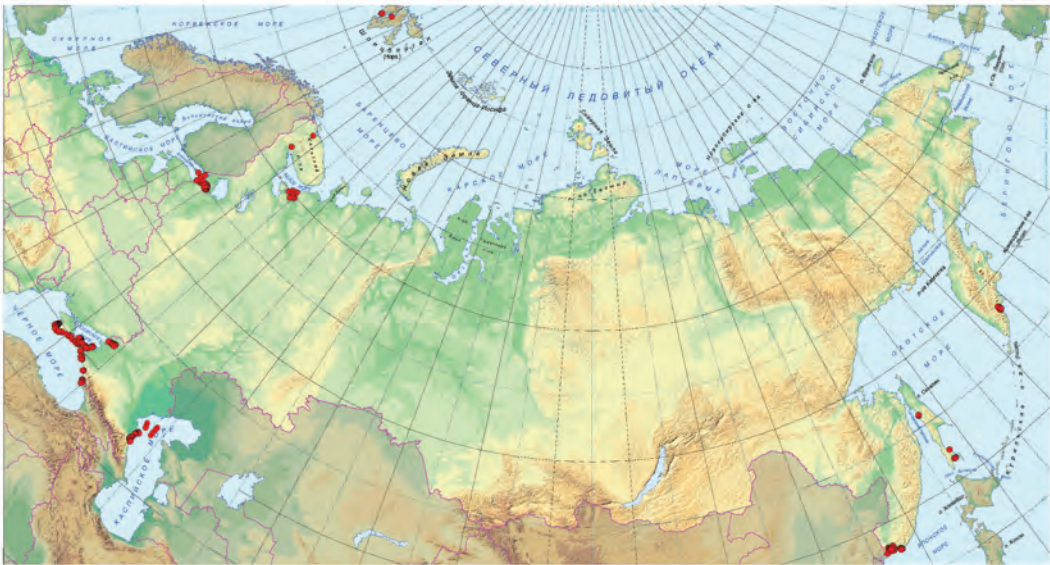


Рис. А1. Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2022 г.

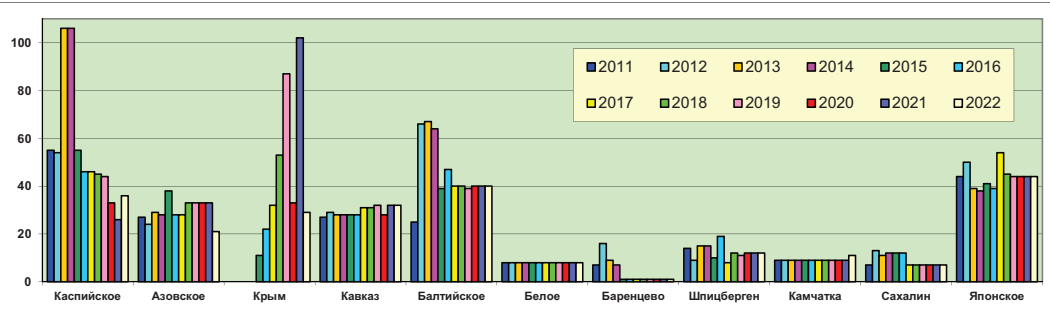


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011–2022 гг.

В течение 2022 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 2019 проб воды и 150 проб донных отложений (12 на Азовском море, 30 у побережья о. Сахалин и 108 в заливе Петра Великого Японского моря). Суммарное количество выполненных химических анализов составило 47110 измерений в морской воде (на 499 меньше прошлого года), а в донных отложениях 1864 (на 271 больше), из которых 1842 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, концен-

трация различных форм биогенных элементов (азот, фосфор и кремний), а также содержание в воде и донных отложениях загрязняющих веществ. В рамках государственной программы мониторинга морской среды последняя группа обычно включает суммарное количество нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектрометрии, 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 отдельном 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 исследуемой акватории. Аналитические возможности региональных химических лабораторий сильно отличаются, поэтому количество выполненных анализов в 2022 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

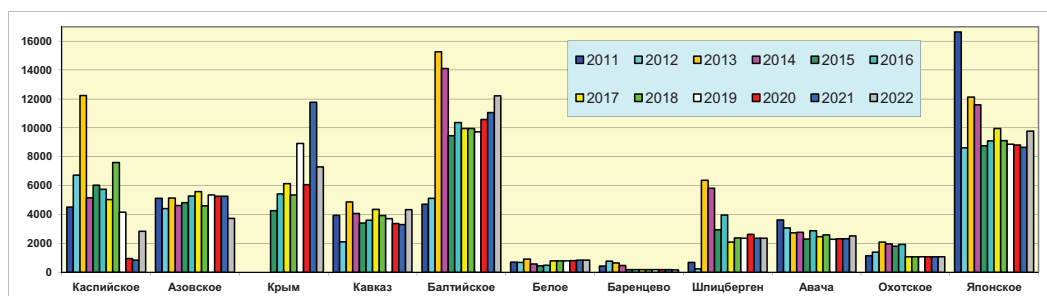


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морей РФ в 2011–2022 гг.

Государственный мониторинг гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды в 2022 г., как и в предыдущие годы, главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (13327 анализов из общего количества 46381), а также измерение концентрации биогенных веществ (11795 анализов) и растворенного в воде кислорода (1954), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов содержания тяжелых металлов (7670) и стойких органических загрязнителей (5403 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, в основном методом инфракрасной спектрометрии, было проанализировано 1774 пробы.

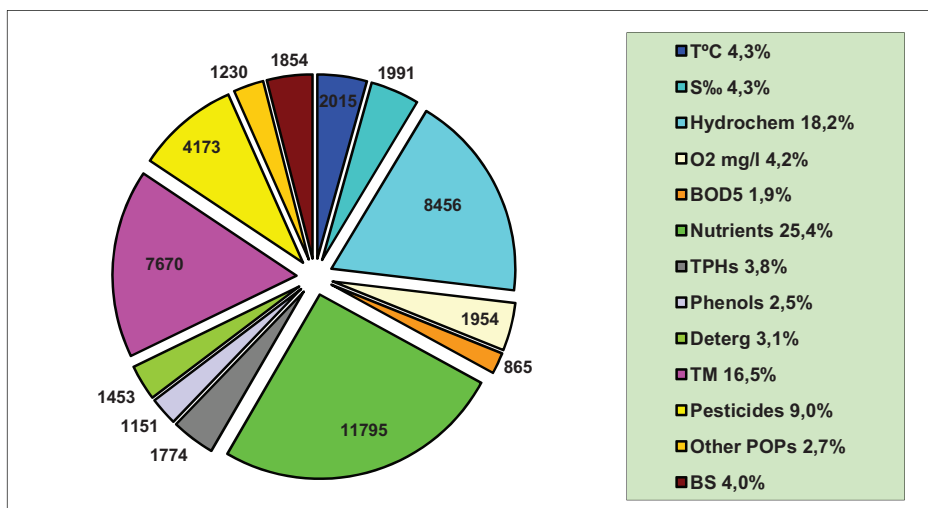


Рис. А.4. Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2022 г.

T – 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., Доцахова 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 увлаженности водосборного бассейна, площадь которого составляет 3,5 млн. км². По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км², что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км²). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км²), Адриатического (139,0 тыс. км²) и Белого морей (87,0 тыс. км²). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по батиграфической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень – мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием – по линии о. Жилой – мыс Ган-Гулу. 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, 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, 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 солёности. 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 солёности 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, 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 в загрязнение морской акватории в последние десятилетия вносят судовые сбросы, эксплуатация и разведка морских нефтепромыслов, предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности, транспортировка нефти морским путем.

1.3. Состояние вод Северного Каспия

В течение 2022 г. мониторинг загрязнения Северного Каспия проводился силами Астраханской ЦГМС Северо-Кавказского управления Росгидромета только один раз – в центральной и западной частях (на разрезах III и IIIa) в конце октября – начале ноября, а на южной границе (разрез IV) – силами Дагестанского ЦГМС в июне 2022 г. (рис. 1.1). Определение стандартных гидрохимических параметров, а также концентрации биогенных и загрязняющих веществ – нефтяных углеводородов (ИК-спектрометрия), фенолов (кроме разрезов III и IIIa) и СПАВ, проводилось в стационарной береговой лаборатории. В отличие от предыдущих лет, определение концентрации металлов на разрезах III и IIIa в 2022 г. не проводилось. Как и ранее, при оценке качества вод по биогенным веществам (фосфатам) в водах района принималось, что они могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ в качестве единицы измерения используется мкг/дм^3 , абсолютного содержания кислорода и БПК_5 – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – мг/дм^3 . Предел обнаружения нефтяных углеводородов составлял $0,02 \text{ мг/дм}^3$.

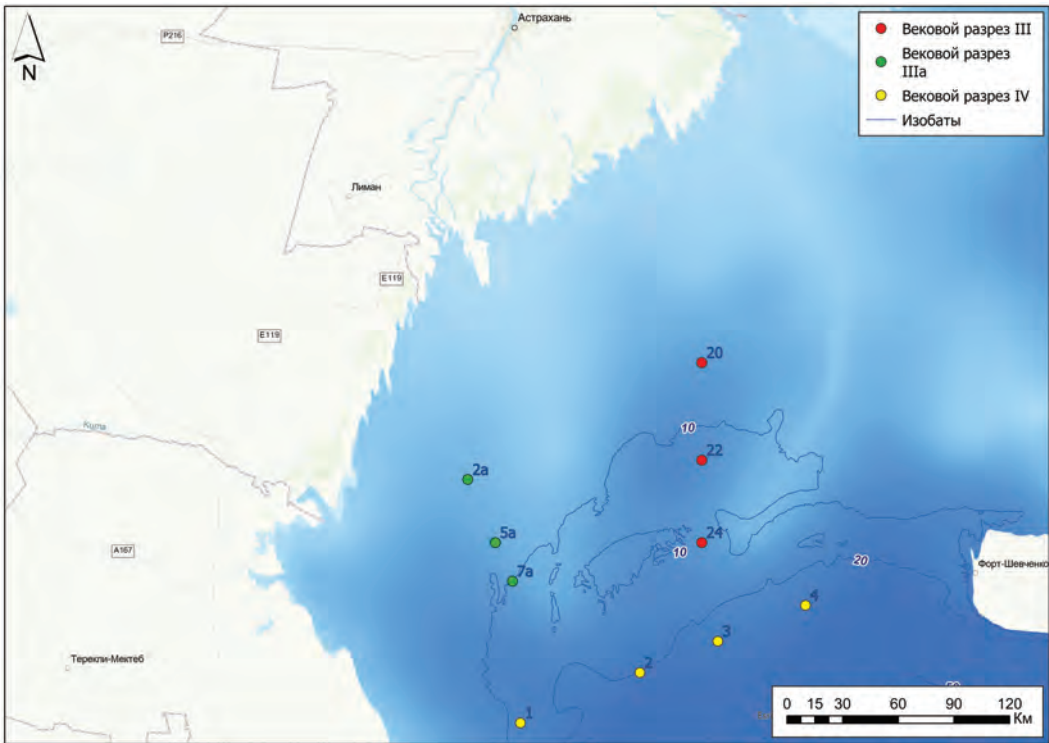


Рис. 1.1. Станции отбора проб морской воды на акватории Северного Каспия в 2022 г.

1.3.1. Западная и центральная часть акватории (разрезы IIIa и III)

На разрезах III и IIIa были отобраны по 6 проб на 3 станциях на поверхностном и придонном горизонтах в период с 25 октября по 3 ноября 2022 г. В западной части Северного Каспия (разрез IIIa) **соленость** изменялась от 6,99‰ вблизи устья Волги до 9,48‰ на удалении от него, в среднем 8,21‰, (табл. 1.2). В центральной части акватории (разрез III) соленость оказалась немного ниже, чем в западной, испытывающий более сильное влияние стока р. Волга – 6,36–9,13, в среднем 8,21‰. В целом уровень солёности соответствовал ее обычному годовому ходу в Северном Каспии для конца октября – начала ноября. Температура варьировала от 9,0 до 14,0°C. Прозрачность воды взморья была наименьшей (0,5–0,6 м) вблизи дельты Волги и повышалась до 0,8–2,5 м на удаленных станциях. Водородный показатель был в пределах 8,10–8,25 ед.рН. Щелочность варьировала в диапазоне 2,62–3,74 мг-экв/дм³.

Таблица 1.2. Средние, минимальные и максимальные значения гидрохимических параметров вод на вековых разрезах Северного Каспия в 2022 г. Концентрация биогенных элементов в мкг/дм³.

Параметр	Разрез III (25 октября – 3 ноября 2022 г, 6 проб)			Разрез IIIa (3 ноября 2022 г., 6 проб)			Разрез IV (13–15 июня 2022 г., 11 проб)		
	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.
Температура, °C	12,8	11,0	14,0	11,4	9,0	13,8	20,3	22,7	17,6
Соленость, ‰	7,52	6,36	9,13	8,21	6,99	9,48	10,73	9,45	11,80
O ₂ , мгO ₂ /дм ³	9,00	8,67	9,33	8,25	4,02	9,16	8,15	7,92	8,46
pH	8,17	8,10	8,21	8,27	8,23	8,29	8,34	8,37	8,40
Фосфаты P-PO ₄	0,51	0,20	1,0	0,15	0	0,50	6,6	5,6	7,3
Общий фосфор P _{total}	-	-	-	-	-	-	12,1	9,1	15,3
Нитриты N-NO ₂	1,50	1,0	3,0	1,83	1,00	2,00	1,22	0,85	1,61
Нитраты N-NO ₃	15,8	2,5	43,0	6,5	3,00	8,0	13,5	10,0	15,8
Аммоний азот N-NH ₄	17,0	6,0	22,0	22,5	14,0	42,0	227	148	319
Общий азот N _{total}	-	-	-	-	-	-	285	232	339
Кремний Si	573,3	460	700	836,7	720	1000	322,0	290	377

Содержание растворенного **кислорода** в водах Северного Каспия в среднем/минимальное составило 8,25/5,74 мгO₂/дм³ на разрезе IIIa и 9,00/8,67 мгO₂/дм³ на разрезе III. Содержание кислорода ниже норматива было отмечено однажды в придонном слое на глубине 4 м на самой близкой к дельте Волге станции №2а. Очень низкой оказалась концентрация **фосфатов** – в среднем 0,15 на разрезе IIIa и 0,52 на разрезе III, что соответствует 0,01 ПДК и менее (табл. 1.2). Типичное среднее содержание фосфатов в Северном Каспии составляет 4–6, хотя более низкие значения наблюдались и ранее – в 1984, 1986, 2011 и 2014 гг. Какого-либо многолетнего тренда концентрации фосфатов в водах разрезов III и IIIa не прослеживается (рис. 1.2).

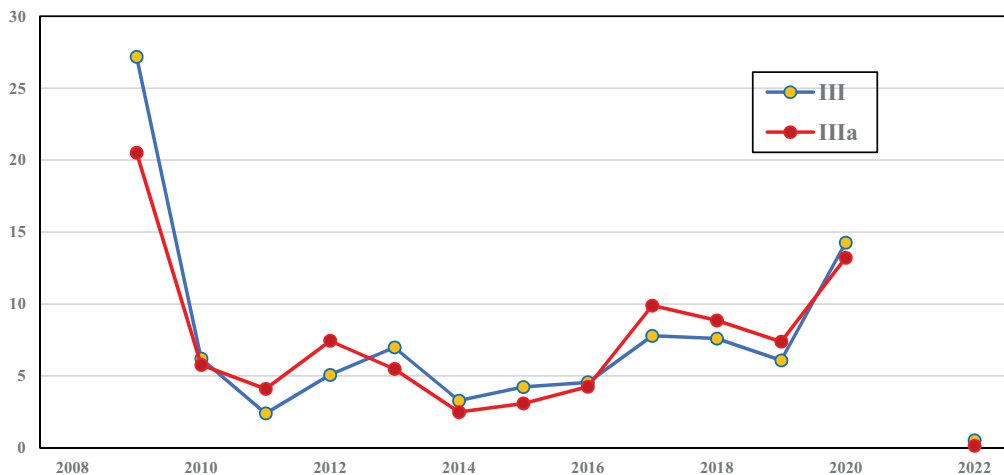


Рис. 1.2. Многолетняя динамика содержания фосфатов (мкг/дм³) в водах центральной (разрез III) и западной (разрез IIIa) частей акватории Северного Каспия в 2009–2022 гг. В 2021 г. наблюдения на разрезах III и IIIa не проводились.

Содержание аммонийного азота и нитритов на акватории Северного Каспия осенью существенно не отличалось от уровня предыдущих лет и было далеким от предельно допустимых значений – в среднем 0,04–0,06 ПДК и 0,06–0,08 ПДК соответственно. Концентрация нитратов была наибольшей на ст.№20 вблизи дельты реки и существенно снижалась южнее, в сторону открытого моря. Содержание силикатов в целом было в пределах обычной межгодовой изменчивости.

В центральной части Северного Каспия (разрез III) концентрация приоритетных загрязнителей составила: нефтяных углеводородов (НУ) – в среднем 0,40 ПДК при максимуме 0,60 ПДК, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) – 0,40 и 0,60 ПДК, соответственно (табл. 1.3). При этом для НУ сохранилась начавшаяся в 2017 г. тенденция к понижению, а для СПАВ текущий уровень загрязнения приблизительно соответствовал уровню предыдущих лет.

Западная часть Северного Каспия (разрез IIIa) была в большей степени загрязнена НУ, чем центральная. Концентрация там составила 0,9 ПДК, что соответствовало уровню загрязнения в 2020 г. Содержание СПАВ не отличалось от такового в центральной части акватории (0,52 ПДК) и находилось в пределах межгодовой изменчивости последних лет. Следует отметить высокую степень корреляции многолетнего хода концентрации нефтяных углеводородов и СПАВ между двумя разрезами. Коэффициенты корреляции равны 0,87 для НУ и 0,90 для СПАВ. Таким образом, уровень загрязнения разных частей акватории Северного Каспия довольно однороден и формируется под влиянием одинаковых факторов. В 2022 г. в водах разрезов III и IIIa не определялась концентрация фенолов, вносящих по опыту предыдущих лет значительный вклад в уровень комплексного загрязнения рассматриваемой акватории. Поэтому по значениям ИЗВ на этих разрезах была получена нереалистично заниженная оценка загрязнения вод (табл. 1.4).

Таблица 1.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного Каспия в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Разрез III 3 ст. 6 проб	НУ	0,10	2,00			0,024	0,48
		0,17	3,40			0,03	0,60
	Фенолы	1,2	1,20				
		2,0	2,00				
	СПАВ	80	0,80			53,6	0,54
		90	0,90			76,6	0,77
	Азот аммонийный	9,3	0,02			17,0	0,04
		11,6	0,03			22,0	0,06
	Азот нитритный	1,10	0,05			1,50	0,06
		1,27	0,05			3,00	0,12
	Фосфаты	14,26	0,28			0,5	0,01
		15,62	0,30			1,0	0,02
	Fe	120	2,40				
		160	3,20				
	Cu	3,1	0,62				
		4,8	0,96				
	Zn	59,1	1,18				
		70,5	1,41				
	Ni	2,5	0,25				
		3,5	0,35				
	Кислород	10,38				9,00	
		10,27				8,67	
Разрез IIIa 3 ст., 6 проб	НУ	0,05	1,00			0,044	0,88
		0,06	1,2			0,054	1,08
	Фенолы	1,3	1,3				
		2	2				
	СПАВ	60	0,60			52,4	0,52
		80	0,8			60,0	0,60
	Азот аммонийный	9,4	<0,1			22,5	0,06
		12,7	<0,1			42,0	0,11
	Азот нитритный	1,02	0,04			1,83	0,08
		1,27	0,05			2,00	0,08
	Фосфаты	13,21	0,26			0,15	0,003
		14,11	0,28			0,50	0,01
	Fe	100	2,00				
		110	2,2				
	Cu	3,8	0,76				
		4,2	0,84				
	Zn	59,7	1,19				
		73,6	1,47				
	Кислород	10,69				8,25	
		10,62				4,02	0,67

Разрез IV 4 ст., 11 проб	НУ			0,039	0,78	0,052	1,04
				0,05	1,00	0,06	1,20
	Фенолы			2,18	2,18	2,82	2,82
				3,0	3,00	4,00	4,00
	Азот аммонийный			299	0,77	227	0,58
				338	0,87	319	0,82
	Азот нитритный			1,73	0,07	1,22	0,05
				2,00	0,08	1,61	0,07
	Фосфаты			13,6	0,27	6,6	0,13
				15,9	0,32	7,3	0,15
	Кислород			9,30		8,15	
				8,17		7,92	

Примечания:

1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), аммонийного азота, железа, меди, никеля 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 Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.

Таблица 1.4. Оценка качества вод Северного Каспия в 2019–2022 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ*	Класс	
Section III	2,32	V	1,84	V	0,43	II	СПАВ 0,54; НУ 0,48; NH ₄ 0,04; O ₂ 0,67
Section IIIa	2,19	V	1,59	IV	0,55	II	НУ 0,88; СПАВ 0,52; NH ₄ 0,06; O ₂ 0,72

ИЗВ* – без учета фенолов

1.3.2. Южная граница Северного Каспия (разрез IV)

На южной границе Северного Каспия (разрез IV) отбор проб воды проводился 13–15 июня 2022 г. на 4 станциях на трех горизонтах – поверхностном, промежуточном и придонном на глубине 10–23 м. Всего было отобрано 11 проб. По многолетним наблюдениям для разреза IV характерно возрастание **солёности** в направлении от западного берега моря к восточному, что связано с потоком распресненной волжской воды, распространяющимся вдоль западного берега моря. В июне солёность на поверхности моря изменялась от 9,45‰ на ст. 1 около западного берега до 11,70‰ на ст. 4 в центральной части моря. В придонных слоях воды были везде более солёными, но контраст солёности уменьшался от 0,23‰ в западной до 0,10‰ в центральной части моря. Температура в середине лета была в пределах 17,6–22,6°C, придонные воды более холодные. Величина водородного показателя вод (рН) находилась в узких пределах 8,31–8,40, в более распресненных водах на поверхности моря у западного берега значения уменьшались до 8,27 ед.рН. Показатели кислородного режима находились в пределах нормы: средняя и минимальная концентрация равна 8,15 и 7,92 мгО₂/дм³, соответственно (табл. 1.2).

Концентрация **фосфатов** на южной границе Северного Каспия в районе разреза IV оставалась значительно ниже норматива и в среднем составляла 0,13 ПДК, максимальная 0,15 ПДК (табл. 1.2). Содержание общего фосфора варьировало в узких пределах 9,1–15,3 мкг/дм³. Содержание силикатов в поверхностном слое в среднем (286) было немного ниже, чем в подстилающих водах (343). Среднее/максимальное значения концентрации нитритов и аммонийного азота составляли 0,05/0,06 ПДК и 0,77 /0,87 ПДК, соответ-

ственно. Следует отметить, что размах межгодовых колебаний содержания аммонийного азота в водах разреза IV в период 2007–2022 гг. был в несколько раз большим, чем в более ранний период (рис. 1.3). За последние два десятилетия средняя годовая концентрация аммонийного азота на разрезе IV (Чечень-Мангышлак) выросла втрое с 0,13–0,19 ПДК в 2000–2005 гг. до 0,69–0,77 ПДК в 2017–2021 гг. Такой рост соответствует тренду 0,02 ПДК/год и статистически значим на уровне доверительной вероятности более 99%. В целом, по данным наблюдений в июне 2022 г. угроза эвтрофикации вод на южной границе Северного Каспия отсутствовала.

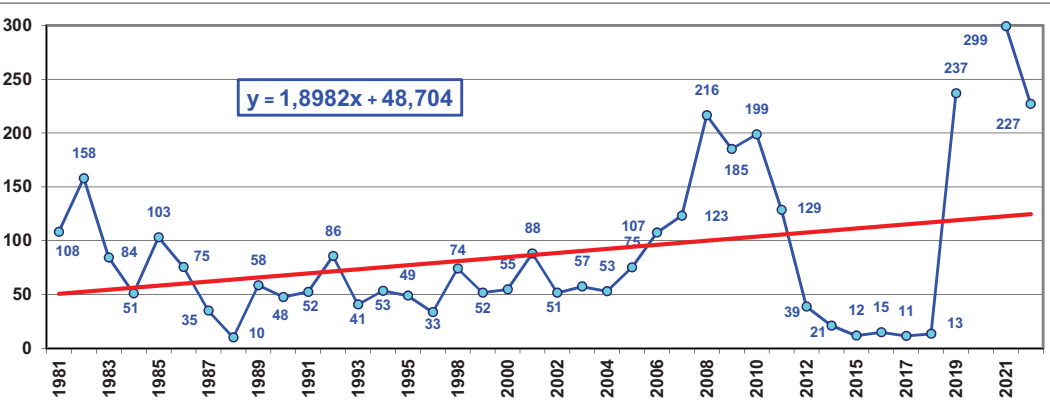


Рис. 1.3. Динамика средней годовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2022 гг.

Среди загрязняющих веществ в 2022 г. приоритетными оставались **фенолы** со средней годовой концентрацией 2,2 ПДК и максимальной 3,0 ПДК. 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. 1.4).

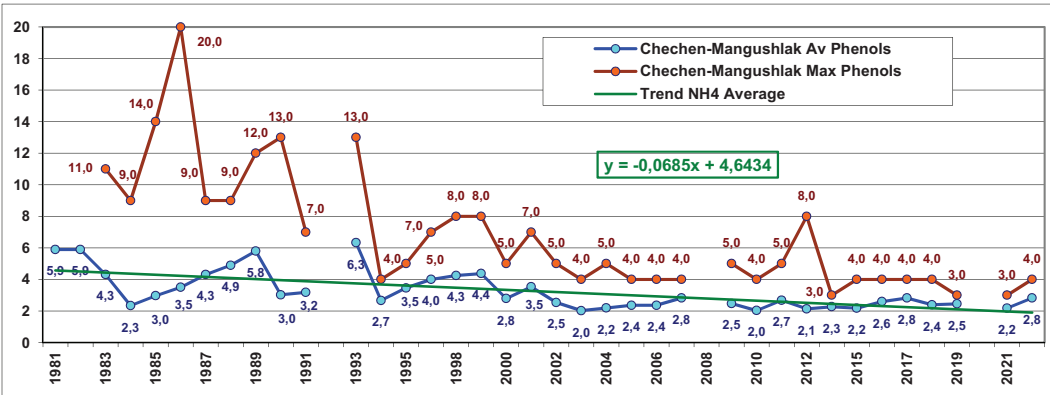


Рис. 1.4. Динамика максимальной и средней годовой концентрации фенолов (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2022 гг. Максимальные значения концентрации фенолов 54,0 и 29,0 мкг/дм³ в 1981–1982 гг. вынесены за поля графика.

Средняя концентрация нефтяных углеводородов (**НУ**) в 2022 г. составила 1,04 ПДК, а максимальная достигала 1,20 ПДК. Это находится в пределах межгодовой изменчивости, установившейся за последние 10 лет (рис. 1.5). Многолетняя динамика содержания НУ на границе Северного Каспия характеризовалась ростом средней годовой концентрации в первое десятилетие столетия. После 2010 г. уровень НУ в водах разреза стабилизировался на уровне чуть менее 1 ПДК с небольшими вариациями. После 2012 г. размах максимальных годовых значений также существенно уменьшился. Межгодовая изменчивость средней концентрации НУ в районе разреза IV была существенно ниже, чем на меридиональных разрезах III и IIIа.

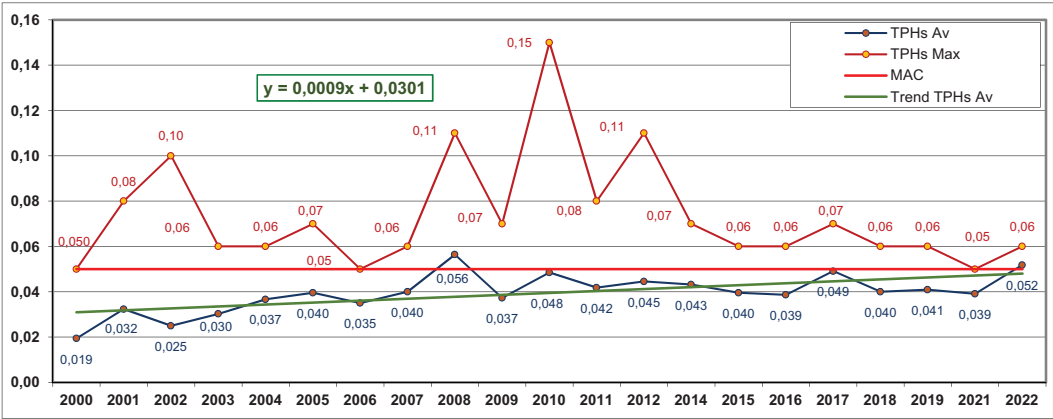


Рис. 1.5. Динамика максимальной и средней годовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 2000–2022 гг.

Состояние вод на разрезе IV на южной границе Северного Каспия в 2022 г. немного ухудшилось по сравнению с прошлым годом. Индекс ИЗВ вырос до 1,29, в результате чего воды из класса «умеренно загрязненные» перешли в класс «загрязненные» (табл. 1.4). Ухудшение качества вод было вызвано повышенной концентрацией фенолов и нефтяных углеводородов (рис. 1.6).

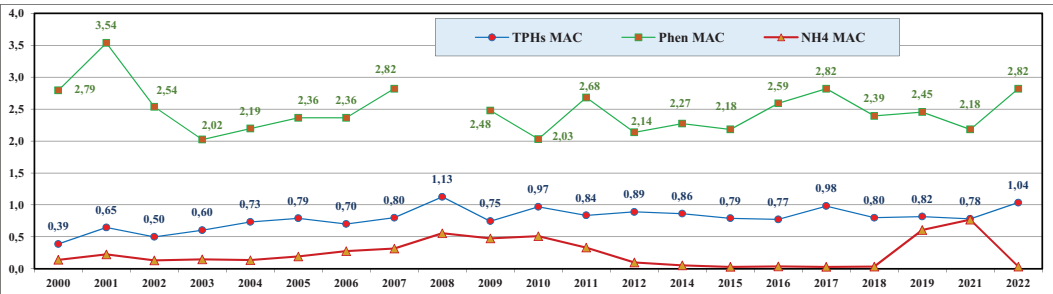


Рис. 1.6. Динамика содержания фенолов, НУ и NH₄ в ПДК в 2000–2022 гг. на южной границе Северного Каспия. В 2020 г. наблюдений не было.

Многолетняя динамика ИЗВ за период 2000–2022 гг. свидетельствует об отсутствии выраженной тенденции изменения качества вод в рассматриваемом районе (рис. 1.7). Практически во все годы индекс находился в диапазоне значений, соответствующих «уме-

ренно загрязненных» водам, III класс качества. Исключение составил только 2017 г., когда значение ИЗВ вышло за верхний предел этого класса и достигло уровня «загрязненных» вод. 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.

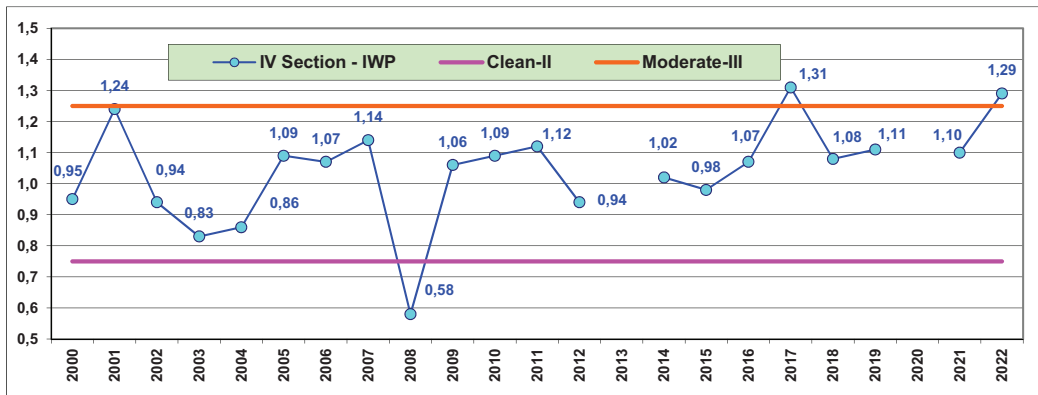


Рис. 1.7. Многолетняя динамика ИЗВ в водах станций IV разреза на южной границе Северного Каспия в период 2000–2022 гг.

Таблица 1.4. Оценка качества морских вод на южной границе Северного Каспия (разрез IV) по ИЗВ в 2019, 2021 и 2022 гг.

Район	2019 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Разрез IV	1,11	III	1,10	III	1,29	IV	Фенолы 2,82; НУ 1,04; NH ₄ 0,58; O ₂ 0,74

1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

В 2022 г. мониторинг прибрежных морских вод Дагестана был выполнен в мае, июне-июле, сентябре, октябре и ноябре в районах от п. Лопатин до г. Махачкала; один раз в год в сентябре-октябре в районах г. Каспийск, п. Избербаш и г. Дербент и не проводился на взморье р. Самур (рис. 1.8). Станции расположены вблизи берега на мелководье, глубина на них варьирует от 3,3 до 21,0 м. Всего на поверхностном и придонном горизонтах было отобрано 174 пробы. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов используется единица мкг/дм³, для абсолютного содержания кислорода мгО₂/дм³, для нефтяных углеводородов мг/дм³. Предел обнаружения нефтяных углеводородов составлял 0,02 мг/дм³.

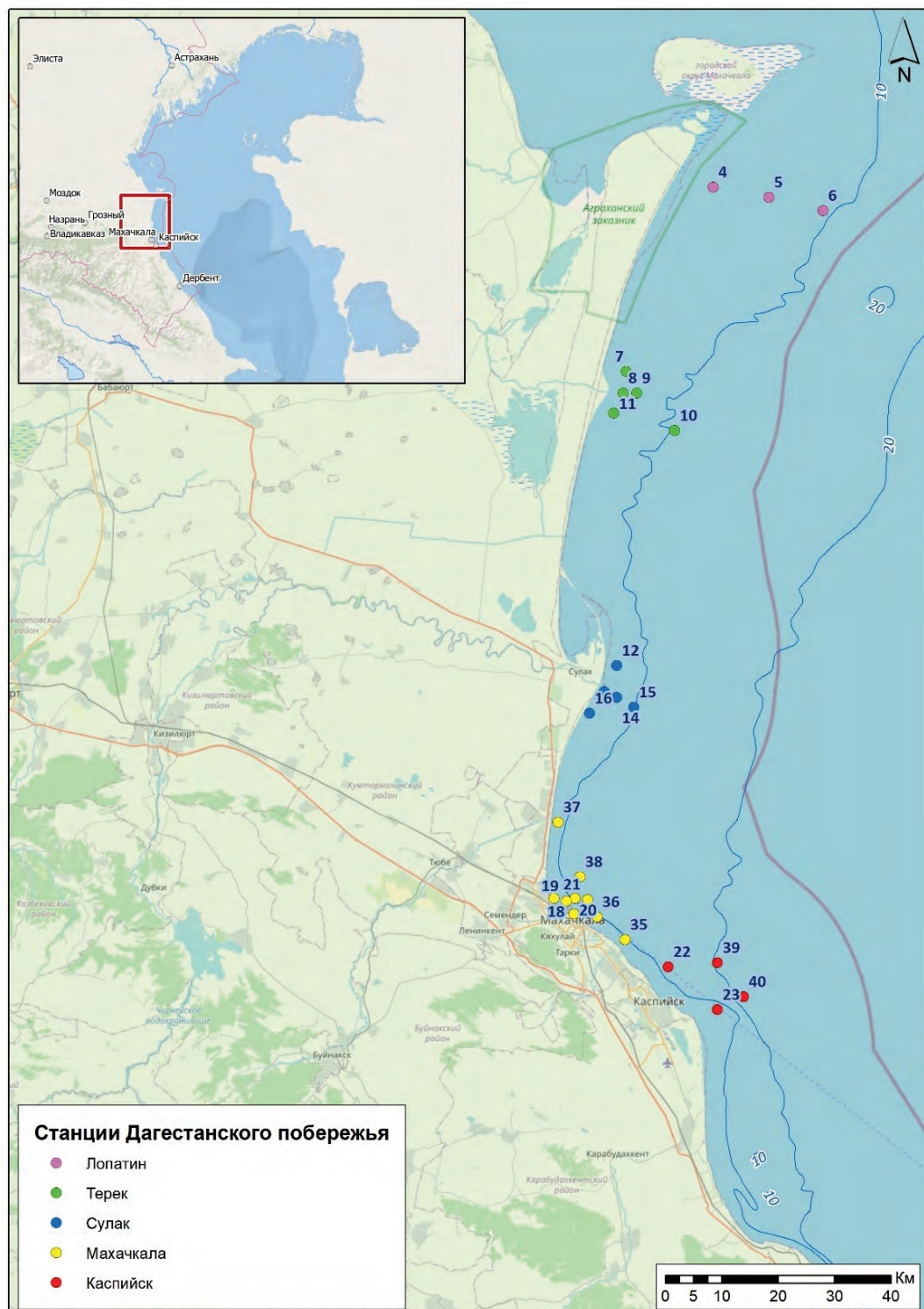


Рис. 1.8. Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2022 г.

Как и в предыдущие годы, средняя соленость прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг от 8,40‰ у п. Лопатин до 10,15‰ у г. Каспийск (табл. 1.5). Это обусловлено распресняющим влиянием волжского стока, распространяющегося вдоль побережья Дагестана. По абсолютной величине соленость вдоль всего побережья (средняя 9,14‰, мин. 5,97‰, макс. 11,40‰) была заметно выше значений 2021 г.

Таблица 1.5. Среднее и максимальное значение гидрохимических параметров вод Дагестанского побережья в 2022 г.

Район	Т°С	S ‰	O ₂	pH	PO ₄	P tot	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N tot	Si
Лопатин	18,85	8,40	8,95	8,20	10,17	16,38	1,7	16,59	323,3	320,0	310,5
3 ст., 24 пробы	25,4	10,5	8,58	8,35	14,2	22,8	2,01	22,1	386	377	387
Взморье р. Терек	18,72	8,20	9,00	8,28	10,78	14,88	1,6	15,64	314,0	326,9	344,6
5 ст., 40 проб	24,8	10,6	8,47	8,49	15,2	18,4	1,9	19,4	364	390	450
Взморье р. Сулак	18,63	9,05	9,03	8,35	11,62	15,07	1,6	15,30	291,9	323,3	343,6
5 ст., 34 пробы	25,4	10,7	8,13	8,47	14,5	18,1	1,99	18	345	374	438
Махачкала	19,63	9,99	9,09	8,35	12,27	16,24	1,9	15,42	325,6	334,0	383,6
8 ст., 58 проб	25,4	11,4	7,97	8,52	15,8	19	2,21	18	399	397	469
Каспийск	23,75	9,67	8,49	8,50	12,90	17,20	1,6	13,79	359,6	322,2	392,5
4 ст., 8 проб	24	10,4	8	8,52	15,2	19,3	1,78	15,8	394	385	465
Избербаш	22,17	9,95	8,56	8,39	12,17	15,78	1,7	13,67	348,3	330,2	397,2
3 ст., 6 проб	23	10,3	8,29	8,41	13,9	17,6	1,82	15,8	398	381	462
Дербент	23,80	10,15	8,54	8,40	12,40	14,65	1,4	12,95	342,3	329,3	398,0
2 ст., 4 пробы	24,6	10,3	8,29	8,4	14	16	1,56	14,7	388	381	467

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

Концентрация **фосфатов** по-прежнему оставалась далекой от норматива – не более 0,26 ПДК. На участке п. Лопатин – г. Каспийск отмечался рост средней концентрации фосфатов с севера на юг – от 10,17 до 12,90 мкг/дм³ (табл. 1.6). Содержание общего фосфора было незначительно больше минерального и варьировало в диапазоне 10,3–22,8, в среднем 15,7 мкг/дм³. Концентрация нитритов сохранялась на уровне менее 0,1 ПДК, в среднем 1,73 мкг/дм³ (0,07 ПДК). Содержание аммонийного азота возросло за последние три года в 2–2,5 раза во всех районах мониторинга и в 2022 г. достигало значений 0,75 ПДК на взморье р. Сулак и 0,93 ПДК у г. Каспийск. За более длительный период 2011–2022 гг. отмечается статистически значимый (на уровне достоверности 99%) положительный линейный тренд концентрации аммонийного азота со скоростью от 0,035 ПДК/год на взморье р. Терек до 0,060 ПДК/год в районе г. Каспийск. Среднее содержание нитратного азота постепенно убывало с севера на юг от 16,6 у Лопатина до 13,0 у Дербента; среднегодовое для всего побережья 15,4 мкг/дм³. Разброс значений концентрации силикатов был относительно небольшим – 241–469. Таким образом, признаков эвтрофикации вод на Дагестанском шельфе по-прежнему не отмечено.

Приоритетными загрязняющими веществами во всех районах мониторинга на Дагестанском шельфе оставались **фенолы** – от 2,75 ПДК у Дербента до 3,76 ПДК у Махачкалы. Многолетний тренд концентрации фенолов за последнее десятилетие отсутствовал, но ее межгодовые колебания были велики. Особенно значительными они были на взморье р. Сулак, где достигали 2,5 ПДК (рис.1.9).

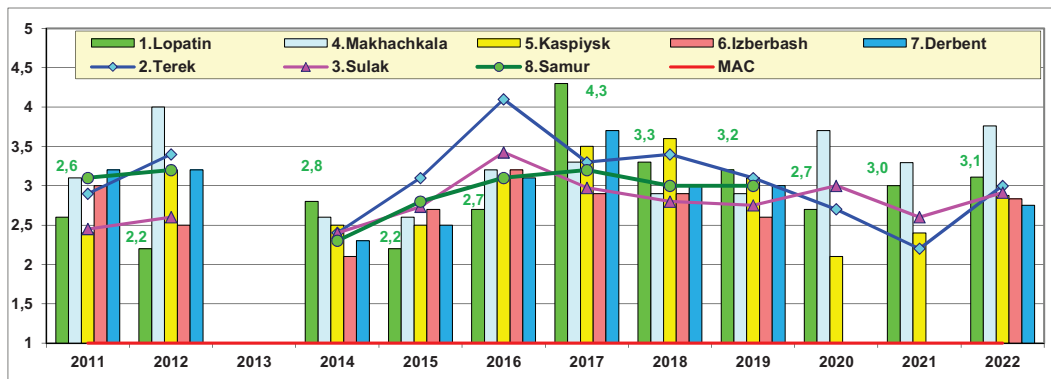


Рис. 1.9. Динамика средней концентрации фенолов (мкг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2011–2022 гг.

Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами соответствовал уровню предыдущих лет. Средняя годовая концентрация во всех районах варьировала около ПДК, а максимальная достигала 1,4 ПДК на взморье р. Сулак и у Махачкалы. В целом, концентрация НУ оставалась в 2022 г. на уровне предыдущих лет, какой-либо значимой тенденции в ее многолетней изменчивости выявлено не было (рис. 1.10).

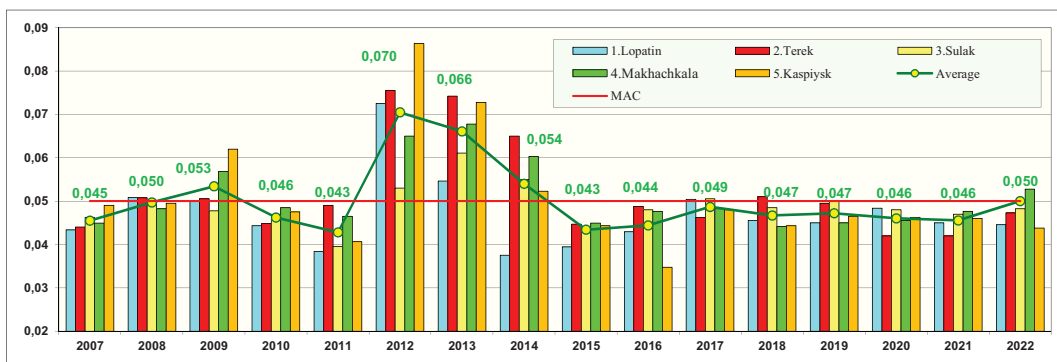


Рис. 1.10. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2007–2022 гг.

Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) измерялась во второй половине года в водах от Лопатина до Махачкалы. Содержание СПАВ варьировало в диапазоне 7–27, за исключением единственного случая у Махачкалы – 180 (1,8 ПДК). Средняя с учетом этого экстремума составила $20,7 \text{ мкг/дм}^3$.

Содержание меди определялось во второй половине года только у Лопатина, и на взморье рек Терек и Сулак. Концентрация этого металла была в диапазоне 2,1–4,6 и достигала 0,92 ПДК на дальней от берега станции у Лопатина, составляя в среднем $3,0 \text{ мкг/дм}^3$. Данных о концентрации меди недостаточно для оценки возможного тренда, т.к. наблюдения начались только в 2018 г. и только в трех из 8 районов мониторинга. Однако очевидным является значительная межгодовая изменчивость содержания меди – между 2018 и 2022 гг. ее концентрация изменилась в 1,5–2,0 раза (табл. 1.7). В этих же северных районах Дагестанского побережья определялась концентрация цинка в морской воде, диапазон 1,3–3,3, в среднем $1,8 \text{ мкг/дм}^3$ (0,04 ПДК).

Таблица 1.7. Многолетняя динамика концентрация меди (в ПДК) в водах Северного Каспия и Дагестанского шельфа в 2018–2022 гг.

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

Кислородный режим северной части Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя концентрация растворенного **кислорода** изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 8,95 мгО₂/дм³ у п. Лопатин до 9,09 мгО₂/дм³ у г. Махачкала; южнее содержание кислорода находилось на уровне 8,49–8,54 мгО₂/дм³. Значения комплексного показателя загрязнения **ИЗВ** в большинстве районов мониторинга в 2022 г. составили 1,32–1,38 (табл. 1.8) и только в районе Махачкалы – 1,58; в среднем по Дагестанскому взморью ИЗВ было равно 1,38. Все эти значения ИЗВ соответствуют «загрязненным» водам. Анализ многолетней динамики качества вод по индексу ИЗВ показывает общую тенденцию к понижению ИЗВ в водах Дагестанского побережья начиная с 2016/2017 гг., за исключением района у Махачкалы. Вместе с тем, за последний год отмечался рост ИЗВ во всех районах взморья (рис. 1.11). Как пространственные, так и межгодовые изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

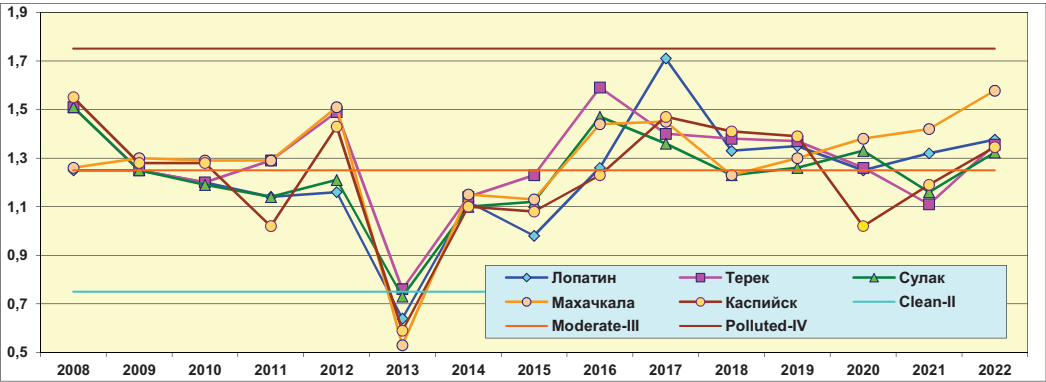


Рис. 1.11. Динамика ИЗВ на Дагестанском взморье 2008–2022 гг.

Таблица 1.6. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих и биогенных веществ в водах Дагестанского побережья в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Лопатин 3 ст., 6 проб	НУ	0,048	0,96	0,045	0,90	0,045	0,89
		0,06	1,20	0,05	1,00	0,06	1,20

	Фенолы	2,67	2,67	3,00	3,00	3,11	3,11
		3,00	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	СПАВ	16,0	0,16	12	0,12	9,67	0,10
		19,0	0,19	69	0,69	12	0,12
	Cu	3,7	0,74	3,6	0,72	3,57	0,71
		4,9	0,98	4,7	0,94	4,6	0,92
	Zn	3,0	0,06	3,0	0,06	2,9	0,06
		3,8	0,07	3,7	0,07	3,3	0,07
	Азот аммонийный	99	0,25	231,7	0,59	323	0,83
		111	0,29	265	0,68	386	0,99
	Азот нитритный	1,43	0,06	1,79	0,07	1,7	0,07
		1,66	0,07	2,31	0,10	2,01	0,08
	Фосфор фосфатный	6,2	0,12	10,9	0,21	10,17	0,20
		7,8	0,15	18,1	0,36	14,2	0,28
Взморье р. Терек 5 ст., 10 проб	НУ	9,31		9,53		8,95	
		8,87		8,54		8,58	
	Фенолы	0,042	0,84	0,042	0,84	0,047	0,95
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	СПАВ	2,70	2,70	2,20	2,20	3,00	3,00
		3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	Cu	19	0,19	19	0,19	17,67	0,18
		23	0,23	23	0,23	21	0,21
	Zn	3,85	0,77	3,75	0,75	2,73	0,55
		4,8	0,96	4,7	0,94	3,3	0,66
	Азот аммонийный	5,8	0,11	5,65	0,11	1,8	0,04
		6,0	0,12	5,9	0,12	1,9	0,04
	Азот нитритный	114,96	0,30	294,5	0,76	314	0,81
		148	0,38	335	0,86	364	0,94
	Фосфор фосфатный	1,41	0,06	1,55	0,07	1,6	0,07
		1,58	0,07	2,00	0,08	1,9	0,08
	Кислород	7,6	0,15	13,2	0,26	10,78	0,22
		8,8	0,17	16,2	0,32	15,2	0,30
	НУ	9,34		9,44		9,00	
		8,87		8,95		8,47	
Взморье р. Сулак 5 ст., 10 проб	Фенолы	0,048	0,96	0,035	0,70	0,048	0,96
		0,06	1,20	0,044	0,88	0,07	1,40
	СПАВ	3,00	3,00	2,60	2,60	2,91	2,91
		4,00	4,00	3,00	3,00	5,00	5,00
	Cu	35	0,35	35	0,35	18,17	0,18
		44	0,44	44	0,44	24	0,24
	Zn	3,67	0,73	3,59	0,72	2,89	0,58
		4,80	0,96	4,7	0,94	3,5	0,70
	Азот аммонийный	3,96	0,72	3,9	0,08	1,6	0,03
		5,3	0,16	5,3	0,11	2	0,04
	Азот нитритный	122,78	0,31	277,2	0,63	292	0,75
		146,2	0,38	339	0,87	345	0,89
	Фосфор фосфатный	1,41	0,06	1,63	0,06	1,6	0,07
		1,58	0,07	2,18	0,09	1,99	0,08
	НУ	9,41	0,19	13,1	0,26	11,62	0,23
		10,3	0,21	14,9	0,29	14,5	0,29

Махачкала 9 ст., 17 проб	Кислород	9,34		9,50		9,03	
		8,87		8,94		8,13	
	НУ	0,046	0,92	0,048	0,96	0,053	1,06
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,07	1,40
	Фенолы	3,66	3,66	3,29	3,29	3,76	3,76
		5,0	5,00	4,00	4,00	6,00	6,00
	СПАВ	32	0,38	31,18	0,31	28,51	0,29
		38	0,38	38	0,38	180	1,80
	Азот аммонийный	131,8	0,34	304,6	0,78	326	0,84
		161	0,41	350	0,90	399	1,03
	Азот нитритный	1,77	0,07	1,91	0,08	1,9	0,08
		2,20	0,09	2,16	0,09	2,21	0,09
	Фосфор фосфатный	9,5	0,19	12,6	0,25	12,27	0,25
		10,6	0,21	16,5	0,33	15,8	0,32
	Кислород	10,09		9,37		9,09	
		9,49		8,85		7,97	
Каспийск 4 ст., 10 проб	НУ	0,046	0,92	0,046	0,92	0,044	0,88
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,05	1,00
	Фенолы	2,1	2,10	2,40	2,40	2,88	2,88
		3,0	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00
	СПАВ	31	0,31	30	0,30	-	-
		37	0,37	37	0,37	-	-
	Азот аммонийный	182	0,47	311,2	0,80	360	0,92
		222	0,57	343	0,88	394	1,01
	Азот нитритный	1,80	0,08	1,83	0,08	1,6	0,07
		2,09	0,09	2,15	0,09	1,78	0,07
	Фосфор фосфатный	9,3	0,19	11,6	0,23	12,90	0,26
		10,7	0,21	14,4	0,29	15,2	0,30
	Кислород	10,28		9,31		8,49	
		9,99		8,83		8,00	
Избербаш 3 ст., 6 проб	НУ					0,050	1,00
						0,06	1,20
	Фенолы					2,83	2,83
						4,00	4,00
	Азот аммонийный					348	0,90
						398	1,02
	Азот нитритный					1,7	0,07
						1,82	0,08
	Фосфор фосфатный					12,17	0,24
						13,9	0,28
	Кислород					8,56	
						8,29	
Дербент 2 ст., 4 пробы	НУ					0,050	1,00
						0,06	1,20
	Фенолы					2,75	2,75
						4,00	4,00
	Азот аммонийный					342	0,88
						388	1,00
	Азот нитритный					1,4	0,06
						1,56	0,07

	Фосфор фосфатный					12,40	0,25
						14	0,28
	Кислород					8,54	
						8,29	

- Примечания:
1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мгО₂/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного и нитритного азота, фосфатного фосфора, меди и цинка – в мкг/дм³.
 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.

Таблица 1.8. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Лопатин	1,25	III	1,31	IV	1,38	IV	Фенолы 3,11; НУ 0,89; NH ₄ 0,83; О ₂ 0,67
Взморье р. Терек	1,24	III	1,11	III	1,35	IV	Фенолы 3,00; НУ 0,95; NH ₄ 0,81; О ₂ 0,67
Взморье р. Сулак	1,33	IV	1,16	III	1,32	IV	Фенолы 2,91; НУ 0,96; NH ₄ 0,75; О ₂ 0,66
Махачкала	1,38	IV	1,42	IV	1,58	IV	Фенолы 3,76; НУ 1,06; NH ₄ 0,84; О ₂ 0,66
Каспийск	1,02	III	1,19	III	1,35	IV	Фенолы 2,88; NH ₄ 0,92; НУ 0,88; О ₂ 0,71
Избербаш	-	-	-	-	1,36	IV	Фенолы 2,83; НУ 1,00; NH ₄ 0,9; О ₂ 0,7
Дербент	-	-	-	-	1,33	IV	Фенолы 2,75; НУ 1,00; NH ₄ 0,88; О ₂ 0,70

Выводы

В течение 2022 г. мониторинг загрязнения Северного Каспия проводился только один раз – в центральной и западной частях Северного Каспия на разрезах III и IIIа в конце октября – начале ноября, а на южной границе Северного Каспия на разрезе IV – в июне. На разрезах выполнялась сокращенная программа без определения растворенных в воде металлов и фенолов. С учетом этого приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, синтетические поверхностно-активные вещества и нитриты, содержание которых оставалось ниже ПДК и соответствовало уровню прошлого года. Содержание растворенного кислорода было ниже обычного. На разрезе IIIа в придонном слое на глубине 4 м на самой близкой к дельте Волге станции впервые за многие годы был отмечен дефицит кислорода (5,74 мгО₂/дм³).

На южной границе акватории Северного Каспия в 2022 г. приоритетными веществами оставались фенолы (при средней концентрации 2,8 ПДК), нефтяные углеводороды (около 1 ПДК) и аммонийный азот (0,6 ПДК). Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне выше норматива. Значение ИЗВ немного повысилось и составило 1,29 («загрязненные» воды), существенной динамики индекса за последние годы не отмечено.

На Дагестанском взморье, как и ранее, главным приоритетным загрязнителем были фенолы; их средняя концентрация изменялась от 2,75 ПДК у Дербента до 3,76 ПДК в водах у Махачкалы. Средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах 1 ПДК. Значения ИЗВ на разных участках Дагестанского шельфа изменялись от 1,32 до 1,58, «загрязненные» воды. В последние 2–3 года отмечается рост ИЗВ во всех районах взморья, однако в более продолжительный период (2008–2022 гг.) статистически значимого тренда не обнаруживается.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

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

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. Водобмен 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 водобмен 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) водобмен Сиваша с Азовским морем долгое время отсутствовал или осуществлялся в очень ограниченном объеме, но в настоящее время существует постоянный водобмен. 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, Слатинский, 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 рек 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. Водобмен 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).

Водобмен 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 врзается 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 северо-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 выхо-

лаживания (январь-март) вертикальные температурные градиенты практически отсутствуют. С мая по сентябрь формируется устойчивая температурная стратификация. Наибольшие вертикальные градиенты 0,14–0,16°С/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 Генчиск (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

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 2022 г. гидрохимические наблюдения проводились в устьевой области реки Дон на мотолодке «Русбот-47» (исследования в Таганрогском заливе не выполнялись). Отбор проб выполнялся Донской устьевой станцией (ДУС) и производился на трех станциях в устьях рукавов Мёртвый Донец (9р), Переволока (12р) и Песчаный (13р) 29 апреля, 24 мая, 20 июля и 13 октября (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы. На месте отбора проб определялась величина водородного показателя (рН) и кислород, производилась фиксация проб на 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 был выполнен анализ на содержание нефтяных углеводородов в 12 пробах донных отложений. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм^3 , абсолютного содержания кислорода и БПК_5 – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов мг/дм^3 . Предел обнаружения (DL) фосфора фосфатов P-PO_4 составлял $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, общего фосфора P_{total} $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, силикатов SiO_2 10 мкг/дм^3 , азота нитритов N-NO_2 $0,5 \text{ мкг/дм}^3$, азота нитратов N-NO_3 $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, аммонийного азота N-NH_4 $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, нефтяных углеводородов $0,01 \text{ мг/дм}^3$ (0,2 ПДК), СПАВ $10,0 \text{ мкг/дм}^3$, хлорорганических пестицидов (нг/дм^3): ДДТ $20,0$; ДДЭ $5,0$; γ -ГХЦГ (линдан) $2,0$; α -ГХЦГ $2,0 \text{ нг/дм}^3$; ртути $0,01 \text{ мкг/дм}^3$.



Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон в 2022 г.

Среднегодовая **соленость** речного стока в устьях рукавов р. Дон составила $0,61\text{‰}$ и изменялась в пределах от $0,50\text{‰}$ до $0,83\text{‰}$ (рис. 2.2). Максимальное значение было зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 24 мая. За последние тридцать лет соленость вод в устье реки существенно повысилась, несмотря на локальное снижение в 2018 г. Различия солености между протоками обычно незначительные. Хлорность варьировала в пределах $0,143\text{--}0,338\text{‰}$. Температура воды в период проведения наблюдений изменялась от $13,4^\circ\text{C}$ до $28,1^\circ\text{C}$. Значения рН в устьях рукавов Дона были в диапазоне $7,87\text{--}8,85$, составив в среднем $8,19$ ед.рН. Щелочность изменялась в пределах $3,345\text{--}4,812 \text{ мг-экв/дм}^3$, в среднем за год составила $3,800 \text{ мг-экв/дм}^3$.

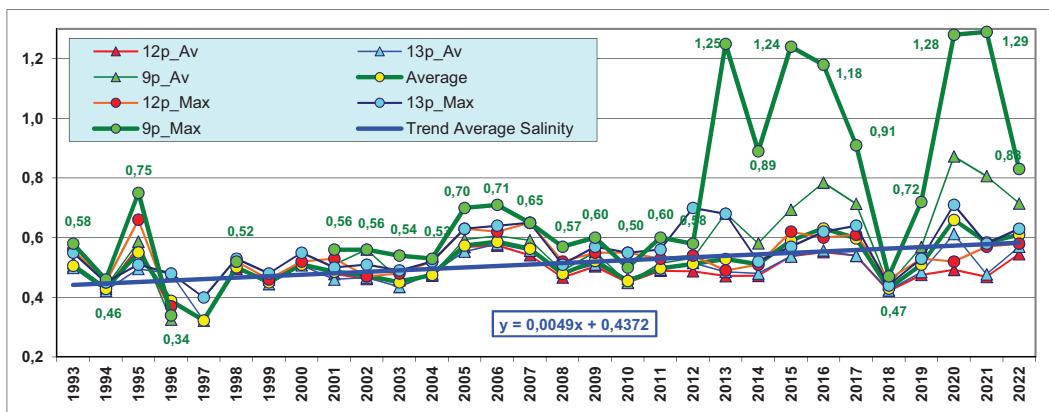


Рис. 2.2. Динамика среднегодового значения солености (‰) в эстуарных протоках реки Дон в 1993–2022 гг.

Биогенные элементы (мкг/дм³). В 2022 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась от 18,7 до уровня чуть менее норматива (0,8 ПДК); максимальное значение отмечено в середине октября в придонной пробе из рукава Переволока (табл. 2.1) Среднегодовая величина существенно возросла по сравнению с прошлым годом (рис. 2.3). 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 50–100 мкг/дм³. В 2019 г. был зафиксирован пик содержания аммония с последующими увеличенными значениями по сравнению со среднемноголетним этого века (78,7 мкг/дм³).

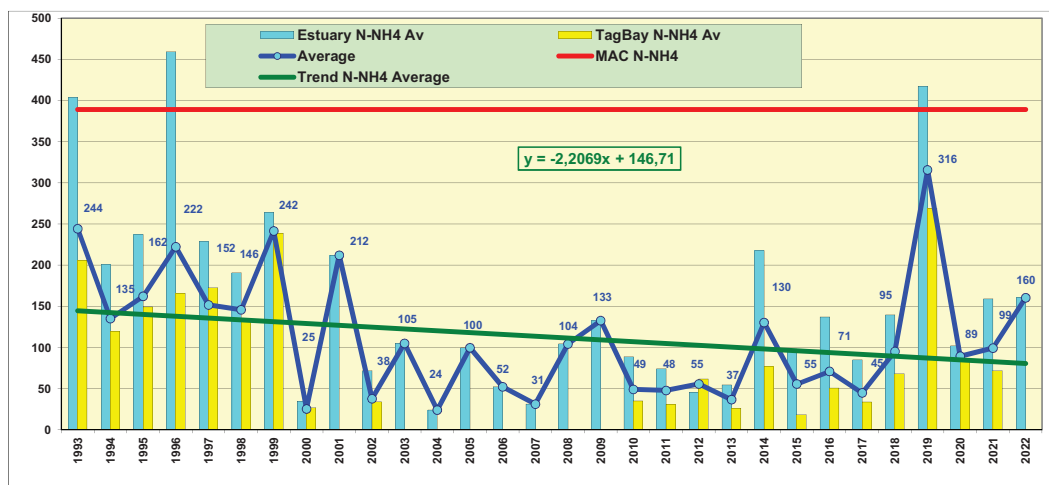


Рис. 2.3. Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2022 гг.

Минимальное содержание нитритов (10,4) было отмечено 20 июля в устье рукава Мертвый Донец при максимальных значениях температуры (28,1°C) и содержания кислорода (9,42 мгО₂/дм³). Средняя величина превышала норматив, как и в предыдущие годы,

а максимум почти достигал очень высокой отметки 6 ПДК в рукаве Песчаный в середине октября в поверхностной пробе. В последние 10 лет среднегодовая концентрация нитритов в водах устьевой области р. Дон была относительно постоянной и немного больше или меньше установленного норматива, а максимальная стабильно превышала ПДК в несколько раз. Например, в 2003 г. максимум составил 390, а в 2001 г. – 197. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в диапазоне 60,0–355,6/171,6; максимум зафиксирован в рукаве Песчаный у поверхности в середине октября. С начала 2000-х годов складывается тенденция снижения концентрации нитратов в водах дельты р. Дон. И среднее, и наибольшее содержание фосфатов в рукавах Дона, как обычно, превышало норматив, однако значения немного снизились по сравнению с прошлым годом. Максимальная величина (2,5 ПДК) была отмечена на поверхности в устье рукава Переволока в середине октября в придонной пробе. Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась в достаточно узком диапазоне примерно 80–120, а большинство максимальных величин варьировало в диапазоне 150–250, хотя иногда достигали очень высоких значений (400 в 2001 г., 365 в 2018 г.). Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона в 2022 г. изменялась в диапазоне 57,8–188,8; максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в середине октября в придонной пробе, а среднегодовая составила 121,6 (близко к прошлогоднему значению 124,8). В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 3538; минимальная (1790) зафиксирована в конце апреля у поверхности в протоке Песчаный; максимальная (5755 мкг/дм³) была отмечена в середине октября в устье рукава Мертвый Донец в придонном слое.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах устьевых протоков реки Дон остается повышенной. Среднегодовая концентрация в рукавах Мертвый Донец, Переволока и Песчаный составила 0,161; 0,090 и 0,082 соответственно (1,64–3,22 ПДК), а максимальные величины достигали 0,020; 0,16 и 0,200 мг/дм³ (табл. 2.1). В 19 из 24 проанализированных проб концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в октябре и мае в обоих слоях протоки Мертвый Донец (3,6–4,0 ПДК). В течение всего периода наблюдений уровень загрязнения устьевой области р. Дон остается стабильно высоким, и за исключением 5 лет (2000, 2009–2010 и 2012–2013 гг.) среднегодовая концентрация постоянно превышает ПДК (рис. 2.4). Хотя последние годы наблюдается стабильно высокие уровни содержания НУ, однако за весь период наблюдений заметного тренда на повышение не наблюдается.

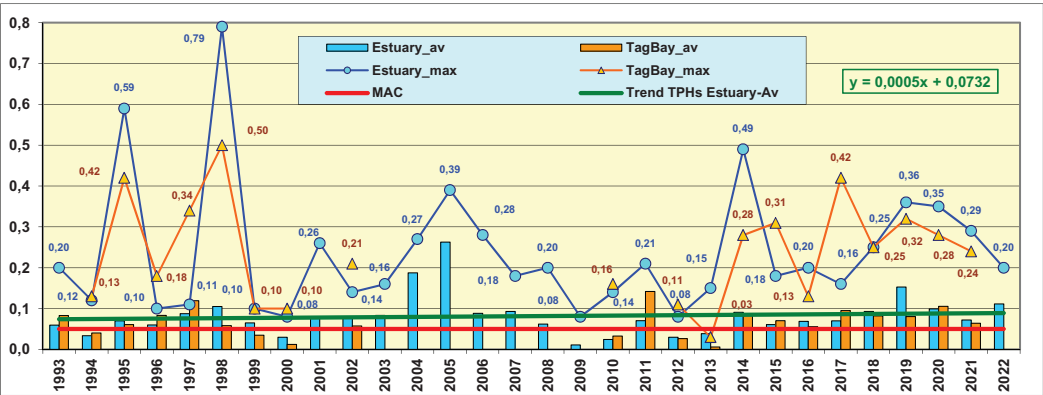


Рис. 2.4. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации нефтеуглеводородов (мг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2022 гг.

В устьях рукавов дельты Дона растворенная **ртуть** была обнаружена во всех 12 отобранных пробах; в одиннадцати ее содержание превышало ПДК, а средняя концентрация составила 1,8 ПДК. Максимальное превышение (2,8 ПДК) было зафиксировано в рукаве Песчаный на поверхности в середине октября. Концентрация СПАВ в устьевых протоках была невысокой и только в шести пробах из 24 превышала DL, достигая 0,3 ПДК в устье Переволоки 13 октября. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде **кислорода** изменялась в пределах 4,88–9,42 мгО₂/дм³, составив в среднем 7,37 мгО₂/дм³. Минимальное содержание, которое было ниже норматива на 21%, было отмечено водах Мертвого Донца в конце мая в придонном слое; здесь же на поверхности было второе значение ниже норматива (5,25 мгО₂/дм³). В устьях других рукавов также было зафиксировано несколько случаев пониженного содержания кислорода. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировало от 78% в рукаве Мертвый Донец до 87% в Переволоке, а минимальная от 51% в Мертвом Донце до 68% в рукаве Песчаный. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в устьевой области р. Дон остается достаточно стабильной в течение длительного периода и изменяется от 8,37 до 10,21 мгО₂/дм³. За последние десять лет среднегодовая величина составила 9,12 мгО₂/дм³ и показывает тенденцию к увеличению. В 2022 г. качество воды в устьевых протоках р. Дон ухудшилось по сравнению с предыдущими годами. Численное значение индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,82) увеличилось по сравнению с прошлым годом (ИЗВ=1,52), что привело к снижению качества вод по этому показателю до V класса, «грязные» (табл. 2.2). Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, нитриты и ртуть.

Таблица 2.1. Среднегодовая и максимальная концентрации загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2020–2022 гг.

Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,099	1,98	0,072	1,44	0,111	2,23
	0,35	7,00	0,29	5,80	0,20	4,00
СПАВ	6,7	0,07	2,3	0,02	4,9	0,05
	20,8	0,21	19,8	0,20	28,0	0,28
Ртуть Нg	0,0244	2,44	0,0173	1,73	0,0178	1,78
	0,042	4,20	0,028	2,80	0,032	3,20
Азот аммонийный N-NH ₄	102	0,26	158	0,40	160,3	0,41
	265	0,68	322	0,81	323,8	0,83
Азот нитритный N-NO ₂	31,1	1,30	39,8	1,56	59,3	2,47
	63,1	2,63	59,9	2,50	143,4	5,98
Фосфор фосфатов P-PO ₄	78,1	1,56	102,7	2,05	81,0	1,62
	159,5	3,19	185,5	3,71	124,9	2,50
Растворенный кислород	8,44		8,21		7,37	
	5,60	0,93	4,31	0,72	4,88	0,81
% насыщения	89,5		87,8		81,0	
	70		53		51	

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути в мкг/дм³.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке – максимальное (для кислорода – минимальное) значение.
3. Концентрация α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ была ниже предела обнаружения во всех проанализированных пробах.
4. Для всех определяемых ингредиентов были использованы значения ПДК для пресных вод.

Таблица 2.2. Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	1,68	IV	1,52	IV	1,82	V	NO ₂ 2,47; HУ 2,23; Hg 1,78; O ₂ 0,81
Таганрогский залив	1,21	III	1,10	III	-		

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 170,0 мкг/г (2,20–3,40 ДК). Максимум отмечен в последней декаде мая в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 140,8 мкг/г (2,82 ДК), что практически совпадает с прошлогодним значением.

Выводы

Среднегодовая соленость речного стока в устьях рукавов р. Дон составила 0,61‰ и изменялась в диапазоне 0,50–0,83‰. За последние тридцать лет соленость вод в устье реки существенно повысилась, а различия в солёности между протоками обычно незначительные. Концентрация нефтяных углеводородов в 71% проб превышала ПДК, а среднегодовая в водах рукавов Мертвый Донец, Переволока и Песчаный составила 0,161; 0,090 и 0,082 мг/дм³ соответственно. Содержание СПАВ в целом было незначительным. Концентрация растворенной ртути в дельте Дона в 11 пробах из двенадцати отобранных превышала ПДК, а средняя составила 0,0178 мкг/дм³ (1,78 ПДК). Содержание биогенных веществ было очень высоким. Концентрация аммонийного азота в водах устьевых протоков р. Дон изменялась в диапазоне 18,7–323,8; среднегодовая составила 160,3 мкг/дм³ (0,4 ПДК). До 2017 г. в водах устьевых протоков р. Дон наблюдалась тенденция снижения концентрации аммонийного азота, однако в последние годы отмечена обратная тенденция. Содержание нитритов в водах устьевой области р. Дон было в пределах 10,4–143,4 (6,0 ПДК); средняя 59,3 мкг/дм³ (2,5 ПДК), а нитратов – 60–352/172 мкг/дм³. Также очень высокой была концентрация фосфатов 32,4–124,9/81,0 мкг/дм³ (1,6 ПДК) и общего фосфора 58–189/122 мкг/дм³. В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 4,88–9,42 мгО₂/дм³, составив в среднем 7,37 мгО₂/дм³. Минимальное содержание было ниже норматива более чем на 21%. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировало от 51% до 87% насыщения. В 2022 г. в устьевых протоках р. Дон значение индекса загрязнённости вод, определенное по приоритетным веществам (нефтяные углеводороды, нитриты и ртуть) составило ИЗВ=1,82, V класс, «грязные».

2.3. Устьевое взморье и дельта реки Кубань

2.3.1. Система мониторинга устьевое взморья р. Кубань

В 2022 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 рукава Кубань (ст.№2, 4, 10, 12, 15, 16, 18) и рукава Протока (ст.№29, 31) – в августе; в устьевой области Кубани в гирлях лиманов (ст.№8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)

и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст. №5у, 6у) пробы отбирались один раз в месяц в апреле, июне, августе и октябре – всего на 18 станциях с глубинами 2–11 м; (рис. 2.5). Всего в 2022 г. было отобрано и проанализировано 134 пробы. Отбор проб воды в Темрюкском заливе в сентябре выполнен на НИС «Росгидромет-17», в порту Темрюк и устьевой области Кубани проведен с моторных лодок «Русбот» и «Беркут» 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 суши», Л., Гидрометеоиздат, 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. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм^3 , абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – мг/дм^3 . Предел обнаружения (Detection Limit) фосфора фосфатов составлял $1,6 \text{ мкг/дм}^3$; нитритного азота 0,5; нитратного азота 5,0; аммонийного азота 20,0; общего азота 40,0; нефтяных углеводородов $0,02 \text{ мг/дм}^3$ (0,4 ПДК); АСПАВ 100 мкг/дм^3 (1,0 ПДК); БПК₅ $1,00 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$; взвешенные вещества $2,5 \text{ мг/дм}^3$; растворенная ртуть $0,01 \text{ мкг/дм}^3$; пестициды 2–5 нг/дм^3 .



Рис. 2.5. Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2022 г. Районы: 1 – дельта Кубани; 2 – порт Темрюк; 3 – взморье Кубани; 4 – взморье Протоки; 5 – протоки лиманов.

2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

Низовья дельты реки Кубань – район 1. 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 8,50°С в начале апреля до 25,3°С в середине августа, а в Петрушином рукаве температура воды была в диапазоне от 10,4°С во второй половине апреля и 26,80°С в середине августа. За период наблюдений 1990–2008 гг. наблюдался рост среднегодовой температуры с 17,98°С до 21,26°С. Затем наблюдается тенденция снижения среднегодовой температуры, и за 10 последних лет она составила 19,50°С. Соленость в устьях обоих рукавов Кубани изменялась в небольших пределах, что скорее всего связано со значительным влиянием речного стока. В Петрушином рукаве в апреле в придонном слое была зафиксирована максимальная соленость (0,30‰), а минимальная (0,25‰) отмечена в июне в поверхностном слое (табл. 2.3). В последние три десятилетия динамика среднегодовой солености вод всего района Темрюкского залива была разнонаправленной (рис. 2.6).

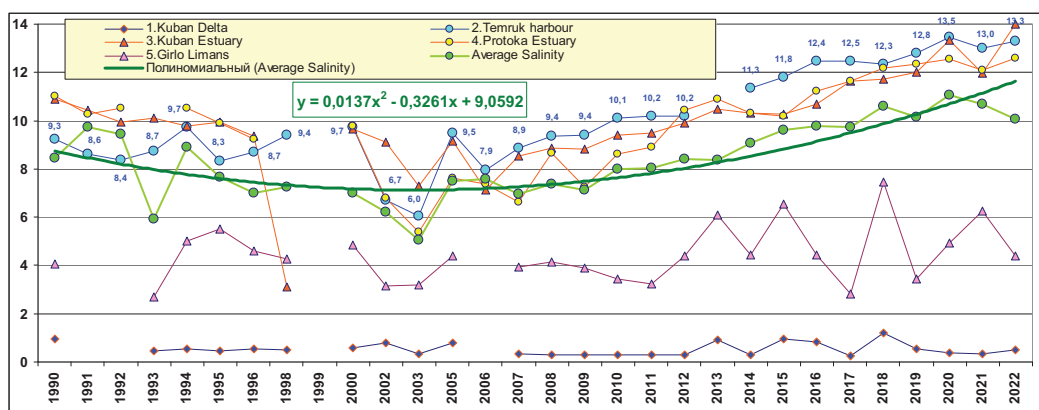


Рис. 2.6. Динамика среднегодовой солености (‰) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Среднее значение хлорности в рукавах р. Кубань составило 0,17‰ при средней за период наблюдений 0,19‰. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод, изменялся в пределах 7,63–8,52 составив в среднем 8,12 ед.рН; щелочность изменялась в пределах от 2,162 до 2,992 мг-экв/дм³, в среднем 2,411 мг-экв/дм³.

Таблица 2.3. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2022 г.

Район	Т°С	S ‰	O ₂ * мг/дм³	O2%*	pH	PO ₄	Робщ	NO ₂	NO ₃	NH ₄	Нобщ	Si
1. Низовья дельты реки Кубань (устьевая область) – район 1 (ст. 5у, 6у)	19,5	0,51	8,53	91	8,12	25,9	38,8	20,2	1033	175	-	2134
	26,8	2,95	7,02	83	8,52	44,1	57,1	37,9	1838	210	-	2613

2. Порт Темрюк – район 2 (ст. 1)	13,1	13,29	9,46	95	8,23	19,6	27,6	8,5	60	166	538	876
	26,8	15,96	3,06	41	8,51	39,4	51,4	14,2	153	216	700	1557
3. Взморье реки Кубань – район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	22,2	14,01	10,29	128	8,56	24,2	33,0	5,0	12	178	491	1964
	23,2	15,64	8,45	105	8,66	38,1	47,6	8	21,4	201	539	2346
4. Взморье рукава Протока – район 4 (ст. 29,31)	22,3	12,61	9,20	114	8,43	17,0	24,5	4,1	66	180	619	1361
	22,4	15,1	8,15	98	8,65	22,6	31	5,1	112,9	196	659	2522
5. Гирла лиманов – район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	19,0	4,37	8,35	91	8,33	11,4	19,2	10,2	255	223		1473
	26,9	11,66	6,06	74	8,89	31,8	43,9	31,1	810	760		2780

* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мгО₂/дм³ и % насыщения.

Биогенные вещества (мкг/дм³). В 12 отобранных пробах концентрация ионов аммония в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 134 до 210 (табл. 2.3). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока во второй половине августа. За весь период наблюдений максимальная концентрация аммонийного азота показывала практически синхронную во всех выделенных районах акватории залива и очень значительную межгодовую изменчивость (рис. 2.7). В целом выделяется два длительного периода очень высоких значений и интервалы с уровнем содержания аммония ниже ПДК, включая последние шесть лет. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 169 (0,43 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 187 (0,48 ПДК). Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило 18,8 (0,78 ПДК), а в рукаве Протока 22,9 (0,95 ПДК); нитратов – 1002 (0,11 ПДК) и 1094 (0,12 ПДК); фосфатов – 27,4 (0,55 ПДК) и 22,8 (0,46 ПДК); общего фосфора 40,7 и 35,1; силикатов – 2200 и 2002 мкг/дм³ соответственно. Наибольшее содержание кремния (2613) было зафиксировано в Петрушином рукаве в середине августа.

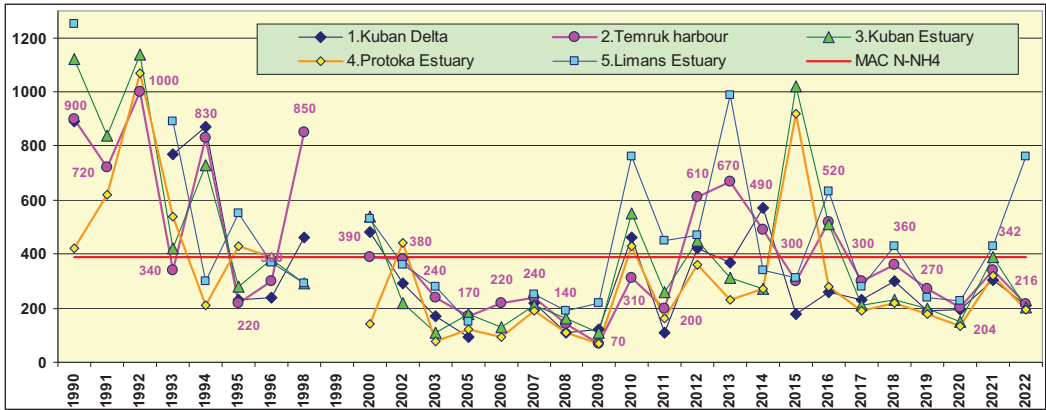


Рис. 2.7. Динамика максимальной концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях изменялась от 0,022 мг/дм³ до максимальной 1,82 ПДК, зафиксированной в поверхностном слое в рукаве Протока в середине августа (табл. 2.4). Средняя многолетняя концентрация НУ за последние 10 лет составила 42 мкг/дм³ (рис. 2.8). Во всех отобранных пробах концентрация СПАВ, хлорорганических пестицидов γ -ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеров и метаболитов была ниже предела обнаружения

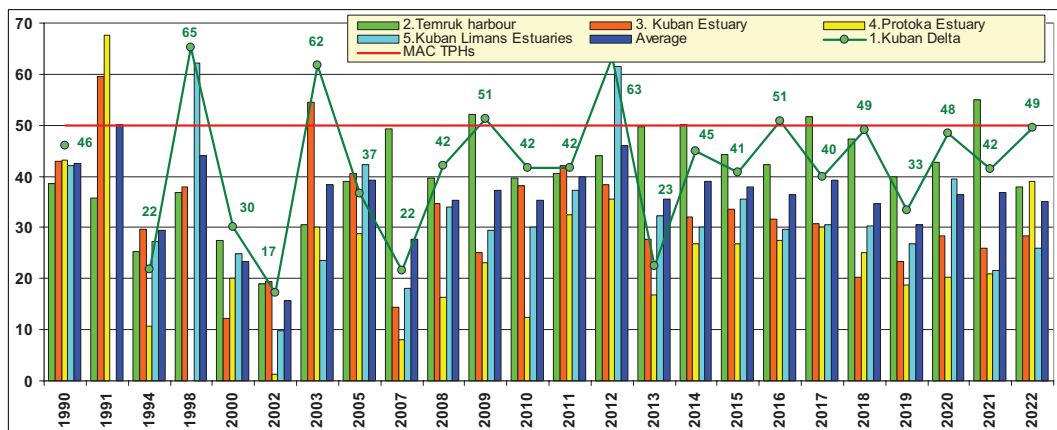


Рис. 2.8. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже 7,02 мгО₂/дм³ (83% насыщения, Петрушин рукав в конце июня у дна). Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 8,39, в Протоке – 8,82 мгО₂/дм³. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,76) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево были на нижней границе III класса качества вод, «умеренно загрязненные» (табл. 2.5). Расчет индекса был выполнен по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, фосфатов и кислорода.

Порт Темрюк – район 2. Отбор 72 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 не проводился. Температура, соленость, рН, 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 2022 г. в канале порта изменялась от 10,62‰ до 15,96‰; среднегодовая составила 13,29‰. Начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солёности во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.6). Температура воды изменялась от 1,30°C в конце января до 28,1°C в середине августа. Хлорность была в диапазоне 5,80–8,78‰, среднегодовая составила 7,29‰; щелочность изменялась в пределах 2,181–2,829 мг-экв/дм³, а средняя за год составила 2,440 мг-экв/дм³; показатель рН изменялся в пределах от 7,93 до 8,51, среднегодовое значение составило 8,23 ед.рН. Прозрачность воды была в пределах 0,8–1,5 м. Концентрация органических веществ по БПК₅ изменялась в диапазоне 1,20–2,14, в среднем 1,58 мгО₂/дм³ (0,75 ПДК).

Концентрация биогенных веществ (мкг/дм³) в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от 108 до 216; максимум зафиксирован в начале июля у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 0,43 ПДК. Содержание нитритов варьировало в пределах 4,10–14,20/8,50; максимум составил 0,59 ПДК и был отмечен в середине января на поверхности. Содержание нитратов изменялось от предела обнаружения до 153; среднегодовая 0,07 ПДК. Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 435–700/538. За время наблюдений с 1990 по 2022 гг. концентрация общего азота в водах Темрюкского залива имеет выраженную тенденцию к снижению, среднегодовая за этот период снизилась более чем на 1000 мкг/дм³. Концентрация фосфатов изменялась от предела обнаружения до 0,8 ПДК для мезотрофных водоемов, которое было отмечено в начале сентября у дна; средняя за год составила 0,4 ПДК. Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 3,1–51,4, а средняя равнялась 27,6. Концентрация силикатов изменялась от 668 в начале января до 1557 в начале октября; среднегодовая составила 876,2 мкг/дм³.

В одиннадцати из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация НУ была ниже предела обнаружения; максимальное значение составило 1,86 ПДК и было отмечено в начале июня в поверхностном слое воды; средняя составила 0,8 ПДК (табл. 2.4). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние десять лет стабильно укладываются в небольшой диапазон около 1 ПДК без заметного долговременного тренда (рис. 2.8). 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. Концентрация хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) 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 двух пробах из 12 концентрация растворенной ртути составила 0,011 и 0,023 мкг/дм³; среднегодовая составила 0,03 ПДК (рис. 2.9).

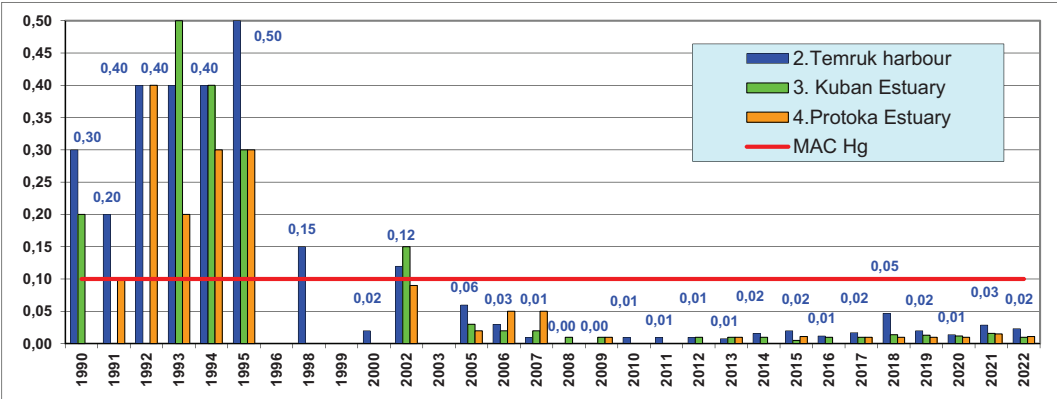


Рис. 2.9. Динамика среднегодовой концентрации ртути (мкг/дм³) в водах Темрюкского залива.

В двух пробах с поверхности и из придонного слоя на глубине 5 м в начале августа (26,8 и 25,9°С) концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива и составила 3,13 и 3,06 мгО₂/дм³; среднегодовая была высокой. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 41–154%. В 2022 г. воды канала порта Темрюк

по ИЗВ (0,55), рассчитанному по средней концентрации НУ, NH₄, фосфатов и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые». Состояние вод района немного улучшилось по сравнению с предыдущими годами.

Взморье реки Кубань – район 3. В 2022 г. наблюдения проводились на 7 станциях в августе и сентябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение времени наблюдений в небольшом интервале температур от 21,8°С до 23,2°С. Соленость вод взморья Кубани в 14 отобранных пробах изменялась в достаточно узком диапазоне 12,99–15,64‰. Максимальная соленость была отмечена в начале августа на ст.№4 в придонном слое на глубине 11 м в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 14,01‰. Хлорность изменялась в пределах 7,69–8,60‰, водородный показатель 8,23–8,66 ед.рН, щелочность была в диапазоне 2,598–2,950 мг-экв/дм³. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 1,7 до 3,3 м.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани изменялась в диапазоне 160–201, максимум был отмечен в 600 м от устья рукава Средний реки Кубань в начале августа у дна на глубине 3 м; средняя равнялась 0,46 ПДК. Концентрация нитритов составила 2,8–8,0/5,0 (0,21 ПДК); нитратов 6,2–21,4/12,2; общего азота 450–539/491 мкг/дм³. Концентрация фосфора фосфатов в течение года изменялась от 7,40 до 38,10 (0,95 ПДК для мезотрофных водоемов), максимум был зафиксирован на ст.№10 в 4,8 км от края дельты и в 2 км от приемного буя порта Темрюк у дна на глубине 7 м в начале августа. Среднегодовая величина составила 0,60 ПДК. Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 17,3–47,6, в среднем 33,0. Концентрация силикатов в водах взморья Кубани изменялась в пределах 1680–2631 мкг/дм³; максимум был зафиксирован у дна на ст.№18 в 600 м от устья рукава Средний в начале августа; среднегодовая была выше прошлогодней более чем в 2 раза.

Концентрация НУ изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода в 2 пробах до 1,0 ПДК. Наибольшие значения были зарегистрированы в начале августа в 600 м и в 3,0 км от устья рукава Средний. Среднегодовая концентрация составила 0,6 ПДК. Средняя годовая величина в водах взморья за последние 10 лет примерно стабилизировалась на этом уровне (рис. 2.8). В одной из двух проанализированных проб была обнаружена растворенная ртуть (0,010 мкг/дм³, 0,10 ПДК). СПАВ и хлорорганические пестициды в водах взморья обнаружены не были. Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации более 1 ПДК не наблюдалось в последние 20 лет (рис. 2.10).

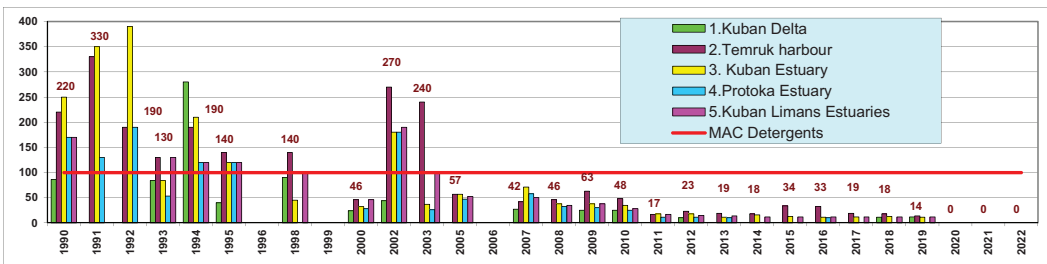


Рис. 2.10. Динамика максимальной концентрации СПАВ (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Концентрация растворенного кислорода изменялась от 8,45 до 11,49 мгО₂/дм³; среднегодовая составила 10,29 мгО₂/дм³. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,52) воды взморья Кубани в 2022 г. относятся ко II классу, «чистые» (табл. 2.4). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, фосфатов и растворенного кислорода.

Взморье рукава Протока – район 4. В 2022 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 8 сентября на двух станциях с глубинами 6 м и 10 м. Всего было отобрано 4 пробы. Соленость вод взморья Протоки в обработанных пробах изменялась в пределах 6,55–15,00‰, средняя 12,61‰. За последние 5 лет среднегодовая величина составила 12,31‰. Хлорность изменялась в диапазоне 3,56–10,70‰, средняя 7,70‰. Температура воды за время исследований изменялась в узком диапазоне 22,10–22,40°C, а средняя составила 21,30°C; pH 8,17–8,65, при средней 8,24 ед.рН; щелочность 2,461–2,813, при средней 2,693 мг-экв/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в водах взморья Протоки была существенно ниже прошлогодней и изменялась в узком диапазоне 165–196; максимальное значение (0,5 ПДК) зафиксировано в начале августа у дна на глубине 6 м. Средняя составила 180,3 при среднегодовой за последние 10 лет 164,0 мг/дм³. Содержание нитритов изменялось в пределах 3,6–5,1, а средняя концентрация составила 4,1 (0,17 ПДК) при средней за последние 10 лет – 8,2. Концентрация нитратов была в диапазоне 12,8–112,9/66,2, средняя была в 3,1 раза ниже среднегодовой последнего десятилетия (208,4). Содержание общего азота в двух пробах составило 579 и 659. Концентрация фосфатов изменялась в пределах 11,3–22,6; средняя (0,3 ПДК) была в 2,2 раза выше среднегодовой десятилетия (рис. 2.11). В целом в водах Темрюкского залива в последние три десятка лет среднегодовое содержание минерального фосфора не показывает существенного тренда на фоне значительных межгодовых изменений концентрации фосфатов, особенно в дельте реки и в районе порта Темрюк. Содержание общего фосфора 18,3–31,0/24,5, средняя примерно на уровне за последние 10 лет (21,0). Концентрация кремния изменялась в диапазоне 360–2522, максимум отмечен в начале августа у поверхности в 4,4 км от устья рукава Протока; среднегодовая составила 1360,5 при средней за последние 10 лет – 686,2 мг/дм³. Концентрация силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии имеет слабую тенденцию к снижению.

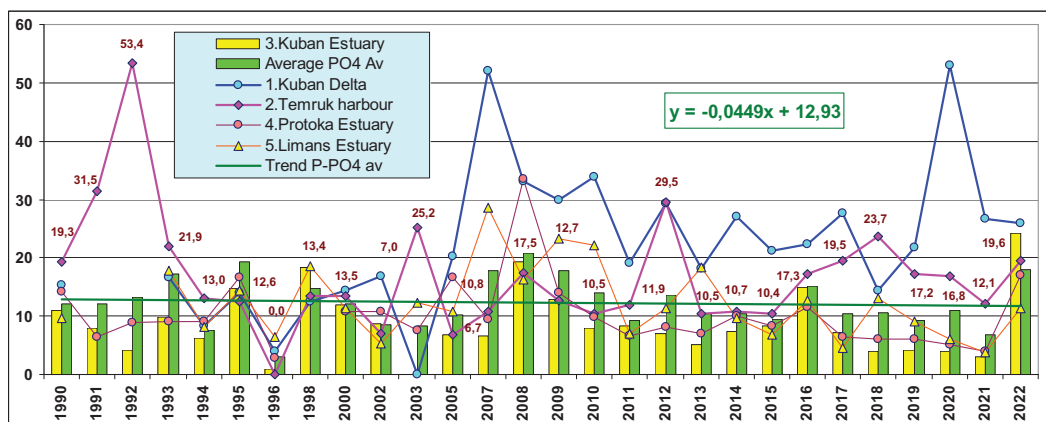


Рис. 2.11. Динамика среднегодовой концентрации фосфатов (мкг/дм³) в водах дельты Кубани и Темрюкского залива.

Содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения применяемого метода в одной пробе; максимальная концентрация составила 1,3 ПДК; средняя была выше на 0,015 среднемноголетней за последние 10 лет. 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. 2.8). Содержание СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения применяемого метода химического анализа. Растворенная ртуть была обнаружена в единственной проанализированной пробе (0,11 ПДК).

Содержание растворенного в воде кислорода на взморье Протоки в 2022 г. было высоким и изменялось в диапазоне 8,15–10,30, составив в среднем 9,20 мгО₂/дм³. Минимальное содержание кислорода соответствовало 98% насыщения, а среднее 114,25%. Сероводород на взморье Протоки в отобранных в сентябре пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,56), рассчитанному по среднегодовым значениям НУ, NH₄, фосфатов и кислорода, воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод немного ухудшилось по сравнению с двумя предыдущими годами.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5. Наблюдения в устьевой области реки были выполнены на 6 станциях в устьях гирл Пересыпское (Ахтанизовский лиман), Соловьевское (Курчанский лиман), Куликовское (Куликовский лиман), Сладковское (Сладкий лиман), Зозулиевское (Зозулиевский 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 0,27‰ до 11,66‰. Средняя за год соленость составила 4,17‰, что на 34% меньше прошлогодней (6,26‰) и на 13% меньше средней за последние 10 лет. Хлорность вблизи гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,04–6,38‰. Соленость и хлорность находятся в зависимости от величины пресноводного стока р. Кубань и вследствие мелководности лиманов от метеорологических характеристик. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от 8,0°C в апреле до 26,9°C в августе. Водородный показатель в течение периода наблюдений изменялся в пределах 7,85–8,89, в среднем 8,36 ед.рН, что очень близко к прошлогоднему значению (8,41). Общая щелочность изменялась в диапазоне 2,035–3,050, а средняя величина (2,508) несколько ниже прошлогодней (3,200 мг-экв/дм³).

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в устьевой области р. Кубань была в диапазоне 104–760, среднегодовая (0,57 ПДК) была немного больше прошлогодней (214,8). Содержание нитритов варьировало от 0,5 до 31,1 (1,3 ПДК), среднегодовая 10,2; нитратов 56–810/255, средняя существенно ниже общего уровня за весь период наблюдений (280). Концентрация фосфатов изменялась аналитического нуля в трех пробах до 31,8 (0,6 ПДК), а средняя за год (11,4) в три раза больше прошлогодней (3,8). 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. 2.11). В 2022 г. значения выросли во всех районах залива, за исключением станций в речных рукавах. Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 6,4–43,9; среднее значение (19,2) очень близко к прошлогоднему (20,6). Содержание кремния изменялось в пределах 240–2780; среднегодовое значение составило 1473, что несколько больше прошлогоднего (1284 мкг/дм³).

Концентрация НУ была ниже предела обнаружения в восьми из 32 отобранных проб. Максимум (2,2 ПДК) был отмечен 8 августа на поверхности в устье гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Средняя величина в (0,52 ПДК) на 16% больше прошлогодней. Во всех отобранных пробах содержание СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения.

Содержание растворенного в воде кислорода в устьях лиманов изменялось в диапазоне 6,06–12,03, среднее значение составило 8,35 мгО₂/дм³. В целом уровень аэрации вод района значительно улучшился. Относительное насыщение вод кислородом изменялось в пределах 74–109%, а среднее составило 90,6%. Наличие сероводорода в 16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2022 г. по ИЗВ (0,56) воды гирл лиманов относились ко II классу качества, «чистые». Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, NO₂ и растворенного кислорода. Состояние вод по сравнению с предыдущими годами осталось на прежнем уровне.

Таблица 2.4. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2019/2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань – район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,048	0,96	0,042	0,84	0,049	0,99
		0,113	2,26	0,079	1,58	0,091	1,82
	Фосфаты Р-PO ₄	53,0	1,06	26,7	0,53	25,9	0,52
		148,0	2,98	48,9	0,98	44,1	0,88
	Аммонийный азот N-NH ₄	132	0,34	198	0,50	175	0,45
		193	0,50	302	0,76	210	0,54
	Нитриты N-NO ₂	14,6	0,61	14,4	0,60	20,2	0,84
		29,0	1,21	43,9	1,83	37,9	1,58
	Растворенный кислород	9,11		8,79		8,53	
		7,46		6,23		7,02	
2. Темрюкский залив: п. Темрюк – район 2 (станция №1)	НУ	0,043	0,86	0,055	1,10	0,038	0,76
		0,181	3,62	0,230	4,60	0,093	1,86
	Ртуть Hg	0,0058	0,06	0,0113	0,11	0,0028	0,03
		0,014	0,14	0,029	0,29	0,0230	0,23
	Фосфаты Р-PO ₄	16,8	0,34	12,2	0,24	19,6	0,39
		35,7	0,71	31,3	0,63	39,4	0,79
	Аммонийный азот N-NH ₄	148	0,38	194	0,49	166	0,43
		204	0,52	342	0,86	216	0,56
	Нитриты N-NO ₂	13,31	0,55	15,3	0,64	8,5	0,35
		36,9	1,54	29,7	1,24	14,2	0,59
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань – район 3 (станции №№ 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,028	0,56	0,026	0,52	0,028	0,57
		0,122	2,44	0,063	1,26	0,050	1,00
	Ртуть Hg	0,0079	0,08	0,0063	0,06	0,0050	0,05
		0,012	0,12	0,016	0,16	0,0100	0,10
	Фосфаты Р-PO ₄	4,0	0,08	3,1	0,06	24,2	0,48
		14,3	0,29	10,3	0,21	38,1	0,76
	Аммонийный азот N-NH ₄	126	0,32	163	0,41	178	0,46
		148	0,38	390	0,98	201	0,52
	Нитриты N-NO ₂	5,8	0,24	8,2	0,34	5,0	0,21
		11,7	0,49	16,8	0,70	8,0	0,33
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока – район 4 (станции №№ 29, 31)	НУ	0,020	0,40	0,021	0,42	0,039	0,78
		0,041	0,82	0,053	1,06	0,066	1,32
	Ртуть Hg	0,0025	0,03	0,0063	0,06	0,0110	0,11
		0,010	0,10	0,015	0,15	0,0110	0,11
	Фосфаты Р-PO ₄	5,1	0,10	4,0	0,08	17,0	0,34
		11,3	0,23	7,2	0,14	22,6	0,45

	Аммонийный азот N-NH ₄	120,4	0,31	165,8	0,43	180	0,46
		135	0,35	321	0,80	196	0,50
	Нитриты N-NO ₂	6,2	0,26	8,0	0,33	4,1	0,17
		9,4	0,39	12,3	0,51	5,1	0,21
	Растворенный кислород	8,75		9,39		9,20	
		7,39		7,60		8,15	
	% насыщения	100,9		108,4		114,3	
		96		95		98	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов – район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,040	0,80	0,022	0,44	0,026	0,52
		0,211	4,22	0,085	1,70	0,110	2,20
	Фосфаты P-PO ₄	6,1	0,12	3,8	0,08	11,4	0,23
		24,1	0,48	17,4	0,35	31,8	0,64
	Аммонийный азот N-NH ₄	153,6	0,39	214,8	0,55	222,7	0,57
		226	0,58	430	1,08	760	1,95
	Нитриты N-NO ₂	6,5	0,27	13,2	0,55	10,2	0,43
		16,3	0,56	52,5	2,19	31,1	1,30
	Растворенный кислород	8,98		8,62		8,35	
		6,43		5,97	0,94	6,06	
	% насыщения	98,8		92,0		90,6	
		78		77		74	

Примечания:

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

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

3. Для всех определяемых ингредиентов в водах дельты реки Кубани (район № 1) использованы значения ПДК для пресных вод.

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

Таблица 2.5. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2019–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта – район 1	0,82	III	0,66	II	0,76	III	НУ 0,99; NO ₂ 0,84; PO ₄ 0,52; O ₂ 0,70
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк – район 2	0,61	II	0,71	II	0,55	II	НУ 0,76; NH ₄ 0,43; PO ₄ 0,39; O ₂ 0,63
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,45	II	0,48	II	0,52	II	НУ 0,57; PO ₄ 0,48; NH ₄ 0,46; O ₂ 0,58
4. Взморье рукава Протока – район 4	0,42	II	0,46	II	0,56	II	НУ 0,78; NH ₄ 0,46; PO ₄ 0,34; O ₂ 0,65
Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов							
5. Гирла лиманов – район 5	0,53	II	0,56	II	0,56	II	NH ₄ 0,57; НУ 0,52; NO ₂ 0,43; O ₂ 0,72

Выводы

Определяющими качество вод Темрюкского залива факторами являются сток реки Кубань, хозяйственная деятельность в ее бассейне и морское судоходство, в особенности

в районе морского порта Темрюк. Соленость вод в рукавах дельты реки Кубань в среднем составила 0,51‰, в канале порта Темрюк 13,29‰, а на остальной акватории значения варьировали в широком диапазоне 0,27–15,64‰. Концентрация ионов аммония во всех районах залива изменялась от 104 до 760, в среднем 191,1 мкг/дм³; нитритов 0,5–37,9/10,0 (0,42 ПДК, max 1,6 ПДК); нитратов 0–1838/261; общего азота 435–700/537 мкг/дм³. Содержание фосфатов изменялось от аналитического нуля до 44,1 (0,9 ПДК), средняя 18,0; общего фосфора 3,1–57,1/26,8; силикатов 240–2780/1473 мкг/дм³.

В низовьях дельты р. Кубань насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было высоким. Концентрация кислорода варьировала в диапазоне 7,02–11,22, в среднем 8,53 мгО₂/дм³. На акватории Темрюкского залива концентрация кислорода составляла 3,06–12,45 мгО₂/дм³ и была ниже норматива всего в двух пробах; средняя – 9,25 мгО₂/дм³. Процент насыщения вод кислородом был в диапазоне 41–154%.

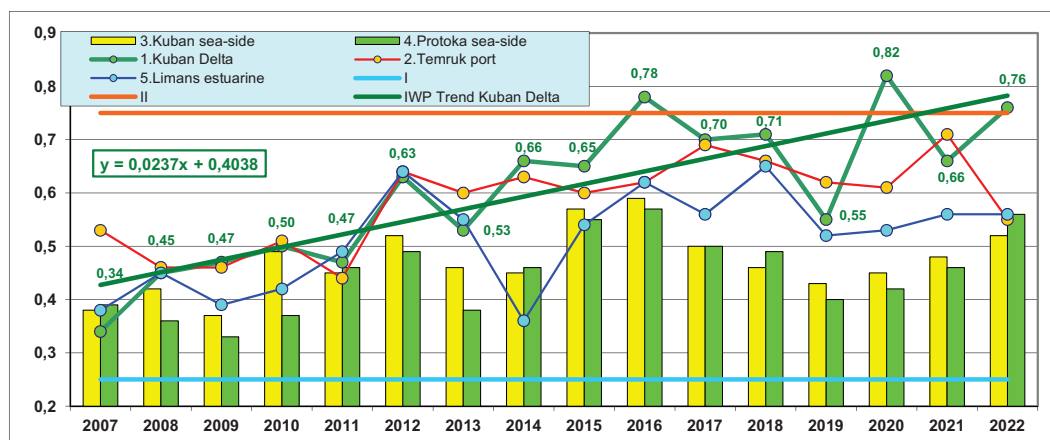


Рис. 2.12. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах отдельных районов Темрюкского залива в 2007–2022 гг.

2.4. Керченский пролив. Разрез порт Крым – порт Кавказ

В 2022 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился ЛМЗОС г. Керчи с апреля по сентябрь на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ с глубинами от 5 до 7 м (рис. 2.13). Экспедиционные исследования проводились совместно с сотрудниками МГ «Опасное» и ЛМЗС на маломерном судне М/К «Росгидромет-22». Всего отобрано и обработано из поверхностного и придонного слоев 189 проб воды и выполнено 2688 измерений. Для определения фенолов использовался фотометрический метод, изложенный в «Руководстве по методам химического анализа морских вод», (Гидрометеозидат,1977). Отбор и подготовка экстрактов на содержание ХОП производилась в ЛМЗС г. Керчи, а окончательный газохроматографический анализ осуществлялся в ЛМЗС г. Ялта.

В период исследований 2022 г. диапазон и средние значения стандартных гидро-химических параметров в водах пролива составили: температура от 9,00 до 28,2°C; щелочность 2,546↑-3,327↑, средняя 3,009↑ мг-экв/дм³; водородный показатель 7,96↓-8,45↑/8,19↑ ед.рН. Соленость вод северной узости пролива в 2022 году продолжила устоявшийся в течение последних двух десятилетий тренд на увеличение и изменялась в диапазоне 13,38↓-17,96↑‰. Среднее значение по сравнению с 2021 годом выросло более чем на 1,12‰ и составило 16,15↑‰, став наибольшим за весь период систематических наблюдений. За последние три года соленость в целом возрастала от берега к центру пролива: ст.№6–15,119‰, ст.№7–15,256; ст.№8–15,434 и ст.№9–15,530‰ (рис. 2.14). Возможно это было связано со стоком азовских вод ближе к крымскому берегу.

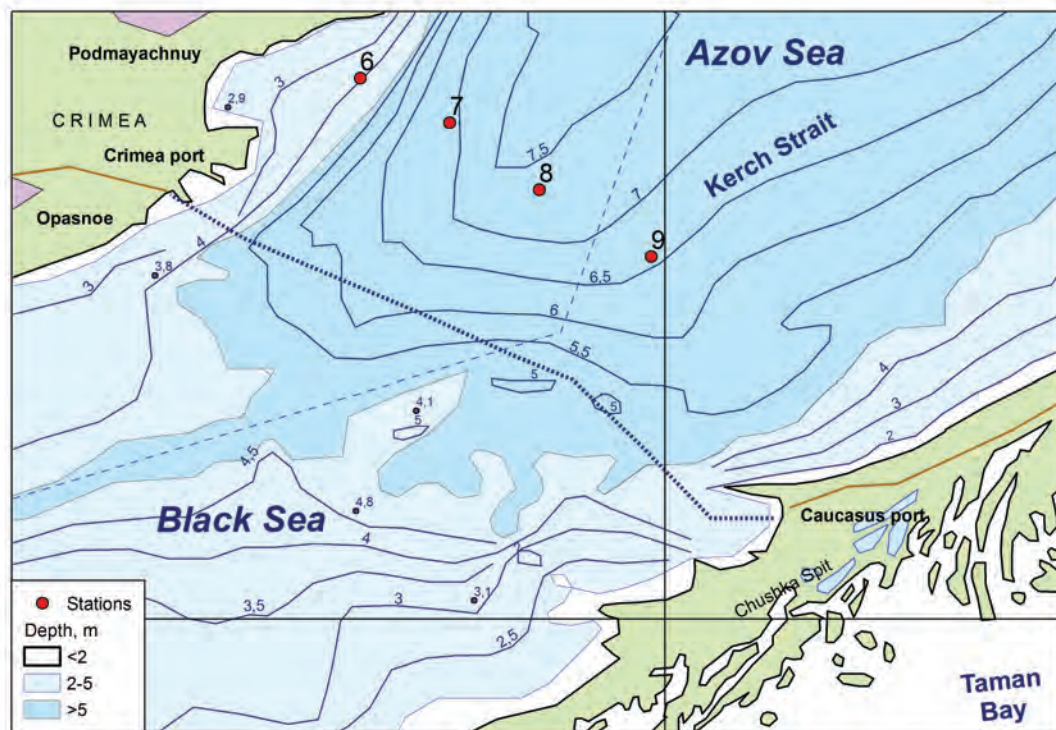


Рис. 2.13. Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2022 г.

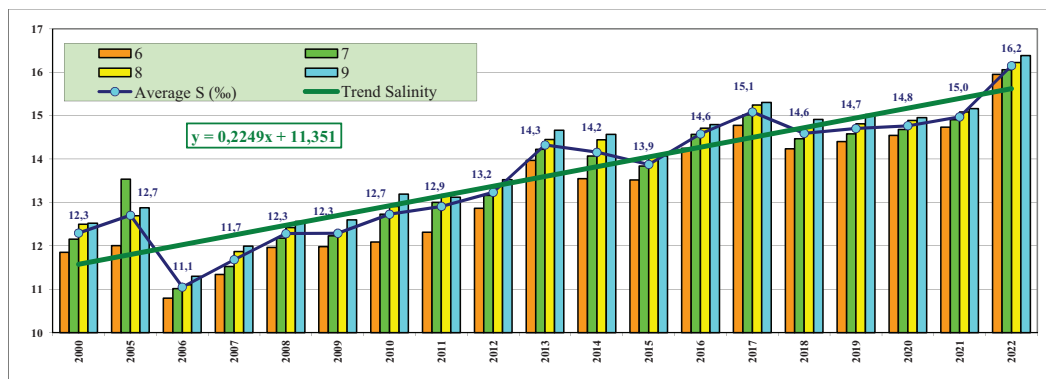


Рис. 2.14. Многолетняя динамика солености (‰) на станциях разреза Крым-Кавказ в 2000–2022 гг.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация общего азота в водах северной узости Керченского пролива изменялась в диапазоне 410–990 и в среднем за период наблюдений составила 702, продолжив многолетнюю тенденцию роста. Содержание минеральных форм азота даже в суммарном выражении не превышало 5–11% от среднемесячного количества общего азота. Максимальное содержание нитратного и аммонийного азота (34 и 39 соответственно) было значительно ниже ПДК (табл. 2.6). Максимальная концентрация нитритного азота в июле достигала 13 (0,5 ПДК). Среднее за период наблюдений содержание минеральных форм азота соответственно составило 18,3; 24,0 и 7,2, что сопоставимо с аналогичным периодом предыдущих лет. Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 9–46/17, а фосфатного фосфора – 4,3–15,8/7,5 мкг/дм³ (0,15 ПДК). Сезонное распределение средней концентрации различных форм биогенных элементов было относительно однородным, различия между месяцами было незначительным (рис. 2.15).

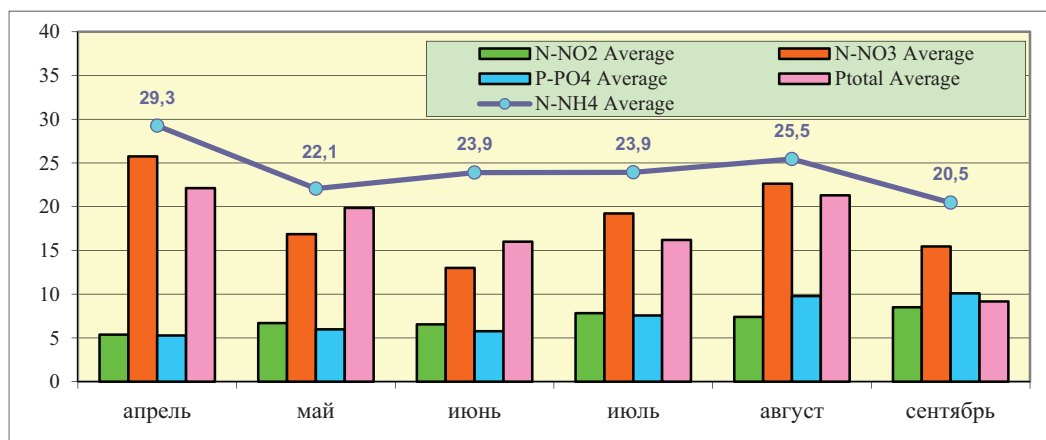


Рис. 2.15. Сезонные изменения содержания биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Керченского пролива в 2022 г.

Содержание кремния в водах северной части пролива было достаточно однородно по глубине, изменяясь от 90–110 до 530–570 как на поверхности, так и в придонном слое. Мак-

симальное содержание наблюдалось в июне и августе, когда величина среднемесячной концентрации на поверхности и у дна достигала 385 и 404 соответственно, а в апреле и сентябре она не превышала 180–183 мкг/дм³ (рис. 2.16).

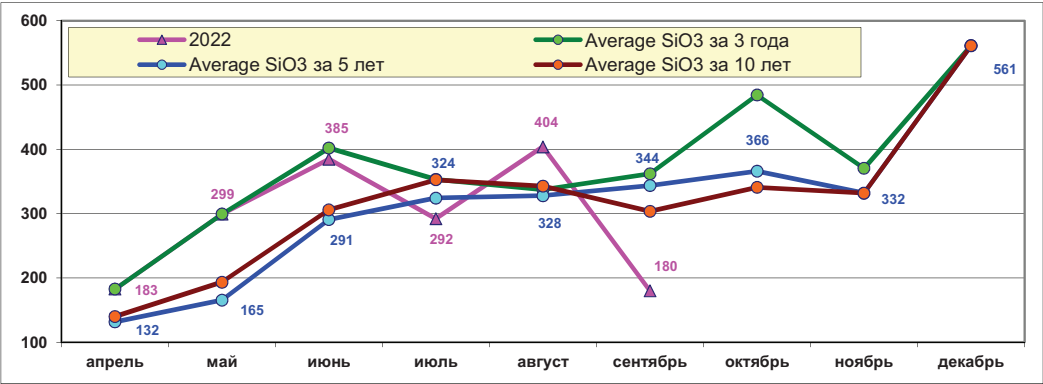


Рис. 2.16. Сезонные изменения содержания кремния (мкг/дм³) в водах Керченского пролива.

Нефтяное загрязнение вод северной части Керченского пролива значительно снизилось в сравнении с предыдущим годом (рис. 2.17). Высокое содержание НУ в водах пролива (до 0,08–0,16 мг/дм³) фиксировалось ежемесячно. За период наблюдений в 31% отобранных проб содержал нефтяные углеводороды в концентрации, достигавшей или превышавшей ПДК, что почти вдвое ниже предыдущего года (58%). Максимальное загрязнение вод (3,2 ПДК) наблюдалось на обоих горизонтах в сентябре, когда среднемесячное содержание НУ достигло 0,07 (1,4 ПДК). Среднее за период наблюдений значение содержания НУ в слое поверхность-дно (0,040) было немного ниже установленного предельно допустимого. Значительных различий средней загрязненности поверхностного (0,037) и придонного (0,043) слоя не отмечено. Среднемесячные значения концентрации НУ варьировали в широком диапазоне 0,44–1,26 ПДК, при этом перепады между месяцами были очень значительными как в нынешнем году, так и за весь период наблюдений (рис. 2.18).

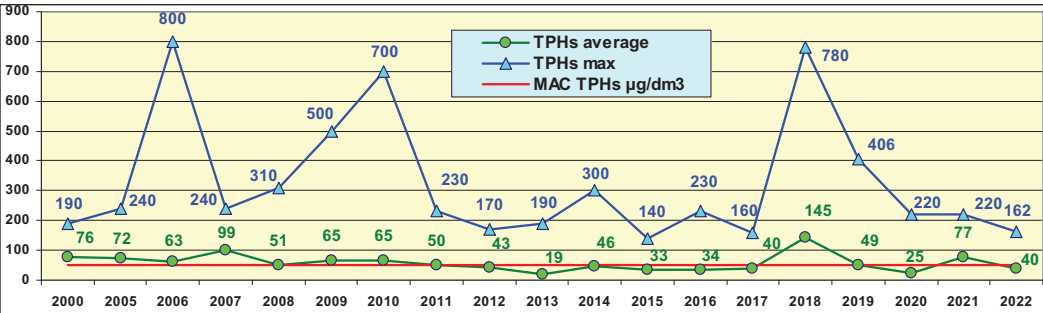


Рис. 2.17. Многолетняя изменчивость содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Керченского пролива.

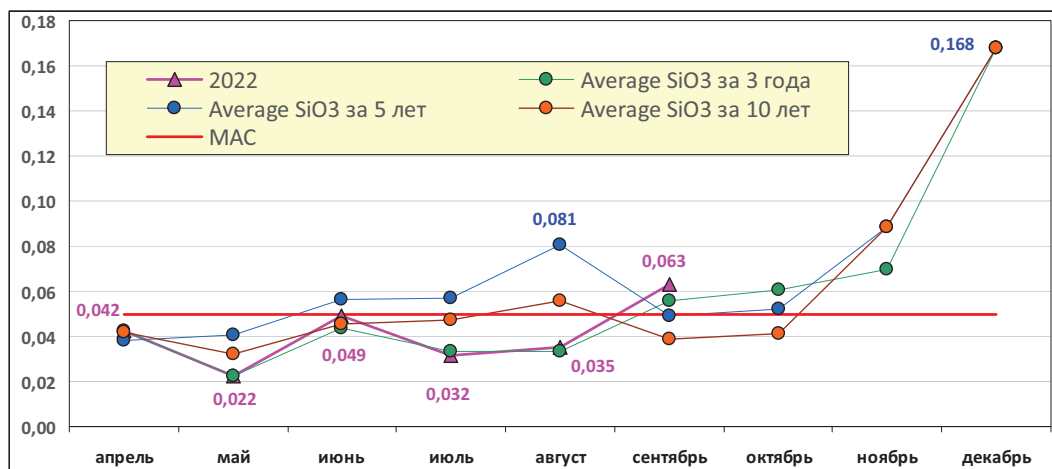


Рис. 2.18. Сезонные изменения содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Керченского пролива.

Содержание АПАВ в северной части Керченского пролива было незначительным. Даже максимальная концентрация не превышала 17 (0,17 ПДК) в поверхностных водах и 14 мкг/дм³ (0,14 ПДК) в придонных. Среднее содержание 12 мкг/дм³ было минимальным с 2017 г. Концентрация суммы фенолов была ниже предела количественного определения. Из анализируемых хлорорганических пестицидов присутствие α -ГХЦГ (3,51 нг/дм³) зафиксировано только в единичной пробе придонных вод в апреле. Гептахлор выявлен 27 июля на одной станции в поверхностных водах пролива в концентрации 0,53 и в придонных водах 2,26 нг/дм³. Средняя концентрация для α -ГХЦГ и ГПХ составила 0,08 и 0,06 нг/дм³ соответственно. Присутствие ДДТ в поверхностных водах пролива зафиксировано только в июле (до 0,56–0,85), в придонных водах фиксировалось в единичных пробах с мая по июль (1,09–2,21 нг/дм³); среднее за период наблюдений с апреля по сентябрь содержание в слое поверхность-дно составило 0,14 нг/дм³. Загрязнение вод ДДЭ также отмечено в двух пробах у поверхности с максимумом до 1,80 (апрель) и в пяти пробах у дна до 5,52 (июль); среднее содержание 0,24 нг/дм³. Присутствием ДДД были отмечены 83,3% отобранных проб. Максимальная концентрация превышала норматив, достигая в мае 19,84 (2,0 ПДК) в придонных водах, а в июле 11,77 нг/дм³ (1,2 ПДК) в поверхностных. Среднее за отчетный период содержание продолжило тенденцию роста и достигло 4,07 нг/дм³ (0,4 ПДК). Присутствием γ -ГХЦГ (альдрин) не обнаружено. Загрязнения вод ПХБ не зафиксировано.

Аэрация вод северной части пролива была достаточной и в среднем в слое поверхность-дно составила 105% насыщения. Из 189 отобранных и проанализированных проб только 17% содержали растворенный кислород менее величины теоретической растворимости газа. При минимальном насыщении вод дефицит растворенного кислорода не превышал 10–11%, а максимальное насыщение вод достигало 117–118%. По абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,35–6,42 до 11,63–12,04 мгО₂/дм³, и в слое поверхность-дно в среднем составила 8,48 мгО₂/дм³, что практически равно прошлогодней величине.

Таблица 2.6. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в водах Керченского пролива в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря 189 проб	НУ	0,024	0,48	0,077	1,54	0,040	0,79
		0,22	4,40	0,22	4,40	0,162	3,24
	СПАВ	16,7	0,17	22,0	0,22	12,1	0,12
		23	0,23	112,6	1,13	17,0	0,17
	ДДТ	0		0,09	<0,01	0,14	0,01
		0		0,75	0,08	2,21	0,22
	ДДЭ	0		0,13	0,01	0,24	0,02
		0		2,37	0,24	5,52	0,55
	ДДД	0,16	0,02	1,95	0,20	4,07	0,41
		3,27	0,33	10,9	1,09	19,84	1,98
	Аммонийный азот N-NH ₄	26,6	0,07	28,4	0,07	24,0	0,06
		50	0,13	120,8	0,31	39	0,10
	Нитритный азот N-NO ₂	8,2	0,34	7,8	0,33	7,2	0,30
		21,0	0,88	16,0	0,67	13,0	0,54
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	6,2	0,12	7,7	0,15	7,5	0,15
		9,2	0,18	37,9	0,76	15,8	0,32
	Растворенный кислород	8,23		8,28		8,46	
		6,19		5,79	0,97	6,35	
	% насыщения	100,9		98,0		105,1	
		86		79		89	

Таблица 2.7. Оценка качества вод Керченского пролива в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Керченский пролив	0,43	II	0,70	II	0,55	II	НУ 0,79; DDD 0,41; NO ₂ 0,30; O ₂ 0,71

Выводы

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,55) качество вод северной уости Керченского пролива улучшилось по сравнению с 2021 г., вернувшись на уровень 2019–2020 гг. с характеристикой II класса, «чистая» (табл. 2.7). Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, ДДД, нитритов и растворенного кислорода. Улучшение качества вод пролива обусловлено снижением нефтяного загрязнения, содержания нитритов и улучшением кислородного режима, при увеличении усредненного содержания ДДД по сравнению с предыдущим годом более чем в 2 раза. Продолжился кратный рост содержания в водах пролива пестицидов группы ДДТ – по сравнению с предыдущим годом средняя и максимальная концентрация выросла в 2 раза. Количество проб с ДДТ и его метаболитами выше предела обнаружения выросло в 2,5 раза, превысив 83% от общего числа проб. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Продолжилось многолетнее увеличение солёности вод пролива, среднее значение во второй половине года превысило 16‰. Максимальная концентрация биогенных веществ не превышала 0,5 ПДК.

3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

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

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. Кобулету 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°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 частыми морскими туманами. В летний сезон Черное море находится в области распространения Азорского максимума, преобладает устойчивая ясная и жаркая погода. Осенью, по мере ослабления влияния азорского максимума, над морем появляются циклоны с юга, но в начале сезона погода остается ясной и теплой. В октябре вступает в силу сибирский максимум, и температура воздуха начинает быстро падать (Гидрометеорологические условия, 2012, Фашук, 2019).

Основными 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 минимума 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, Сакаръя, 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, Мее 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 Очаковым 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 СЗЧ и наблюдаться южнее Констанцы (Румыния). Максимальная толщина ледовых полей в открытых районах моря составляет 20–30 см (Гидрометеорологические условия, 2012, Дьяков, 2016, Фашук, 2019).

3.2. Прибрежные воды Севастополя

В 2022 г. Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» с борта э/с «Русь» (в настоящее время «Профессор Грузинов») было выполнено в сентябре и ноябре две гидролого-гидрохимические съемки южной части взморья Севастополя на 15 станциях, в том числе 12 станциях на севастопольском взморье и трех станциях с максимальной глубиной до 20 м в бухте Стрелецкой (рис. 3.1). На взморье глубина точек придонного отбора проб варьировала от 11 м (фоновая станция у входа в бухту Омега) до 88 м (станция у оголовка КОС «Южные»). Исследования проводились на поверхностном и придонном горизонтах. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидро-

логических 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, концентрации биогенных элементов (фосфаты и общий фосфор, нитриты, нитраты, аммонийный и общий азот, силикаты), нефтяных углеводородов и детергентов. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³, Предел обнаружения (DL) фосфатов PO₄ составлял 1,5 мкг/дм³, общего фосфора P_{total} 20,0 мкг/дм³, силикатов 10 мкг/дм³, нитритов 0,5 мкг/дм³, нитратов 5,0 мкг/дм³, аммонийного азота 10,0 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК) и СПАВ 50 мкг/дм³ (0,5 ПДК).

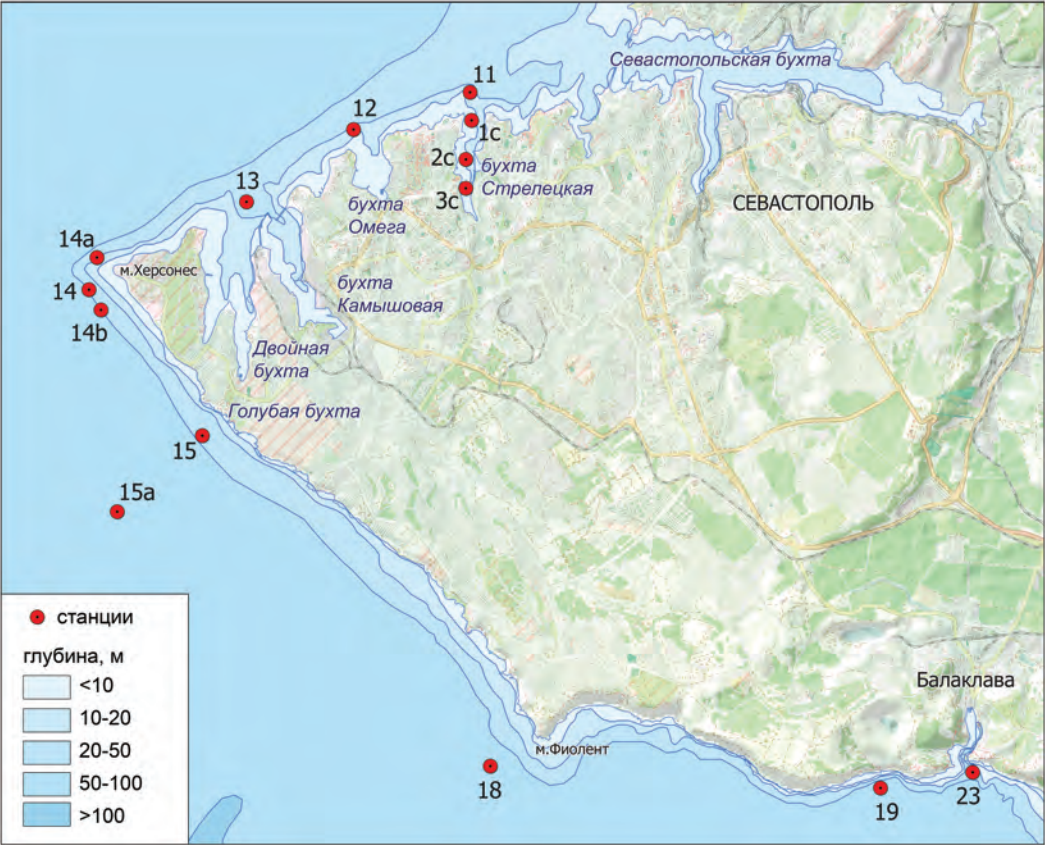


Рис. 3.1. Гидрохимические станции на южном взморье Севастополя в сентябре и ноябре 2022 г.

3.2.1. Севастопольское южное взморье

На взморье юго-восточнее Севастопольской бухты до мыса Сарыч за пределами южных бухт в сентябре и ноябре было отобрано 32 пробы. Соленость изменялась в пределах одной промилле (18,17–19,15‰), средняя 18,52‰ (табл. 3.1). Значение солености выше 19,00‰ наблюдалось только в придонных водах района выпуска КОС «Южные» на глубине 88,0 м.

Таблица 3.1. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах южного взморья Севастопольского региона (экспедиции СО ГОИН).

Дата съёмки	8 сентября (18 проб), 11 ноября (14 проб)		
Элемент	пределы	среднее	станд.откл
Соленость, ‰	18,17–19,15	18,52	0,284
ВВ, мг/дм ³	2,1–5,5	3,1	0,853
Алк, мг-экв/дм ³	3,641–3,731	3,684	0,026
рН	8,14–8,39	8,29	0,066
O ₂	6,71–9,59	8,31	0,722
O ₂ , ‰	64–110	98	8,85
P total	6,1–63,7	21,5	11,50
PO ₄	0–10,3	1,2	2,10
SiO ₃	8,3–57,9	23,1	12,19
N total	294–742	428	97,55
NO ₂	0,7–8,9	1,9	2,04
NO ₃	2,9–31,2	15,4	6,25
NH ₄	0–19,7	4,3	4,53
БПК ₅	0–2,90	1,02	0,751
НУ	0,02– 0,14	0,06	0,031
СПАВ	15,4– 153,6	63,4	24,08

Выделены значения выше ПДК.

Щелочность варьировала в узком диапазоне, а средняя величина возросла по сравнению с предыдущим годом на 0,333 мг-экв/дм³. Значения водородного показателя рН практически соответствовали прошлогодним, среднее увеличилось на 0,02 ед.рН. Хотя концентрация взвешенных веществ изменялась в более узком интервале, однако средняя величина возросла на 0,5 мг/дм³ в среднем на поверхностном и придонном горизонтах. Повышенные значения в поверхностных водах фиксировались в сентябре на взморье бухт Камышовая и Стрелецкая (5,5 и 4,4 мг/дм³ соответственно), в придонных водах – в ноябре на взморье Голубой бухты и в зоне выпуска КОС «Южные».

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация неорганического фосфора (фосфатов) была ниже допустимой нормы и достигала у поверхности 3, а в придонном слое 10 (0,2 ПДК) в сентябре у мыса Фиолент (рис. 3.2). Содержание общего фосфора в поверхностных водах составило 40, в среднем 20. В придонных водах в ноябре максимальная концентрация достигала 64 у оголовка КОС «Южные»; в среднем 23. В отличие от прошлого года с почти равной концентрацией фосфатов и общего фосфора – 8,1 и 10, в осенний период 2022 г. разница средних значений различалась почти в 20 раз. Запасы фосфора в морской воде преимущественно были заключены в органическом веществе, а не в растворенной форме. Столь значительный разброс, вероятно, был вызван поступлением сточных вод из очистных сооружений в придонный слой Южной бухты.

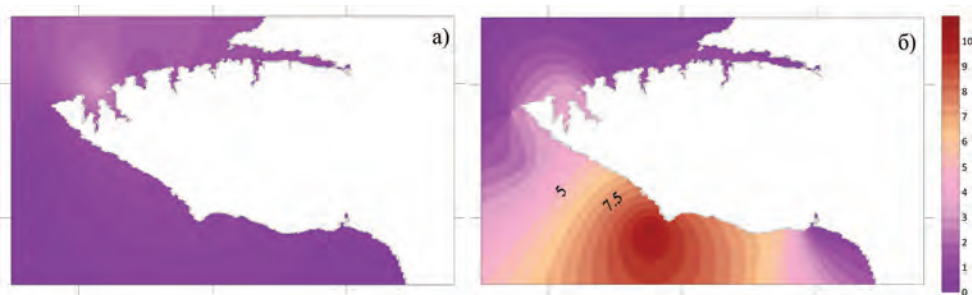


Рис. 3.2. Распределение концентрации фосфатного фосфора (мкг/дм^3) на взморье Севастополя на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в сентябре 2022 г.

Концентрация нитритов в основном не превышала 3 за исключением трех проб, в которых было зафиксировано 6–9 (рис. 3.3). Интервал значений примерно в два раза шире прошлогоднего, а среднее повысилось всего лишь на $0,7 \text{ мкг/дм}^3$. Содержание нитратов в период наблюдений варьировало в поверхностном слое в диапазоне 3–22, у дна – 4–31. Максимум был в два раза ниже прошлогоднего и наблюдался, как и годом ранее, в придонных водах у м. Фиолент. Максимальная концентрация аммонийного азота в сентябре достигала 18 и 20 на взморье б. Камышовой в поверхностных и придонных водах соответственно. В ноябре содержание его у дна не превышало 3, у поверхности – 5 за единичным исключением (10) на взморье б. Стрелецкой. Среднее за период наблюдений содержание аммония снизилось в 5,3 раза, а максимальное – в 2,3 раза.

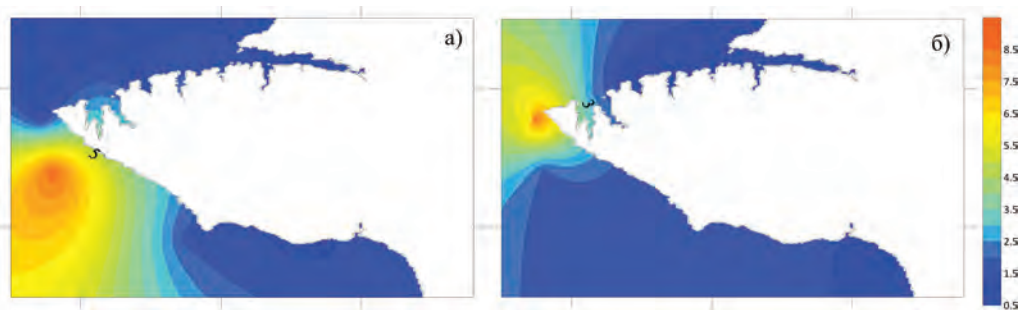


Рис. 3.3. Распределение концентрации нитритного азота (мкг/дм^3) в водах Севастопольского взморья на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в сентябре 2022 г.

Содержание общего азота в поверхностных водах изменялось от 345 до 742, в придонных водах 294–549. Повышенная концентрация наблюдалась в поверхностном слое на выходе из бухт Омега (548), Стрелецкая (582), Камышовая (742) и в Голубой бухте (591), в придонном слое на взморье б. Стрелецкой (549). В целом за период наблюдений среднее содержание осталось на уровне предыдущего года. Концентрация силикатов находилась в диапазоне от 8–10 до 26 в поверхностных водах и до 58 в придонных. Среднее содержание в обоих слоях отличалось почти в два раза и составило 16 и 30 соответственно. Средняя величина во всем столбе воды снизилась на 8 мкг/дм^3 по сравнению с прошлым годом.

Воды южного взморья г. Севастополя были значительно загрязнены **нефтяными углеводородами**. В восьми из 14 отобранных проб с поверхностного горизонта содержание НУ достигало или превышало ПДК. В сентябре максимальное загрязнение

(0,14 мг/дм³ или 2,8 ПДК) было зафиксировано в поверхностных водах у б. Камышовой, в ноябре (0,09/1,8 ПДК) – на взморье б. Стрелецкой и в акватории Голубой бухты (табл. 3.1). Среднее содержание составило 0,06 и 0,05 в сентябре и ноябре соответственно. По АПАВ превышение норматива (154/1,5 ПДК) зафиксировано в ноябре в единичной пробе из придонного слоя на взморье б. Камышовой. В поверхностном слое максимальная концентрация (82/0,8 ПДК) наблюдалась на траверзе м. Херсонес, в придонном слое повышенное содержание детергентов (91) фиксировалось в Голубой бухте в сентябре (рис. 3.4). Среднее содержание в обоих слоях составило 62 и 65, а среднее по всему Севастопольскому региону за период наблюдений снизилось в сравнении с предыдущим годом на 30,7 мкг/дм³.

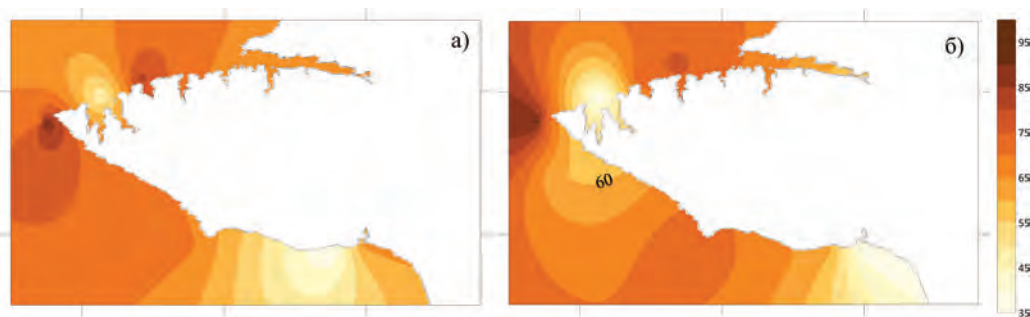


Рис. 3.4. Распределение концентрации АПАВ (мкг/дм³) на взморье Севастополя на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в сентябре 2022 г.

Кислородный режим поверхностных вод был в пределах нормы, относительное содержание превышало величину растворимости кислорода на 1–10%; среднее составило 103% насыщения (рис. 3.5).

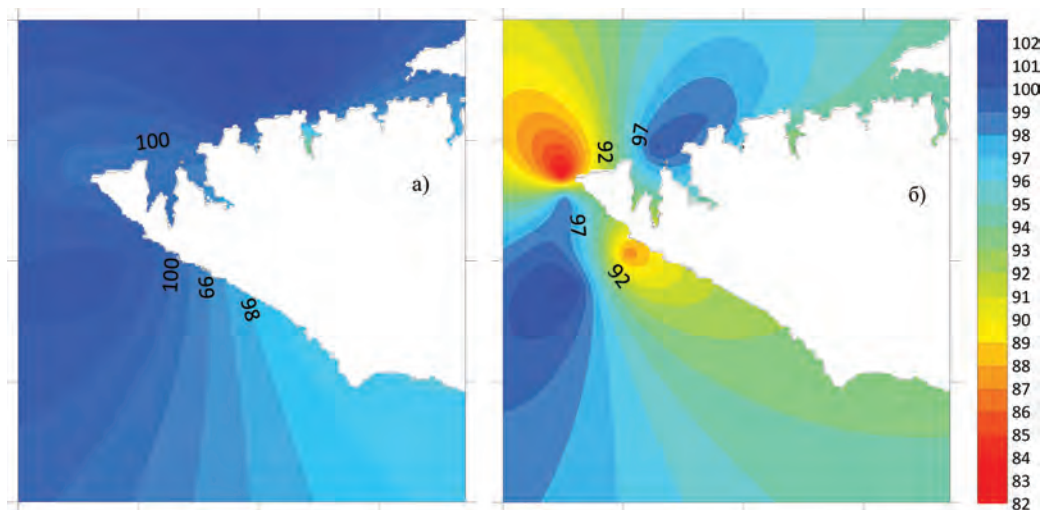


Рис. 3.5. Распределение концентрации растворенного кислорода (% насыщения) в водах Севастопольского взморья на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в ноябре 2022 г.

В придонных водах дефицит **кислорода** не превышал 17% за исключением района у выпуска КОС «Южные» (64% насыщения на глубине 72 м). В среднем аэрация придонных вод составила 94%. По абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода в поверхностных водах варьировала в диапазоне 7,41–9,06, а в придонных 6,71–9,59. Минимум наблюдался в районе у м. Херсонес, и в придонных водах вблизи Голубой бухты в районе выпуска КОС «Южные» на глубине 72 м. За счет низких значений в двух точках средняя концентрация растворенного в воде кислорода в слое поверхность–дно снизилась на 0,51 мгО₂/дм³. Содержание органического вещества по БПК₅ превышало норматив только в сентябре в поверхностных водах Голубой бухты (2,90/1,38 ПДК), на выходе из б. Камышовой (2,50/1,19 ПДК) и района выпуска КОС «Южные» (2,40/1,14 ПДК). В остальных пробах значения показателя в сентябре не превышали 1,81 для поверхностных вод и 1,65 для придонных, в октябре – соответственно 1,11 и 0,40. Средняя величина показателя снизилась в сравнение с предыдущим годом на 0,27 мгО₂/дм³.

3.2.2. Бухта Стрелецкая

В бухте Стрелецкой в ноябре было отобрано 6 проб морских вод. В период наблюдений температура морской воды изменялась в диапазоне 15,2–15,5°С, соленость вод была типично морской 18,51–18,76‰, хлорность 10,21–10,35‰; общая щелочность 3,731–3,820 мг-экв/дм³. Значения водородного показателя изменялись в узком диапазоне 8,33–8,35 ед.рН. Содержание взвешенных веществ в поверхностных водах 3,0–4,4, в придонных не превышало 3,4 и в среднем составило 3,6 и 2,2 мг/дм³ соответственно.

Концентрация минерального **фосфора** превышала предел обнаружения только в двух пробах; содержание общего фосфора также только в двух пробах превышало DL (21 и 26). Эти значения зафиксированы в придонном слое на входе и в центре бухты. Среднее содержание фосфатного и общего фосфора в слое поверхность–дно составило 0,7 и 7,8 мкг/дм³ соответственно. Содержание азота в столбе воды поверхность–дно изменялось в диапазоне 423–634 для общего азота, 26–134 для нитратов, 1,7–2,9 для нитритов и 6–19 для аммония. Максимальная концентрация общего и нитратного азота отмечалась в кутовой части бухты Стрелецкая в районе причала. Средние значения содержания общего, нитратного, нитритного и аммонийного азота составили 509; 61; 2,3 и 12 мкг/дм³ соответственно. Суммарная доля минеральных форм составила 14,7% от общего содержания азота. Концентрация силикатов изменялась в пределах 41–119; средняя составила 74. Максимальное содержание 119 и 89 мкг/дм³ в поверхностных и придонных водах соответственно также фиксировалось в кутовой части бухты.

Концентрация **НУ** на поверхности в одной пробе была ниже предела обнаружения, а в двух других составила 0,8 ПДК. Содержание детергентов на поверхности и у дна на глубине 18 м было ниже DL, а у причала и на выходе из бухты варьировало в диапазоне 81–111 (1,1 ПДК), в среднем 64 мкг/дм³.

Аэрация вод бухты Стрелецкая в ноябре была немного ниже нормы. Дефицит растворенного **кислорода** составлял до 4–6% насыщения и фиксировался во всех пробах за единственным исключением, когда аэрация поверхностных вод на входе в бухту достигала 101%. Среднее абсолютное содержание растворенного кислорода составило 8,5 (96% насыщения) при диапазоне концентрации 8,33–8,99 мгО₂/дм³. Величина БПК₅ варьировала в диапазоне 0,02–0,88, значения были зафиксированы соответственно для поверхностных и придонных вод центра бухты. Средняя для б. Стрелецкая величина БПК₅ составила 0,53 мгО₂/дм³ (0,2 ПДК).

3.3. Прибрежные воды Крыма. Порт Ялта

В 2022 г. гидрохимические исследования на акватории порта Ялта выполнялись лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта (ЛМЗОС, ФГБУ «Крымское УГМС») в одной точке с глубиной 6 м у основания волнолома в течение всего года с января по декабрь каждые десять дней. Всего отобрано и обработано 72 пробы морской воды из поверхностного и придонного слоев. Температура вод порта изменялась в соответствии с сезонностью от 7,6↓-7,8 – в марте до 26,5–26,7↑ – в сентябре (стрелка показывает сравнение с прошлогодним значением). Соленость придонных вод варьировала в пределах одной промилле (18,33–19,41‰), средняя 18,72‰. А соленость поверхностного слоя под влиянием паводковых вод рек Деревкойка в кутовой части порта и Учан-Су с устьем западнее конца мола испытывала значительные колебания (7,66↑-18,48‰↓) и была ниже солености придонных вод (рис. 3.6). Среднемесячная минимальная соленость поверхностных вод фиксировалась в феврале-мае (7,73–9,59‰) и июле (7,66‰). Значение солености выше 19,00‰ наблюдалось в придонных водах в январе и октябре-ноябре. Щелочность варьировала в узком диапазоне 3,132↑-3,696 мг-экв/дм³↑, а средняя величина возросла по сравнению с предыдущим годом до 3,330 мг-экв/дм³↑. Водородный показатель, как и в предыдущие годы, укладывался в узкий диапазон 8,10↑-8,75 ед.рН↓; в среднем 8,43 ед.рН↑.

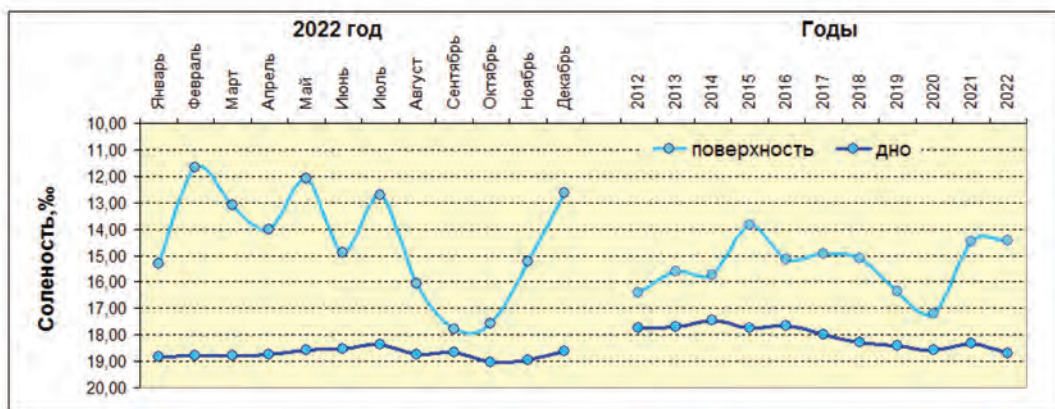


Рис. 3.6. Сезонное в 2022 г. и межгодовое изменение среднемесячного и среднегодового значения солености поверхностных и придонных вод акватории порта Ялта.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание **фосфора** на акватории порта Ялта имело два выраженных пика: в январе, когда в поверхностных водах среднемесячная концентрация фосфатного и общего фосфора достигала 37 (0,74 ПДК) и 139, и в июле 35 и 130 соответственно. В придонных водах наибольшие значения зафиксированы в эти же месяцы – 31/129 и 7/72. Среднегодовое содержание фосфатного фосфора в поверхностных и придонных водах составило 20,4 и 10,9, а общего фосфора 48,6 и 74,2 соответственно, во всем столбе воды – 15,7 и 61,4 мкг/дм³ (рис. 3.7). Среднегодовая концентрация фосфатов в последние два десятилетия была относительно постоянной примерно на уровне 10 мкг/дм³, в то время как максимальная показывает очевидный тренд на понижение с очень большими межгодовыми изменениями.

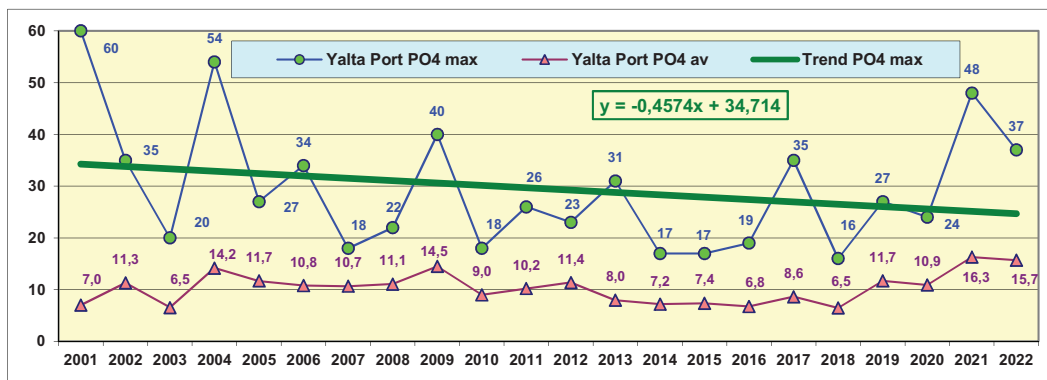


Рис. 3.7. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации фосфора фосфатов (мкг/дм³) в водах порта Ялта в 2001–2022 гг.

Содержание всех форм азота было больше в поверхностных водах, чем в придонных. Максимальная концентрация наблюдалась в июле в поверхностном слое воды и достигала для общего азота 20780, нитритов 13, нитратов 950 и аммония 190 мкг/дм³, соответственно (рис. 3.8). В остальное время содержание общего азота изменялось в диапазоне 760–4300 в поверхностных водах и 110–2300 в придонных. В целом среднее за год содержание общего азота продолжило начатую в 2019 г. (610) тенденцию роста достигнув 1440. Концентрация нитритов не превышала 11 (среднегодовая возросла до 6), аммония 31 (12). Содержание нитратов изменялось от 81 до 850 у поверхности и 15–160 у дна, среднегодовое возросло с 130 в 2020–2021 гг. до 230 мкг/дм³. В акватории порта Ялта поверхностные воды традиционно содержали значительно больше кремния, чем придонные. Концентрация его изменялась в диапазоне 150–1680 у поверхности и 29–430 у дна. Пиковые значения, очевидно обусловленные паводковым выносом рек, фиксировались в поверхностных водах в апреле (1080) и в июле (1680). Среднее за год содержание кремния в водах порта достигло 400, что вдвое выше уровня 2020–2021 гг. (200 мкг/дм³).

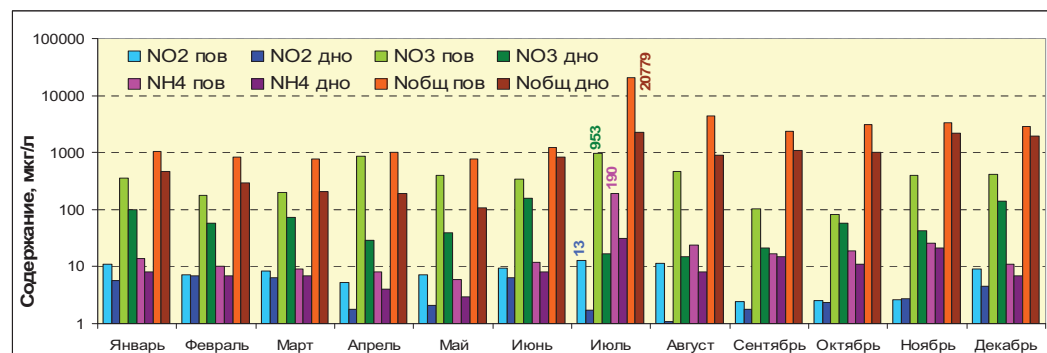


Рис. 3.8. Внутригодовое распределение концентрации различных форм азота (мкг/дм³) в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта в 2022 г.

Нефтяное загрязнение вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, было незначительным. Только в 13 пробах из 72 содержание НУ было выше предела количественного определения, все значения выше аналитического нуля отмечены в октябре-де-

кабре. В целом в водах порта содержание НУ было наименьшим среди контролируемых районов прибрежных вод Крыма (рис. 3.9). Концентрация в придонных водах в октябре-декабре достигала 0,01–0,03 и 0,09–0,11 (1,8–2,2 ПДК, декабрь) в поверхностных, среднее за год составило 0,0064 мг/дм³ (0,13 ПДК). Загрязнение вод акватории порта Ялта АПАВ на протяжении года было невысоким. Концентрация детергентов превышала предел обнаружения в шестнадцати пробах из 24. Максимальная величина была зафиксирована в октябре (43, 0,43 ПДК), в поверхностных водах и 33 в придонных. Среднее за год содержание составило 13 и 4 соответственно, в столбе воды 8,6 мкг/дм³. Концентрация суммы фенолов, как и в предыдущие годы, была ниже предела количественного определения.

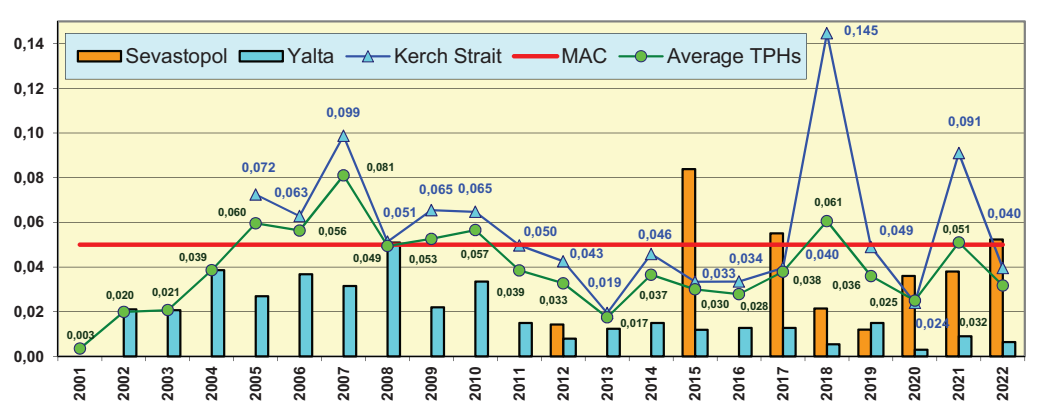


Рис. 3.9. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в прибрежных водах Крыма.

Хлорорганические **пестициды** (нг/дм³) присутствовали в водах акватории порта Ялта в течение всего года. Концентрация гептахлора превышала предел обнаружения в 83% от общего количества определений и достигала 4,1–4,3. Среднегодовое содержание этого ингредиента продолжило тенденцию снижения до 1,3 в сравнении с двумя предыдущими годами – 2,1 и 6,7 нг/дм³. Все пробы за единственным исключением содержали ДДД, средняя за год концентрация которого по сравнению с предыдущим годом возросла в 1,6 раза до 3,8. А максимальная концентрация достигала 13,8 и 12,1 (1,4–1,2 ПДК) на поверхности и у дна соответственно. Также 71% отобранных проб содержал ДДЭ в концентрации до 3,8 и 2,3 на поверхности и у дна соответственно; среднегодовое содержание составило 0,78. Концентрация ДДТ в трех пробах в марте и апреле составила 0,86; 1,19 и 1,3. Присутствие γ-ГХЦГ зафиксировано только в январе и марте в двух пробах (0,52 и 0,53), α-ГХЦГ – в феврале-апреле до 2,0 нг/дм³. В остальное время содержание пестицидов этих групп было ниже предела количественного определения. Присутствие ПХБ и пестицида альдрина, как и в предыдущие годы, не зафиксировано.

Аэрация вод акватории порта Ялта традиционно была недостаточной: недонасыщение растворенным кислородом поверхностных вод в течение года составляло 3–28%. Придонные воды достигали насыщения только в июне (101%) и августе (105%), остальные 34 пробы показали дефицит растворенного кислорода от 1 до 37%. По среднемесячным значениям в слое поверхность-дно дефицит кислорода варьировал в интервале 6–17% насыщения. По абсолютным значениям его содержание изменялось в пределах 6,14–9,93 на поверхности и 6,40–9,59 у дна. Среднегодовое содержание его в сравнении с предыдущим годом снизилось до 8,16 мгО₂/дм³, в среднем 89% процентов насыщения вод кислородом.

3.4. Прибрежные воды Крыма. Карадаг

Исследования гидрохимического режима морских вод у побережья Восточного Крыма на взморье Карадагского природного заповедника проводилось СО ГОИН 24 мая 2022 г. на 10 станциях с глубинами от 9 до 27 м (рис. 3.10). Всего отобрано и обработано 20 проб из поверхностного и придонного слоев воды. В период наблюдений температура поверхностной воды изменялась в диапазоне 11,12–14,19°C, придонной в соответствии с глубиной в пределах 8,89–11,45°C. Соленость варьировала от 18,37 до 18,78‰, хлорность 13,3–14,46‰; общая щелочность 2,922–4,715 мг-экв/дм³, значения водородного показателя 8,39–8,44 ед.рН. Содержание взвешенных веществ изменялось от 0,9 до 3,4 и в среднем составило 2,3 мг/дм³.

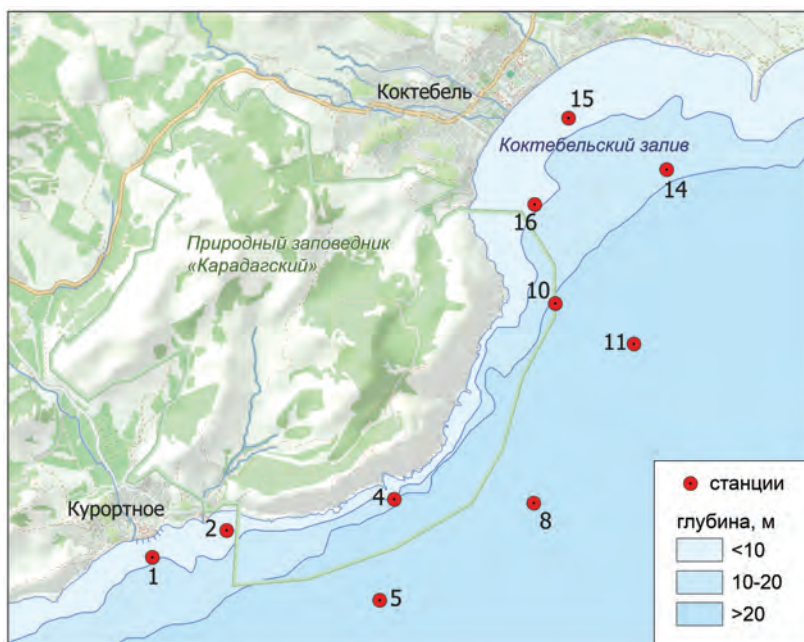


Рис. 3.10. Станции гидролого-гидрохимических наблюдений на взморье Карадагского природного заповедника в мае 2022 г.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация фосфатов была невысокой и изменялась в диапазоне 2–9 (0,18 ПДК), общего фосфора 5–12. Наибольшее содержание фосфора фиксировалось на прибрежных станциях у п. Курортного, дельфинария и скалы «Золотые Ворота». Среднее содержание общего и фосфатного фосфора в слое поверхность–дно составило 9 и 4 мкг/дм³ соответственно. Содержание азота в приповерхностном слое и у дна было также невысоким. Максимальная концентрация нитритов составила 3,9, нитратов 27, аммония 33, а средние величины 0,6, 11,3 и 6,6 соответственно. Концентрация общего азота изменялась в пределах 254–472; средняя составила 359. При относительно равной концентрации нитритного и общего азота в обоих слоях, поверхностные воды содержали нитратного и аммонийного азота в 1,3–1,6 раза больше придонных. Для прибрежных станций было характерно пониженное в 1,2–1,4 раза содержание общего и аммонийного азота по сравнению с фоновыми станциями, однако по нитратному азоту наблюдалось обратное соотношение. Суммарная доля минеральных форм составила 15,6% от общего содержания азота. Концентрация кремния изменялась от 18 до 70; средняя составила 45 мкг/дм³. Максимальное значение отмечено в придонных водах в непосредственной близости от скального выступа «Золотые Ворота».

Нефтяное загрязнение прибрежных вод заповедника было значительным и распределялось достаточно равномерно. Концентрация **НУ** (мг/дм³) достигала или превышала ПДК в 90% отобранных проб. Наибольшие значения (0,11–0,14) наблюдались на юге обследованной акватории в непосредственной близости от поселка Курортное, дельфинария и «Золотых Ворот» (ст. №1,2,4) и могло быть связано с высокой рекреационной нагрузкой (рис. 3.10). Относительно низкое загрязнение зафиксировано только в пробах придонных вод фоновой станции б. Коктебельская (0,03, ст.№14) и мористой (фоновой) станции у мыса Планерский (0,04, ст.№11). Среднее содержание НУ на период съемки составило 0,07 мг/дм³ (1,4 ПДК). Содержание АПАВ была ниже предела обнаружения (DL=50 мкг/дм³) в восьми пробах из 20 и достигало 106 (1,1 ПДК) в поверхностном слое вод центральной части бухты Коктебельская (ст.№15). Среднее содержание составило 56 и 27 в поверхностных и придонных водах соответственно; в столбе воды 41,3 мкг/дм³.

Содержание **металлов** (мкг/дм³) на взморье заповедника в мае не превышало 4,4 для хрома шестивалентного (Cr⁶⁺); 3,2 для марганца двухвалентного (Mn²⁺) и 5,8 для свинца. Единичным исключением для последнего были придонные воды фоновой для Коктебельской бухты станции, где концентрация свинца вдвое превысила ПДК и достигала 20,7. Концентрация меди во всех пробах превышала допустимый уровень, изменяясь в диапазоне 5,6–17,0 (1,1–3,4 ПДК), максимум локализовался в поверхностных водах Коктебельской бухты. Среднее для района содержание меди составило 10,3 (2,1 ПДК). В 9 из 20 отобранных проб фиксировалось превышение ПДК по содержанию железа, концентрация которого достигала 83,7 (1,7 ПДК). Высокие значения концентрации железа в популярных туристических местах у пос. Курортное, дельфинария, Золотых Ворот и в фоновом районе Коктебельской бухты могут указывать на вклад маломерного флота как основного источника загрязнения вод. Среднее содержание железа в прибрежных водах Карадагского природного заповедника в мае составило 41,8 мкг/дм³ (0,84 ПДК).

Аэрация вод на взморье Карадагского природного заповедника была достаточной. Пере-насыщение вод достигало 10–15% за единичным исключением, когда на фоновой станции на глубине 20 м аэрация вод снижалась до 98% насыщения. Среднее абсолютное содержание растворенного кислорода составило 10,27 (105% насыщения) при диапазоне концентрации 9,90–10,66 мгО₂/дм³. Величина БПК₅ изменялась от значений ниже предела обнаружения в восьми пробах до 1,54, однако в придонных водах у пос. Курортное она почти достигала ПДК и составила 2,05. Средняя для района величина БПК₅ составила 0,80 мгО₂/дм³ (0,38 ПДК).

Таблица 3.2. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Севастопольское южное взморье (32 пробы)	НУ	0,027	0,53	0,042	0,83	0,058	1,16
		0,080	1,60	0,130	2,60	0,14	2,80
	СПАВ	29,5	0,30	76,3	0,76	54,7	0,55
		83,0	0,83	201,7	2,02	154,0	1,54
	Аммонийный Азот N-NH ₄	94,7	0,04	28,5	0,01	1,84	<0,01
		295,97	0,13	163,38	0,07	19,65	<0,01
	Нитритный Азот N-NO ₂	2,8	0,12	1,3	0,05	1,94	0,08
		18,61	0,78	7,37	0,31	8,95	0,37
	Фосфаты P-PO ₄	5,2	0,10	5,5	0,11	1,00	0,02
		39,09	0,78	68,73	1,37	10,00	0,20
	БПК ₅	1,30	0,62	1,71	0,81	0,84	0,40
		3,61	1,72	6,91	3,29	2,90	1,38
	Растворенный кислород	9,73		9,53		8,31	
		5,37	0,90	6,14		6,71	

Севастопольские южные бухты (6 проб)	НУ	0,054	1,08	0,038	0,76	0,027	0,54
		0,07	1,40	0,08	1,60	0,04	0,80
	СПАВ	32,7	0,33	73,3	0,73	64,3	0,64
		53	0,53	202	2,02	111	1,11
	Аммонийный Азот N-NH ₄	106,2	0,05	34,0	0,02	9,8	<0,01
		208	0,09	163	0,07	19	<0,01
	Нитритный Азот N-NO ₂			1,4	0,06	2,25	0,09
				7,4	0,31	2,9	0,12
	Фосфаты P-PO ₄			3,6	0,07	0,7	0,01
				20,2	0,40	2,0	0,04
	БПК ₅			1,70	0,81	0,53	0,25
				5,37	2,56	0,88	0,42
Акватория порта Ялта (72 пробы)	НУ			10,03		8,53	
				7,39		8,33	
	НУ	0,007	0,14	0,009	0,18	0,006	0,12
		0,080	1,60	0,350	7,00	0,11	2,20
	СПАВ	3,4	0,03	10	0,10	8,6	0,09
		17,0	0,17	94	0,94	43	0,43
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,08	<0,01	0,86	0,09	0,04	<0,01
		0,73	0,07	20,74	2,07	0,53	0,05
	α-ГХЦГ	0		0,33	0,03	0,29	0,03
		0		1,75	0,18	2,02	0,20
	ДДТ	0		0,10	0,01	0,14	0,01
		0		0,92	0,09	1,33	0,13
	ДДЭ	0,20	0,02	0,84	0,08	0,78	0,08
		1,16	0,12	3,37	0,34	3,83	0,38
	ДДД	1,34	0,13	2,44	0,24	3,83	0,38
		4,82	0,48	12,61	1,26	13,79	1,38
	Альдрин	0		0		0	
		0		0		0	
	Гептахлор	6,66	0,67	2,14	0,21	1,30	0,13
		18,34	1,83	4,02	0,40	4,31	0,43
	ПХБ	1,51	0,15	1,44	0,14	0	
		7,19	0,72	19,20	1,92	0	
	Аммонийный азот N-NH ₄	24,8	0,01	9,0	<0,01	19,8	<0,01
		69	0,03	16,0	<0,01	190	0,08
	Нитритный азот N-NO ₂	2,4	0,10	4,7	0,20	5,5	0,23
		5,3	0,22	11,9	0,50	12,8	0,53
	Фосфаты P-PO ₄	10,9	0,22	16,3	0,32	15,7	0,31
		24,0	0,48	48,0	0,96	37	0,74
	Растворенный кислород	7,99		8,38		8,16	
		5,87	0,98	5,29	0,88	6,14	

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.

3.5. Качество черноморских вод у берегов Крыма

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученные на основе средних и приведенных к ПДК величин концентрации приоритетных для каждого из районов мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода в 2022 г., позволили сравнить качество вод различных участков побережья Крыма (табл. 3.3). Прибрежные воды юго-западного Крыма оцениваются как «чистые», II класс индекса. Севастопольское взморье наиболее загрязненное из этих участков и находится на границе III класса. Здесь, как и в водах бухт, наблюдается повышенное содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и синтетических моющих веществ, очевидно попадающих в море с муниципальными стоками. Относительно высоким также была концентрация нефтяных углеводородов, особенно на взморье. В наиболее чистых водах порта Ялты приоритетными загрязняющими веществами были пестициды и биогенные вещества, очевидно поступающими в акваторию с водами двух горных рек. В восточном Крыму в пробах морской воды также определяли пять тяжелых металлов (свинец, медь, хром, марганец и железо), высокие значения которых определили повышенное значение индекса – III класс, «умеренно-загрязненные», близкое к границе следующего класса качества, «загрязненные». Возможно, повышенное содержание в морских прибрежных водах железа и меди определялось геохимическим фоном вулканической горы Карадаг, а не факторами антропогенного загрязнения. Если пересчитать индекс без учета металлов (НУ 1,44; СПАВ 0,41; БПК₅ 0,63 и O₂ 0,58) окажется ИЗВ = 0,77, что находится на нижней границе III класса и соответствует открытым водам рядом с Фиолентом на юго-западе полуострова. Кислородный режим был вполне удовлетворительным во всех контролируемых районах с немного повышенными значениями у Карадага. Наименьшие значения растворенного кислорода были отмечены 5 июля в порту Ялта на поверхности (6,14 мгO₂/дм³) и 8 сентября в Голубой бухте у выпуска КОС «Южные» на глубине 72 м (6,71 мгO₂/дм³).

Таблица 3.3. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Севастопольское южное взморье (без бухт)	0,50	II	0,81	III	0,75	II	НУ 1,16; СПАВ 0,63; БПК ₅ 0,48; O ₂ 0,72
Бухты южного взморья	0,61	II	0,73	II	0,53	II	НУ 0,54; СПАВ 0,64; БПК ₅ 0,25; O ₂ 0,70
Акватория п. Ялта	0,45	II	0,37	II	0,42	II	ДДД 0,38; PO ₄ 0,31; NO ₂ 0,23; O ₂ 0,74
Карадаг	-	-	-	-	1,18	III	НУ 1,44; Cu 2,07; Fe 0,84; O ₂ 0,58

3.6. Северное побережье 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. 3.12). Всего было выполнено четыре съемки в апреле, июне, августе и октябре, отобрано 75 проб. Кроме того, на штормовой станции №2 в порту Туапсе еженедельно Туапсинское ГМБ выполняло отбор 39 проб в течение всего года. Пробы воды отбирались из приповерхностного слоя на прибрежных станциях с использованием маломерного НИС «Росгидромет-17» (проект NS18 RGM, длина 18 м, грузоподъемность 3,5 т). В состав наблюдений входило определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S‰, хлорность, водородный показатель pH, растворенный кислород O₂ методом Винклера, щелочность Alk),

концентрация биогенных элементов (фосфатов PO_4 , аммонийного азота NH_4 , нитритов NO_2 и силикатов SiO_3) и загрязняющих веществ – НУ, СПАВ, пестицидов и растворенной в воде ртути. Концентрация нефтяных углеводородов определялась методом инфракрасной спектрометрии. Определение концентрации ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм^3 , абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – мг/дм^3 . Предел обнаружения (DL) фосфатов PO_4 составлял $1,5 \text{ мкг/дм}^3$, силикатов 10 мкг/дм^3 , нитритов $0,5 \text{ мкг/дм}^3$, нитратов $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, аммонийного азота $10,0 \text{ мкг/дм}^3$, нефтяных углеводородов $0,02 \text{ мг/дм}^3$ (0,4 ПДК), СПАВ 100 мкг/дм^3 (1,0 ПДК), ртути $0,01 \text{ мкг/дм}^3$ (0,1 ПДК) и хлорорганических пестицидов $\alpha\text{-ГХЦГ}$, $\gamma\text{-ГХЦГ}$, ДДТ и ДДЕ ($0,002\text{--}0,02 \text{ нг/дм}^3$).



Рис. 3.12. Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2022 г. (У Кубанская).

Анапа. В прибрежных водах района исследования проводились на 6 станциях с глубинами от 7 до 32 м. В общей сложности в период с апреля по октябрь было отобрано и проанализировано 24 пробы воды из поверхностного слоя. В этот период соленость изменялась в диапазоне 17,36–19,47‰ (табл. 3.4). Минимальная соленость наблюдалась в августе, максимальная – в октябре. Средняя величина была выше, чем прошлогодняя и составила 18,28‰ (17,93‰ в 2021 г.); хлорность варьировала в диапазоне 9,61–10,78‰. Температура воды менялась от 11,0°C в октябре до 26,1°C в конце августа. Значение водородного показателя изменялось в диапазоне 8,22–8,43 ед.рН, общей щелочности 3,009–3,541 мг-экв/дм³. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний.

Таблица 3.4. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2022 г.

Район	S, %	Щелочность, мг-экв/дм³	O ₂ *, мг/дм³	pH	PO ₄ , мкг/дм³	SiO ₃ , мкг/дм³	NH ₄ , мкг/дм³	NO ₂ , мкг/дм³
Анапа	18,277/ 19,47	3,299/ 3,541	8,86/ 7,53	8,32/ 8,43	6,1/ 12,3	179/ 357	106,8/ 158	4,4/ 11,7
Новороссийск	18,006/ 18,68	3,425/ 3,69	9,49/ 8,07	8,32/ 8,42	5,2/ 11,2	204/ 360	91,1/ 150,0	6,05/ 13,8
Геленджик	17,684/ 18,28	3,459/ 3,853	9,21/ 7,52	8,31/ 8,42	6,8/ 19,4	226/ 361	92,7/ 144	5,92/ 12,2
Туапсе	16,904/ 18,55	2,965/ 3,497	10,68/ 6,59	8,23/ 8,44	19,3/ 64,7	324/ 1908	80,1/ 169,7	5,69/ 13,8

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

Биогенные вещества (мкг/дм³). В прибрежной акватории г. Анапа содержание минерального фосфора изменялось от 1,6 до 12,3 (табл. 3.4). Среднегодовая концентрация неорганического фосфора увеличилась в 3,4 раза в сравнении с прошлым годом (рис. 3.13). Для других районов северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация фосфатов также оказалась выше прошлогодней. Концентрация P-PO₄ в Цемесской бухте у Новороссийска увеличилась с 1,6 до 5,2; в Геленджикской бухте с 1,8 до 6,8; и в районе Туапсе почти в 2,2 раза с 2,8 до 6,2 мкг/дм³. Предыдущие два года показывали существенное снижение уровня содержания минерального фосфора в прибрежных водах Кавказа, однако в 2022 г. его содержание вновь возросло.

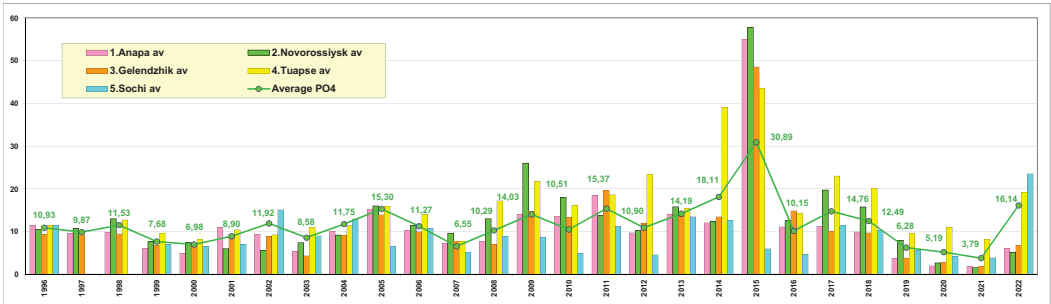


Рис. 3.13. Средняя концентрация неорганического фосфора P-PO4 (фосфаты, мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2022 гг.

Средняя и максимальная концентрация фосфатов в водах у Анапы по сравнению с прошлым годом возросла примерно в три раза и составила 0,12 ПДК и 0,25 ПДК (табл. 3.5). Южнее, в прибрежной акватории Геленджика она также не превышала норматив, однако относительно прошлогоднего значения увеличилась с 3,6 до 9,8; аналогичное повышение содержания минерального фосфора наблюдалось в прибрежных районах Новороссийска и Туапсе, с 12,4 до 49,2 и 4,4 до 6,5 соответственно. Многолетняя динамика максимального содержания минерального фосфора на Кавказском побережье Черного моря показывает практически экспоненциальный рост с начала наблюдений до 2018 г. (рис. 3.14). Затем наступает трехлетний спад наибольших величин в северной части побережья, однако в последний год значения опять выросли, особенно в районе Туапсе. Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация кремния варьировала от 45,3 в июне до 357 в апреле. Содержание аммонийного азота менялось в промежутке от 33 в августе до 158 в апреле. Величина содержания нитритного азота находилась в диапазоне 0,8–11,7, в среднем составляла 4,38 мкг/дм³ (0,18 ПДК).

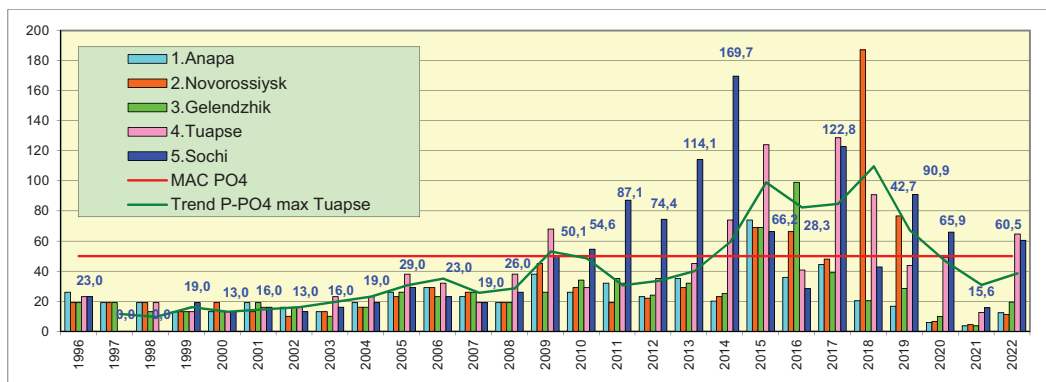


Рис. 3.14. Максимальная концентрация неорганического фосфора $P-PO_4$ ($мг/дм^3$) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2022 гг.

Нефтяные углеводороды в водах вблизи Анапы были обнаружены в половине проанализированных проб. Норматив был превышен только в одной пробе (1,3 ПДК). Среднегодовая величина уменьшилась в 2 раза по сравнению с предыдущим годом с 0,034 до 0,017 $мг/дм^3$ (рис. 3.15). За длительный период времени наблюдается незначительный тренд на снижение содержания НУ в водах побережья при значительной вариабельности двух-трехлетних периодов повышенной и пониженной концентрации ингредиента.

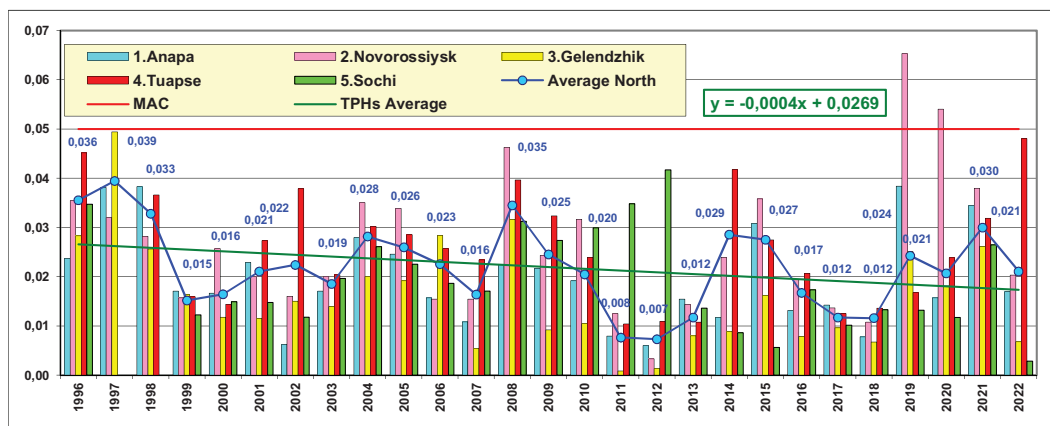


Рис. 3.15. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ($мг/дм^3$) в прибрежных водах Кавказа в 1996–2022 гг. Сокращения: Average North – средняя величина в северной части Кавказского побережья; MAC – предельно допустимая концентрация; Trend Average North – тренд концентрации НУ в северной части побережья.

В четырех пробах значения БПК₅ изменялись в пределах 1,30–1,94 $мгO_2/дм^3$ (0,92 ПДК), в среднем 0,75 ПДК. Содержание СПАВ было ниже предела обнаружения во всех пробах. Концентрация ртути в одной из четырех проб на ст.№1 была ниже DL, а в остальных достигала 0,3 ПДК. Содержание железа на фоновой станции в открытом море было в пределах 28–42 $мкг/дм^3$ (0,9 ПДК). Во всех пробах концентрация пестицидов α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ оказалось ниже предела обнаружения (0,002–0,02 $нг/дм^3$).

Кислородный режим соответствовал пределам нормы, дефицит растворенного кислорода не наблюдался ни в одной пробе. Средняя концентрация кислорода составила 8,85, изменяясь в диапазоне 7,53–10,46 мгО₂/дм³. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 91–136% насыщения, среднее значение превышало прошлогоднее и последних пяти лет за исключением 2020 г. (2018–85,63%, 2019–107,19%, 2020–112,30%, 2021–109,40%, 2022–110,07%). Значение индекса загрязненности вод ИЗВ по сравнению с прошлым годом снизилось с 0,68 до 0,63, что также соответствует II классу, «чистые» (табл. 3.8). В расчет индекса вошла средняя концентрация нефтяных углеводородов, железа, органического вещества по БПК₅ и кислорода.

Новороссийск. В 2022 году в Цемесской бухте было проведено исследования на четырех станциях с глубинами 7–13 м, а также на одной фоновой станции на траверзе бухты с глубиной 54 м. В три весенне-летних месяца было отобрано 15 проб из поверхностного слоя. Температура воды варьировала от 10,1°C до 27,1°C; соленость изменялась в диапазоне 17,63–18,68‰, со среднегодовым значением 18,01‰, что превышает прошлогоднее значение на 0,3‰; водородный показатель был в пределах 8,20–8,42/8,32 ед.рН; общая щелочность (3,240–3,690/3,425 мг-экв/дм³) была в пределах типичной сезонной и межгодовой изменчивости.

Содержание минерального фосфора (мкг/дм³) варьировало от нулевого значения в двух пробах до 11,2 (0,22 ПДК), средняя в три раза выше прошлогодней (табл. 3.5). Концентрация аммонийного азота была в пределах 21–150, минимум отмечен в конце июня, а максимум в конце августа в кутовой части бухты в ковше порта. В сравнении с предыдущим годом среднее значение уменьшилось с 122 до 91, тогда как максимальное осталось практически таким же (рис. 3.16а, 3.16б). В 2022 г. во всех контролируемых северных участках Кавказского побережья значения аммонийного азота были очень близкими, а разница между среднегодовой и экстремальной величинами небольшая. Стабилизация средних и наибольших величин в районе примерно 100 и 150 мкг/дм³ наблюдается последние четыре года, тогда как до этого были зафиксированы очень значительные межгодовые скачки, возможно связанные с сезонной изменчивостью параметра или методическими погрешностями измерений. Поэтому рассчитанная нисходящая линия тренда для средних величин и обратная для максимальных с учетом выбросов и падений 2016–2018 гг. требует дополнительной проверки по данным других источников вне системы мониторинга. В районе Адлер-Сочи содержание аммония было ниже, что особенно заметно для усредненных значений. Концентрация нитритов варьировала в узком диапазоне 1,9–13,8 (0,58 ПДК) и была очень близкой к значениям последних годов. Содержание нитратов в трех пробах с фоновой удаленной от берега станции было очень невысоким и изменялось в пределах 17,3–87,1/47,5 мкг/дм³ (0,005 ПДК). И диапазон концентрации силикатов (63–360), и средняя (204) возросли с предыдущего года практически в два раза.

Нефтяные углеводороды были обнаружены в 7 пробах из 15, загрязнение в сравнении с прошлым годом снизилось, средняя концентрация составила 0,41 ПДК, а максимальная – 1,24 ПДК, что немного меньше прошлогоднего значения. В трех пробах значения БПК₅ изменялись в пределах 1,30–1,70 мгО₂/дм³ (0,81 ПДК), в среднем 0,73 ПДК. Содержание СПАВ было ниже DL во всех пробах. Содержание железа исследовалось в 3 пробах, диапазон 26–43; среднее значение незначительно уменьшилось до 0,7 ПДК. В одной пробе содержание ртути было ниже предела обнаружения, а в двух других составило 0,013 и 0,021 мкг/дм³. В целом загрязнение вод ртутью увеличилось в сравнении с двумя предыдущими годами в несколько раз. Во всех пробах содержание в воде хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения.

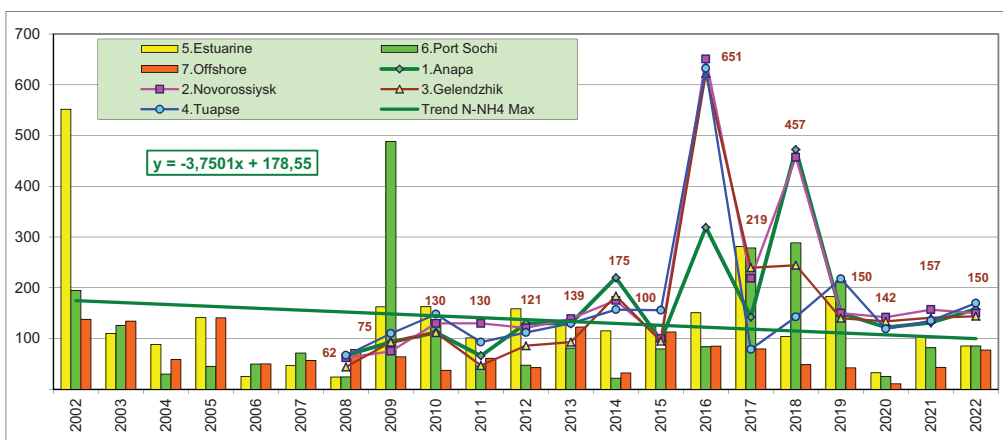
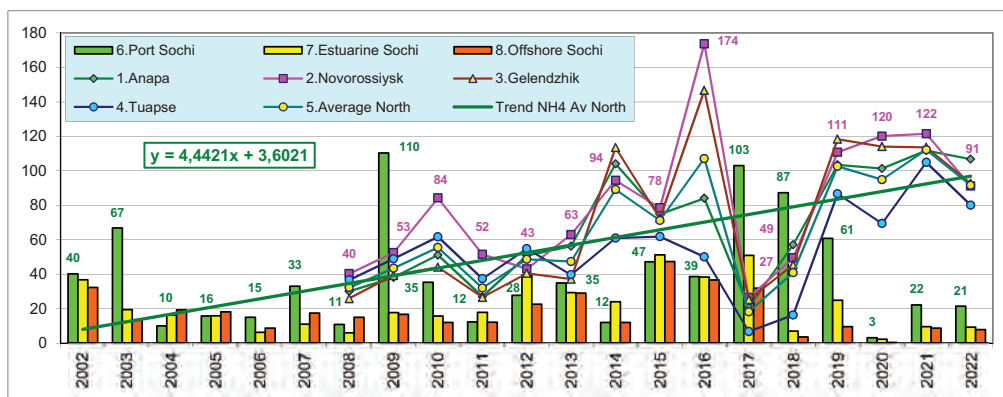


Рис. 3.16а, 3.16б. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация аммонийного азота $N-NH_4$ (мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2022 гг.

Кислородный режим соответствовал пределам нормы, дефицит растворенного кислорода не наблюдался ни в одной пробе. Средняя концентрация кислорода составила 9,49, изменяясь в диапазоне 8,07–10,93 мгО₂/дм³. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 93–140% насыщения, среднее значение выше двух последних лет. По индексу загрязненности вод (ИЗВ=0,62) район можно отнести ко II классу – «чистые». Значение индекса с прошлого года немного уменьшилось. Расчет производился с использованием средней концентрации железа, нефтяных углеводородов, органического вещества и кислорода.

Геленджик. Исследования проводились на 5 станциях в бухте с глубинами 3–6 м, а также на фоновой станции с глубиной 49 м. Всего было отобрано 18 проб из приповерхностного слоя в апреле, июне и августе. Температура изменялась от 10,0°C в апреле до 28,0°C в июне. Максимальная соленость зафиксирована в апреле (18,28‰), минимальная в августе (17,23‰), среднее значение составило 17,68‰. Значение водородного показателя варьировало от 8,23 до 8,42, среднее равнялось 8,31 ед.рН. Щелочность менялась от 3,260 до 3,853 мг-экв/дм³. В трех пробах с морской глубокой станции

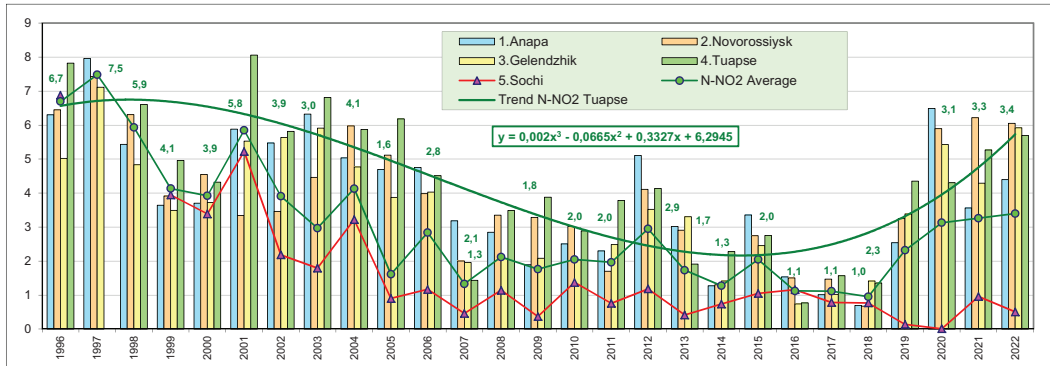
содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ изменялось в пределах 1,38–1,78 мгО₂/дм³, среднее и максимальное значения в сравнении с прошлым годом немного увеличились.

Содержание аммонийного азота в водах бухты практически не изменилось с прошлого года, среднее значение немного уменьшилось до 0,04 ПДК, а максимальное осталось на том же уровне. По сравнению с двумя предыдущими годами средние и максимальные значения содержания нитритов выросли и составили 0,25 ПДК и 0,51 ПДК соответственно. В северных районах Кавказского побережья средние значения концентрации нитритного азота существенно выросли до 0,14 ПДК в последние четыре года после длительного периода постепенного снижения во всех районах начиная с конца прошлого века. На такую общую динамику накладываются спады и подъемы в отдельные годы, например в 1999–2000 и 2012 гг. Примерно такой же динамике придерживаются значения нитритов в водах района между реками Мзымта и Сочи (рис. 3.17а). Максимальные значения также показывают незначительный тренд на понижение, однако в последние годы величины вернулись на уровень начала века (рис. 3.17б). В отдельные годы наблюдаются значительные пики концентрации в водах района Сочи.

В последние годы наблюдалось снижение содержания фосфатов в водах бухты по средним и максимальным значениям, однако в 2022 г. был зафиксирован их рост; среднее увеличилось в 3,8 раза и составило 0,14 ПДК, а максимальное в 5,4 раза и равно 0,39 ПДК. Содержание силикатов варьировало в диапазоне 112–361, в среднем 226, максимум отмечен у берега 22 августа на ст.№1. Средняя величина выросла с 51 и 146 мкг/дм³ в предыдущие два года.

Загрязнение бухты нефтяными углеводородами сократилось в 3,6 раз по средним значениям и составило 0,14 ПДК, а максимальное составило 0,7 ПДК по сравнению с 1,5–1,0 ПДК в последние годы. В поверхностном слое на фоновой станции значения БПК₅ в трех пробах были в пределах 1,38–1,78 мгО₂/дм³, в среднем 0,77 ПДК. Содержание ртути на ст.№1 по сравнению с прошлым годам изменилось незначительно и было в одной пробе ниже предела обнаружения, а в двух других 0,015 и 0,017 мкг/дм³. Концентрация железа на фоновой станции составила 30, 40 и 47 мкг/дм³, наибольшее значение в конце августа почти достигало ПДК. Содержание СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже DL во всех пробах.

Минимальная концентрация растворенного кислорода составила 7,52 мгО₂/дм³; дефицита не наблюдалось ни в одной пробе. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было выше прошлогоднего, однако минимальное значение ниже на 9%. В целом показатели кислородного режима были в пределах среднесуточной нормы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,61) незначительно снизился по сравнению с прошлым годом. Качество вод Геленджикской бухты соответствует II классу, «чистые». В расчете использовались средние значения концентрации железа, нитритов, легко окисляемого органического вещества по БПК₅ и кислорода.



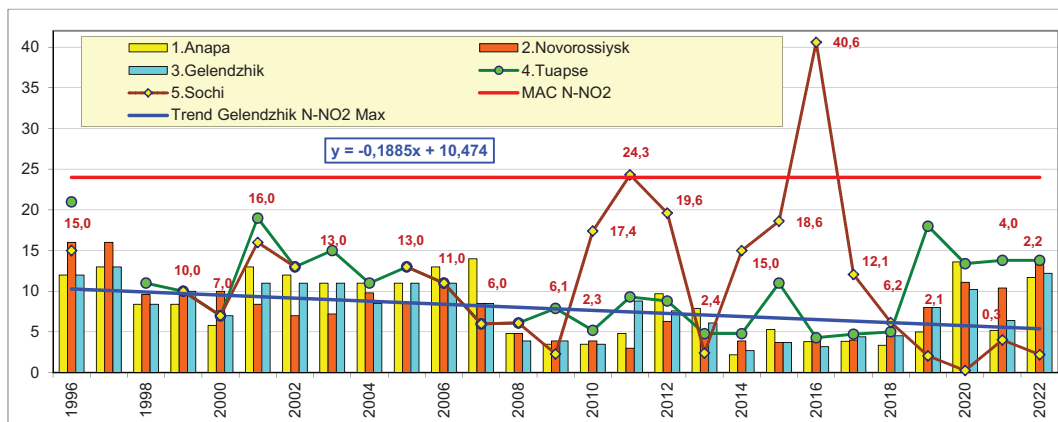


Рис. 3.17а, 3.17б. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота $N-NO_2$ (мкг/дм³) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2022 гг. Максимальные значения 66,7–65,6 мкг/дм³ в 2003–2004 гг. вынесены за границы графика.

Туапсе. В порту на штормовой станции №2 наблюдения проводились в течение всего года три раза в месяц, а на 6 станциях вблизи берега (глубины 4–12 м) и на одной фоновой морской (75 м) в апреле, июне и августе. Всего был проведен анализ 57 проб. Температура в этот период изменялась от 8,3°C до 27,1°C, минимальное и максимальное значение зафиксировано в марте и июне соответственно. Соленость варьировала в пределах 11,71–18,55‰, в среднем 16,90‰; значения общей щелочности 2,377–3,497/2,965 мг-экв/дм³; водородный показатель 7,964–8,440/8,227 ед.рН. В трех пробах с морской глубокой станции содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ изменялось в пределах 1,30–1,78 мгО₂/дм³, среднее и максимальное значения в сравнении с прошлым годом практически не изменились.

В течение последних лет содержание аммонийного азота остается на низком уровне, среднее значение снизилось до 0,04 ПДК, а максимальное возросло до 0,08 ПДК. Минимальная концентрация нитритов снизилась в 2,4 раза до 0,79 мкг/дм³, а средняя и максимальная осталась на прошлогоднем уровне. Содержание нитратов в трех пробах фоновой станции было незначительным – 22,5–84,0/48,0 мкг/дм³. Концентрация фосфатов в сравнении с двумя предыдущими годами заметно возросла, максимальное значение (1,29 ПДК) превышало норматив и было зафиксировано в мае, среднее равнялось 0,39 ПДК. Содержание силикатов во всех районах побережья продолжает увеличиваться после минимума в 2018 г. (рис. 3.18). В целом за период наблюдений с конца прошлого века наблюдается постепенное снижение среднегодовой концентрации кремния как в отдельных районах, так и для всего побережья, до периода относительной стабилизации на уровне около 200 мкг/дм³ начиная с 2011 г. В районе Адлер-Сочи значения, как правило, были выше из-за значительного речного стока в этом районе.

Уровень загрязнения нефтяными углеводородами морских вод в районе Туапсе многократно вырос по сравнению с прошлым годом. Максимальное значение (13,4 ПДК) было зафиксировано в феврале на штормовой станции, оно увеличилось в 6,5 раз, а среднее составило 0,69 ПДК. В 19 пробах из 57 (33%) концентрация НУ равнялась или превышала ПДК. На проверку содержания железа было взято три пробы из поверхностного слоя на глубоководной станции, среднее значение осталось на прошлогоднем уровне (0,71 ПДК), а максимальное незначительно увеличилось до 0,86 ПДК. Содержание ртути было ниже DL в двух пробах из пятнадцати; средняя и максимальная концентрация увеличилась по сравнению с

прошлым годом и составила соответственно 0,13 ПДК и 0,29 ПДК. Содержание СПАВ превышало предел обнаружения в одной пробе (170 мкг/дм³), отобранной на ст. №2 в середине февраля. Хлорорганические пестициды обнаружены не были.

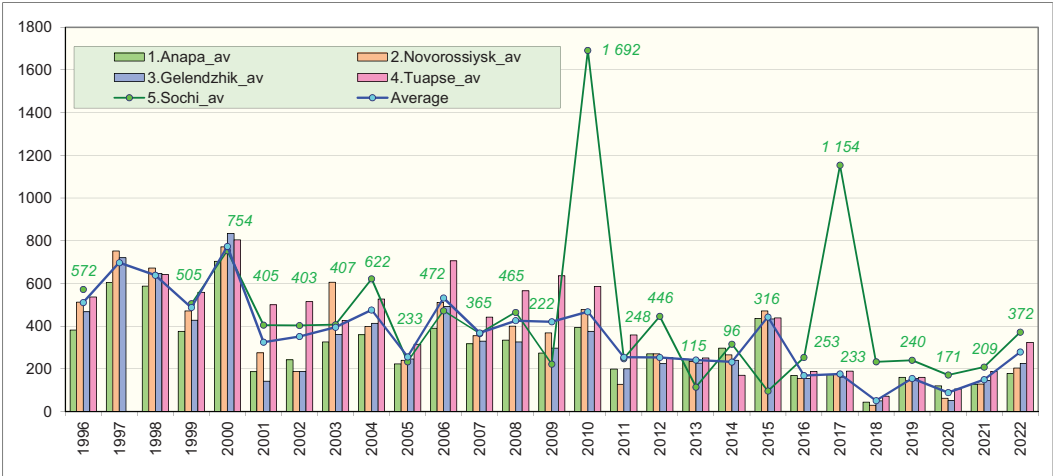


Рис. 3.18. Средняя концентрация кремния (мкг/дм³) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2022 гг.

Кислородный режим находился в пределах нормы, наименьшее значение (6,59 мгО₂/дм³) превышало установленный норматив допустимой концентрации. Индекс загрязненности вод для района Туапсе (ИЗВ=0,75) позволяет его еще отнести к классу «чистые», однако это значение является пограничным с классом «умеренно загрязненные». В расчете использовались средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, легко окисляемого органического вещества по БПК₅ и кислорода. По сравнению с предыдущими годами качество вод немного района ухудшилось в основном за счет увеличения концентрации нефтяных углеводородов.

Таблица 3.5. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах Черного моря в районе между Анапой и Туапсе в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Анапа (24 пробы)	НУ	0,016	0,31	0,034	0,69	0,017	0,34
		0,093	1,86	0,096	1,92	0,064	1,28
	Аммонийный азот N-NH ₄	101,3	0,04	111,7	0,05	106,8	0,05
		122	0,05	131	0,06	158	0,07
	Нитритный азот N-NO ₂	6,49	0,27	3,56	0,15	4,40	0,18
		13,6	0,57	5,2	0,22	11,7	0,49
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	2,0	0,04	1,8	0,04	6,1	0,12
		5,9	0,12	3,6	0,07	12,3	0,25
	Железо Fe			35,5	0,71	38,0	0,76
				42	0,84	44	0,88
	Ртуть Hg	0		0,013	0,13	0,0118	0,12
		0		0,016	0,16	0,0260	0,26

	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³			1,45	0,69	1,58	0,75
				1,73	0,82	1,94	0,92
	Кислород мгО ₂ /дм ³	9,49		9,36		8,86	
		7,77		7,10		7,53	
	% насыщения	112,30		109,4		110,1	
		100		91		91	
Новоросский (15 проб)	НУ	0,054	1,08	0,038	0,76	0,020	0,41
		0,149	2,98	0,068	1,36	0,062	1,24
	Аммонийный азот N-NH ₄	120,1	0,05	121,5	0,05	91,1	0,04
		142	0,06	157	0,07	150	0,07
	Нитритный азот N-NO ₂	5,89	0,25	6,22	0,26	6,05	0,25
		11,1	0,46	10,4	0,43	13,8	0,58
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	2,7	0,05	1,6	0,03	5,2	0,10
		6,5	0,13	4,4	0,09	11,2	0,22
	Железо Fe			38,3	0,77	35,0	0,70
				46	0,92	43	0,86
	Ртуть Hg	0,003	0,03	0,003	0,03	0,0113	0,11
		0,01	0,10	0,011	0,11	0,0210	0,21
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³			1,45	0,69	1,53	0,73
				1,69	0,80	1,70	0,81
	Кислород мгО ₂ /дм ³	9,18		9,24		9,49	
		7,89		7,73		8,07	
	% насыщения	108,06		110,2		115,3	
		85		100		93	
Геленджик (18 проб)	НУ	0,018	0,36	0,026	0,52	0,007	0,14
		0,076	1,52	0,051	1,02	0,035	0,70
	Аммонийный азот N-NH ₄	114,1	0,05	113,6	0,05	92,7	0,04
		134	0,06	141	0,06	144	0,06
	Нитритный азот N-NO ₂	5,43	0,23	4,29	0,18	5,92	0,25
		10,2	0,43	6,4	0,27	12,2	0,51
	Фосфатный фосфор P-PO ₄	2,8	0,06	1,8	0,04	6,8	0,14
		9,8	0,20	3,6	0,07	19,4	0,39
	Железо Fe			33,8	0,68	39,0	0,78
				41	0,82	47	0,94
	Ртуть Hg	0,006	0,06	0,012	0,12	0,0107	0,11
		0,014	0,14	0,015	0,15	0,017	0,17
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³			1,48	0,70	1,61	0,77
				1,76	0,84	1,78	0,85
	Кислород мгО ₂ /дм ³	9,28		9,05		9,21	
		7,86		7,50		7,52	
	% насыщения	112,60		108,8		112,5	
		99		99		90	
Туапсе (57 проб)	НУ	0,024	0,48	0,032	0,64	0,048	0,96
		0,122	2,44	0,102	2,04	0,67	13,40
	СПАВ	11	0,11			3	0,03
		210	2,10			170	1,70
	Аммонийный азот N-NH ₄	69,4	0,03	104,9	0,05	80,1	0,04
		119,0	0,05	135,0	0,06	169,7	0,08
	Нитритный азот N-NO ₂	4,30	0,18	5,27	0,22	5,69	0,24
		13,4	0,56	13,8	0,58	13,8	0,58

	Фосфатный фосфор Р-Р _{О₄}	11,0	0,22	2,8	0,06	19,3	0,39
		49,2	0,98	12,4	0,25	64,7	1,29
	Железо Fe			35,3	0,71	35,7	0,71
				42	0,84	43	0,86
	Ртуть Hg	0,014	0,14	0,012	0,12	0,0134	0,13
		0,025	0,25	0,025	0,25	0,029	0,29
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³			1,49	0,71	1,58	0,75
				1,78	0,85	1,78	0,85
	Кислород мгО ₂ /дм ³	8,78		9,15		10,70	
		6,94		7,12		6,59	
	% насыщения	102,17		109,5		123,5	
		69		94		91	

3.7. Прибрежные воды района Сочи-Адлер

В 2022 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 15 марта, 17 мая, 6 июля и 13 октября. 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 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).

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 и железа, а также подготовка проб на определение легко окисляемых органических веществ по БПК₅. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2022 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера – 24 пробы, у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 816 анализов. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и металлов используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) фосфатов Р_{О₄} составлял 2,5 мкг/дм³, силикатов 10 мкг/дм³, нитритов 0,3 мкг/дм³, нитратов 2,0 мкг/дм³, аммонийного азота 10,0 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК), СПАВ 50 мкг/дм³ (0,5 ПДК), ртути 0,01 мкг/дм³ (0,1 ПДК), свинца 0,02 мкг/дм³ (0,002 ПДК) и железа 1,0 мкг/дм³ (0,02 ПДК).

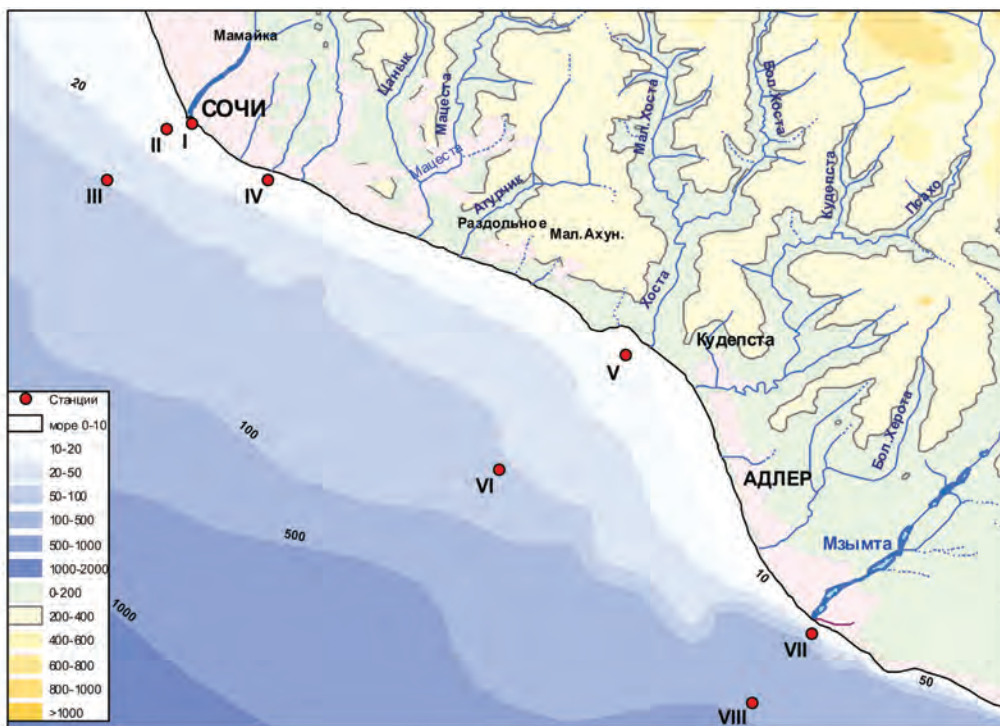


Рис. 3.19. Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Adler в 2022 г. Станция VIII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

Диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров составили: температура 8,6–25,0°C; соленость 14,00–19,67‰, в среднем 17,92‰, значения ниже 15‰ были отмечены в двух пробах на траверзе устья р. Мзымта в мае; водородный показатель 7,01–8,67/8,16 ед.рН; щелочность 2,141–3,469/3,059 мг-экв/дм³; биогенные элементы (мкг/дм³): фосфаты P-PO₄ 0–60,5/23,5; общий фосфор P_{total} 0–49,6/14,1; силикаты 12–1875/278; аммонийный азот N-NH₄ 0–85,6/10,3, аналитический ноль был зафиксирован в 51 пробе из 64; нитритный азот N-NO₂ 0–2,22/0,51; нитратный азот N-NO₃ 0–111,3/10,6 мкг/дм³ (табл. 3.6). Гидрохимические параметры и содержание биогенных элементов находились в пределах изменчивости последних лет (рис. 3.13–3.18).

Таблица 3.6. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2022 г.

Район	S, ‰	Alk	O ₂ *	pH	Ptotal	PO ₄	SiO ₃	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Ntotal
порт Сочи	17,85/ 18,55	3,089/ 3,469	8,28/ 6,82	8/ 8,53	17,1/ 49,6	17,2/ 46,9	158/ 279	21,4/ 85,6	0,8/ 2,2	8,4/ 21,2	98/ 198
Эстуарии рек	17,555/ 18,59	2,998/ 3,469	8,18/ 6,1	8,2/ 8,67	13,3/ 35,4	23,7/ 57,5	338/ 1875	9,4/ 85,6	0,4/ 1,8	12/ 111,3	91/ 255
Открытые воды	18,18/ 19,67	3,094/ 3,469	8,3/ 6,2	8,16/ 8,66	14/ 43	25,3/ 60,5	237/ 752	7,8/ 77,5	0,5/ 1,9	9,4/ 70,5	68/ 164
Суммарно район	17,923/ 19,67	3,059/ 3,469	8,25/ 6,1	8,16/ 8,67	14,1/ 49,6	23,5/ 60,5	278/ 1875	10,3/ 85,6	0,5/ 2,2	10,6/ 111,3	83/ 255

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

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

Загрязнение морских вод **нефтяными углеводородами** в районе Адлер-Сочи по сравнению с двумя предыдущими годами снизилось по среднему и максимальному значениям до 0,06 ПДК и 1,34 ПДК соответственно (рис. 3.15, табл. 3.7). В 59 пробах из 64 проанализированных концентрация НУ была ниже предела обнаружения используемого метода химического анализа. Повышенное значение (1,3 ПДК) было зафиксировано в одной поверхностной пробе, отобранной 17 мая в 2 милях от устья р. Мзымта. Содержание СПАВ в водах района значительно сократилось по сравнению с прошлым годом. Ниже аналитического нуля их концентрация была в 53 пробах из 64 обработанных, средняя 0,17 ПДК, а максимум составил 180 мкг/дм³. Присутствие легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ варьировало от 0,06 до 3,60 мгО₂/дм³ (1,71 ПДК); в среднем 1,36 мгО₂/дм³. Количество органических веществ было равно или выше норматива в 15 пробах из 64, а наибольшее значение зафиксировано на траверзе устья р. Мзымта в двух милях от берега. Концентрация твердых взвешенных частиц в воде была в пределах 0,0–9,0 мг/дм³, в среднем 2,0 мг/дм³. Содержание частиц не превышало норматива ни в одной из проанализированных проб.

Содержание растворенной в воде ртути было ниже предела обнаружения во всех пробах. Концентрация свинца была ниже DL в 15 пробах из 64; максимальное значение свинца один раз превысило норматив (11,7 мкг/дм³, 1,2 ПДК, придонный слой в устье р. Хоста), в среднем содержание свинца составило 0,3 ПДК. С начала века примерно до 2016 г. и средние, и экстремальные значения концентрации свинца увеличивались, однако в последующие годы было отмечено снижение среднего содержания этого металла в водах района до уровня примерно половины ПДК. Межгодовая изменчивость максимальных величин очень высокая и значения существенно варьируют год от года (рис. 3.20). Во всех проанализированных пробах, содержание железа было выше аналитического нуля. Диапазон изменений составил 3,0–217,0 (4,3 ПДК), среднее 24,8 мкг/дм³. Хотя в последнее десятилетие средняя концентрация железа в водах района была значительно ниже ПДК, однако максимальные значения очень часто превышали норматив.

Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,10–10,30 мгО₂/дм³, в среднем 8,25 мгО₂/дм³. Пониженная концентрация менее 7,00 мгО₂/дм³ в восьми пробах отмечена как на поверхности, так и в более глубоких водах на станциях в районе влияния речного стока, а также в придонном слое в порту Сочи.

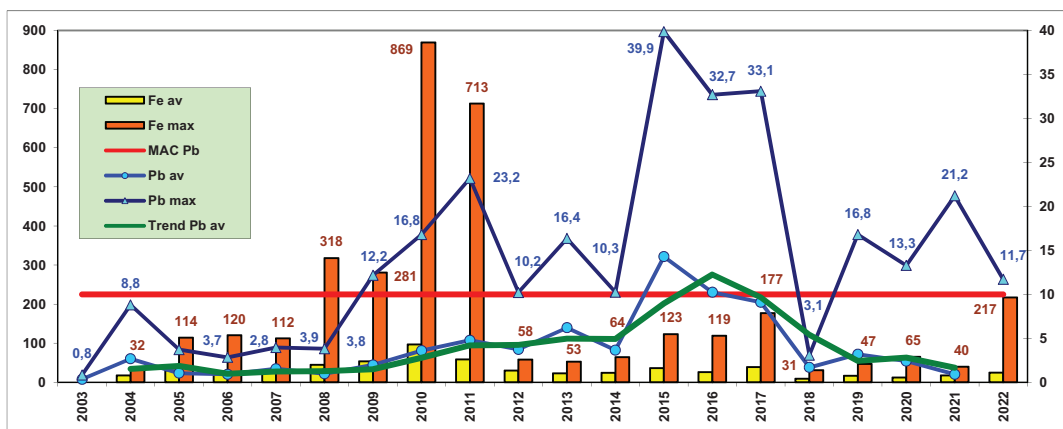


Рис. 3.20. Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм³) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003–2022 гг. Сокращения: Fe av – средняя концентрация железа; Fe max – максимальная концентрация железа; MAC Pb – ПДК свинца; Pb av – средняя концентрация свинца; Pb max – максимальная концентрация свинца; Trend Pb av – тренд средней концентрации свинца.

Таблица 3.7. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Сочи – Адлер (88 проб)	НУ	0,012	0,23	0,0265	0,53	0,003	0,06
		0,077	1,54	0,212	4,24	0,067	1,34
	СПАВ	0		132	1,32	17,0	0,17
		0		480	4,80	180	1,80
	Аммонийный азот N-NH ₄	1,69	<0,01	10,88	<0,01	10,3	<0,01
		32,78	0,01	106,28	0,05	85,6	0,04
	Нитритный азот N-NO ₂	0,01	<0,01	0,96	0,04	0,5	0,02
		0,27	0,01	4,03	0,17	2,22	0,09
	Фосфаты P-PO ₄	4,28	0,09	3,83	0,08	23,51	0,47
		65,86	1,35	15,58	0,31	60,47	1,21
	Железо Fe	12,1	0,24	17,5	0,35	24,8	0,50
		65,3	1,31	40,0	0,80	217	4,34
	Свинец Pb	2,42	0,24	0,91	0,09	2,97	0,30
		13,3	1,33	21,2	2,12	11,7	1,17
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	1,27	0,60	1,88	0,90	1,36	0,65
		4,20	2,00	4,60	2,19	3,60	1,71
	Взвешенные вещества	0,83	0,08	1,93	0,19	1,99	0,20
		7,5	0,75	35	3,50	9	0,90
	Кислород мгО ₂ /дм ³	7,37		7,92		8,25	
		4,80	0,80	6,10		6,10	

Примечания:

1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фосфатов, аммонийного и нитритного азота, СПАВ, железа и свинца в мкг/дм³.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение.

Таблица 3.8. Оценка качества вод Кавказского побережья Черного моря в 2020–2022 гг.

Районы и подрайоны	2020 г.*		2021 г.		2022 г.		Среднее значение ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,32	II	0,68	II	0,63	II	Fe 0,76; БПК ₅ 0,75; НУ 0,34; O ₂ 0,68
2. Новороссийск	0,51	II	0,72	II	0,62	II	БПК ₅ 0,73; Fe 0,70; НУ 0,41; O ₂ 0,63
3. Геленджик	0,32	II	0,64	II	0,61	II	Fe 0,78; БПК ₅ 0,77; NO ₂ 0,25; O ₂ 0,65
4. Туапсе	0,39	II	0,68	II	0,75	II	НУ 0,96; БПК ₅ 0,75; Fe 0,71; O ₂ 0,56
5. Район Сочи – Адлер	0,48	II	0,88	III	0,59	II	БПК ₅ 0,65; Fe 0,50; PO ₄ 0,47; O ₂ 0,73
5.1. Акватория порта Сочи	0,54	II	0,95	III	0,80	III	Fe 1,25; БПК ₅ 0,88; PO ₄ 0,34; O ₂ 0,72
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мзымта и ручья Малый	0,49	II	0,84	III	0,57	II	БПК ₅ 0,63; PO ₄ 0,47; Fe 0,44; O ₂ 0,73
5.3. Открытое море	0,45	II	0,91	III	0,54	II	БПК ₅ 0,59; PO ₄ 0,51; Fe 0,33; O ₂ 0,72

* Небольшие изменения значений индекса ИЗВ в предыдущие годы связаны с выбраковкой отдельных данных после дополнительной проверки.

Выводы

Северная часть Кавказского побережья

В 2022 г. уровень загрязнения северной части прибрежной акватории Кавказа остался примерно на прошлогоднем уровне. Индекс загрязненности вод немного снизился у Анапы, Новороссийска и Геленджика, однако вырос в Туапсе за счет увеличения концентрации нефтяных углеводородов. Во всех участках побережья значения оставались в пределах II класса и контролируемые прибрежные районы характеризовались как «чистые». В расчет индекса вошли средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, нитритов, легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и кислорода. Среднее содержание нефтяных углеводородов во всех районах было ниже норматива и варьировало от 0,06 ПДК у Сочи до 0,96 ПДК у Туапсе. Однако максимальная концентрация была очень высокой во всех районах и составила от 0,70 ПДК в Геленджикской бухте до 1,34 ПДК в водах района Адлер-Сочи, а наибольшее превышение (13,40 ПДК) было отмечено у Туапсе. В целом уровень загрязнения морских вод нефтяными углеводородами в районе Туапсе сильно вырос по сравнению с прошлым годом; максимальное значение увеличилось в 6,5 раз и было зафиксировано в порту на штормовой станции в феврале. В трети из 57 отобранных проб в порту Туапсе концентрация НУ равнялась или превышала ПДК. Загрязнение морских вод органическими веществами по БПК₅ на мористых станциях в северной части побережья (расположенных на удалении от основных источников поступления alloхтонной органики в море) и в районе Сочи было достаточно высоким и варьировало в диапазоне 0,59–0,88 ПДК. Этот параметр входит в число приоритетных компонентов при расчете ИЗВ. СПАВ были отмечены только в одной пробе в концентрации 170 мкг/дм³. Средняя 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 20 пробах из 25 измеренных, максимальная концентрация достигала 0,29 ПДК у Туапсе. По многолетним данным мониторинга с 1996 г. была выявлена тенденция накопления минерального фосфора Р-РО₄ в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья в последние два десятилетия до значений менее ПДК, которая сменилась очевидным в последние три года снижением по средним и максимальным значениям. Динамика максимальной концентрации фосфатов демонстрирует экспоненциальный рост с начала наблюдений до 2018 г. За наступившим потом трехлетним спадом значения опять выросли, особенно в районе Туапсе. Средняя концентрация нитритного азота в районах Кавказского побережья в последние четыре года заметно выросла до 0,14 ПДК. До этого фиксировался длительный период снижения содержания нитритов начиная с конца прошлого века и значительными межгодовыми перепадами значений. В северной части Кавказского побережья разброс значений концентрации аммонийного азота был незначительным, а разница между среднегодовой и максимумом небольшой. Относительная стабилизация этих характеристик в районе примерно 100 и 150 мкг/дм³ наблюдается последние четыре года. До этого были зафиксированы очень существенные межгодовые перепады значений. В районе между Адлером и Сочи содержание аммония в целом было ниже, что особенно заметно по средней концентрации. В период наблюдений с конца прошлого века наблюдается постепенное снижение среднегодовой концентрации кремния во всех районах до периода относительной стабилизации на уровне около 200 мкг/дм³ начиная с 2011 г. Из-за стока многочисленных рек в районе между реками Мзымта и Сочи содержание силикатов обычно было повышенным. В целом средние и максимальные значения содержания кремния показывают многолетнюю цикличность с изменениями концентрации в 2–3 раза. Кислородный режим на всех контролируемых

участках был в пределах обычной межгодовой изменчивости, дефицит растворенного кислорода на исследуемой акватории обнаружен не был.

Воды района Адлер-Сочи

В 2022 г. в прибрежных водах Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальные значения превышали норматив для нефтяных углеводородов, СПАВ, определяемых по БПК₅ легко окисляемых органических веществ, железа и свинца. Как и в предыдущие годы, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 5 параметров (НУ, СПАВ, БПК₅, Pb и ВВ) из 12 нормируемых превышали ПДК (50,0%). Воды района характеризуются неустойчивым (10–30%) загрязнением по органическим веществам (23,4%), единичным (менее 10%) загрязнением по нефтяным углеводородам (1,6%), железу (6,3%), детергентам (6,3%) и свинцу (1,6%), а также единичной 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. Кислородный режим прибрежных вод района между устьями рек Мзымта и Сочи был в пределах нормы. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,10–10,30, в среднем 8,25 мгО₂/дм³. Пониженная концентрация менее 7,00 мгО₂/дм³ в восьми пробах отмечена как на поверхности, так и в более глубоких водах на станциях в районе влияния речного стока, а также в придонном слое в порту Сочи. Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,59), рассчитанный в целом для всей акватории морских вод Большого Сочи по средней концентрации БПК₅, железа, минерального фосфора и кислорода существенно снизился по сравнению с прошлым годом (рис. 3.21). Уменьшение индекса связано со значительным снижением содержания органических ЗВ. В последние несколько лет также отмечается снижение содержания в водах акватории тяжелых металлов. Уровень загрязнения эстуарного района и открытого моря был примерно одинаковым (ИЗВ=0,57 и 0,54), II класс, “чистые”, а воды района порта Сочи (0,88) оцениваются как “умеренно загрязненные”, III класс. В многолетней динамике состояние вод района Адлер-Сочи оценивается как стабильное.

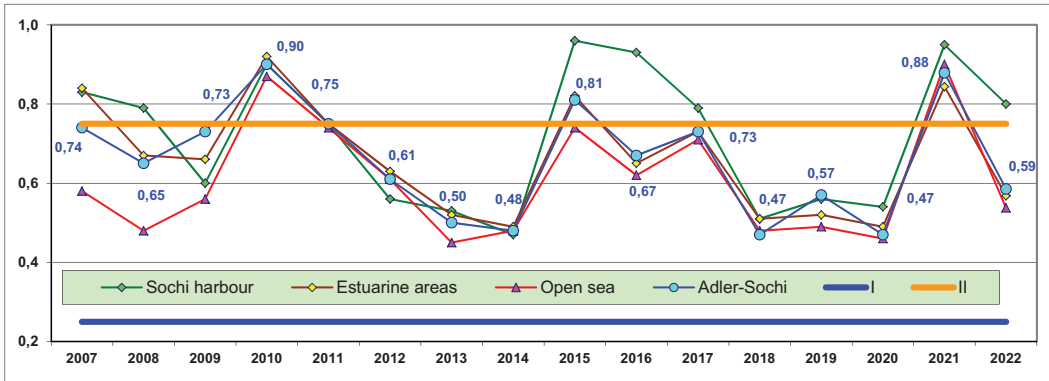


Рис. 3.21. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2007–2022 гг.

Глава 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

Ипатова С.В., Аляутдинов А.Р., Долгова А.О., Спирина В.А.

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 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 особенностей гидрологического режима. 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 2022 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 станции мониторинга расположены: на акватории Морского Торгового Портa (МТП) – 1 станция в течение всего года, в открытой части губы на 17 станциях в течение всего года; в районе пос. Ольгино на 1 станции (С2) рядом с выходом сбросовой трубы Северной станции аэрации в период февраль–октябрь; 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 мае, июле и сентябре в курортном районе мелководной части Финского залива на 2 станциях, в мелководной зоне залива на 6 станциях, в Лужской и Копорской губе на 4 станциях и в глубоководном районе на 4 станциях центрального разреза (рис. 4.4). Наблюдения в навигационный период с мая по октябрь осуществлялись с использованием маломерного научно-исследовательского судна «Бриз» (используется для съемки Невской губы, поскольку не имеет морского регистра, водоизмещение 26 тонн), в зимний период (феврале) со льда, а на курортных станциях с берега.

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. 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 и должно рассматриваться, в основном, для анализа многолетней динамики.



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

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с современными утвержденными методиками. Химические анализы выполнялись в Аналитической лаборатории ФГБУ «Северо-Западное УГМС», аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре с номером РОСС-RU.0007.510422. Содержание нефтяных углеводородов определялось флуориметрическим методом; фенола – хроматографическим; СПАВ – (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим; металлов – методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов используется единица мкг/дм^3 , абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, нефтяных углеводородов – мг/дм^3 . Предел обнаружения (DL, мкг/дм^3) фосфатов PO_4 составлял 5,0, общего фосфора P_{total} 5,0, азота нитритов N-NO_2 0,5, азота нитратов N-NO_3 5,0, аммонийного азота N-NH_4 20,0, фенола 0,1 мкг/дм^3 , СПАВ 100 мкг/дм^3 , нефтяных углеводородов 0,005 мг/дм^3 (0,1 ПДК, флуориметрический метод) и тяжелых металлов (мкг/дм^3): свинец 3,0; кадмий 0,1; медь, никель, кобальт и хром 1,0; марганец и цинк 5,0, железо 50,0 и алюминий 10,0 мкг/дм^3 .

4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

Метеорологические условия. В 2022 г. погодные условия на акватории восточной части Финского залива в зимние и осенние месяцы формировались под преобладающим воздействием процессов циклонического характера, в весенние и летние месяцы – под чередующимся влиянием циклонов и антициклонов. Средние месячные температуры воздуха превышали норму практически в течение всего года. Наибольшее положительное отклонение от нормы 3,7–6,6°C отмечено в феврале. Лишь в сентябре средняя месячная температура воздуха по береговым станциям восточной части Финского залива была ниже среднего многолетнего значения на 0,5–1,2°C. По данным ОГМС Санкт-Петербург август 2022 г. стал самым жарким августом за весь период инструментальных наблюдений за погодой (с 1881 г.). В целом за год по данным прибрежных станций восточной

части Финского залива средняя годовая температура воздуха превысила климатическую норму на 2,2...2,9°C. Сумма выпавших за год осадков составила 95–127% от климатической нормы.

Гидрологические условия. Большую часть 2022 г. сток р. Невы был пониженный, модульный коэффициент среднего стока составил 0,98. Самыми маловодными месяцами, как по величине стока, так и по наибольшим отрицательным отклонениям средних месячных расходов от средних многолетних величин, были январь и декабрь с модульными коэффициентами 0,89 и 0,86 соответственно. Наибольшая доля годового стока пришлось, как обычно, на летний сезон и составила 38,6% по сравнению с 39,5% в многолетнем распределении. Для остальных сезонов было следующее распределение стока: доля осеннего сезона составила 17,5% (0,1% ниже многолетнего); зимнего стока 17,2% (0,9% ниже); весеннего стока 26,7% (1,9% выше).

Почти весь год уровненный фон акватории восточной части Финского залива, включая Невскую губу и Выборгский залив, был повышен относительно среднего многолетнего. Средние годовые уровни были на 5–7 см выше среднемноголетних значений в восточной части Финского залива и Невской губе у Кронштадта, на 11 см выше нормы в вершине Невской губы (МГП Невская-порт) и на 9 см – в устье реки Большая Нева у Горного института. Абсолютный максимум уровня в восточной части Финского залива и в Выборгском заливе отмечен 25 февраля и был обусловлен прохождением над акваторией активного циклона и усилением западного, юго-западного ветра в порывах до 19–20 м/с. По МГП Шепелево максимум уровня составил +133 см.БС. По МГП-1 Выборг максимум 25 февраля составил +115 см.БС, не достигнув критической отметки +120 см.БС.

Температура воды на поверхности в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе следовала за внутrigодовым ходом температуры воздуха. В целом за год средняя температура воды по акватории восточной части Финского залива, включая Невскую губу и Выборгский залив, составила 7,2–8,3°C, что на 0,3–0,7°C выше нормы. Продолжительность ледового периода составила 65–119 дней в восточной части Финского залива от Шепелевского маяка до о. Гогланд; а в Невской губе, у северного берега восточной части Финского залива и в Выборгском заливе 142–149 дней, что на 7–10 дней меньше обычного. Соленость воды увеличивалась на поверхности в направлении с востока на запад и изменялась от 0,5‰ в мелководном районе до 3,3‰ в глубоководном. У дна повсеместно на глубинах 30–40 м соленость составляла примерно 5‰.

4.4. Центральная часть Невской губы

Наблюдения за гидрохимическим состоянием вод центральной части Невской губы проводилась в 225 пробах по 32 показателям. Для оценки качества вод Невской губы использовались применяемые к пресным водам суши нормативы ПДК. Средняя и максимальная температура в 2022 г. находились на высоком уровне, однако наблюдается их небольшое снижение. Максимальная температура (24,66°C) зафиксирована на поверхности в июле. Средняя соленость 0,07‰ вернулась на уровень многолетних значений после экстремальных значений 2021 г.; диапазон значений 0,05–0,51‰, максимум отмечен в придонном слое. Щелочность была в диапазоне 0,43–1,43, при среднем 0,54 ммоль/дм³, что соответствует многолетним показателям (табл. 4.1). Максимальное значение щелочности зафиксировано на поверхности в мае. Среднее значение водородного показателя составило 7,27 ед.рН – максимальное значение с 2016 г. Значения водородного показателя варьировали в интервале от 6,79 (май, поверхность) до 8,69 (июль, поверхность).

Таблица 4.1. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	12,97/ 19,42	12,91/ 20,82	13,57 19,27	14,13/ 20,79	13,12/ 24,98	13,42/ 24,66
Соленость (‰)	0,08/ 2,10	0,06/ 0,31	0,06/ 0,24	0,07/ 0,43	0,15/ 3,70	0,07/ 0,510
Кислород * (мгО ₂ /дм ³)	9,99/ 6,67	10,08/ 7,96	9,86/ 7,92	9,55/ 6,27	9,95/ 6,40	9,96/ 5,13
Кислород (%)	93,56/ 117,50	94,06/ 113,40	93,14/ 122,60	91,7/ 122,60	92,71/ 115,50	93,79/ 121,60
pH	7,20/ 7,96	7,14/ 7,68	7,12/ 7,94	7,12/ 8,20	7,16/ 8,69	7,27/ 8,0
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,55/ 1,47	0,52/ 1,01	0,55/ 0,78	0,56/ 1,58	0,57/ 1,53	0,54/ 1,43

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

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=20) в 67 пробах из 225 (в прошлом году 87), а в остальных достигала 808 (2,1 ПДК) в поверхностном слое и 1022 (2,6 ПДК) в придонном (табл. 4.2). Максимальные значения ингредиента, как и большинства других форм биогенных элементов, зафиксированы на ст.№12 недалеко от сбросной трубы Северных очистных сооружений. Средняя концентрация аммонийного азота составила 85,4 (0,2 ПДК), что является максимальным показателем с 2017 г. Концентрация нитритов изменялась в диапазоне 2,2–82,4 (3,4 ПДК), максимум зафиксирован также на ст.№12 (февраль, дно). Диапазон концентрации нитратов в поверхностном слое находился в пределах от 28 до 626 (0,07 ПДК) при среднем 249,1 (0,03 ПДК); близкие значения были и на придонном горизонте 21–664/251,1. Содержание фосфатов по фосфору находилось у поверхности в пределах от минимально определяемых величин до 79 (1,6 ПДК), в придонном слое 85,6 (1,7 ПДК). Максимальная концентрация наблюдалась также на ст.№12: на поверхности в октябре, у дна в июле. Средняя концентрация фосфатов 8,81 (0,18 ПДК, рис. 4.2) стала максимальной с 2017 г. Максимальная концентрация общего фосфора составила 103,1 мкг/дм³ (ст.12, придонный горизонт, июль).

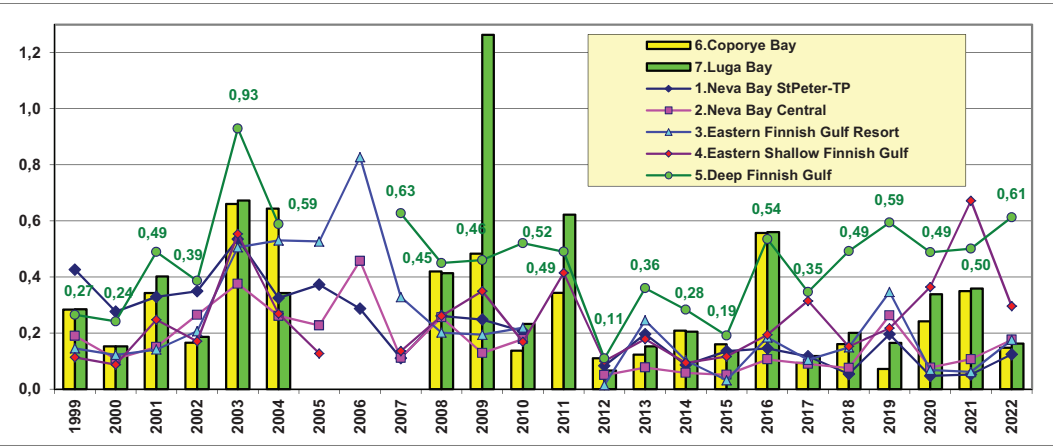


Рис. 4.2. Многолетняя динамика средней концентрации фосфатного фосфора (в ПДК) в различных районах восточной части Финского залива.

Органические загрязняющие вещества. В 2022 г. содержание фенола, СПАВ и хлор-органических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) во всех пробах из всех районов Невской губы было ниже уровня аналитического определения. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленный норматив (2,1 мгО₂/дм³) в 31% проб. Диапазон концентрации в поверхностном слое находился в пределах от <0,6 до 4,1 (2,0 ПДК, ст.42, июнь), в придонном достигало 4,5 (2,1 ПДК, ст.12, октябрь). Средняя концентрация ингредиента в толще вод составила 1,7 (0,81 ПДК). Концентрация нефтяных углеводородов в водах Центральной части Невской губы была выше предела обнаружения методики (<5 мкг/дм³) в 1% отобранных проб.

Таблица 4.2. Средняя и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	55,94/ 556,0	44,97/ 485,0	68,17/ 937,0	52,41/ 862,0	64,28/ 1162,0	85,35/ 1022,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	10,40/ 41,00	9,16/ 54,0	10,29/ 42,0	11,47/ 55,0	11,82/ 86,9	15,03/ 82,4	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	259,45/ 820,0	215,15/ 619,0	230,41/ 670,0	221,20/ 921,0	225,36/ 694,0	249,60/ 664,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	689,45/ 1499,0	636,02/ 1232,0	646,54/ 1759,0	636,67/ 2114,0	710,17/ 2506,0	765,88/ 2136	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	4,48/ 41,0	3,75/ 54,0	13,14/ 84,0	3,83/ 100,0	5,34/ 124,6	8,79/ 85,6	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	9,82/ 52,0	9,64/ 63,0	18,10/ 89,0	11,16/ 124,0	13,39/ 159,4	16,00/ 103,1	
БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	1,40/ 3,60	1,37/ 3,70	1,46/ 5,60	1,35/ 8,20	1,82/ 7,60	1,66/ 4,50	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,0009/ 0,05	0,0018/ 0,160	0,0014/ 0,197	0,0001/ 0,006	0,0003/ 0,02	0,0001/ 0,01	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,004/ 0,7	0/ 0	0,011/ 0,60	0,003/ 0,10	0/ 0	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	3,09/ 59,0	0/ 0	1,11/ 188,0	3,48/ 116,0	0/ 0	0/ 0	100

Металлы (мкг/дм³). Воды Центральной части Невской губы традиционно загрязнены металлами. В 2022 г. в 99% проб концентрация меди превышала ПДК (табл. 4.3). Максимальные значения были зафиксированы в поверхностном слое в мае на ст.№1–22,4 (22,4 ПДК), у дна в октябре на ст.№16–15,6 (15,6 ПДК). Средняя концентрация ингредиента составила 5,07 (5,1 ПДК), что ниже значений прошлого года, но выше остальных значений за пятилетний период. Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 49% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась на ст.№16 в июне в поверхностном слое (84,3; 8,4 ПДК), а средняя составила 12,6, что является минимальным значением с 2018 г. Концентрация марганца превышала допустимый уровень в 20% проб. Средняя концентрация ингредиента во всей толще воды составила 7,3 (0,7 ПДК), что соответствует многолетним значениям. В поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до 92 (9,2 ПДК, ст.2, сентябрь), в придонном до 94 мкг/дм³ (ст.30, сентябрь). Содержание общего железа была выше ПДК в 24% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в придонном горизонте в мае на ст.№12 (176, 7,8 ПДК); средняя во всей толще составила 75,5 (0,8 ПДК). Содержание алюминия было выше норматива в 3% проб, а наибольшая концентрация была зафиксирована на поверхности в августе на ст.№25 (96,0; 2,4 ПДК). Содержание свинца в водах Невской губы было ниже предела обнаружения

в 86% проб. Среднее содержание никеля и кадмия составило 1,48 и 0,42 мкг/дм³ (0,15 ПДК и 0,08 ПДК) соответственно.

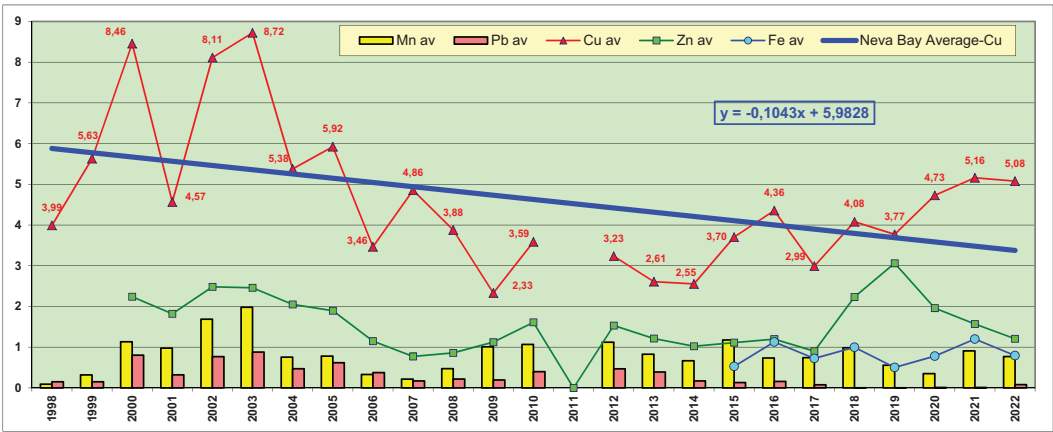


Рис. 4.3. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (в ПДК) в водах Невской губы в 1998–2022 гг.

Таблица 4.3. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм ³	2,83/ 9,5	3,73/ 10,6	3,39/ 7,5	4,81/ 20,0	5,17/ 17,8	5,07/ 22,4	1
Zn, мкг/дм ³	8,33/ 30,8	21,38/ 88,0	32,58/ 97,0	19,71/ 77,0	16,22/ 83,0	12,6/ 84,3	10
Mn, мкг/дм ³	6,54/ 212,0	9,6/ 140,0	4,49/ 100,0	3,24/ 46,0	8,52/ 120,0	7,3/ 94,0	10
Fe, мкг/дм ³	68,85/ 358,0	96,79/ 210,0	46,20/ 190,0	78,71/ 450,0	57,57/ 240,0	75,48/ 176,0	100
Al, мкг/дм ³	23,25/ 47,0	25,34/ 54,0	22,18/ 59,0	28,62/ 78,0	24,60/ 88,0	23,94/ 95,9	40
Pb, мкг/дм ³	0,43/ 2,20	0,0/ 0,0	0,02/ 4,6	0,07/ 4,2	0,06/ 3,8	0,49/ 5,0	6

Кислородный режим в Центральной части Невской губы был удовлетворительным. Содержание кислорода изменялось от 5,13 до 13,96 мгО₂/дм³ в толще воды от поверхности до дна. Дефицит кислорода зафиксирован в одной пробе в придонном слое. Насыщение вод кислородом ниже нормы (70%) было зафиксировано в 3 пробах из 225, а перенасыщение вод кислородом (более 100%) – в 31 пробе. Максимальное значение 121,6% зафиксировано в июле на поверхности. Расчетный индекс загрязненности вод Центральной части Невской губы (ИЗВ=1,93) в 2022 г. позволяет определить район V классом, «грязные» (табл. 4.16). Для определения индекса использовались значения средней концентрации меди, цинка и органических веществ по БПК₅. В целом значение индекса примерно соответствует уровню последних лет. Однако, учитывая условность применения пресноводных и морских нормативов ПДК, в первую очередь для тяжелых металлов, присутствие которых в водах залива определяется геохимическим фоном, представляет интерес для сравнения разных районов расчет индекса ИЗВ только по биогенным элементам и органическим веществам. Такой расчет по БПК₅ (0,84), нитритам (0,55), аммонийному азоту (0,23) и кислороду (0,61) позволяет оценить воды центральной части губы как «чистые» (ИЗВ=0,56).

4.5. Северный курортный район

В 2022 г. наблюдения в Северном курортном районе Невской губы выполнялись на ст. №12а в полном объеме ежемесячно в период с мая по октябрь. Отбор всех 6 проб осуществлялся с поверхностного горизонта. При оценке качества вод использовались нормативы поверхностных вод суши. Значения солености изменялись в пределах 0,06–0,08‰, в среднем 0,07‰, что соответствует многолетним показателям. Величина водородного показателя рН была в диапазоне 6,95–8,98, в среднем 7,48, что немного выше многолетнего значения. Максимальное значение показателя является пятилетним максимумом (табл. 4.4).

Таблица 4.4. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	14,65/ 20,6	16,33/ 23,5	17,1/ 20,7	16,78/ 24,0	18,6/ 32,0	16,47/ 24,6
Соленость (‰)	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,12/ 0,36	0,08/ 0,11	0,07/ 0,08
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	11,00/ 9,16	10,23/ 8,39	11,43/ 9,22	10,89/ 11,82	11,34/ 9,23	11,24/ 9,50
Кислород (%)	108,18/ 132,2	104,08/ 140,7	118,67/ 151,4	112,12/ 140,4	120,53/ 153,6	115,38/ 162,0
рН	7,34/ 8,17	7,05/ 7,37	7,33/ 7,68	7,71/ 8,7	7,37/ 8,07	7,48/ 8,98
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,67/ 0,77	0,61/ 0,71	0,63/ 0,67	0,72/ 0,887	0,78/ 0,99	0,69/ 0,88

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=10) в двух пробах из пяти. Максимальное значение было отмечено в мае (507; 1,3 ПДК), что является абсолютным максимумом за весь период наблюдений. Среднее значение содержания этого ингредиента (134,8; 0,35 ПДК) также в два раза превышает средние многолетние значения (табл. 4.5). Концентрация нитритного азота превысила уровень ПДК в трети отобранных проб, диапазон концентрации находился в пределах 5,9–56,4; (max 2,4 ПДК). Максимальное содержание нитратов в мае составило 680 мкг/дм³ (0,08 ПДК). Хотя концентрация общего азота находилась на высоком уровне (906,7), однако ниже экстремальных значений прошлого года. Диапазон концентрации фосфатов находился в пределах от минимально определяемой величины до 28,8 (0,58 ПДК, июль), при среднем 16,23 (0,32 ПДК). Максимальная концентрация общего фосфора составила 46,4 мкг/дм³ (июль).

Таблица 4.5. Средняя и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	45,33/ 178,0	45,5/ 138,0	62,0/ 173,0	22,0/ 99,0	54,0/ 230,0	134,83/ 507,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	22,43/ 60,0	9,17/ 22,0	12,63/ 23,0	12,82/ 33,0	12,87/ 24,7	24,33 / 56,4	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	313,83/ 592,0	96,17/ 358,0	152,5/ 386,0	136,83/ 515,0	154,5/ 372,0	265,83/ 680,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	887,33/ 1172,0	618,83/ 1101,0	733,83/ 893,0	828,0/ 1336,0	949,5/ 1541,0	906,67/ 1055	

Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгР/дм ³	4,72/ 9,7	8,68/ 16,0	20,67/ 34,0	7,47/ 28,0	7,63/ 15,6	16,23/ 28,8	50
Общий фосфор P _{total} мкгР/дм ³	15,65/ 23,0	24,5/ 33,0	32,17/ 40,0	19,48/ 37,0	23,08/ 32,2	32,4/ 46,4	
БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	2,88/ 6,00	2,93/ 4,40	3,58/ 7,50	3,27/ 4,8	5,67/ 9,8	3,80/ 7,5	2,1
Нефтяные углеводороды ТРНs мг/дм ³	0/ 0	0/ 0	0,014/ 0,019	0,01/ 0,06	0/ 0	0/ 0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0/ 0	0/ 0	0,017/ 0,1	0,017/ 0,1	0/ 0	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	3,83/ 23,0	0/ 0	17,17/ 103,0	50,83/ 105,0	0/ 0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив во всех пробах. Диапазон значений составил от 2,1 (1,0 ПДК, сентябрь) до 7,5 (3,6 ПДК, август). Среднее значение 3,80 мкг/дм³ (1,80 ПДК) снизилось после экстремальных значений прошлого года. Концентрация нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также а-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения использованных аналитических методик во всех отобранных пробах. Очевидно, что воды Северного курортного района в 2022 г. не загрязнены органическими загрязняющими веществами.

Металлы (мкг/дм³). В 2022 г. концентрация меди превышала ПДК во всех отобранных пробах. Диапазон находился в пределах 3,7–8,6 (8,6 ПДК), максимум был зафиксирован в октябре (табл. 4.6). Среднее содержание меди (6,2 ПДК) стало максимальным за трехлетний период. Значения марганца выше ПДК зафиксированы в 50% проб; диапазон 1,4–19,6 (2,0 ПДК), максимум зафиксирован в июле. Средняя концентрация ингредиента 9,8 (1,0 ПДК) стала максимальной с 2015 г. Концентрация цинка превышала норматив в 33% проб, максимум (13,6; 1,4 ПДК) наблюдался в мае, а средняя (5,58; 0,6 ПДК) показала абсолютный минимум за весь период наблюдений. Содержание общего железа и алюминия превышало норму в 33% проб. Диапазон концентрации этих металлов составил 0–291 (2,9 ПДК) и 20–51 (1,3 ПДК) соответственно, максимум зафиксирован в мае и июне. Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышало установленных ПДК.

Таблица 4.6. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Сu, мкг/дм ³	4,97/ 8,40	6,37/ 11,3	5,8/ 16,9	4,13/ 5,4	4,75/ 7,0	6,15/ 8,6	1
Zn, мкг/дм ³	12,98/ 28,7	16,11/ 59,0	19,52/ 34,0	23,50/ 45,0	11,65/ 21,40	5,58/ 13,6	10
Mn, мкг/дм ³	5,08/ 16,90	6,37/ 19,0	15,27/ 39,0	3,8/ 10,8	3,53/ 8,50	9,8/ 19,6	10
Fe, мкг/дм ³	100,7/ 201,0	140,0/ 340,0	71,5/ 100,0	92,5/ 240,0	80,67/ 310,0	92,67/ 291	100
Al, мкг/дм ³	32,50/ 64,0	44,17/ 120,0	47,83/ 86,0	29,5/ 46,0	19,68/ 33,0	35,68/ 50,7	40
Pb, мкг/дм ³	1,0/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,62/ 3,7	6

Кислородный режим в районе в течение всего года был удовлетворительным. Содержание абсолютного кислорода изменялось в пределах 9,50–13,83, в среднем 11,24 мгО₂/дм³. Случаев дефицита кислорода (менее 70% насыщения) отмечено не было, диапазон показателя 91–162/115,4%. Перенасыщение вод кислородом (>100%) было зафиксировано в четырех пробах, максимум отмечен в августе. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=2,37) Северного курортного района в 2022 г. позволяет относиться отнести этот участок Невской губы к V классу, «грязные» (табл. 4.16). Расчет индекса загрязненности вод проводился по средней концентрации меди, легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ и азота нитритов. Без учета металлов значение индекса существенно снижается (ИЗВ=0,92, «умеренно загрязненные»), однако остается еще высоким в первую очередь за счет органических веществ (1,80), нитритов (1,01) и аммонийного азота (0,35).

4.6. Южный курортный район

В 2022 г. наблюдения в Южном курортном районе выполнялись на ст. №11а,14а,17а в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь. Отбор всех 18 проб осуществлялся только с поверхности. Температура изменялась в диапазоне 8,6–28,2°С. Значения солености изменялись в пределах 0,06–0,16‰ (табл. 4.7). Средняя соленость в период наблюдения составила 0,08‰, что полностью соответствует значениям солености за трехлетний период. Максимальное значение отмечено на ст. 17а в мае. Значения водородного показателя изменялись в интервале 6,63–8,54 при среднем 7,32 ед. рН, что соответствует многолетним значениям. Значения показателя щелочности варьировали от 0,52 до максимального 3,33 ммоль/дм³ (ст. №14а, октябрь). Средняя величина (1,16 ммоль/дм³) соответствует многолетним показателям щелочности.

Таблица 4.7. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°С)	15,54/ 19,6	15,91/ 23,1	17,02/ 22,9	16,08/ 20,90	16,21/ 25,1	16,55/ 28,2
Соленость (‰)	0,08/ 0,11	0,11/ 0,35	0,08 0,12	0,08/ 0,13	0,08/ 0,14	0,08/ 0,16
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,27/ 8,25	10,24/ 7,45	9,95/ 7,82	9,73/ 7,86	9,90/ 6,67	10,66/ 8,87
Кислород (%)	102,82/ 143,0	103,05/ 129,9	103,02/ 136,4	98,2/ 111,7	98,9/ 129,5	109,62/ 157,1
рН	7,50/ 8,23	7,20/ 7,85	7,57/ 8,84	7,30/ 8,17	7,22/ 8,04	7,32/ 8,54
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,34/ 3,20	0,93/ 2,21	1,04/ 2,54	0,92/ 1,33	1,00/ 2,13	1,16/ 3,33

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание аммонийного азота превышало норматив в одной пробе из 18. Диапазон значений ингредиента варьировал от аналитического нуля в 40% проб до 489 (1,26 ПДК, ст.№17а, июль). Средняя концентрация (70,72) показала максимальное значение с 2018 г. Среднее содержание нитритов (13,72; 0,57 ПДК) также показало наибольшее значение с 2014 г. Диапазон значений ингредиента составил 4,7–46,3 (1,93 ПДК, ст.№11а, сентябрь). Средняя концентрация нитратов (213,22; 0,02 ПДК) стала максимальной с 2016 г. Экстремальное значение этого ингредиента (607; 0,07 ПДК) наблюдалось в мае на ст.№17а. Концентрация минерального фосфора варьировала от аналитического нуля до 43,2 (июль, ст.№17а). Хотя средняя концентрация фосфатов выросла по сравнению с 2020–

2021 гг., но осталась ниже среднеемноголетнего значения для этого района губы (12,8). Максимальная концентрация общего фосфора наблюдалась на ст.№11а в мае (табл. 4.8).

Таблица 4.8. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ (мкг/дм³) в водах Южного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	78,72/ 265,0	54,72/ 188,0	55,82/ 222,0	31,44/ 97,0	63,83/ 196,0	70,72/ 489,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	12,09/ 21,0	10,38/ 21,0	7,98/ 13,0	10,7/ 34,0	8,19/ 20,8	13,72/ 46,3	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	189,56/ 467,0	91,28/ 323,0	120,82/ 366,0	91,69/ 204,0	133,78/ 427,0	213,22/ 607,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм³	848,17/ 1322,0	649,05/ 1180,0	606,35/ 932,0	581,5/ 770,0	797,83/ 1187,0	713,17/ 968,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм³	11,68/ 57,0	13,33/ 40,0	19,74/ 93,0	3,5/ 21,0	5,19/ 37,2	9,0/ 43,2	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм³	24,17/ 89,0	23,21/ 66,0	25,61/ 102,0	11,83/ 28,0	16,6/ 52,0	20,34/ 54,1	
БПК ₅ мгO ₂ /дм³	2,75/ 6,0	2,56/ 4,4	2,43/ 3,70	2,13/ 3,6	3,06/ 5,6	2,9/ 6,4	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм³	0,005/ 0,05	0/ 0	0,013/ 0,02	0,0003/ 0,005	0/ 0	0/ 0	0,05
Фенолы, мкг/дм³	0/ 0	0/ 0	0,006/ 0,1	0,006/ 0,1	0/ 0	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм³	4,89/ 23,0	0/ 0	38,53/ 153,0	19,69/ 110,0	0/ 0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. В 2022 г. концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив в 67% проб против 78% в прошлом. Диапазон значений 1,1–6,4 (3,04 ПДК, ст.№11а, июль) при средней концентрации 2,9 мкгO₂/дм³ (1,38 ПДК). Средняя величина была немного ниже прошлогодней (3,06), что немного выше предыдущих лет с 2015 г. (2,13–2,78). В 2022 г. концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности использованного метода определения.

Металлы (мкг/дм³). В 2022 г. концентрация меди превышала норматив во всех пробах. Диапазон значений концентрации ингредиента составил 2,9–9,5 (9,5 ПДК, ст.№14а, июль), при среднем 5,36 (5,36 ПДК), (табл. 4.9). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка в водах района был превышен в 39% проб. Максимальная концентрация составила (2,0 ПДК) и наблюдалась в августе; среднее значение находится на низком уровне по сравнению с многолетним содержанием цинка. Концентрация марганца превышала норматив в 44% проб и варьировала в диапазоне 1,1–51 (5,1 ПДК, ст.№11а, август). Среднее значение концентрации ингредиента вернулось на уровень многолетних значений после экстремально высоких прошлогодних. Содержание общего железа превышало ПДК в 39% проб, диапазон 56–241, максимум зафиксирован на ст.№17а в мае. Средняя концентрация ингредиента 106,72 (1,1 ПДК) стала максимальной с 2016 г. Максимальное содержание алюминия и свинца немного не доходило до уровня ПДК, кадмия составило 0–0,86/0,34; никеля 0–11,0/1,9; хрома 0–1,2/0,13 мкг/дм³, а кобальта и ртути было ниже предела обнаружения.

Таблица 4.9. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Южного курортного района Невской губы в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм³	3,92/ 8,10	5,62/ 12,3	5,99/ 9,0	4,44/ 7,2	5,49/ 8,9	5,36/ 9,5	1
Zn, мкг/дм³	8,40/ 18,70	31,8/ 140,0	16,72/ 27,9	22,74/ 66,0	7,5/ 18,3	8,47/ 20,4	10
Mn, мкг/дм³	10,67/ 146,0	3,57/ 17,9	6,75/ 45,0	2,14/ 5,1	23,16/ 216,0	12,28/ 51,0	10
Fe, мкг/дм³	52,78/ 159,0	74,5/ 150,0	28,71/ 68,0	40,19/ 98,0	66,44/ 230,0	106,72/ 241,0	100
Al, мкг/дм³	18,94/ 35,0	25,89/ 52,0	23,35/ 46,0	20,88/ 36,0	20,26/ 46,0	22,17/ 38,9	40
Pb, мкг/дм³	0,11/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,43/ 4,6	6

Содержание кислорода находилось в пределах от 8,87 (ст. №11а, июль) до 13,43 (ст. №14а, август) при среднем 10,66 мгО₂/дм³. Насыщение вод Южного курортного района кислородом было в пределах 82,5–157,1% (июль), в среднем 109,6%. Индекс загрязнения вод (ИЗВ=2,13) позволяет отнести воды Южного курортного района к V классу, «грязные» (табл. 4.16). Расчет индекса проводился по средней концентрации меди, легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ и марганцу. Без учета металлов значение индекса существенно снижается (ИЗВ=0,70, «чистые»), а наиболее влияние на величину оказывает концентрация органических веществ по БПК₅ (1,43), нитритов (0,65) и аммонийный азот (0,12).

4.7. Морской торговый порт СПб

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 0,06–0,09‰, у дна 0,07–0,3‰ при среднем значении во всем столбе воды 0,09‰, что выше многолетних значений, но ниже прошлогоднего максимума. Величина водородного показателя была в диапазоне 6,95–7,65, в среднем 7,26 ед.рН (табл. 4.10), что является максимальным с 2016 г. Значения щелочности варьировали в интервале 0,476–0,605 ммоль/дм³, что соответствует многолетнему значению.

Таблица 4.10. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	9,77/ 18,95	10,14/ 19,94	10,39/ 18,4	10,92/ 19,52	10,04/ 22,32	10,37/ 22,5
Соленость (‰)	0,07/ 0,10	0,08/ 0,2	0,07/ 0,1	0,07/ 0,08	0,11/ 0,28	0,09/ 0,3
Кислород* (мгО ₂ /дм³)	10,52/ 8,07	10,59/ 7,87	10,29/ 7,67	10,13/ 7,76	10,53/ 6,34	10,38/ 7,83
Кислород (%)	89,94/ 98,60	90,67/ 110,30	88,69/ 102,8	88,8/ 94,5	89,67/ 101,5	89,79/ 98,1
рН	7,11/ 7,42	7,12/ 7,49	7,22/ 7,53	7,09/ 7,54	7,07/ 7,25	7,26/ 7,65
Щелочность (ммоль/дм³)	0,61/ 0,78	0,55/ 0,68	0,57/ 0,64	0,58/ 0,63	0,58/ 0,65	0,54/ 0,61

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота на поверхности изменялась от 27 до 212 (март), в придонном слое 32–117 (табл. 4.11). Среднее содержание ингредиента (68,5) во всей толще воды стало максимальным с 2018 г. Значения нитритного азота на поверхности были в диапазоне 3,1–43,1 (август), в придонном слое 4,2–66,7 (август). Средняя величина ингредиента во всей толще воды (14,7) стала наибольшей за весь период наблюдений. Максимальная концентрация нитратного азота на поверхности составила 513 (апрель), а у дна – 356 (сентябрь). Среднее содержание нитратов (278) также стало максимальным с 2017 г. Содержание фосфатного фосфора было ниже уровня определения в 8 пробах из восемнадцати, а в остальных достигала 22,4 (0,9 ПДК), в среднем 6,2 мкг/дм³. Диапазон содержания общего фосфора 7–27,7, в среднем 13,0 мкг/дм³.

Таблица 4.11. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	76,47/ 120,0	55,67/ 102,0	65,72/ 120,0	59,17/ 102,0	55,67/ 87,0	68,5/ 212,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	13,85/ 45,0	8,22/ 16,0	8,10/ 13,0	12,05/ 27,0	10,06/ 22,6	14,71 66,7	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	271,29/ 449,0	205,56/ 330,0	232,0/ 339,0	248,24/ 351,0	265,72/ 413,0	277,5/ 513,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм³	686,18/ 865,0	648,83/ 842,0	618,72/ 797,0	660,71/ 841,0	692,39/ 806,0	739,89/ 886,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм³	5,84/ 13,0	2,71/ 9,3	9,77/ 17,0	2,35/ 9,4	2,61/ 8,4	6,21/ 22,4	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм³	11,92/ 25,0	8,06/ 15,0	13,63/ 24,0	9,09/ 13,0	9,43/ 12,5	13,04/ 27,7	
БПК ₅ мгO ₂ /дм³	1,5/ 2,9	1,3/ 2,4	1,4/ 3,1	1,1/ 2,3	1,5/ 3,4	1,45/ 2,4	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм³	0,007/ 0,04	0,004/ 0,04	0,019/ 0,028	0,001/ 0,019	0,0/ 0,0	0/ 0	0,05
Фенолы, мкг/дм³	0,035/ 0,60	0,089/ 0,9	0,1/ 0,8	0,012/ 0,1	0,0/ 0,0	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм³	0,750/ 12,00	0,611/ 11,00	7,059/ 120,00	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 2 пробах из 18. Максимальная концентрация 2,4 мкгO₂/дм³ (1,16 ПДК) наблюдалась в декабре на поверхностном горизонте, а среднее значение БПК₅ (0,7 ПДК) соответствует прошлогоднему. В 2022 г. концентрация нефтяных углеводородов, фенолов и СПАВ была ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы (мг/дм³). Содержание меди превышало норматив ПДК во всех отобранных в МТП пробах. Концентрация на поверхности изменялась в диапазоне 2,5–7,6 (7,6 ПДК, декабрь), на придонном горизонте 2,2–12,6 (12,6 ПДК, май). Среднее содержание меди во всем столбе воды 5,3 ПДК, что является максимальным значением с 2005 г. Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 39% проб (в прошлом году 61%). Максимальная концентрация наблюдалась в марте в поверхностном слое (2,8 ПДК). Среднее содержание во всем столбе воды 10,9 (1,1 ПДК) стало минимальным с 2017 г. Концентрация марганца превышала норматив в 3 пробах из 18, а диапазон значений на поверхности варьировал от аналитического нуля до 5,8 ПДК в мае, на дне 0–2,1 ПДК. Средняя концентрация марганца на поверхности 8,06 (0,9 ПДК), в придонном слое 6,42 (0,6 ПДК). Содержание общего железа превышало предельно допустимый уровень в 11% проб. Максимальная концентрация 143

(1,43 ПДК) наблюдалась в мае в придонном слое, а средняя во всей толще воды (0,86 ПДК) несколько выше значений двух предыдущих лет. Содержание алюминия, кадмия, свинца, никеля и кобальта не превышало уровня ПДК.

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм³	3,68/ 11,7	4,77/ 12,0	4,8/ 18,1	4,26/ 6,9	4,53/ 8,1	5,26/ 12,6	1
Zn, мкг/дм³	16,85/ 51,9	24,79 54,0	27,19/ 62,0	16,39/ 30,0	15,86/ 30,5	10,93/ 28,6	10
Mn, мкг/дм³	14,01/ 107,0	13,76/ 47,0	7,59/ 71,0	6,67/ 27,6	6,03/ 23,2	7,5/ 57,8	10
Fe, мкг/дм³	117,59/ 452,0	129,33/ 260,0	102,05/ 460,0	80,71/ 180,0	71,39/ 140,0	85,2/ 143,0	100
Al, мкг/дм³	33,11/ 59,0	35,33/ 58,0	34,11/ 78,0	41,24/ 110,0	25,51/ 47,0	27,0/ 38,8	40
Pb, мкг/дм³	0,86/ 2,6	0,17/ 3,1	0/ 0	0,19/ 3,2	0,17/ 3,1	0,46/ 4,8	6

Содержание кислорода изменялось в пределах 7,8–13,8, в среднем 10,38 мгО₂/дм³. Случаев дефицита кислорода с уровнем менее 70% насыщения отмечено не было; диапазон 83,1–98,1/89,8% Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в июне на поверхностном горизонте. По индексу загрязненности воды Морского торгового порта в 2022 г. (ИЗВ=1,95) относятся к V классу, «грязные» (табл. 4.16). Расчет индекса проводился по средней концентрации меди, цинка и общему железу. Значение индекса без учета металлов значительно ниже (ИЗВ=0,52, «чистые»), а наибольшее влияние на величину оказывает концентрация органических веществ по БПК₅ (0,70), нитритов (0,67) и аммонийного азота (0,14).

4.8. Северная станция аэрации

На станции вблизи оголовка трубы сброса вод с Северной станции аэрации (С2) наблюдения проводились в феврале и с мая по октябрь. Всего было отобрано 13 проб с поверхности и у дна на глубине 4 м. Температурный режим соответствовал многолетним показателям (табл.4.13).

Таблица 4.13. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	12,30/ 18,69	12,52/ 19,23	13,27/ 18,92	13,32/ 18,0	12,50/ 22,63	13,39/ 24,71
Соленость (‰)	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,08	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,08
Кислород* (мгО ₂ /дм³)	9,84/ 8,46	10,00 8,09	9,08/ 5,93	9,61/ 8,36	9,81/ 5,87	9,33/ 6,53
Кислород (%)	90,21/ 96,40	91,80/ 97,30	84,31/ 96,2	90,66/ 98,6	89,4/ 101,7	87,29/ 115,7
pH	7,23/ 7,58	7,34/ 7,64	7,03/ 7,34	6,99/ 7,31	7,12/ 7,46	7,13/ 7,43
Щелочность (ммоль/дм³)	0,56/ 0,61	0,55/ 0,63	0,55/ 0,71	0,54/ 0,61	0,55/ 0,68	0,53/ 0,61

Значения солености в слое поверхность–дно также соответствовали многолетним показателям и составили 0,06–0,08‰. Показатель щелочности варьировал в пределах 0,46–0,61 ммоль/дм³, а средняя величина очень близка к среднемуголетней. Величина водородного показателя была в узком диапазоне 6,83–7,43, в среднем 7,13 ед.рН. Максимальные значения рН были зафиксированы в августе в обоих слоях воды.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Воды Северной станции аэрации традиционно загрязнены биогенными веществами. В 2022 г. среднее содержание аммонийного азота 451,1 (1,16 ПДК) показало максимальное значение за весь период наблюдений. Диапазон значений на поверхности составил 121,0–938,0 (2,4 ПДК, май), на дне 67,0–888,0 (2,3 ПДК, февраль). В двенадцати пробах из 13 было зафиксировано содержание нитритного азота выше норматива. Среднее значение ингредиента во всем столбе воды составило 46,6 (1,94 ПДК), что является абсолютным максимумом за весь период наблюдений. Диапазон значений в поверхностном слое – 26,3–77,3 (3,2 ПДК, октябрь), на дне – 17,4–82,0 (3,4 ПДК). Максимальное содержание нитратного азота зафиксировано в поверхностном слое в октябре (833), в придонном слое в феврале (985,0). Среднее значение нитратов во всей толще воды (434,5) стало максимальным за последние три года. В слое воды от поверхности до дна концентрация фосфатного фосфора изменялась в диапазоне от 7,8 до 93,3 мкг/дм³ (1,9 ПДК, май). Средняя и наибольшая концентрация уступала по величине только уровню 2019 г. за последние пять лет (табл.4.14).

Таблица 4.14. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	374,0/ 688,0	329,71/ 775,0	316,93/ 1347,0	148,71/ 510,0	231,5/ 830,0	451,08/ 938,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	29,92/ 68,0	24,32 47,0	35,79/ 61,0	25,37/ 50,0	37,91/ 94,3	46,58/ 82,0	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	437,43/ 841,0	283,57/ 513,0	559,64/ 973,0	284,71/ 517,0	371,79/ 873,0	434,46/ 985,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм³	1208,9/ 1987,0	1116,7/ 1835,0	1317,9/ 2423,0	879,71/ 1442,0	1009,7/ 1781,0	1536,1/ 2516,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм³	11,51/ 25,0	20,54/ 60,0	66,0/ 135,0	11,50/ 55,0	13,79/ 63,7	47,01/ 93,3	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм³	18,96/ 32,0	34,23/ 94,0	76,21/ 145,0	21,29/ 70,0	22,29/ 80,9	63,79/ 126,8	
БПК ₅ мгO ₂ /дм³	2,14/ 3,9	1,92/ 2,6	3,29/ 7,5	2,08/ 2,9	2,7/ 6,0	3,28/ 6,4	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм³	0,0/ 0,0	0,006/ 0,04	0,018/ 0,032	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,001/ 0,017	0,05
Фенолы, мкг/дм³	0,086/ 0,6	0,0/ 0,0	0,007/ 0,1	0,007/ 0,1	0,0/ 0,0	0/ 0	1,0
СПАВ, мкг/дм³	2,21/ 18,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	16,67/ 100,0	0,0/ 0,0	0/ 0	100

Органические загрязняющие вещества. Из 13 проанализированных проб воды в восьми случаях было отмечено превышение норматива по БПК₅. Наибольшие значения органического вещества были зафиксированы: на поверхностном горизонте в июне (6,4; 3,0 ПДК,); в придонном слое в июле (5,2 мгO₂/дм³, 2,5 ПДК). Средняя концентрация

ингредиента в слое поверхность-дно составила 1,56 ПДК, что является максимальным значением за весь период наблюдений. Концентрация нефтяных углеводородов была выше DL в одной пробе (0,017 мг/дм³), а СПАВ и фенолов ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы (мкг/дм³). Содержание меди во всех отобранных пробах превышало ПДК. На поверхности диапазон значений составил 3,1–5,4 (5,4 ПДК, август); в придонном слое 3,5–4,8 (4,8 ПДК, июнь). Среднее значение ингредиента во всей толще воды (4,08) было примерно на уровне последних пяти лет. Содержание цинка изменялось в диапазоне 5,6–18,8 (1,9 ПДК, октябрь) на поверхности; 6,4–22,5 (2,3 ПДК, май) в придонном слое. Средняя концентрация металла (1,2 ПДК) стала минимальной с 2018 г. Содержание марганца изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 31,8. Уровень ПДК был превышен только в одной пробе из отобранных в данном районе. Максимальная концентрация этого металла превышала ПДК в 3,2 раза и была зафиксирована в июле на придонном горизонте, а средняя во всем столбе воды (5,88) была примерно на уровне последних трех лет. Содержание общего железа выше уровня ПДК было зафиксировано в 5 пробах, а диапазон в столбе воды составил 56–132 мкг/дм³ (1,32 ПДК, июль, дно). Максимальная концентрация алюминия, свинца, никеля (2,70) и кадмия не превышала ПДК (табл.4.15).

Таблица 4.15. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах вблизи точки сброса вод с Северной станции аэрации в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм³	2,71/ 4,3	4,08/ 9,6	4,61/ 24,0	4,59/ 6,3	5,59/ 7,7	4,08/ 5,4	1
Zn, мкг/дм³	9,44/ 14,20	25,16/ 62,0	26,96/ 53,0	16,30/ 35,0	18,65/ 77,0	12,25/ 22,5	10
Mn, мкг/дм³	10,66/ 41,60	18,37/ 37,0	13,85/ 65,0	4,11/ 22,5	5,76/ 20,7	5,88/ 31,8	10
Fe, мкг/дм³	85,64/ 145,0	125,79/ 180,0	60,5/ 110,0	78,79/ 99,0	68,14/ 110,0	90,00/ 132,0	100
Al, мкг/дм³	21,43/ 28,0	27,78/ 36,0	21,36/ 36,0	22,07/ 34,0	24,36/ 38,0	22,39/ 36,0	40
Pb, мкг/дм³	0,57/ 2,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,60/ 4,2	6

Содержание растворенного кислорода было в диапазоне 7,99–13,00 на поверхности и 6,54–12,29 мгO₂/дм³ у дна. Максимальные значения на обоих горизонтах наблюдались в феврале, а минимальные в мае и августе; средние (9,75 и 8,83 мгO₂/дм³) немного различаются даже на станции с глубиной 4 м. Индекс загрязненности (ИЗВ=2,06) в районе выпуска Северной станции аэрации в 2022 г. позволяет отнести воды к V классу, «грязные» (табл. 4.16). Расчет индекса выполнен по средней концентрации меди, нитритов и легкоокисляемых органических веществ по БПК₅. В целом, район в течение многих лет оказывается самым загрязненным в Невской губе. Исключение металлов из расчета не сильно меняет эту характеристику, значение индекса (ИЗВ=1,33, IV класс, «загрязненные» воды) остается самым высоким для всей губы, а вклад ингредиентов составляет: БПК₅=1,56; NO₂=1,94; NH₄=1,16 и O₂=0,64. Близко расположенная станция Северного курортного района также показывает повышенные значения по органике и биогенным веществам (ИЗВ=0,92).

Таблица 4.16. Оценка качества вод Невской губы Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2018–2022 гг.

Район	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	
Центральная часть Невской губы	1,86/ V	1,99/ V	2,05/ V	2,07/ V	1,93/ V	Cu 5,07; Zn 1,26; БПК ₅ 0,79; O ₂ 0,60
Северный курортный р-н	2,49/ V	2,50/ V	2,15/ V	2,29/ V	2,37/ V	Cu 6,15; БПК ₅ 1,80; N-NO ₂ 1,01; O ₂ 0,53
Южный курортный р-н	2,65/ V	2,36/ V	2,09/ V	2,48 V	2,13 V	Cu 5,36; БПК ₅ 1,38; Mn 1,23; O ₂ 0,56
Морской торговый порт	2,3/ V	2,28/ V	1,88/ V	1,85/ V	1,95 V	Cu 5,26; Zn 1,09; Fe 0,85; O ₂ 0,58
Северная станция аэрации	2,26/ V	2,38/ V	1,97/ V	2,41 V	2,06 V	Cu 4,08; N-NO ₂ 1,94; БПК ₅ 1,56; O ₂ 0,64
Невская губа	2,31/ V	2,3/ V	2,03/ V	2,22 V	1,95 V	Cu 5,08; Zn 1,21; БПК ₅ 0,89; O ₂ 0,60

Выводы

В 2022 г. в водах Невской губы к востоку от КЗС концентрация нефтяных углеводородов обычно была ниже предела обнаружения использованной методики химического анализа (флуоресцентный анализ в основном определяет содержание полиароматических углеводородов), и лишь в редких случаях она составляла очень 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 Невской губы в целом не сильно загрязнены биогенными веществами, среднее содержание разных форм азота и фосфора было гораздо меньше ПДК. Однако максимальные и иногда средние 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 и западнее, а также в прибрежье курортных районов. 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 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. При расчете индекса загрязненности вод во всех районах Невской губы использовались средние значения концентрации металлов (при доминирующем влиянии меди), БПК₅, нитритов и кислорода. Для всей Невской губы индекс загрязненности вод составил ИЗВ=1,95 что определяет воды как «грязные», V класс (табл. 4.16). Если выполнить расчет ИЗВ без учета тяжелых металлов, высокий фон содержания которых в водах Финского залива в значительной степени определяется геохимическими условиями региона, то значения индекса существенно уменьшатся до значений II–IV класса, «чистые» – «загрязненные». Легко окисляемые органические вещества по БПК₅ являются, несомненно, приоритетными для этой группы веществ, особенно в курортных районах (Северный – 1,80 ПДК в среднем, Южный – 1,38) и рядом с точкой сброса вод с Северных очистных сооружений (1,56); значения существенно меньше в порту и

в центральной части Невской губы. Также относительно высоких значений достигало содержание нитритов и аммонийного азота.

Восточная часть Финского залива

4.9. Курортный район мелководной зоны

В 2022 г. гидрохимическая съемка курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива западнее КЗС проводилась в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь на ст.№19а и №20а (рис. 4.4). Отбор 12 проб был выполнен с поверхностного горизонта.



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

Значение средней температуры составило 16,62°С, что на градус меньше максимального прошлогоднего значения (табл. 4.17). Соленость варьировала в диапазоне 0,10–2,49‰ (ст.№20а, октябрь), средняя 0,77‰. Эти величины были наибольшими за последние пять лет. Значения щелочности оставались на уровне прошлых лет и изменялись в интервале 0,433–0,984 ммоль/дм³, при среднем 0,690 ммоль/дм³. Диапазон величины водородного показателя составил 6,85–8,64, в среднем 7,33 ед.рН, что является максимальным показателем за последние пять лет.

Таблица 4.17. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°С)	15,39/ 20,5	16,40/ 21,7	16,75/ 20,7	15,54/ 19,5	17,62/ 29,4	16,62/ 25,0
Соленость (‰)	0,32/ 0,71	0,43/ 0,88	0,60/ 1,96	0,46/ 0,79	0,54/ 1,35	0,77/ 2,49
Кислород* (мгО ₂ /дм³)	10,15/ 8,92	10,01/ 8,55	9,39/ 6,07	9,8/ 8,86	10,51/ 9,20	10,95/ 8,10
Кислород (%)	101,29/ 121,5	102,26/ 135,7	96,48/ 114,9	99,31/ 117,4	109,4/ 138,9	113,91/ 198,3

pH	7,19/ 7,70	7,11/ 7,35	7,16/ 7,59	7,29/ 7,95	7,31/ 8,64	7,33/ 8,64
Щелочность (ммоль/дм³)	0,60/ 0,68	0,60/ 0,71	0,66/ 0,91	0,69/ 0,78	0,66/ 0,85	0,69/ 0,98

Биогенные вещества (мкг/дм³). Концентрация аммонийного азота в пяти пробах была ниже предела обнаружения, а в остальных достигала 360 (0,93 ПДК, июль), при среднем 59,9 (0,15 ПДК), (табл. 4.18). Среднее содержание нитритов стало максимальным за весь период наблюдений 11,7 (0,49 ПДК), диапазон значений составил 4,6–22,1 (0,92 ПДК, июнь). Значения концентрации нитратов (33–435; 0,05 ПДК, май, в среднем 206) в целом находились на многолетнем уровне. Содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения в трех пробах и достигало 17,7 (0,35 ПДК, июль), (рис. 4.5). Максимальная концентрация фосфатов в целом соответствовала многолетнему уровню этого показателя в северо-восточном побережье залива, за исключением отдельных пиков 2003–2007 и 2013 г. Средняя концентрация фосфатного фосфора (8,75) в целом была в пределах естественного многолетнего фона, за исключением подъема в начале века. Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов; значения 12,3–40,0/21,8 мкг/дм³. Невысокие значения концентрации азото- и фосфорсодержащих соединений свидетельствуют о незначительном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива.

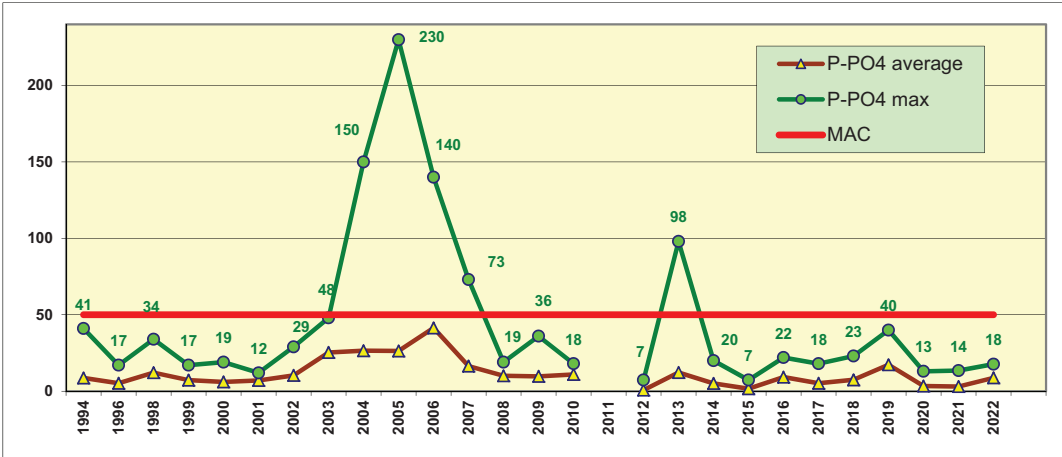


Рис. 4.5. Средняя и максимальная концентрация минерального фосфора P-PO₄ (мкг/дм³) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 1984–2022 гг.

Таблица 4.18. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	18,17/ 100,0	16,08/ 59,0	94,17/ 260,0	24,18/ 59,0	84,83/ 540,0	59,92/ 360,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	8,9/ 15,0	8,28/ 20,0	9,38/ 21,0	9,27/ 16,0	6,76/ 14,3	11,73/ 22,1	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	222,5/ 521,0	113,75/ 314,0	208,83/ 481,0	158,55/ 389,0	129,17/ 428,0	206,08/ 435,0	9032

Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	736,42/ 1436,0	741,98/ 1261,80	742,33/ 1068,0	718,64/ 983,0	833,25/ 1512,0	805,92/ 1036,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	5,22/ 18,0	6,69/ 33,06	17,32/ 40,0	3,41/ 13,0	3,06/ 13,5	8,75/ 17,7	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	14,86/ 30,0	14,27/ 43,80	28,75/ 47,0	11,82/ 18,0	15,8/ 38,2	21,83/ 40,0	
БПК ₅ мгO ₂ /дм ³	2,26/ 4,5	2,0/ 3,8	2,93/ 4,8	2,34/ 3,8	3,83/ 8,9	3,81/ 8,8	2,1
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,004/ 0,05	0,0/ 0,0	0,011/ 0,019	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0013/ 0,015	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,017/ 0,1	0,009/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	4,5/ 24,0	0,0/ 0,0	8,58/ 103,0	0,02/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Из 12 проанализированных проб воды содержание органических соединений по БПК₅ было повышенным (в 10 пробах было выше норматива) и варьировало в диапазоне 1,5–8,8 (4,2 ПДК, август); среднее 3,81 мгO₂/дм³ (1,8 ПДК). Концентрация других органических соединений была ниже предела чувствительности методик определения. В единственной пробе в августе было отмечено присутствие нефтяных углеродов (0,015 мг/дм³). Прибрежные воды этого района существенно загрязнены только легко окисляемыми органическими веществами.

Металлы (мкг/дм³). В восьми пробах из 12 было зафиксировано превышение морской ПДК по меди; диапазон значений составил 2,6–10,2 (2,0 ПДК, июнь), а среднее (1,24 ПДК) было примерно на уровне многолетних значений (табл. 4.19). Концентрация цинка превышала норматив только в одной пробе (54; 1,1 ПДК, октябрь), а в остальных изменялась в диапазоне 5–33,2 мкг/дм³. Среднее значение (14,94 мкг/дм³; 0,3 ПДК) соответствует среднему многолетнему.

Таблица 4.19. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм ³	6,68/ 13,3	11,38/ 30,0	6,33/ 16,5	3,96/ 7,6	7,17/ 25,0	6,18/ 10,2	5
Zn, мкг/дм ³	9,47/ 16,5	24,68/ 74,0	18,18/ 31,0	20,15/ 52,0	8,44/ 17,3	14,94/ 54,0	50
Mn, мкг/дм ³	10,66/ 33,0	11,93/ 36,0	23,85/ 170,0	11,92/ 56,0	4,6/ 25,7	20,52/ 84,0	50
Fe, мкг/дм ³	305,08/ 1190,0	146,3/ 400,0	79,67/ 280,0	214,09/ 820,0	121,42/ 570,0	265,5/ 775,0	50
Al, мкг/дм ³	29,25/ 69,0	28,7/ 51,0	23,67/ 65,0	20,55/ 37,0	24,85/ 79,0	18,19/ 41,6	40
Pb, мкг/дм ³	0,86/ 2,3	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0,98/ 5,1	10

Только в одной пробе (1,7 ПДК, сентябрь) зафиксировано превышение норматива, а в остальных случаях концентрация марганца изменялась в пределах 1,1–40,5; средняя (0,41 ПДК) значительно превышала прошлогоднюю, но не была максимальной за последнюю пятилетку. В трех пробах присутствие железа не зафиксировано, а в остальных случаях было отмечено превышение ПДК. Максимальное значение концентрации железа (15,5 ПДК) отмечено в мае, среднее составило 5,31 ПДК. В целом, параметры содержания этого металла

в северо-восточном мелководье показывают значительную межгодовую изменчивость. Концентрация алюминия варьировала от аналитического нуля в двух пробах до 1,04 ПДК, в среднем 0,45 ПДК, минимальное значение за шесть лет. Максимальная концентрация свинца, кадмия, никеля и хрома достигала 5,1; 0,89; 4,2 и 1,2 мкг/дм³ соответственно; кобальт в пробах воды не обнаружен.

Содержание растворенного кислорода в целом было повышенным, а среднее значение стало наибольшим за последние пять лет (табл. 4.17). В шести пробах было отмечено перенасыщение вод кислородом, максимум (198%) зафиксирован в августе. Индекс загрязненности вод курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива (ИЗВ=2,23) позволяет отнести этот участок к V классу, «грязные» (табл. 4.32). Основным загрязняющим веществом стало железо, средняя концентрация которого в 5 раз превышала ПДК. Также в расчете использовались средние значения легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ и меди. Расчет ИЗВ без учета тяжелых металлов показывает существенное уменьшение значения до II класса, «чистые». Легко окисляемые органические вещества по БПК₅ являются приоритетными ингредиентами (1,81 ПДК), за ними следуют нитриты (0,49) и аммонийный азот (0,15).

4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива

В 2022 г. гидрохимическая съемка мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в апреле и августе на шести станциях с глубинами 7–22 м. Всего отобрано 63 пробы. Диапазон значений температуры на поверхности составил 9,1–24,6°С, в придонном слое 2,62–20,91°С (табл. 4.20). Изменения солености на поверхности составили 0,08–1,44‰, в придонном слое 0,32–5,79‰, наиболее высокие значения отмечены в сентябре. Среднее значение солености во всей толще воды составило 1,43‰, что является максимумом за пятилетний период за исключением 2020 г. Распределение всей водной толщи наблюдалось на ст.№19 и ст.№26, что отражает наибольшее влияние стока из Невской губы.

Таблица 4.20. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°С)	18,75/ 19,67	19,82/ 20,24	17,63/ 18,2	15,41/ 18,6	11,22/ 18,23	13,55/ 24,6
Соленость (‰)	0,59/ 2,88	1,28/ 2,58	1,35/ 3,86	1,58/ 3,98	1,24/ 4,44	1,43/ 5,79
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	8,62/ 5,69	8,31/ 5,72	8,19/ 4,52	7,71/ 2,47	10,55/ 6,96	8,76/ 3,63
Кислород (%)	92,53/ 113,2	91,55/ 111,2	86,38/ 100,0	77,40/ 108,7	94,09/ 111,1	71,36/ 140,3
pH	7,76/ 8,32	6,85/ 7,41	7,95/ 8,26	7,74/ 8,18	7,90/ 8,63	7,38/ 8,24
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,63/ 1,10	0,79/ 1,03	0,79/ 1,19	0,88/ 1,34	0,82/ 1,311	0,78/ 1,405

Во всех пробах величина **водородного показателя** оставалась в пределах допустимой нормы (6,5<ед.рН<8,5), за исключением одной пробы воды из придонного горизонта на ст.№21 (5,85 ед.рН, сентябрь). В слое поверхность–дно диапазон значений рН в этом районе находился в пределах 7,01–7,94 в мае, 6,89–8,13 в июле и 5,85–8,24 ед.рН в сентябре. Значение щелочности в мелководном районе полностью определяется соленостью и

подчиняется линейной корреляции с ее величинами. Максимальные значения щёлочности наблюдались на придонном горизонте ст.№24 в мае (1,039), в июле (1,180) и в сентябре – 1,405 ммоль/дм³.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Диапазон значений аммонийного азота на поверхности составил 35–644(1,66 ПДК), в придонном слое 0–464 (1,19 ПДК, июль); средняя концентрация во всем столбе воды составила 86,1 мкг/дм³ (0,22 ПДК) и была одной из наибольших за последние 20 лет (рис. 4.6). Концентрация нитритного азота на поверхности составляла 2,0–14,6 (0,61 ПДК, июль); в промежуточном и придонном слоях 1,7–14,8 (0,62 ПДК, июль). Средняя концентрация ингредиента во всей толще воды была немного ниже многолетнего среднего (7,98). В мае диапазон концентрации нитратов на поверхностном горизонте составил 70–145, у дна 17–128; в июле 15–166/11–66 и сентябре 182–317/176–319 мкг/дм³ соответственно. Значения концентрации фосфатного фосфора на поверхности варьировали от аналитического нуля до 27,9, а в придонном слое 0–62,4 (1,25 ПДК, сентябрь, ст.№22). Среднее значение во всей толще (14,78 мкг/дм³; 0,3 ПДК) было немного выше среднего многолетнего. Небольшая концентрация различных форм биогенных элементов в водах Мелководного района подтверждает вывод о невысоком уровне эвтрофикации восточной части Финского залива.

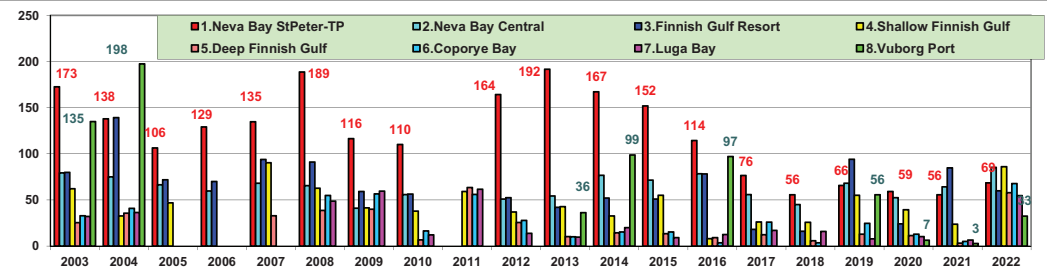


Рис. 4.6. Средняя концентрация аммонийного азота N-NH₄ (мкг/дм³) в водах Финского залива в 2003–2022 гг.

Таблица 4.21. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	26,27/ 148,0	25,8/ 113,0	55,2/ 236,0	39,37/ 185,0	23,8/ 76,0	86,11/ 644,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	10,41/ 20,0	6,52/ 14,0	11,49/ 48,0	7,73/ 16,0	4,60/ 8,30	7,07/ 14,8	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	110,4/ 218,0	46,6/ 140,0	58,87/ 131,0	111,57/ 304,0	136,87/ 269,0	124,07/ 319,0	9032
Общий азот N _{total}	526,2/ 639,0	525,73/ 730,0	565,8/ 755,0	578,13/ 1369,0	524,03/ 648,0	587,68/ 846,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	15,74/ 59,0	7,61/ 33,00	10,87/ 43,0	18,20/ 60,0	33,61/ 141,7	14,78/ 62,4	50
Общий фосфор P _{total}	25,03/ 83,0	19,67/ 54,0	19,79/ 62,0	27,97/ 74,0	47,07/ 152,4	26,79/ 76,9	
БПК ₅ (мгO ₂ /дм³)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д	2,1
Нефтяные углеводороды ТННс мг/дм³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,008/ 0,009	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0002/ 0,011	0,05

Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,008/ 0,1	0,0/ 0,0	0,017/ 0,20	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	2,58/ 11,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. Нефтяные углеводороды по результатам флуоресцентного анализа (0,011 мкг/дм³) были обнаружены в одной пробе в сентябре на ст.№22. Фенолы также отмечены в одной майской пробе (0,1 мкг/дм³). Содержание остальных органических ЗВ было ниже предела чувствительности методик определения.

Металлы (мкг/дм³). Содержание меди превышало норматив в восьми из 36 проанализированных проб. В поверхностном слое диапазон значений составил 1,0–9,2 (1,84 ПДК, май, ст.№22), в придонном слое: 1,6–7,6 (1,52 ПДК, июль, ст.№26). Среднее значение концентрации меди во всем столбе воды составило 3,9 мкг/дм³ (0,78 ПДК), что существенно ниже экстремальной величины прошлого года (табл. 4.22).

Таблица 4.22. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Сu, мкг/дм ³	3,69/ 7,4	8,74/ 23,5	1,63/ 2,4	3,42/ 9,9	8,84/ 28,0	3,88/ 9,2	5
Zn, мкг/дм ³	11,3/ 29,8	12,63/ 21,6	8,25/ 15,3	21,56/ 50,0	11,94/ 28,9	7,50/ 24,1	50
Mn, мкг/дм ³	17,03/ 81,7	35,96/ 190,0	45,78/ 110,0	62,75/ 490,0	23,54/ 62,0	20,19/ 214,6	50
Fe, мкг/дм ³	7,0/ 26,0	0/ 0	0/ 0	4,7/ 57,0	21,83/ 85,0	12,75/ 70,0	50
Al, мкг/дм ³	6,5/ 15,0	4,58/ 17,0	7,92/ 20,0	6,58/ 31,0	12,05/ 45,0	8,18/ 29,7	40
Pb, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0/ 0	0/ 0	0,0/ 0,0	1,33/ 6,7	10

Содержание цинка находилось в пределах от минимально определяемой величины до 24,1 мкг/дм³ (0,48 ПДК, июль, ст.№24). Среднее значение во всей толще воды составило 7,5, что является минимальным значением с 2014 г. В четырех пробах (11%) было зафиксировано превышение норматива по марганцу. Максимальное значение (4,28 ПДК) было зафиксировано в придонном слое в сентябре на ст.№22. Среднее значение концентрации этого металла во всей толще (0,4 ПДК) стало минимальным с 2017 г. Диапазон значений концентрации общего железа на поверхности составил 0–63 (1,3 ПДК, май, ст.№19), у дна 0–70 (1,4 ПДК, май, ст.№20). Средняя концентрация в толще воды (12,75) уменьшилась по сравнению с экстремально высоким средним значением прошлого года. Концентрация свинца в водах мелководного района в период проведения трех съемок была ниже предела обнаружения в 64% проб. Значимая концентрация ингредиента изменялась в пределах 3,0–6,7, максимум наблюдался в июле в придонном слое. Максимальное значение содержания алюминия (0,74 ПДК) зафиксировано в июльской пробе на поверхности; средняя концентрация была на уровне среднего многолетнего.

В ходе проведения гидрохимических съемок в мае и июле 2022 г. случаев нарушения норматива (6 мг/дм³) по содержанию растворенного кислорода восточной части Финского залива зафиксировано не было. Среднее содержание кислорода в Мелководной зоне во всем столбе воды за период проведения съемок составило 8,76 мгО₂/дм³. В сентябре содержание растворенного кислорода не соответствовало нормативу в четырех придонных пробах

(3,63–5,82 мгО₂/дм³). Среднее значение насыщения вод кислородом во всей толще составило 71,36%, что только немного превышает норму в 70%. Дефицит кислорода (61,3%) наблюдался в одной пробе на ст.№26. Индекс загрязненности вод курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива (ИЗВ=0,54) позволяет отнести этот район ко II классу загрязнения, «чистые» (лучший показатель с 2016 г.), (табл. 4.32). Основными загрязняющими веществами были медь, марганец и фосфатный фосфор. Расчет ИЗВ без учета тяжелых металлов показывает небольшое уменьшение значения в пределах класса «чистые». Наибольший вклад в величину индекса принадлежит нитритному азоту (0,29), в расчет также приняты фосфаты (0,30) и аммонийный азот (0,22).

4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива

В 2022 г. гидрохимическая съемка глубоководной зоны восточной части Финского залива и в Выборгском заливе проводилась на разрезе по центру залива на ст.№№1,2,3,4 и ст.№9. Отбор 80 проб проводился из поверхностного, промежуточного и придонного горизонтов в мае, июле и сентябре.

Таблица 4.23. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	12,12/ 19,24	12,23/ 20,24	12,58/ 17,65	11,94/ 18,60	9,26/ 18,13	8,87/ 21,2
Соленость (‰)	3,71/ 6,53	4,17/ 7,08	4,83/ 7,94	3,50/ 6,92	3,78/ 6,74	4,13/ 7,46
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	7,33/ 3,86	6,72/ 3,02	7,21/ 3,44	8,34/ 3,02	9,69/ 3,50	8,15/ 3,02
Кислород (%)	70,93/ 104,0	65,14/ 104,1	70,97/ 105,8	78,3/ 115,0	83,09/ 114,3	73,49/ 109,5
pH	7,75/ 8,34	7,39/ 7,9	7,76/ 8,31	7,73/ 8,24	7,93/ 8,7	7,42/ 8,3
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,24/ 1,62	1,36/ 1,71	1,33/ 1,62	1,27/ 1,64	1,26/ 1,58	1,30/ 1,65

Во время проведения съемки на поверхности диапазон температур составил 6,6–21,2°С, при среднем 13,67°С, в придонном горизонте 1,59–5,84°С, при среднем 3,25°С. Средняя температура во всем столбе воды стала минимальной за последние 5 лет. В мае в глубоководном районе на поверхностном горизонте диапазон значений солености составил 1,86–3,91‰, в придонном слое 4,87–6,69‰, в июле 1,20–3,31/4,64–6,73‰ и в сентябре 1,70–4,12/5,88–7,46‰ соответственно. Для обоих горизонтов максимальные значения были зафиксированы на ст.№4. С увеличением глубины значение солености возрастало, что объясняется притоком солоноватых вод из центральной части залива. Диапазон значений водородного показателя составил 6,68–8,30 ед.рН по итогам трех съемок. Значения щелочности у дна во всех случаях были выше поверхностных, постепенно возрастая с увеличением глубины. Диапазон значений на поверхности составил 0,758–1,254 при среднем 1,05 ммоль/дм³, на дне – 1,35–1,65/1,5 ммоль/дм³, что соответствует среднему многолетнему значению.

Биогенные вещества (мкг/дм³). Содержание аммонийного азота было выше норматива в трех июльских пробах (405; 428 и 534 = 1,37 ПДК) с придонного и промежуточного горизонтов на ст. №3 и №4 (табл. 4.24). На поверхности диапазон значений составил от аналитического нуля до 136, на дне 0–534; среднее значение аммонийного азота во всем столбе воды

было максимальным с 1999 г. На поверхности содержание нитритов варьировало в пределах 0–6,8, при среднем 1,89; в придонном слое 0–7,1/2,27. В целом, среднее содержание азота нитритов во всем столбе воды было ниже среднего многолетнего значения. Среднее значение во всем столбе воды нитратного азота стало максимальным с 2011 г. Диапазон значений этого ингредиента на поверхности составил 15–178; на придонном горизонте 123–249. Среднее содержание фосфатного фосфора во всей толще воды (0,58 ПДК) стало максимальным с 2011 г. Диапазон значений на поверхности составил 0–11,2; в придонном слое 34,7–118,2 мкг/дм³ (2,4 ПДК, июль, ст.№4).

Таблица 4.24. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	пдк
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	12,42/ 51,0	5,85/ 38,0	19,62/ 84,0	10,75/ 50,0	3,15/ 42,0	54,01/ 534,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/ дм ³	5,03/ 28,00	3,31/ 11,0	2,83/ 8,7	2,43/ 8,7	3,60/ 9,3	2,39/ 8,8	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/ дм ³	55,04/ 153,0	55,69/ 127,0	101,92/ 241,0	83,15/ 252,0	97,31/ 204,0	104,71/ 249,0	9032
Общий азот N _{total}	427,08/ 679,0	457,27/ 579,0	553,04/ 897,0	441,25/ 591,0	444,77/ 596,0	483,90/ 746,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	17,319/ 86,0	24,62/ 95,0	29,70/ 122,0	22,68/ 90,0	24,02/ 69,6	29,00/ 118,2	50
Общий фосфор P _{total}	23,10/ 100,0	32,20/ 108,0	38,02/ 129,0	34,04/ 102,0	36,05/ 85,8	39,28/ 127,9	
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,007/ 0,04	0,0/ 0,0	0,007/ 0,008	0,0/ 0,0	0,0005/ 0,013	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,13/ 0,8	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	0,0/ 0,0	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	1,38/ 11,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,006/ 0,1	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. В трех придонных и одной поверхностной пробе из глубоководного района восточной части Финского залива содержание фенолов превышало предел обнаружения и достигало 0,3 мкг/дм³. Другие органические ЗВ, включая НУ, обнаружены не были.

Металлы (мкг/дм³). Содержание меди в 30 пробах из Глубоководного района и Выборгского залива в период проведения гидрохимических съемок превышало норматив только в одной пробе (1,1 ПДК), зафиксированной в июле на поверхности, ст.№3 (табл. 4.25). На поверхности диапазон значений составил 1,5–5,3; у дна 1–4,6; среднее значение во всем столбе воды вернулось в диапазон многолетних значений в районе центрального разреза. В целом по всей восточной части Финского залива наблюдается многолетняя тенденция снижения концентрации меди на фоне существенных межгодовых колебаний (рис. 4.7). Концентрация цинка в слое поверхность–дно находилась в пределах от минимально определяемой величины до 0,56 ПДК (июль, дно, ст.№3). Содержание марганца в Глубоководном районе превысило уровень ПДК в восьми пробах из 24 отобранных. Диапазон значений составил от <1,0 до 295 мкг/дм³ в слое поверхность–дно по результатам трех съемок. Наибольшая концентрация этого металла (5,9 ПДК) наблюдалась в июле на придонном горизонте ст.№4. В 30% случаев содержание свинца было ниже предела обнаружения, а в остальных достигало 0,7 ПДК. Во всех пробах концентрация железа, ртути, кобальта и хрома

была ниже предела обнаружения. Алюминий найден в четырех пробах; никель не отмечен в семи, а в остальных концентрация достигала 3,9 мкг/дм³.

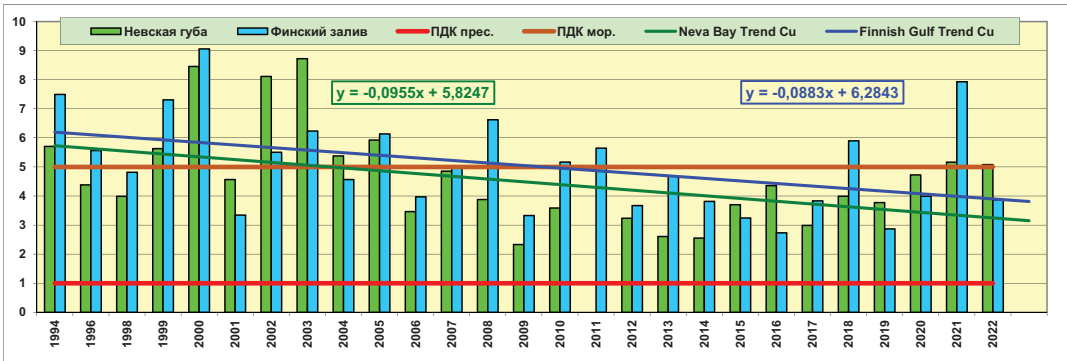


Рис. 4.7. Многолетняя динамика средней концентрации меди (мкг/дм³) в водах Невской губы и Финского залива в 1994–2022 гг.

Таблица 4.25. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu, мкг/дм³	2,47/ 3,7	0,37/ 2,6	1,51/ 3,3	4,79/ 8,4	8,08/ 29,0	3,02/ 5,3	5
Zn, мкг/дм³	6,4/ 9,70	12,84/ 24,1	5,52/ 21,9	19,54/ 48,0	10,85/ 24,0	8,67/ 28,0	50
Mn, мкг/дм³	45,31/ 232,0	105,4/ 360,0	175,31/ 470,0	23,88/ 120,0	23,35/ 59,0	40,22/ 295,0	50
Fe, мкг/дм³	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	2,95/ 59,0	0,0/ 0,0	50
Al, мкг/дм³	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,2/ 14,0	0,90/ 17,9	2,57/ 30,0	40
Pb, мкг/дм³	Н/Д	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	2,97/ 6,6	10

Кислородный режим вод глубоководного района восточной части Финского залива и Выборгского залива в целом был удовлетворительным. В 15 пробах из 78 зафиксированы значения концентрации кислорода ниже установленного норматива, в 2/3 случаев у дна, а в трети на промежуточном горизонте 30–50 м. Минимальное значение кислорода по результатам трех съемок (практически граница ВЗ) было зафиксировано в сентябрьской пробе из придонного горизонта на ст.№2 на глубине 39 м. Среднее значение во всем столбе воды (8,15 мгО₂/дм³) приблизительно соответствует многолетним показателям. Значения относительного содержания растворенного кислорода на поверхности для всех станций района в мае, июле и сентябре соответствовали нормативу более 70% насыщения. На придонном горизонте все значения, наоборот, были ниже допустимого уровня: диапазон находился в пределах от 30,5–62,3% в мае; 24,4–59,6% в июле и 24,1–31,8% в сентябре. Более низкое содержание в воде кислорода на глубинных горизонтах связано с высоким уровнем вертикальной стратификации водной толщи в этой части залива. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,67) позволяет оценить воды Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2022 г. как «чистые, II класс (табл. 4.32). Расчет индекса проводился по средней концентрации марганца, фосфатного фосфора и меди. Расчет без учета тяжелых металлов показывает уменьшение

значения примерно в два раза (ИЗВ=0,39) в пределах класса «чистые». Наибольший вклад в величину индекса принадлежит кислороду (0,74), фосфатному фосфору (0,58), нитритному азоту (0,10) и аммонийному азоту (0,14).

4.12. Копорская губа

В 2022 г. гидрохимическая съемка Копорской губы была выполнена в мае, июле и сентябре на двух станциях с глубинами 13 м и 26 м на разных горизонтах. Всего обработано 24 пробы воды. Средняя температура во всем столбе воды на двух станциях в мае составила 5,29°С, в июле 17,62°С, в сентябре 9,42°С. Диапазон значений солености на поверхности составил 1,5–3,27‰ при среднем 2,37‰, в придонном слое 2,29–5,71/3,98‰; максимальные величины зафиксированы на ст.№6к (табл. 4.26). Во всех пробах величина водородного показателя варьировала от 7,2 до 8,10 ед.рН при среднем 7,5 ед.рН. Диапазон значений щелочности на поверхности составил 0,757–1,104 ммоль/дм³, у дна 0,974–1,416 ммоль/дм³. Вертикальные различия щелочности на обеих станциях были незначительными.

Таблица 4.26. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°С)	17,10/ 19,4	15,55/ 21,0	17,25/ 17,9	14,38/ 18,8	10,87/ 18,8	10,78/ 20,8
Соленость (‰)	2,89/ 3,71	3,21/ 4,97	4,29/ 4,48	2,88/ 4,09	3,16/ 4,47	3,13/ 5,71
Кислород* (мгО ₂ /дм³)	7,95/ 6,22	7,55/ 4,57	8,50/ 6,43	7,82/ 4,34	10,52/ 5,64	8,00/ 4,87
Кислород (%)	84,05/ 98,0	81,05/ 102,4	90,48/ 99,4	78,2/ 107,5	93,02/ 113,4	77,77/ 106,1
рН	7,92/ 8,17	7,72/ 7,95	8,17/ 8,29	7,79/ 8,27	8,02/ 8,56	7,55/ 8,1
Щелочность (ммоль/дм³)	1,14/ 1,29	1,14/ 1,48	1,22/ 1,24	1,17/ 1,37	1,17/ 1,38	1,12/ 1,42

Биогенные вещества (мкг/дм³). Экстремально высокая концентрация аммонийного азота (1,24 ПДК) была зафиксирована у дна на ст.№3к в июле (табл. 4.27, рис. 4.8). За период наблюдений с начала века значения аммония в Копорской губе были наибольшими. В остальных случаях диапазон значений на поверхности составил 0–119 (0,31 ПДК), на придонном горизонте 0–94. Из-за очень высокого июльского значения ингредиента среднее содержание аммонийного азота во всем столбе воды составило максимальное значение с 2002 г. Случаев нарушения норматива по содержанию нитритного азота в водах губы зафиксировано не было. Диапазон значений по двум станциям на поверхности составил 0,9–9,5 (0,4 ПДК, сентябрь) при среднем 3,8; в придонном слое 1,5–8,3/4,07. Максимальная концентрация нитратного азота (0,03 ПДК) была зарегистрирована на ст.№6к в сентябре у дна. Среднее содержание общего азота во всей толще воды стало минимальным за последние пять лет. Концентрация минерального и общего фосфора была в пределах обычных межгодовых колебаний. Максимальное содержание фосфатов зафиксировано на ст.№6к в мае у дна. Очевидно, воды Копорской губы не загрязнены биогенными элементами.

Таблица 4.27. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) и загрязняющих веществ в водах Копорской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм³	26,0/ 45,0	3,67/ 22,0	24,67/ 66,0	13,0/ 72,0	5,17/ 62,0	67,83/ 481,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм³	5,95/ 27,0	3,22/ 4,5	2,02/ 3,2	2,61/ 7,4	5,13/ 11,8	3,27/ 9,5	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм³	17,33/ 49,0	25,83/ 118,0	20,0/ 36,0	85,58/ 256,0	85,92/ 177,0	77,39/ 291,0	9032
Общий азот N _{total}	511,83/ 558,0	479,33/ 576,0	479,67/ 537,0	436,33/ 627,0	446,5/ 573,0	463,7/ 562,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	4,68/ 23,0	8,03/ 41,0	3,58/ 14,0	12,08/ 36,0	17,47/ 41,60	7,37/ 31,3	50
Общий фосфор P _{total}	15,25/ 33,0	15,95/ 47,0	12,48/ 20,0	21,23/ 46,0	28,55/ 53,5	16,6/ 42,5	
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм³	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/дм³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,05/ 0,1	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,017/ 0,1	1,0
СПАВ, мкг/дм³	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

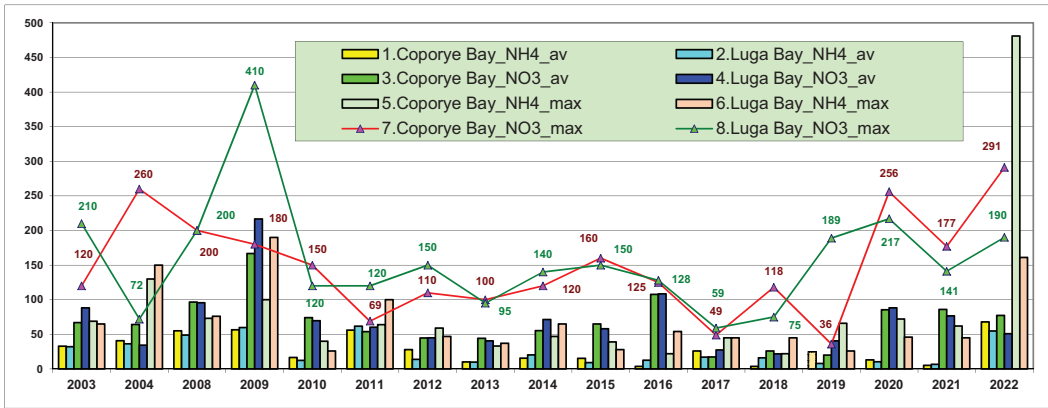


Рис. 4.8. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации соединений азота (мкг/дм³) в водах Копорской и Лужской губы Финского залива в 2003–2022 гг.

Органические загрязняющие вещества. В двух майских пробах на ст.№3к зафиксировано присутствие фенола близко к аналитическому нулю. Другие органические ЗВ, включая НУ, обнаружены не были.

Металлы (мкг/дм³). Содержание меди в Копорской губе превышало норматив в трех пробах из двенадцати. Все случаи зафиксированы на ст.№3к. Максимальная величина (1,8 ПДК) отмечена в июльской пробе из придонного горизонта (табл. 4.28). Средняя концентрация меди на поверхности и у дна была одинаковой (0,8 ПДК). Наибольшее содержание цинка в водах губы (0,3 ПДК) зафиксировано в июле у дна на ст. №3к. В четырех пробах цинк не был обнаружен, а средняя концентрация была в пределах межгодовых изменений. Концентрация марганца в двенадцати пробах из Копорской губы превысила допустимый уровень в пяти пробах, четыре из которых отобраны из придонного слоя. Средняя концентрация

марганца стала наибольшей с 2018 г., а максимум (5,3 ПДК, июль) был отмечен в июле на глубине 25 м. Содержание алюминия превышало предел обнаружения в четырех пробах; среднее наибольшее с 2015 г.; максимальное значение отмечено в июле у дна на глубине 14 м. Концентрация свинца составляла 0–5,8/2,9; никеля 0–3,6/1,7 и кадмия 0,29–1,30/0,76 мкг/дм³. Во всех отобранных пробах содержание железа, ртути и хрома была ниже предела обнаружения использованного метода анализа.

Таблица 4.28. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Копорской губы в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Сu, мкг/дм ³	1,73/ 2,9	0,0/ 0,0	0,88/ 1,3	3,63/ 6,1	7,95/ 22,8	3,84/ 8,9	5
Zn, мкг/дм ³	8,45/ 16,0	13,4/ 26,4	3,1/ 6,6	19,88/ 42,0	11,64/ 16,8	7,04/ 15,1	50
Mn, мкг/дм ³	62,53/ 209,0	92,93/ 250,0	66,68/ 140,0	45,19/ 200,0	35,6/ 110,0	70,38/ 264,0	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	3,25/ 13,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	1,45/ 11,6	3,72/ 12,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,48/ 3,8	2,89/ 5,8	10

В целом, кислородный режим был удовлетворительным. В 4 случаях из 18 было зафиксировано нарушение норматива. Все пробы отобраны на придонном горизонте. В поверхностном слое вод Копорской губы содержание растворенного кислорода изменялось в диапазоне 8,33–10,49 мгО₂/дм³, при среднем 9,35; в придонном 4,87–9,73/7,32 мгО₂/дм³. Значение кислорода ниже установленного норматива было зафиксировано в четырех придонных пробах на ст.№6к. Диапазон изменений насыщения вод кислородом составил в поверхностном слое вод двух станций 84,3–106,1%, на придонном горизонте 39,4–84,6%. Как и в прошлом году, индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,80) позволяет оценить воды Копорской губы в 2022 г. как «умеренно загрязненные». III класс (табл. 4.32). Расчет индекса проводился по средней концентрации тяжелых металлов – марганца, свинца и меди. Расчет без металлов по кислороду (0,75), фосфатному фосфору (0,15), нитритному азоту (0,14) и аммонийному азоту (0,17) показывает уменьшение значения примерно в три раза (ИЗВ=0,30), II класс «чистые».

4.13. Лужская губа

В 2022 г. гидрохимическая съемка Лужской губы была выполнена в мае, июле и сентябре на двух станциях с глубинами 10 м и 31 м на разных горизонтах. Всего обработано 23 пробы воды. Минимальная температура (2,08°С) зафиксирована на глубине 20 м, максимальная (21,1°С) на поверхности в июле. Средняя температура во всем столбе воды на двух станциях в мае составила 6,60°С, в июле 16,47°С, в сентябре 10,75°С. Вертикальные различия солёности в целом незначительные: на поверхности значения изменялись в диапазоне 2,76–3,41‰, в среднем 3,06‰; у дна – 2,81–4,74/3,52‰. Средняя солёность (3,40‰) была на уровне среднего многолетнего (табл. 4.29). Величина водородного показателя варьировала в пределах 6,91–8,20 при среднем 7,56 ед.рН. Диапазон значений щёлочности 1,093–1,470 ммоль/дм³; вертикальные различия на обеих станциях были незначительными, а средняя (1,220 ммоль/дм³) стала минимальной за последние пять лет.

Таблица 4.29. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Температура (°C)	16,68/ 18,8	14,82/ 20,0	15,55/ 18,2	12,64/ 18,8	9,85/ 18,2	11,3/ 21,1
Соленость (‰)	3,44/ 4,0	3,38/ 5,23	4,28/ 5,61	3,34/ 4,24	3,53/ 4,55	3,40/ 4,74
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	7,49/ 6,13	7,24/ 4,69	8,08/ 4,21	8,12/ 5,03	10,34/ 4,29	8,63/ 5,97
Кислород (%)	78,45/ 92,4	76,27/ 101,8	84,77/ 107,6	79,1/ 117,5	90,13/ 107,1	83,91/ 110,1
pH	7,91/ 8,28	7,58/ 7,80	8,09/ 8,34	7,69/ 8,28	7,91/ 8,38	7,56/ 8,20
Щелочность (ммоль/дм ³)	1,37/ 1,64	1,27/ 1,53	1,29/ 1,35	1,26/ 1,54	1,25/ 1,36	1,22/ 1,47

Биогенные вещества (мкг/дм³). Диапазон концентрации аммонийного азота в водах Лужской губы в столбе от поверхности до дна составил 40–161 в мае, 32–102 в июле и от <20 до 70 мкг/дм³ в сентябре. Средняя концентрация ингредиента (0,14 ПДК) стала наибольшей с 2011 г. (табл. 4.30, рис.4.28). На поверхности диапазон значений нитритного азота составил 1,4–2,6, на придонном горизонте 1,9–9,3; средняя концентрация в столбе воды (0,12 ПДК) стала минимальной с 2016 г. Максимальная концентрация нитратов (0,02 ПДК) отмечена на ст.№бл в сентябре у дна. Содержание фосфатов варьировало от аналитического нуля в пяти пробах из семнадцати до 1,32 ПДК; средняя величина была в два раза ниже среднемноголетней (16,0 мкг/дм³). Значения общего фосфора были примерно в два раза выше концентрации фосфатов; содержание ингредиента в глубинных водах (в среднем 19,2) было немного больше приповерхностного слоя (14,1 мкг/дм³).

Таблица 4.30. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2017–2022 гг.

Ингредиент	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	17,0/ 45,0	16,0/ 45,0	8,0/ 26,0	10,33/ 46,0	6,67/ 45,0	54,76/ 161,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	7,05/ 28,0	4,08/ 5,5	3,37/ 4,2	3,94/ 12,0	4,57/ 7,2	2,83/ 9,3	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	27,33/ 59,0	21,67/ 75,0	40,5/ 189,0	88,17/ 217,0	76,67/ 141,0	50,76/ 190,0	9032
Общий азот N _{total}	521,33/ 604,0	520,0/ 576,0	548,67/ 660,0	454,08/ 574,0	454,58/ 583,0	464,0/ 626,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄	5,92/ 22,0	10,02/ 45,0	8,23/ 40,0	16,92/ 41,0	17,93/ 38,6	8,12/ 31,7	50
Общий фосфор P _{total}	13,82/ 32,0	15,47/ 45,00	16,28/ 44,0	26,17/ 53,0	30,68/ 54,4	17,44/ 45,0	
Нефтяные углеводороды TPHs мг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,001/ 0,012	0,0/ 0,0	0,05
Фенолы, мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,03/ 0,2	0,017/ 0,2	1,0
СПАВ, мкг/дм ³	2,5/ 10,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	100

Органические загрязняющие вещества. В одной майской поверхностной пробе были найдены фенолы в концентрации 0,1 ПДК. Нефтяные углеводороды, СПАВ и хлорорганические пестициды не обнаружены.

Металлы (мкг/дм³). Средняя концентрация меди во всем столбе воды (0,73 ПДК) уменьшилась после высоких значений двух предыдущих лет; максимальная (1,22 ПДК) зафиксирована на ст.№18л в июле у дна (табл. 4.31). Концентрация цинка была ниже предела обнаружения в четырех пробах из двенадцати, а в остальных достигала 0,42 ПДК в июле у дна на глубине 10 м. Значения марганца в водах Лужской губы превысили норматив в четырех придонных пробах. Максимальная концентрация (5,4 ПДК) зафиксирована в сентябре на глубине 31 м, а средняя (1,0 ПДК) стала наибольшей за последние три года. Содержание свинца было ниже предела обнаружения в одной пробе, а в остальных достигало 0,5 ПДК. Концентрация никеля составила 0–2,6/1,2 мкг/дм³, а железа, алюминия, ртути, кобальта и хрома была ниже предела обнаружения.

Таблица 4.31. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Лужской губы в 2017–2022 гг.

Металлы	2017	2018	2019	2020	2021	2022	ПДК
Cu мкг/дм ³	1,25/ 2,0	0,65/ 2,6	1,6/ 1,9	4,11/ 7,0	5,93/ 11,3	3,67/ 6,1	5
Zn мкг/дм ³	4,28/ 4,9	12,68/ 17,4	4,85/ 7,7	19,51/ 39,0	22,13/ 109,0	8,46/ 21,1	50
Mn мкг/дм ³	45,2/ 121,0	94,23/ 280,0	121,0/ 330,0	28,59/ 95,0	31,04/ 59,0	50,75/ 269,0	50
Fe мкг/дм ³	11,5/ 46,0	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	0,0/ 0,0	1,75/ 14,0	2,95/ 12,5	0,0/ 0,0	40
Pb мкг/дм ³	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,0/ 0,0	0,51/ 4,1	3,86/ 5,4	10

Концентрация кислорода в водах Лужской губы только однажды в июле на глубине 31 м была немного ниже нормативам (табл. 4.29). Среднее значение кислорода на поверхности 9,86, у дна 7,40 мгО₂/дм³. Относительное содержание растворенного кислорода не соответствовало нормативу (менее 70% насыщения) в четырех придонных пробах: 45,4–67,9%. Более низкое содержание в воде кислорода на глубинных горизонтах связано с высоким уровнем вертикальной стратификации водной толщи. Индекс загрязненности вод Лужской губы (ИЗВ=0,71, II класс, «чистые») точно повторил значение прошлого года, однако место цинка в расчете занял свинец (табл. 4.32). Расчет индекса проводился по средней концентрации тяжелых металлов – марганца, меди и свинца. Расчет без металлов по кислороду (0,70), нитритному азоту (0,12), фосфатному фосфору (0,16), и аммонийному азоту (0,14) показывает уменьшение значения примерно в два раза (ИЗВ=0,28), II класс качества, «чистые».

Выводы

В 2022 г. совокупный индекс загрязнения вод восточной части Финского залива к западу от Комплекса защитных сооружений составил 1,00 (III класс, «умеренно загрязненные»), (табл. 4.32). В расчет включены очень высокие значения легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в курортном районе восточной части Финского залива (средняя концентрация 1,81 ПДК). В других частях акватории этот параметр не определялся, поэтому если вместо органических веществ включить в расчет фосфаты (Р-Р_{О4}=0,39 ПДК), то значение индекса снизится до ИЗВ=0,64 (II класс, «чистые»). В целом воды этой части залива находятся в стабильном состоянии, а межгодовые изменения индекса незначительные. Воды Лужской губы и Мелководной зоны Восточной части Финского залива могут быть по результатам

проведенных съемок оценены как «чистые». В придонных слоях на больших глубинах часто отмечаются случаи нарушения кислородного режима, а концентрация кислорода была ниже норматива в 24 пробах (14%). Наименьшее значение (3,02 мгО₂/дм³) немного не достигало уровня высокого загрязнения (ВЗ) и было отмечено на ст.№2 на глубине 38 м. Концентрация загрязняющих веществ выше норматива была зафиксирована только для металлов (медь, марганец, цинк и железо). Повышенное содержание меди и марганца было зафиксировано во всех районах восточной части Финского залива. Экстремально высокие значения концентрации железа зафиксированы в Мелководном районе восточной части Финского залива, что привело к увеличению ИЗВ для этого района. Уровень содержания различных форм биогенных веществ в целом невысокий. Нефтяные углеводороды (флуоресцентный метод) и синтетические поверхностно-активные вещества в восточной части залива не зафиксированы, а содержание фенолов очень низкое. 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 использованного метода химического анализа.

Таблица 4.32. Оценка качества вод восточной части Финского залива по индексу загрязненности вод ИЗВ в 2018–2022 гг.

Район	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Содержание ЗВ в 2022г. (в ПДК)
	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	ИЗВ/класс	
Курортный район МЗВЧ	1,69/ IV	1,22/ IV	1,70/ IV	1,56/ IV	2,23/ V	Fe 5,31; БПК ₅ 1,81; Cu 1,24; O ₂ 0,55
Мелководная зона восточной части ФЗ	0,87/ III	0,61/ II	0,79/ III	0,87/ III	0,54/ II	Cu 0,78; Mn 0,40; P-PO ₄ 0,30; O ₂ 0,69
Глубоководная зона восточной части ФЗ	1,05/ III	1,33/ IV	0,66/ II	0,80/ III	0,67/ II	Mn 0,71; P-PO ₄ 0,61; Cu 0,61; O ₂ 0,74
Копорская губа	0,77/ III	0,57/ II	0,69/ II	0,81/ III	0,80/ III	Mn 1,41; Cu 0,77; Pb 0,29; O ₂ 0,75
Лужская губа	0,75/ II	0,91/ III	0,63/ II	0,71/ II	0,71/ II	Mn 1,02; Cu 0,73; Pb 0,39; O ₂ 0,70
Восточная часть Финского залива	1,03/ III	0,92/ III	0,89/ III	0,95/ III	1,00/ III	Cu 0,77; Mn 0,71, БПК ₅ 1,81; O ₂ 0,70

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 (Лоция 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 (Лоция, 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, 1991–1, 1991–2; 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 (Люция, 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 плавучими 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 (3212 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 15 июля и 15–16 ноября 2022 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).

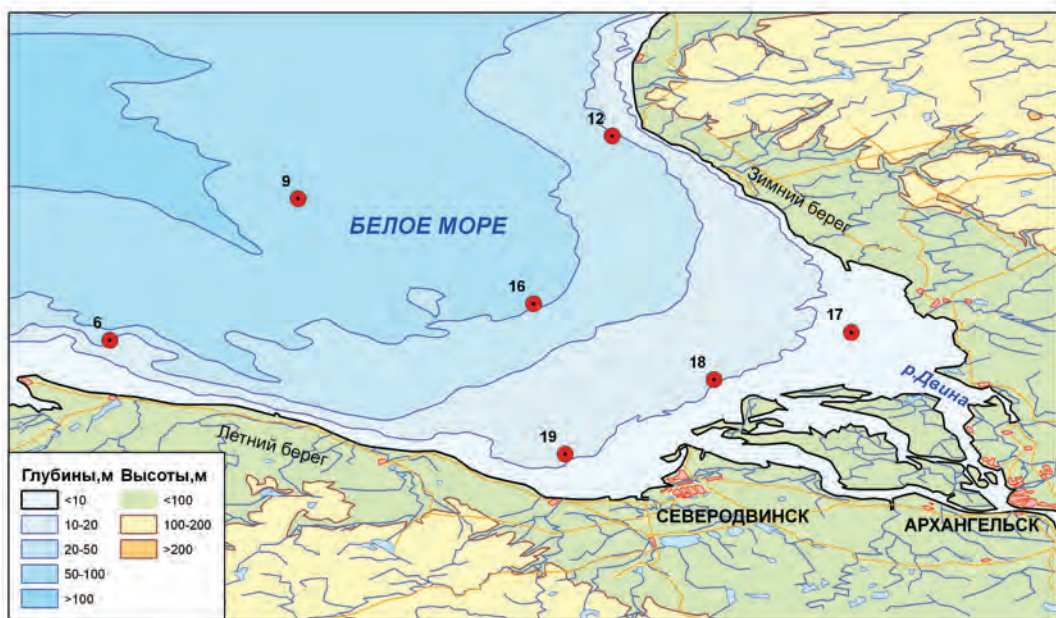


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2022 г.

Температура вод Двинского залива варьировала от $-0,18^{\circ}\text{C}$ до $21,3^{\circ}\text{C}$, среднее значение $8,1^{\circ}\text{C}$. Минимум наблюдался в июле на глубине 80 м на станции №9. Соленость на исследованной акватории уменьшилась по сравнению с прошлым годом и в среднем

составила 23,7‰ (на 1,3‰ ниже). Диапазон значений 9–28‰ смещен в сторону меньшей, чем в 2021г., солености, а минимум, связанный с влиянием речных вод, наблюдался в ноябре на ст.№17 в приустьевом районе дельты Северной Двины в поверхностном слое. Значения рН изменялись в диапазоне 7,55–8,21, составив в среднем 7,98 ед.рН. Минимальная прозрачность по диску Секки вблизи дельты на ст.№17 и ст.№18 составляла 1,5 м в июле, а максимальная достигала 6,0 м на станции №9 в июле.

Содержание **нефтяных углеводородов** изменялось от аналитического нуля (предел обнаружения 0,005 мг/дм³) до 0,076 мг/дм³ (1,52 ПДК), при среднем значении 0,018 мг/дм³, что немного выше прошлогоднего. Превышение ПДК было обнаружено только в 1 пробе, в ноябре на ст.№16 в придонном слое. В период 1978–2000 гг. средние значения содержания НУ 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 2019–2022 гг. (рис. 5.3). В 2022 г. максимальное значение увеличилось, среднегодовое осталось на уровне средних за последние 4 года.

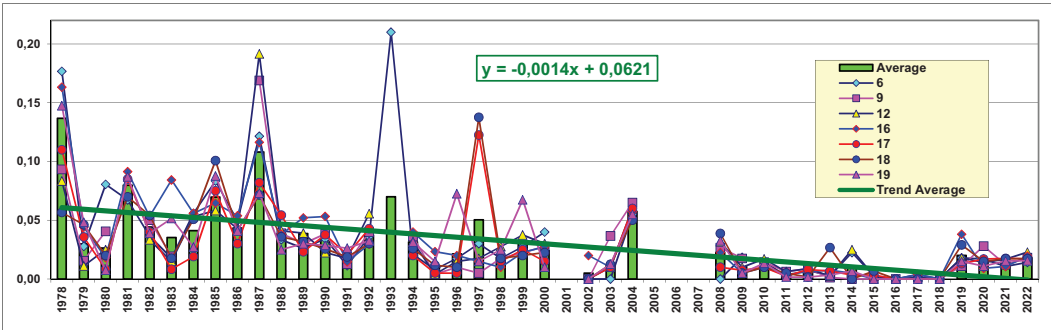


Рис. 5.2. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) на станциях Двинского залива Белого моря в 1978–2022 гг.

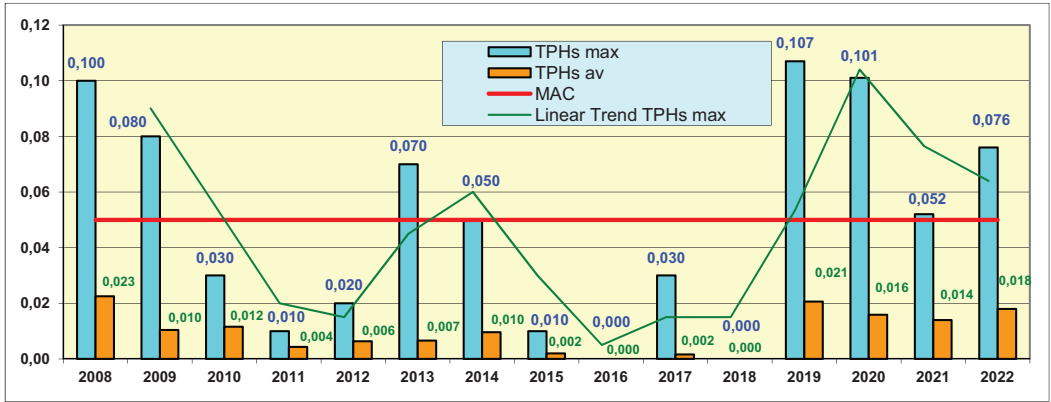


Рис. 5.3. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Двинского залива Белого моря в 2008–2022 гг.

Все 28 анализируемых на СПАВ проб показали их наличие, с концентрацией от 10 до 326 мкг/дм³. Максимальное значение 3,26 ПДК было зафиксировано в июле на ст.№16 на поверхности. В среднем содержание СПАВ составило 1,69 ПДК, это значительно выше прошлогоднего значения 0,74 ПДК. Хлорорганические пестициды в водах Двинского залива не измерялись.

Средняя концентрация меди 1,08 мкг/дм³ (0,22 ПДК), что немного выше уровня 2021 г., диапазон изменения 0–10,97 мкг/дм³. Среднее значение около 0,2 ПДК держится последние 3 года. Максимум 10,97 (2,19 ПДК) отмечен в июле на ст.№19 на глубине 10 м и был чуть выше, чем в прошлом году (2,14 ПДК). Содержание свинца варьировало в диапазоне 0–10,66, при средней концентрации 1,17 мкг/дм³ (0,12 ПДК), что значительно превышает значения прошлых лет.

Концентрация биогенных элементов в водах залива была примерно на уровне средних многолетних значений. Содержание нитратного азота изменялось в диапазоне 0–140/56,4 мкг/дм³. На протяжении многих лет максимальные значения нитратов на дне были обычно выше, чем на поверхности или в среднем слое (рис. 5.4). Самая высокая концентрация (274 мкг/дм³, это 0,03 ПДК) была зафиксирована в придонном слое в 2012 г. За весь сорокапятилетний период наблюдений среднегодовая концентрация нитратного азота практически не изменилась, и линейный тренд этого показателя не выявлен. В то же время наблюдается существенная межгодовая изменчивость и средних, и экстремальных значений. Так, после понижения в 2020 г. произошло вновь некоторое повышение значений в 2021–2022 г.

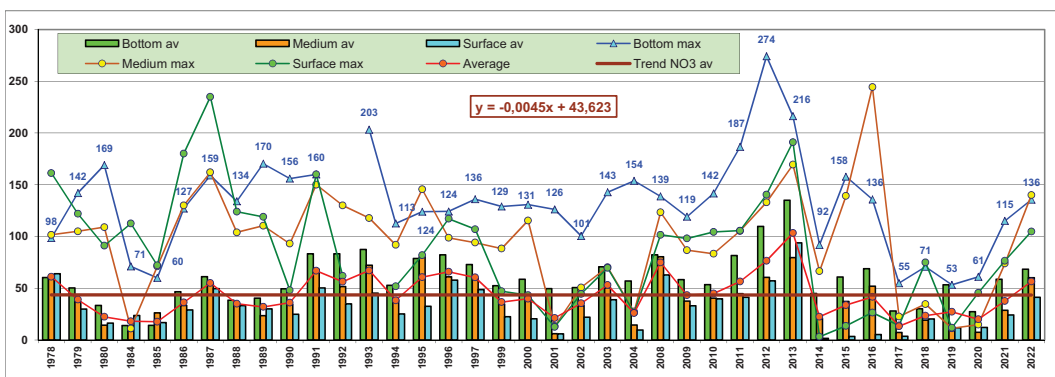


Рис. 5.4. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов (мкг/дм³) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2022 гг.

Содержание нитритного азота было в пределах 0,6–22,2 при среднем 3,0 мкг/дм³. Содержание аммонийного азота в среднем по всем пробам составило 7,09 мкг/дм³; пределы изменений – от аналитического нуля до 30,65 мкг/дм³. В последнее десятилетие налицо стабилизация содержания аммонийного азота на очень низком уровне в районе десятитысячных долей ПДК для морских вод (2239 мкг/дм³). Многолетняя динамика аммония показывает существенное снижение значений в столбе воды после 2009 г. (рис. 5.5). Значения на всех станциях залива имеют небольшой разброс практически во все годы наблюдений.

Среднегодовая концентрация силикатов в 2022 г. составила 866 мкг/дм³, что выше почти в 2 раза прошлогоднего значения 498 мкг/дм³, диапазон изменения 86–3115 мкг/дм³. За 45 лет наблюдений за содержанием силикатов отмечаются подъемы и спады значений в

разные годы (рис. 5.6). Линейного тренда не выявляется. Максимальное значение обычно отмечалось в верхнем слое – 1054 в 1993, 990 в 1978, а в 2022 г. оно самое высокое – 1140 мкг/дм³. Интересной особенностью является пониженное содержание силикатов в среднем слое, по сравнению с таковыми в придонном и поверхностном слоях. Провал значений в 2016 г., возможно, связан с ошибкой метода определения.

Содержание общего фосфора было в диапазоне 9,24–72,82, при среднем 19,64 мкг/дм³, что на уровне прошлого года; фосфора фосфатов 0,98–110,1/20,15 мкг/дм³, максимальное значение в 2,2 ПДК зафиксировано 16 ноября на горизонте 20 м на ст.№16.

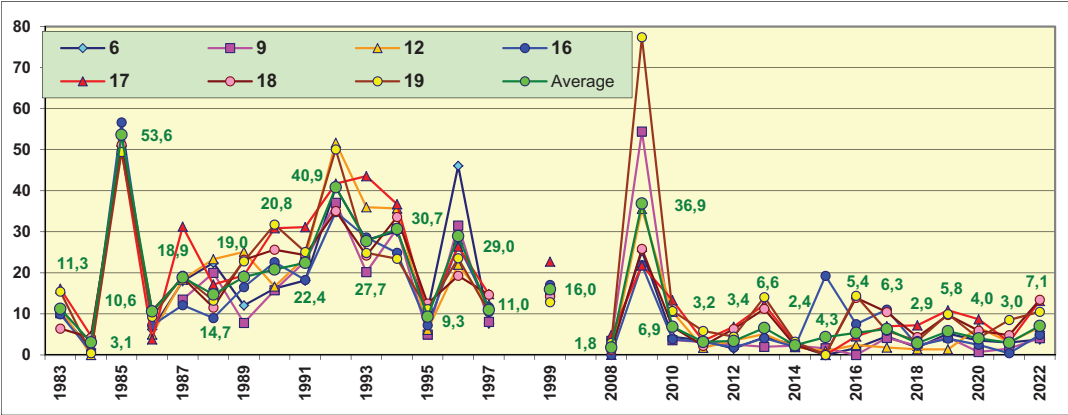


Рис. 5.5. Многолетняя динамика среднего значения содержания аммонийного азота (мкг/дм³) в водах Двинского залива Белого моря в 1983–2022 гг.

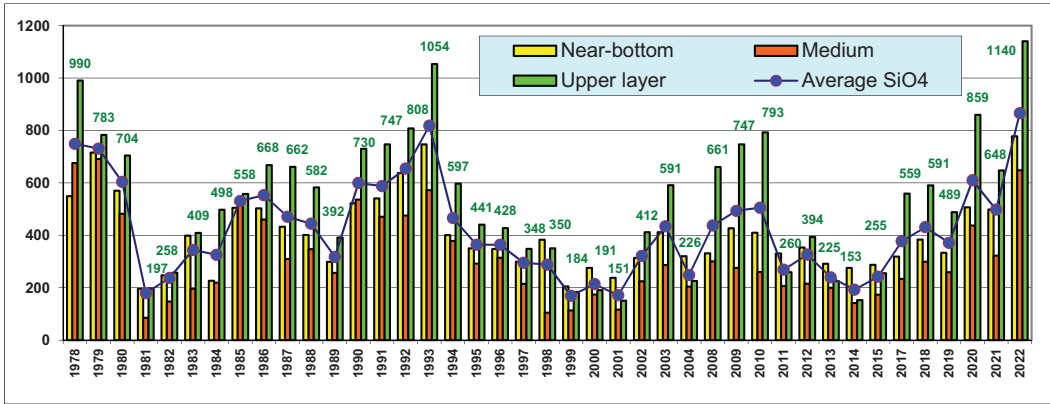


Рис. 5.6. Динамика средней и максимальной концентрации силикатов (мкг/дм³) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978–2022 гг.

Среднее содержание растворенного кислорода 9,60 против 8,75 в 2021 г., диапазон изменений 7,95–11,2 мгО₂/дм³, т.о. содержание кислорода увеличилось (рис. 5.7). Процент насыщения изменялся в диапазоне 78,6–112,1%, в среднем 92%, это также выше прошлогодних значений.

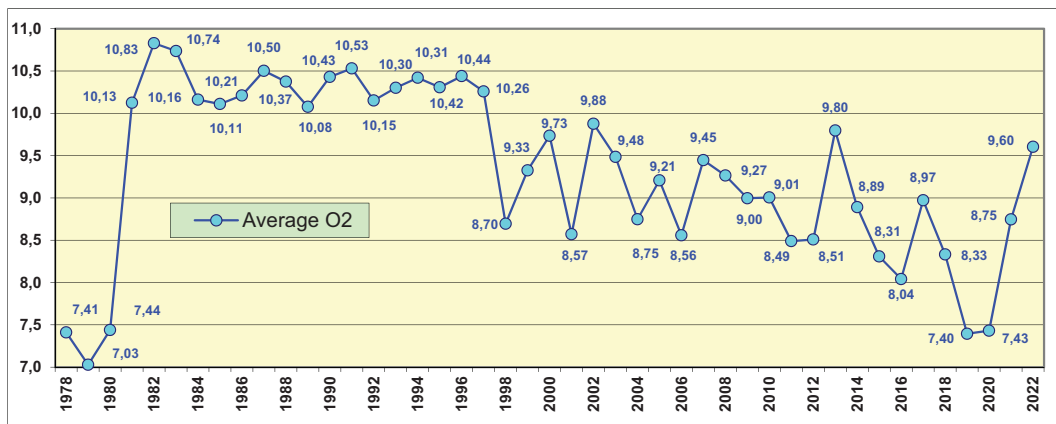


Рис. 5.7. Динамика среднего содержания кислорода ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в период 1978–2022 гг.

Качество вод по комплексному индексу загрязненности ИЗВ (0,77) ухудшилось по сравнению с прошлым годом и перешло в III класс, «умеренно загрязненные», что связано, в первую очередь, с увеличением содержания СПАВ. Для расчета ИЗВ использовались средняя концентрация НУ, СПАВ, фосфатов и растворенного в воде кислорода (табл. 5.2).

5.4. Кандалакшский залив

В 2022 г. на водпосту на акватории Кандалакшского морского торгового порта было отобрано 6 проб из приповерхностного слоя. Значения температуры были в диапазоне от 2°C (в марте) до 15°C (в августе). Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 5,6‰ до 19,8‰ при среднем годовом значении 10,2‰, что ниже прошлогоднего значения более чем на 3‰. Водородный показатель в пробах воды варьировал в пределах 7,18–7,81 ед.рН, среднее значение 7,56 ед.рН, примерно как в прошлом году. Содержание кислорода было в диапазоне 6,68–9,17 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$, составив в среднем 7,79 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$, что значительно меньше среднего для 2021 г. значения 11,53 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$.

В сравнении с прошлым годом немного повысилось содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅, в среднем 0,37 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ (0,17 ПДК) и только один раз было зафиксировано значение 1,1 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне 0,009–0,07 $\text{мг}/\text{дм}^3$, в среднем составило 0,026 $\text{мг}/\text{дм}^3$, что в 2 раза выше прошлогоднего уровня (рис.5.8). Максимум зафиксирован в марте.

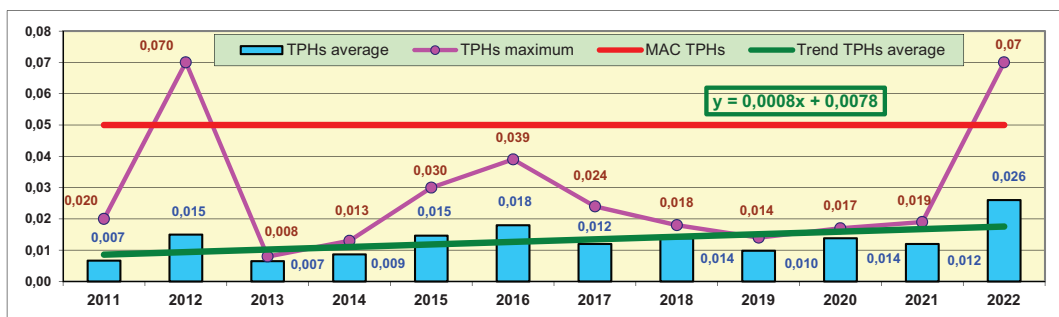


Рис. 5.8. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в водах Кандалакшского залива Белого моря в 2011–2022 гг.

Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения. Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь 0–11,8 мкг/дм³, при среднем значении 3,88 мкг/дм³ (0,78 ПДК, выше прошлого года); никель 0–5,8/2,48 мкг/дм³; марганец 0–28,8/10,83 мкг/дм³; железо 0–100/36,5 мкг/дм³, максимум отмечен в марте и составляет 2 ПДК. Содержание ртути было выше предела обнаружения в двух пробах – в марте и мае – 0,015 мкг/дм³. Содержание свинца в марте и октябре составило 2 мкг/дм³, в остальных пробах не был обнаружен, в среднем 0,67 мкг/дм³. Отметим, что свинец обнаружен впервые после 2015–2021гг.; впервые после 2013г. обнаружен и цинк: 5,3–89,0/24,5 мкг/дм³, причем максимальное значение составило 1,8 ПДК; концентрация хрома снизилась и составила 0–1,4 мкг/дм³, хром обнаружен в двух пробах из 6; кадмий во всех 6 пробах был ниже предела обнаружения.

Значения концентрации аммонийного азота превысили ПДК (при солёности <13‰) в трех пробах из 6, причем в одной пробе почти в 9 раз, в среднем составив 879,9 мкг/дм³ (2,26 ПДК). Содержание фосфатов достигало 487,7 мкгР/дм (9,8 ПДК) и в среднем составило 93,5 мкгР/дм³ (1,87 ПДК). Нитриты были на уровне прошлого года, в диапазоне 0–4,3 мкгN/дм³, при среднем значении 1,8 мкгN/дм³; нитраты – 2,3–119,0/32,55 мкгN/дм³; силикаты – 295–1542/926,8 мкг/дм³. Для расчета комплексного индекса загрязненности вод ИЗВ использовались средняя концентрация аммонийного азота, фосфатов, меди и растворенного в воде кислорода. Качество морских вод по ИЗВ (1,42, «загрязненные») относится к IV классу. Отметим, что случаи загрязнения аммонийным азотом и фосфатами становятся систематическими.

Таблица 5.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2019–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	пдк	С*	пдк	С*	пдк
Двинский залив (7 ст., 56 проб)	НУ	0,016	0,32	0,014	0,28	0,018	0,36
		0,101	2,02	0,052	1,04	0,076	1,52
	СПАВ	0		74,3	0,74	169,1	1,69
		0		750	7,50	326,0	3,26
	Нитриты	2,7	0,11	2,0	0,08	3,00	0,12
		5,45	0,23	4,7	0,20	22,15	0,92
	Аммонийный азот	4,0	0,01	3,0	<0,01	7,09	0,02
		26,6	0,06	28,0	0,07	30,65	0,08
	Медь	1,01	0,20	0,93	0,19	1,08	0,22
		4,68	0,94	10,7	2,14	10,97	2,19
	Свинец	0,072	<0,01	0,083	<0,01	1,173	0,12
		0,33	0,03	0,37	0,04	10,66	1,07
	Растворенный кислород	7,43		8,75		9,60	
		4,60	0,77	7,92		7,95	
	% насыщения	69,8		86,5		92,0	
		41,7		70,2		78,6	
Кандалакшский залив: порт Кандалакша (6 проб)	НУ	0,014	0,28	0,012	0,24	0,026	0,52
		0,017	0,34	0,019	0,38	0,070	1,40
	СПАВ			0,0		25,0	0,25
				0,0		150,0	1,50
	Медь	4,1	0,82	3,4	0,68	3,88	0,78
		11,6	2,32	8,1	1,62	11,80	2,36
	Никель	1,5	0,15	1,2	0,12	2,48	0,25
		3,6	0,36	4	0,40	5,80	0,58

	Свинец	0		0		0,67	0,07
		0		0		2,00	0,20
	Марганец	8,4	0,17	7,6	0,15	10,83	0,22
		24	0,48	13,8	0,28	28,80	0,58
	Железо	42,5	0,85	43,0	0,86	36,50	0,73
		86	1,72	140	2,80	100	2,00
	Ртуть	0,002	0,02	0,0025	0,03	0,005	0,05
		0,013	0,13	0,015	0,15	0,015	0,15
	Аммонийный азот	2449,4	6,30	156	0,40	879,9	2,26
		10813	27,80	493	1,27	3428,0	8,81
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	0,68	0,32	0,18	0,09	0,37	0,17
		2,5	1,19	1,1	0,52	1,10	0,52
	Растворенный кислород	10,59		11,53		7,79	
		7,80		9,35		6,68	

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 2020–2022 гг.

Район моря	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Двинский залив	0,36	II	0,50	II	0,77	III	СПАВ 1,69; PO ₄ 0,40; НУ 0,36; O ₂ 0,62
Торговый порт, г. Кандалакша	0,63	II	0,66	II	1,42	IV	NH ₄ 2,26; PO ₄ 1,87; Cu 0,78; O ₂ 0,77

Выводы

В Двинском заливе в 2022 г. было выполнено две гидрохимических съемки в июле и ноябре. Сравнительная межгодовая оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. По сравнению с 2021 г. загрязнение НУ, нитратами и аммонийным азотом, медью осталось примерно на том же уровне. Загрязнение свинцом выше ПДК в течение 2022 г. наблюдалось в одной пробе. Превышение норматива по НУ отмечено лишь в одной пробе на ст.№16; 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 2022 г. продолжилась тенденция улучшения кислородного режима, содержание растворенного в воде кислорода менее установленного норматива не наблюдалось. Приоритетным загрязняющим веществом оказались СПАВ, их высокое содержание увеличило ИЗВ до 0,77, что соответствует III классу, «умеренные загрязненные» (табл. 5.2).

Загрязнение вод Кандалакшского залива в 2022 г. нефтяными углеводородами было выше уровня прошлого года. Содержание СПАВ было ненулевым (1,5 ПДК) в 1 пробе. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ остается относительно невысоким. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и прошлогодних значений. Содержание тяжелых металлов, в общем, повысилось. После перерыва с 2015 г. обнаружен свинец, и впервые после 2013 г. – цинк. Лишь по железу отмечено снижение, а максимальное значение 2 ПДК было только в одной пробе. Загрязнение тяжелыми металлами существенно по меди (0,78 ПДК), железу (0,73 ПДК) и цинку (0,49 ПДК). Однако приоритетными ЗВ являются аммонийный азот и фосфаты, причем они таковыми бывают систематически, а в 2020 г. был случай экстремального загрязнения. Индекс загрязненности вод увеличился от 0,66 до 1,42. Воды залива соответствуют IV классу качества вод, «загрязненные» (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. 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 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 ¼ 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 2022 г., один раз в два месяца, Мурманское УГМС выполнило 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, цинка, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов и СПАВ используется единица мкг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов – мг/дм³. Предел обнаружения (DL) фосфатов PO₄ составлял 5,0 мкг/дм³, общего фосфора P_{total} 5,0 мкг/дм³, силикатов SiO₂ 10 мкг/дм³, азота нитритов N-NO₂ 0,5 мкг/дм³, азота нитратов N-NO₃ 5,0 мкг/дм³, аммонийного азота N-NH₄ 20,0 мкг/дм³, нефтяных углеводородов 0,005 мг/дм³ (0,1 ПДК) и тяжелых металлов (мкг/дм³): ртуть 0,01, кадмий 0,05; кобальт 0,50; медь, никель, свинец, хром и марганец – 1,00; железо 2,00.

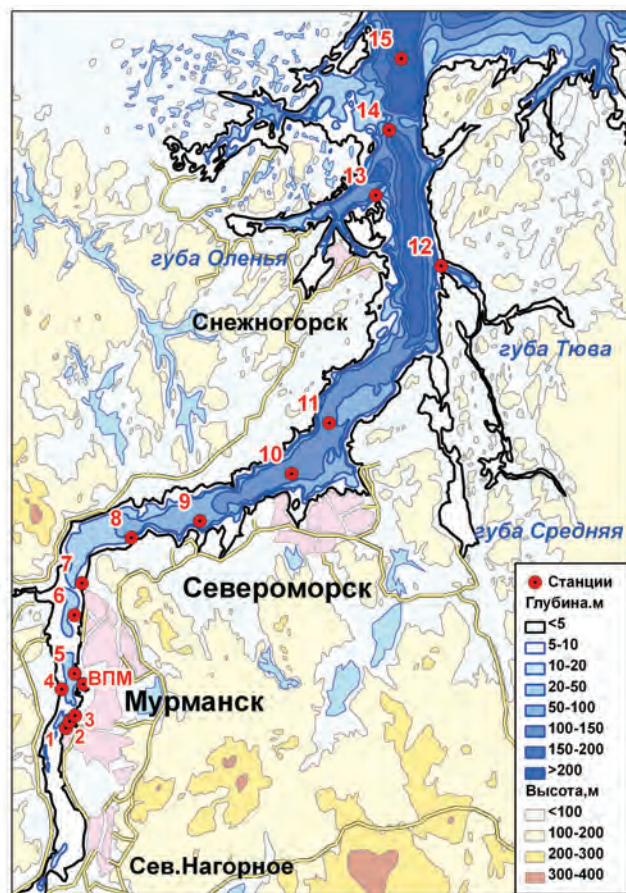


Рис. 6.1. Станции гидрохимического мониторинга в Кольском заливе Баренцева моря.

Температура воды за весь период наблюдений варьировала в пределах от 1,6 до 12,3°C (в июле), при среднем значении 5,2°C, сохраняется тенденция повышения температуры воды, начавшаяся в 2019 г. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 11,6–25,1‰, минимум отмечен в июле, а максимум в марте. Величина водородного показателя была в диапазоне 7,45–8,04 ед.рН; максимум наблюдался в январе, как и в 2021 г. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от нулевого значения до 1,572 мг-экв/дм³; среднегодовая составила 1,050 мг-экв/дм³. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ во всех месяцах, кроме января, было на уровне аналитического нуля, а в январе составило 1,0 мгО₂/дм³. Это ниже значения, зафиксированного в марте прошлого года (1,3 мгО₂/дм³), но на уровне значения января 2020 года (1,0 мгО₂/дм³). Тенденция уменьшения значений БПК₅ сохраняется. В 2022 г., впервые за 10 лет, были зафиксированы взвешенные вещества, их содержание было в диапазоне от нулевых значений до 7,3 мг/дм³, при среднем значении 3,1 мг/дм³, превышения ПДК не зафиксировано; последний раз взвешенные вещества в водах ВПМ были зафиксированы в 2012 г. Также, впервые с 2015 г. в декабре были зафиксированы синтетические поверхностно-активные вещества (6,3 мкг/дм³, 0,06 ПДК). В остальные месяцы присутствия СПАВ не зафиксировано. Пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не были обнаружены, фенолы не определялись.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту Мурманска в 2022 г. было немного ниже прошлогоднего. Концентрация была в диапазоне от 0,02 до 0,065. Максимальное значение отмечено в марте и составило, как и в прошлом году, 1,3 ПДК. Тенденция снижения содержания нефтяных углеводородов сохраняется с 2016 г. Анализ многолетней динамики показал небольшое повышение средней концентрации до уровня ПДК (0,051) против значения 0,034 в 2021 г. В прошлом году среднегодовая концентрация впервые за историю наблюдений опускалась ниже ПДК (рис. 6.2).

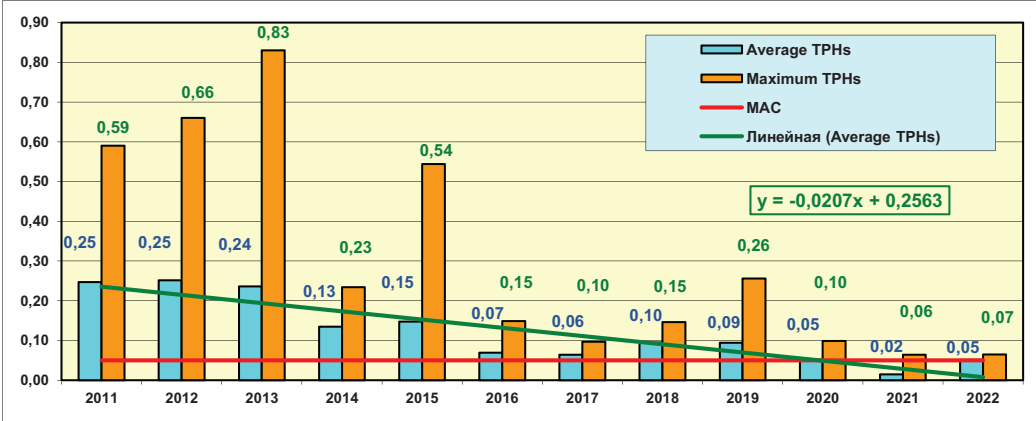


Рис. 6.2. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в торговом порту Мурманска в 2011–2022 гг.

Загрязнение вод порта **тяжелыми металлами** в 2022 г. продолжило снижаться (табл. 6.1). Содержание меди понизилось в сравнении с прошлым годом, максимум составил 2,4, среднее за год – 1,2; превышения ПДК не выявлено (рис. 6.3, табл. 6.2). Содержание кадмия было значительно ниже прошлогоднего значения и находилось на уровне аналитического нуля. Концентрация марганца также снизилась и стала ниже, чем в 2018–2019 гг. Среднее значение составило 0,53, а максимальное 3,2 против прошлогоднего 6,4. Наблюдалось повышение концентрации никеля, максимальное значение отмечено в сентябре – 12,9 (1,29 ПДК), среднее составило 5,55. Впервые с 2018 г. зафиксирован свинец; среднее значение было равным 0,42, максимальное – 2,5 (0,25 ПДК). В 2022 г. ртуть в водах торгового порта г. Мурманск не зафиксирована.

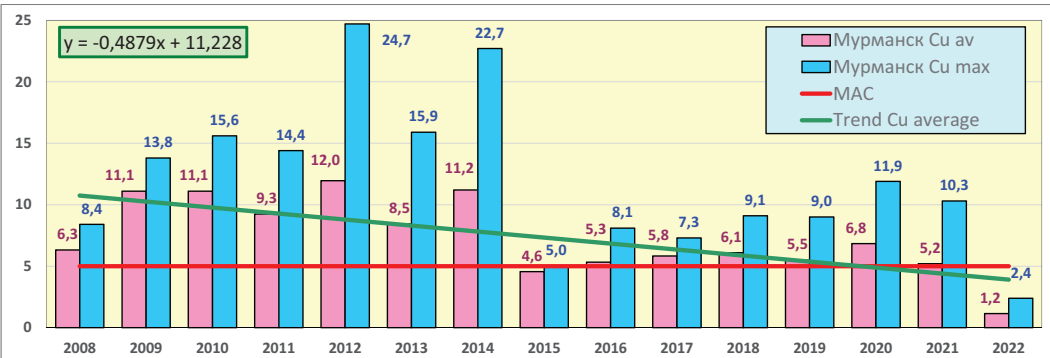


Рис. 6.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2022 гг.

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	2022
Нефтяные углеводороды	2,7	3,0	1,4	1,2	1,9	1,9	1,00	0,68	1,03
Железо	6,0	1,2	0,76	0,65	0,59	0,84	0,70	0,46	0,00
Медь	6,9	4,6	5,3	5,8	6,1	5,5	1,36	1,02	0,23

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от 30,0 (в мае) до 266,0 (в марте), при среднем значении 161,5 (0,06 ПДК). Содержание нитритного азота изменялось в диапазоне 0–6,12 (0,26 ПДК), в среднем 2,72 (0,11 ПДК); нитраты – 9,5–48,4/28,9. Силикаты варьировали в пределах 975–1668 при среднем значении 1386,5. Содержание силикатов снизилось до уровня 2020 г. Концентрация фосфатов была в пределах 2,22–73,6, в среднем 19,93 (0,40 ПДК); по сравнению с прошлым годом снизилась почти в 2 раза (рис. 6.4). В целом сохранилась тенденция снижения содержания биогенных элементов в морской воде вблизи водпоста в торговом порту г. Мурманска.

В районе расположения ВПМ среднегодовая концентрация **кислорода** составляла 9,93 мгО₂/дм³, минимум (8,98 мгО₂/дм³) был существенно выше норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 76,30–104,23%. Значения кислорода в 2022 г. были немного выше прошлогодних, но в целом соответствовали средней многолетней динамике. Согласно значению индекса загрязненности вод ИЗВ тенденция улучшения качества вод в Кольском заливе Баренцева моря в 2022 г. сохраняется. ИЗВ (0,65) стал самым низким за последние пять лет. Качество вод оценивается II классом, «чистые» (табл. 6.3, рис. 6.5). Среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в 2022 г. вернулась к значению уровня ПДК и составила 0,051 мг/дм³. Средняя концентрация меди стала меньше (1,2 мкг/дм³) и впервые за последние три года не превышала норматив. Содержание железа также было низким, ниже предела обнаружения методики анализа, что зафиксировано впервые начиная с 2008 г. Содержание кислорода по сравнению с 2021 г. стало немного выше.

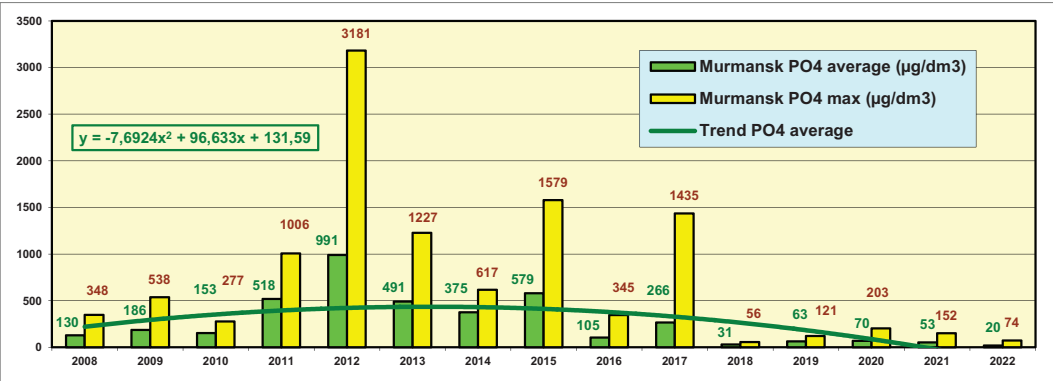


Рис. 6.4. Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO₄ (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2022 гг.

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2020–2022 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,05	1,00	0,034	0,68	0,051	1,03
	0,099	1,98	0,064	1,28	0,065	1,30
Медь Cu	6,8	1,36	5,20	1,02	1,2	0,23
	11,9	2,38	10,3	2,06	2,4	0,48
Никель Ni	1,9	0,19	1,00	0,10	5,55	0,56
	3,8	0,38	3,0	0,30	12,9	1,29
Свинец Pb	0		0		0,42	0,04
	0		0		2,5	0,25
Ртуть Hg	0,002	0,02	0,002	0,02		
	0,013	0,13	0,012	0,12		
Кадмий Cd	0,15	0,02	0,10	0,01	0,00	
	0,5	0,05	0,40	0,04	0,00	
Марганец Mn	8,63	0,17	1,90	0,04	0,53	0,01
	19,3	0,39	6,40	0,13	3,2	0,06
Железо Fe	35	0,70	22,8	0,46	0,0	
	87	1,74	37	0,74	0	
Аммонийный азот N-NH ₄	121	0,04	136,0	0,06	161,5	0,06
	205	0,09	270,8	0,12	266	0,09
Фосфатный фосфор P-PO ₄	69,56	1,39	52,77	1,05	19,93	0,40
	202,62	4,05	151,66	3,03	73,6	1,47
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,17	0,08	0,22	0,10	0,17	0,08
	1,0	0,48	1,3	0,62	1,0	0,48
Растворенный кислород O ₂	10,06		9,32		9,93	
	9,00		8,56		8,98	
% насыщения O ₂	96,3		83,42		86,0	
	76,1		88,6		76,3	

Примечания:

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

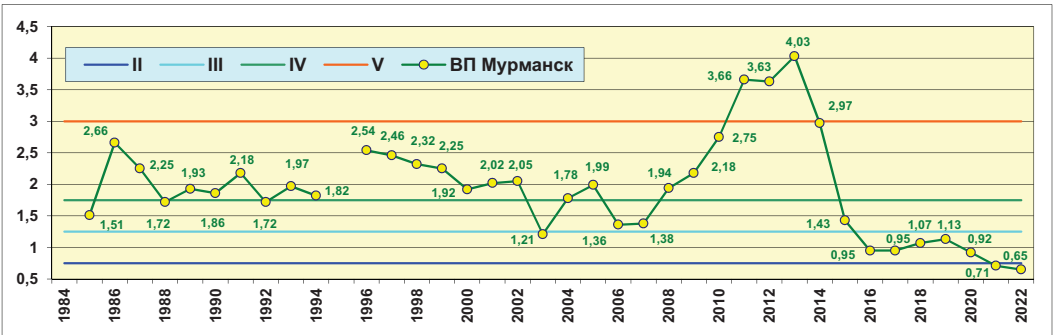


Рис. 6.5. Изменение индекса загрязнения вод ИЗВ в районе водпоста торгового порта г. Мурманска в период 1984–2022 гг.

Таблица 6.3. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2020–2022 гг.

Район моря	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	0,92	III	0,70	II	0,65	II	НУ 1,03; Ni 0,56; PO ₄ 0,40; O ₂ 0,60

Выводы

В 2022 г. сохраняется тенденция улучшения качества вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,65) снизился в сравнении с прошлым годом, воды характеризуются как «чистые», II класс. Расчет индекса проводился по средней концентрации нефтяных углеводородов (1,03 ПДК), никеля (0,56 ПДК) и неорганического фосфора (0,40 ПДК). Содержание фосфатов в 2022 г. снизилось более чем в 2 раза по сравнению с прошлым годом. Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды и медь. Среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в 2022 г. вернулась к значению уровня ПДК и составила 0,051 мг/дм³. Максимальное значение выше ПДК было зафиксировано в марте и составило 1,3 ПДК. Концентрация меди снизилась по сравнению с прошлым годом, максимум составил 2,4 (0,48 ПДК), среднее за год – 1,2 мкг/дм³; впервые с 2015 г. нет превышения ПДК по этому металлу. Содержание железа в 2022 г. было впервые ниже предела обнаружения методики химического анализа. Насыщение вод кислородом немного повысилось, среднегодовая концентрация составила 9,98 мгО₂/дм³.

Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демешкин А.С., Яески Е.А., Чекменева Н.А.

7.1 Общая характеристика

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

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

Соленость поверхностных вод составляет 32–34‰. Обычно соленость зимой выше, что обусловлено образованием на море пресного льда. Средняя температура поверхностных вод составляет около –1°C и ниже на севере и 1–2°C на юге; соответствующие летние температуры составляют около 0 и 6°C. Холодные воды Северо-Атлантического течения погружаются в Северном Ледовитом океане и возвращаются на юг в виде холодного Восточно-Гренландского течения. Последнее является важной частью Атлантического конвейерного пояса, текущего вдоль западной части Гренландского моря. Вдоль восточной части протекает теплое течение Шпицбергена, часть Гольфстрима. Сочетание этих течений создает поток воды против часовой стрелки в центральной части моря. 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 июля и начале августа 2022 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 29 июля из поверхностного и придонного горизонтов на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории поселка Баренцбург, а также 10 августа на двух станциях в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории поселка Пирамида (рис. 7.1). Всего за 2022 год было отобрано 24 пробы морских вод и 12 проб морских донных отложений. В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель pH, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал Eh, общая щелочность, растворенный кислород, БПК₅), содержание в воде биогенных элементов (нитриты, нитраты, аммоний, общий азот, фосфаты, общий фосфор, кремнекислота), а также

загрязняющие вещества – тяжелые металлы и мышьяк, ХОС, ПХБ, углеводороды ПАУ, НУ, НАУ и ЛАУ, индивидуальные фенолы (алкилфенолы, хлорфенолы и нитрофенолы), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей. В донных отложениях обследованной части акватории Гренландского моря проводилось определение содержания загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов, НАУ, ПАУ, фенолов, тяжелых металлов и ХОС.

В тексте и таблицах для концентрации в воде биогенных элементов, СПАВ и тяжелых металлов используется единица мкг/дм^3 ; абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; нефтяных углеводородов – мг/дм^3 ; полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), хлорорганических пестицидов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) – нг/дм^3 . В донных отложениях содержание НУ приведено в мкг/г ; ПАУ, пестицидов и ПХБ – в н/г . Предел обнаружения (DL) биогенных элементов составлял (мкг/дм^3): фосфор фосфатов P-PO_4 5,0, общего фосфора P_{total} 5,0, силикатов SiO_2 10, азота нитритов N-NO_2 0,5, азота нитратов N-NO_3 5,0, аммонийного азота N-NH_4 20,0. DL (мг/дм³): взвешенных веществ 5,0 (0,5 ПДК), нефтяных углеводородов 0,005 (0,1 ПДК). DL тяжелых металлов (мкг/дм^3): ртуть 0,01, кадмий 0,05; кобальт 0,50; медь, никель, свинец, хром и марганец – 1,00; железо 2,00; СПАВ 10,0 (0,1 ПДК); фенолы 0,5 (0,5 ПДК). DL пестицидов, ПХБ, ЛАУ и ПАУ 0,01–0,1 нг/дм^3 .

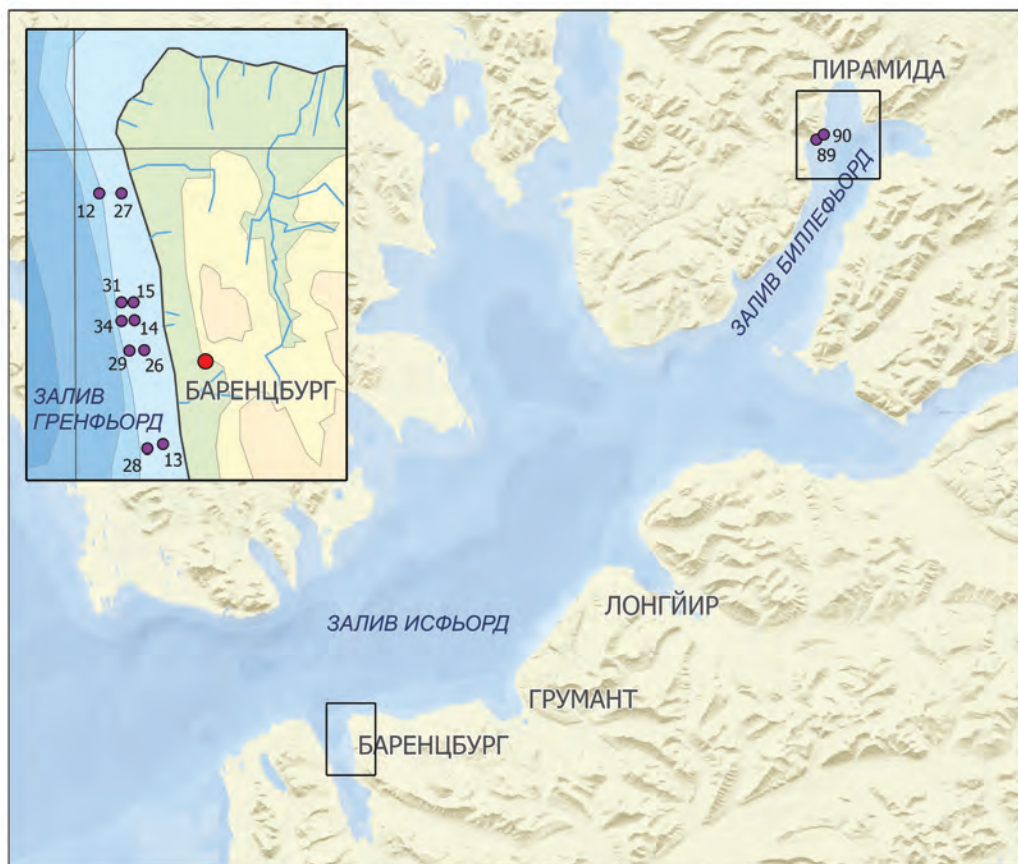


Рис. 7.1. Район наблюдений на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд архипелага Шпицберген в июле 2022 г.

7.3. Гидрохимические показатели

Значения водородного показателя (pH) морских вод в заливе Гренфьорд находились в интервале 7,84–7,97, в среднем 7,92 ед. pH. В заливе Биллефьорд значения pH были сдвинуты в сторону щелочной среды – 7,92–8,10. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) морских вод обследованных акваторий варьировал в диапазоне 208–282 мВ, составляя в среднем 242,4 мВ. Щелочность (Alk) в заливе Гренфьорд составляла 2,15–2,46/2,29 мг-моль/дм³, в заливе Биллефьорд – 1,29–2,01. Значение электропроводности морской воды летом изменялось от 43 до 51,4 мС/см в водах вблизи пос. Баренцбург и 16,1–37,7 мС/см у берегов пос. Пирамида. Содержание взвешенных веществ в водах двух заливов во всех пробах превысило предел обнаружения и варьировало в диапазоне 5,04–7,62 мг/дм³ (0,8 ПДК).

Значения концентрации общего азота в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд изменялись от значений ниже предела обнаружения методики до 204, при среднем значении 72,96. На станциях в акватории залива Биллефьорд содержание этого ингредиента было традиционно ниже и только на придонном горизонте достигало 136. Содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения методики. Содержание нитратного азота варьировало в пределах 160–645, нитритного – от 0 до 21,10. Содержание минерального фосфора в воде залива Гренфьорд было зафиксировано в 2022 г. и составило от 0 до 26,9, в среднем 7,17; в заливе Биллефьорд все значения были ниже предела обнаружения методики. Концентрация общего фосфора в обоих заливах составила 8,14–53,6/26,22; силикатов 95,21–383,6/185,7 мкг/дм³.

Содержание растворенного **кислорода** на всех станциях было высоким и находилось в пределах 12,0–13,5 мг/дм³ (103,0–113,5% насыщения). В придонном слое, как и в предыдущем году, значения были в среднем на 0,5–1 мг/дм³ выше, чем в поверхностном. Среднее значение биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод на всех станциях в июле 2022 г. снова повысились и вернулись к значениям 2020 г. (рис. 7.2). Значения БПК₅ варьировали в пределах 0,84–3,92 мгО₂/дм³ (1,9 ПДК), при среднем значении 2,66 мгО₂/дм³ (1,27 ПДК).

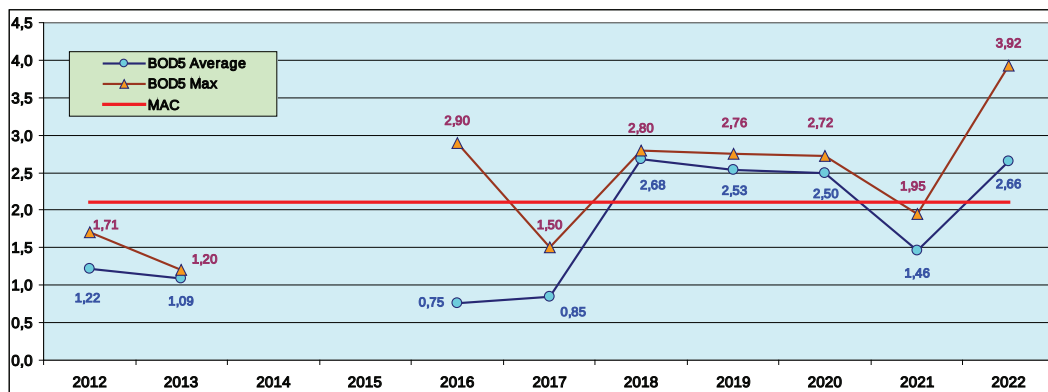


Рис. 7.2. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации органических веществ по БПК₅ (мгО₂/дм³) в водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в 2012–2022 гг.

7.4. Загрязняющие вещества

Концентрация СПАВ на всех станциях, как и в предыдущие три года, была ниже предела обнаружения. Содержание фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (бензол, толуол, сумма

пара- и метаксилолов, орто-ксилол и др.) в водах обоих заливов была также ниже предела чувствительности используемых методов химического анализа.

Значения нефтяных углеводородов (НУ) на большинстве станций в заливе Гренфьорд было ниже предела обнаружения методики анализа. Только в трёх пробах из придонного и поверхностного слоев были зафиксированы значения выше предела обнаружения (0,006 и 0,007 мг/дм³). В заливе Биллефьорд все значения НУ были ниже DL.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водах залива Гренфьорд не было зафиксировано наличие четырех соединений: нафталина, индено(123cd)пирена, флуорена и аценафтена. Последние три ПАУ не были зафиксированы и в прошлом году. Максимальная концентрация остальных соединений ПАУ составила: фенантрена – 12,6, антрацена – 1,87, флуорантена – 10,7, пирена – 12,0, хризена – 1,93, бенз(к)флуорантена – 1,85, бенз(б)флуорантена – 1,25, бенз(а)пирена – 0,48, дибенз(аh)антрацена – 0,81 и бенз(g,h,i)перилена – 1,5 нг/дм³. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ в водах Гренфьорда в июле 2022 г. составило 19,75, максимальное – 30,40, что в 1,5 раза ниже прошлогоднего экстремума. Тенденция уменьшения концентрации ПАУ сохраняется. Содержание ПАУ понизилось в основном за счёт хризена, бенз(а)пирена, бенз(g,h,i)перилена и флуорантена. На станциях в западной части акватории залива Биллефьорд у пос. Пирамида, максимальное значение суммарного ПАУ составило 35,30, среднее – 25,70 нг/дм³, что соответствует значениям прошлого года.

Суммарное содержание пестицидов группы ДДТ в заливе Гренфьорд понизилось в 1,6 раза и в среднем составило 3,04 нг/дм³; максимальная концентрация составила 11,99 против 19,79 в 2021 г. В заливе Биллефьорд произошло повышение содержания этих веществ, суммарная максимальная концентрация составила 5,89 в сравнении со значением 1,18 в 2021 г. Метаболит ДДЭ был зафиксирован в поверхностном горизонте на двух станциях в заливе Гренфьорд (2,45 и 0,81). Содержание ДДД и инсектицидов группы ГХЦГ было ниже предела обнаружения. Концентрация гексахлорбензола изменялась в пределах 0–1,01, в среднем 0,51 нг/дм³. Концентрация суммы ПХБ в водах двух заливов в 2022 г. снова существенно повысилась, нарушив тенденцию снижения содержания полихлорированных бифенилов в 2016–2021 гг. Максимальное значение в заливе Гренфьорд составило 12,14, в заливе Биллефьорд – 11,80. Средняя величина составила 3,89 нг/дм³. Из всех конгенеров ПХБ в морской воде были традиционно зафиксированы #99, #101, #105, #118, #138 и #153.

Среднее содержание некоторых определяемых тяжелых металлов в водах двух заливов по сравнению с прошлым годом повысилось (табл. 7.1, рис. 7.3). Наиболее высокие величины были отмечены для меди и цинка, средние значения которых превышали ПДК. Максимальные значения были повышенными у меди, кобальта, никеля и цинка. В целом значения концентрации металлов менялись незначительно в предыдущие семь лет. Содержание ртути в 2022 г. в водах заливов было незначительным.

Таблица 7.1. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Гренфьорд в 2013–2022 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

	8,7		0,28	1,813	3,4	85,3	5,8	7,2	0,1	0,0005
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
	44	0	1,1	5,8	13	300	16	12,13	1,7	0,013
ПДК средняя	<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
	1,74	–	0,03	0,36	0,34	1,71	0,12	0,14	<0,01	<0,01
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
	8,80	–	0,11	1,16	1,30	6,00	0,32	0,24	0,02	0,13

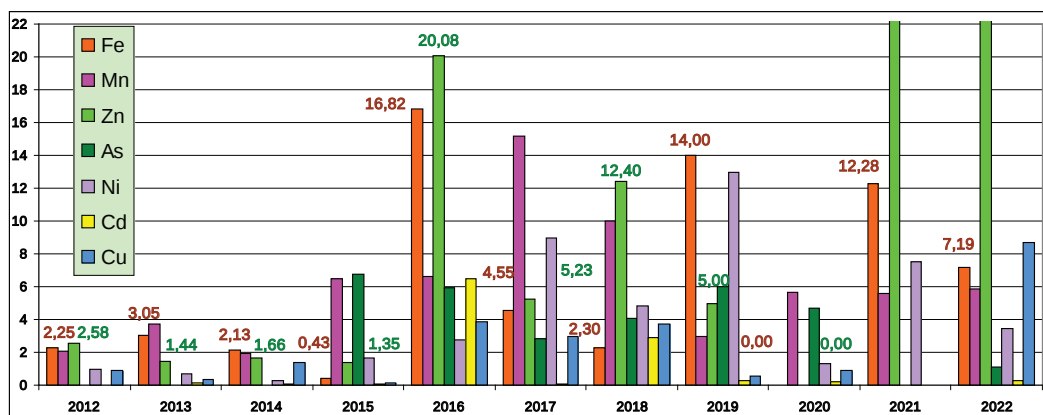


Рис. 7.3. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в прибрежных водах на акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург. Концентрация цинка 33,55 и 85,25 мкг/дм³ в 2021–2022 гг.

Концентрация большинства загрязняющих веществ в морских водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в целом была характерной для прибрежных районов Гренландского и Норвежского морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяй-

ственных нормативов позволяет классифицировать воды обследованных акваторий заливов Гренфьорд, у поселка Баренцбург, и Биллефьорд, у посёлка Пирамида, в летний период 2022 г. как «грязные» (ИЗВ=1,30), IV класс (табл. 7.2). 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 органическими веществами по БПК₅, однако это не оказывало существенного влияния на качество вод заливов. Начиная с 2017 г. наблюдается тенденция к увеличению степени загрязнения морских вод залива Гренфьорд.

Таблица 7.2. Оценка качества вод заливов Гренфьорд и Биллефьорд о. Шпицберген в июле-августе 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Гренланд-ское море	0,70	II	2,01	V	1,30	IV	Cu 1,74; Zn 1,71; БПК ₅ 1,27; O ₂ 0,47

7.5. Донные отложения

В обследованных донных отложениях суммарное содержание нефтяных углеводородов достигало 25,2 при среднем значении 15,5 мкг/г в заливе Гренфьорд и 12,5–28,2/22 мкг/г в заливе Биллефьорд. Концентрация неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и фенолов в морских осадках находилась ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода. Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях заливов о. Шпицберген были обнаружены все соединения, кроме индено(1,2,3с,д)пирена. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ достигало 2313 (2,3 ДК) в заливе Гренфьорд и 954 нг/г в заливе Биллефьорд. Донные отложения арх. Шпицберген согласно РД 52.24.581–97 характеризуются «умеренной» степенью загрязнения бенз(а)пиреном (менее 20–30 нг/г). Источником загрязнения донных отложений, по-видимому, являются выходы на поверхность горных выработок и содержащие примесь угля отвалы породы. Максимальная концентрация ПХБ в донных отложениях достигала 23,3 (1,1 ДК) в заливе Гренфьорд и 11,5 нг/г в заливе Биллефьорд. Содержание полихлорциклодиенов, пестицидов групп ГХЦГ, ДДТ и хлорбензолов в донных отложениях не превышало предела обнаружения (DL=0,05 нг/г). В целом, вклад техногенной составляющей в формирование уровней содержания загрязняющих веществ в донных отложениях заливов существенен, так как отмечается значительное загрязнение ПАУ и ПХБ.

Выводы

Значения большей части гидрохимических показателей в морских водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в 2022 г. имели значения, характерные для прибрежных районов Гренландского и Норвежского морей. В летний период снова было зафиксировано содержание минерального фосфора в водах залива Гренфьорд. Содержание общего азота было ниже традиционных для данных акваторий значений. Концентрация СПАВ, фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, НАУ, ЛАУ и целого ряда хлорорганических соединений в водах заливов была ниже предела обнаружения используемых методов химического анализа. Содержание НУ зафиксировано только в трёх пробах. В 2022 г. сохраняется динамика по снижению концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морской воде. Максимальная концентрация суммарного ПАУ в заливе Гренфьорд была в 1,5 раза ниже прошлогодней. В заливе Биллефьорд концентрация ПАУ соответствовала прошло-

годнему уровню. В заливе Гренфьорд суммарное содержание пестицидов группы ДДТ снизилось в 1,6 раз; максимальная концентрация составила 11,99 нг/дм³. Однако в заливе Биллефьорд произошло повышение содержания этих загрязнителей, максимальная концентрация составила 5,89 в сравнении с 1,18 нг/дм³ в прошлом году. Инсектициды группы ГХЦГ, ДДД и гексахлорбензол в водах двух заливов не были зафиксированы. Концентрация суммы ПХБ в водах двух заливов существенно повысилась (более, чем в 10 раз), нарушив тенденцию снижения в 2016–2021 гг. Содержание некоторых определяемых тяжелых металлов в водах двух заливов повысилось в сравнении с прошлым годом. Повышенные значения зафиксированы для меди, кобальта, никеля и цинка. Качество морских вод заливов Шпицбергена в летний период 2022 г. по индексу загрязненности (ИЗВ=1,30), оценивается IV классом, «грязные». Приоритетными загрязняющими веществами были медь и цинк. Вблизи поселков в местах поступления коммунально-бытовых сточных вод наблюдается локальное загрязнение морских вод органическими веществами. Содержание растворенного в воде кислорода было повышенным. В донных отложениях обследованных заливов зафиксировано повышенное содержание ПАУ (max 2,3 ДК) и ПХБ (1,1 ДК), что свидетельствует о высокой степени техногенной нагрузки на примыкающие к жилым поселкам участки акватории. Загрязнение морских осадков различными группами углеводородов и хлорорганических пестицидов в целом невысокое; концентрация большинства ингредиентов была ниже предела обнаружения использованных методов химического анализа.

Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Гидрохимические наблюдения в морях Северного Ледовитого океана в 2022 г. не проводились, за исключением Баренцева (Кольский залив), Гренландского (о. Шпицберген) и Карского морей. К морям этого океана относят Гренландское, Норвежское, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Бофорта и Линкольна; внутренние моря: Белое и Баффина; самым крупным заливом является Гудзонов залив (рис. 8.1).



Рис. 8.1. *Моря Северного Ледовитого океана.*

8.1. Карское море

Демешкин А.С., Яески Е.А.

Исследования проводились в августе 2022 года Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» в Обской губе 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 7,14–7,56 ед.рН. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Еh) морских вод обследованной акватории варьировали в диапазоне 202–256 мВ, составляя в среднем 210 мВ. Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод Обской губы изменялось от 7,6 до 9,8 мгО₂/дм³. Значения биологического потребления кислорода (БПК₅) морских вод были в пределах 0,85–4,40 мгО₂/дм³.

Содержание нитратного азота в водах обследованной акватории находилось ниже предела обнаружения. Концентрация аммонийного азота в водах района изменялась от 170 до 530; нитритного 0,9–4,3; общего азота 350–550 мкг/дм³. Значения концентрации фосфатного фосфора в водах исследованного района находились в пределах 19–42; общего фосфора 52–182; силикатного кремния достигали 1500 мкг/дм³.

В Обской губе отмечено наличие анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в пределах 11–22 мкг/дм³ (0,2 ПДК) и фенолов до 4,8 мкг/дм³ (4,8 ПДК). Максимальная сумма нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории достигала 160 мкг/дм³ (3,2 ПДК). Содержание 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) и неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в водах обследованной акватории за период наблюдений было ниже предела чувствительности используемого метода анализа. Из хлорорганических соединений (ХОС) в период наблюдений было зафиксировано присутствие единичных ингредиентов из групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды достигало следующих значений (мкг/дм³): цинк 12,0; медь 1,8; свинец 0,8; кадмий 0,4 и мышьяк 1,0 мкг/дм³. Концентрация ртути, марганца, никеля, олова и хрома находилась ниже предела обнаружения. Согласно полученным результатам воды Обской губы Карского моря в 2022 г. оценивались III классом качества, «умеренно загрязненные».

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 (рис. 9.1). Побережье здесь сильно изрезано крупными заливами Камчатским, Кроноцким, Авачинским, Карагинским и др. 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 (примерно 164 тыс. жителей) и город-порт Вилючинск (примерно 21,5 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 2022 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 41,7 млн.м³ сточных вод, что на 0,7 млн.м³ больше прошлого года. Из этого объема загрязненных без очистки 4,9; недостаточно очищенных 0,7; нормативно очищенных 7,1 и нормативно чистых 28,9 млн.м³. В общем объеме сточных вод, поступивших в 2022 г. в Авачинскую губу, отмечено уменьшение в сравнении с прошлым годом количества СПАВ, взвешенных веществ, сульфатов, хлоридов и фосфатов по фосфору, и увеличение содержания нефтепродуктов в 2,5 раза и незначительно – азота аммонийного.

По сравнению с прошлым годом расход воды рек Авача и Паратунка увеличился на 9% и 22% соответственно. Количество поступающих в губу с речным стоком загрязняющих веществ составило: фенолов 0,033 тыс.тонн (увеличение на 27%), нефтепродуктов 0,046 тыс.т (уменьшение на 98%), взвешенных веществ 91,27 тыс.т (уменьшение на 12%), неорганических соединений азота и фосфора 1,338 тыс.т (увеличение на 6%), (табл. 9.2).

Таблица 9.1. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от предприятий в Авачинскую губу в 2022 г.

Предприятие	Отвѣдено всего (тыс.м³)	Без очистки	недостаточно очищенной	нормативно чистой	нормативно- очищенной/ всего	Аммоний-ион (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»	11,74	11,74				0,045	0,291	4,782	1,453	0,143	0,013	0,323
АО «ПСРЗ»	180,64	0,00	0,00	174,00	6,64	0,021	0,127	0,398	0	0,126	0,003	0,241
ООО «Жестяно-баночная фабрика и Ко»	132,30	0,00		0,00	132,30	0,765	2,24	29,8	0,021	1,67	0,054	2,39
ООО «Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод»	81,26	0,00			81,26	0,033	0,122	1,951	0,015	1,357	0,015	0,293
ООО «Экология»	2,00				2,00	0,000	0	0,000	0	4,422	0,001	29,44
АО «Судоремсервис»	167,6	0		22,5	145,1	1,927	2,856	29,428	0,024	4,154	0,148	6,395
Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина	642,88	0,00	642,88			0,566	1,041	150,381	0,877	9,062	0,195	18,13
ООО «Аквафиш»	6,77	0,00	0,84		5,34	0,061	0,501	8,704	0	0,123	0,035	0,621
Краевое ГУП «Камчатский водоканал»	9804,27	3041,9			6762,34	250,91	854,62	11731,31	10,91	385,82	58,37	514,66
ООО «Терминал «Сероглазка»	5,43		5,43			0	0,018	0	0	0	0	0
ООО «УКР»	254,40	254,40				0,006	0,28	1,272	0,002		0	
ООО «Камчаттралфлот»	0				0		0	0		0	0	0
ПАО «Камчатскэнерго»	28319,93	71,56	46,16	28202,21		0,041	0,656	1,653	0,005	30,47	0,021	194,9
г. Виллючинск												
«Виллючинский водоканал»	1567,97	1568,00				50,66	206,429	1121,781	1,311	111,7	19,4	70
АО «СВРЦ»	511,14	1,02		496,52	1,60	0,375	2,06	3,59	0,013	2,515	0,006	2,305
Отделение Виллючинск «ДальРАО»	0,28		0,28			0,004	0,014	0,045	0	0,009	0,002	0,007
ИТОГО в 2022 г.	41688,61	4948,62	695,59	28895,23	7136,58	305,41	1071,26	13085,10	14,63	551,57	78,26	839,70
в 2021 г.	41017,60	5268,14	1366,97	28195,76	6284,43	278,65	1073,43	14441,18	5,77	634,54	466,68	1154,04

Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2022 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
Расход воды (м³/с)	145,0		36,7		181,7
Наименование вещества	мг/дм³	тыс. т	мг/дм³	тыс. т	тыс. т
Фенолы	0,006	0,027	0,005	0,006	0,033
Нефтепродукты	0,009	0,041	0,004	0,005	0,046
Взвешенные вещества	17,10	78,19	11,30	13,08	91,27
Азот нитритный	0,007	0,032	0,002	0,002	0,034
Азот нитратный	0,183	0,837	0,208	0,241	1,078
Азот аммонийный	0,020	0,091	0,002	0,002	0,094
Фосфор минеральный	0,025	0,114	0,015	0,017	0,132

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2022 г. специалистами Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Камчатское УГМС» было проведено 6 гидрохимических съемок с мая по октябрь на 11 станциях контроля (рис. 9.2). В Авачинской губе наблюдения осуществлялись с использованием арендованного судна с горизонтов 0 м, 10 м и из придонного слоя на глубинах от 11 до 26 м, а в прибрежных водах Авачинского залива в районе Халактырского пляжа с берега из поверхностного слоя. Всего было обработано 150 проб морской воды. В рамках внутрилабораторного контроля (программа ВЛК) выполнено 2343 определения, включая вторую параллельную пробу, контроль стабильности градуировочной характеристики, холостые полевые и лабораторные пробы, контроль погрешности с применением метода добавок или образца контроля. Были определены элементы гидрометеорологического режима (хлорность, соленость, концентрация взвешенных веществ, температура воды и воздуха, скорость и направление ветра, атмосферное давление, облачность и волнение), стандартные гидрохимические показатели (рН, растворенный кислород, щелочность, кремний, фосфор минеральный и общий, нитриты, нитраты и аммонийный азот) и концентрация загрязняющих веществ (фенолы, детергенты и нефтяные углеводороды). На пяти морских гидрометеорологических станциях проводились визуальные наблюдения за загрязнением водной поверхности прилегающих районов моря нефтяной пленкой. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ и фенолов используется единица мкг/дм³; абсолютного содержания кислорода мгО₂/дм³; нефтяных углеводородов мг/дм³. Предел обнаружения (DL, мкг/дм³) аммонийного азота составил 20; нитритов 0,5; нитратов 5,0; фенолов 0,5; СПАВ 100, а нефтяных углеводородов 0,02 мг/дм³.

Соленость в водах Авачинской губы изменялась в очень широком диапазоне от 1,861‰ в июне в приустьевой зоне реки Паратунка до 33,927‰ в июле на входе в бухту Крашенинникова, составив в среднем для всей толщи 28,372‰. В придонном слое соленость не опускалась ниже 25,382‰. В подповерхностных водах на глубине 10 м она изменялась в диапазоне 23,539–33,277‰. Средняя соленость за пять лет составила 28,12‰. Значения хлорности изменялись в диапазоне 1,03–18,78‰, составив в среднем для всей толщи 15,71‰. Средняя для поверхностного слоя 13,28‰; промежуточного 17,54‰ и придонного 17,65‰. Температура морской воды изменялась от 1,48°C в придонном слое в центре Авачинской губы (ст.№2) 30 мая до 16,72°C в поверхностном слое приустьевой зоны р.Авача (ст.№4) 9 августа. В течение периода наблюдений показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 2,82–6,81°C; на поверхности в пределах 3,90–16,72°C; в придонном слое 1,48–7,10°C. Значения рН были в диапазоне 7,48–8,93. Мутность воды варьировала от 6 мг/дм³ в Моховой бухте до 117 мг/дм³ возле судоремонтного завода (ст.№49); среднегодовой показатель 62,14 мг/дм³ (6,2 ПДК).



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

Биогенные элементы. Концентрация минерального **фосфора** изменялась в широком диапазоне от 2,10 до 110,70, общего фосфора 2,74–141,0; средние значения 28,85 и 47,48 мкг/дм³ соответственно, что немного ниже прошлогодних значений. По сравнению с предыдущим годом присутствие минерального и общего фосфора в водах Авачинской губы и в районе Халактырского пляжа уменьшилось на 25% и 19% соответственно. Максимальная концентрация общего фосфора была отмечена в мае в придонном слое в центре Авачинской губы. Наибольшее содержание фосфора минерального и фосфора общего фиксировалось в приустьевой зоне рек Авача и Паратунка, а также в центральном районе губы. С глубиной их величины возрастают, как правило, что объясняется поступлением с поверхности и накоплением в придонном слое содержащих фосфор взвесей и дальнейшей их минерализацией.

По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация нитритного **азота** в водах Авачинской губы незначительно снизилась, а максимальная возросла до 1,20 ПДК. 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 выше прошлогоднего и составляло 136,15 мкг/дм³. Наибольшие величины в среднем по толще отмечались в приустьевой зоне реки Паратунка (179,3), с максимумом в мае (423,0). Среднее содержание аммонийного азота по сравнению с прошлогодними значениями снизилось в 1,4 раза до 42,9 мкг/дм³. Его концентрация во всех отобранных пробах была ниже ПДК. Как и ранее, в течение всего периода наблюдений количество аммонийного азота в придонном слое Авачинской губы превышало величины, отмеченные на поверхности. В мае во время половодья на впадающих в Авачинскую губу реках количество аммонийного азота в морских водах было максимальным, и в среднем достигало 86,3 мкг/дм³. В это время отмечалась и самая высокая разовая концентрация данного вещества (313,4) на придонном горизонте центральной части губы.

В 2022 г. концентрация **силикатов** в водах Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива (район Халактырского пляжа) варьировала в широком диапазоне 11–7363 мкг/дм³. Поскольку основным источником поступления кремния в 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 2022 г. такие высокие значения (более 3000 мкг/дм³–18 проб) отмечались в поверхностном слое на входе в бухту Крашенинникова, в Моховой бухте и в эстуариях рек Авача и Паратунка. Максимальная разовая концентрация фиксировалась в мае на поверхностном горизонте в районе впадения реки Авача (ст.№4), а минимальная в июле в Авачинском заливе в районе Халактырского пляжа (ст.№5). Вертикальному перераспределению кремния препятствует стратификация вод и плохое перемешивание, особенно в летний период. Поэтому в придонных слоях величины кремния, как правило, ниже поверхности. Однако, в августе и сентябре 2022 г., в связи с небольшой водностью рек Авача и Паратунка, его поступление в поверхностный слой Авачинской губы было минимальным. А в придонном слое привнесенный реками во время половодья кремний аккумулировался, вследствие чего концентрация на дне оказалась выше поверхностной. В целом содержание кремния в толще вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива по сравнению с прошлым годом увеличилось на 16% и составило 1646 мкг/дм³.

Средняя концентрация нефтяных углеводородов (**НУ**) по отношению к предыдущему году снизилась в 2 раза и составила 0,26 ПДК. Превышение нормы зафиксировано в 4% всех отобранных проб. Максимальное содержание НУ (6,8 ПДК) зарегистрировано в мае на промежуточном горизонте приустьевой зоны реки Паратунка (ст.№48). Еще два высоких значения (3,0 ПДК и 2,2 ПДК) выявлены в июле в приустьевой зоне реки Авача у дна (ст.№4) и в районе Авачинского залива на поверхности (ст.№1) соответственно. Количество нефтяных углеводородов в среднем по толще вод на каждой станции контроля было менее 1 ПДК . В целом за многолетний период наблюдается очень незначительный тренд на снижение содержания нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы, при этом межгодовые изменения максимальных значений могут быть очень большими (рис. 9.3).

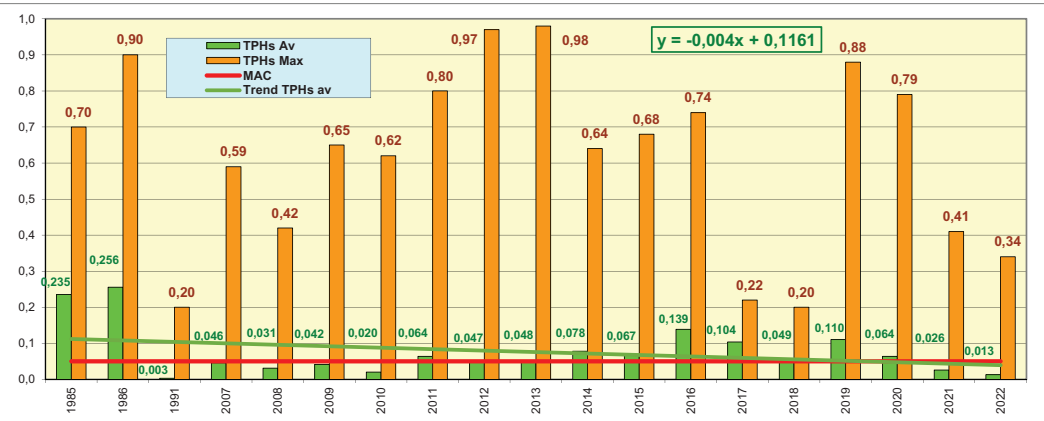


Рис. 9.3. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Авачинской губы в 1985–2022 гг.

Существенный ущерб экологическому состоянию Авачинской губы наносят аварийные разливы нефтепродуктов. В 2022 г. аварийный разлив нефтепродуктов произошел в районе улицы Озерновская коса. По информации Дальневосточного межрегионального Управления Росприроднадзора в пробах воды, отобранных и проанализированных 13 мая лабораторией ФГБУ «ЦЛАТИ по ДФО», были определены превышения в 224 ПДК и 380 ПДК, 19,0 и

12,2 мг/дм³ соответственно. 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) практически во все месяцы (кроме марта и сентября) с повторяемостью от 1 до 9 дней у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов эпизодически отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности с покрытием 10% видимой акватории отмечалась особенно часто с марта по ноябрь в 41–93% наблюдений в зависимости от количества наблюдаемых дней с хорошей видимостью, в декабре и январе фиксировалась в течение 3 и 4 дней соответственно, в феврале отсутствовала. С мая по сентябрь визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами зачастую были невозможны из-за туманов и морозящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости. Наиболее загрязнена нефтепродуктами, как и в предшествующие годы, Авачинская губа. Ежедневно при отсутствии льда на МГ-1 Петропавловск-Камчатский отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности. На западном побережье Камчатки (район поселка Озерновский, Охотское море) с января по март и с октября по декабрь нефтяная пленка отсутствовала. С мая по июль пленка слабой интенсивности (1 балл), покрывавшая 10% видимой поверхности моря, наблюдалась практически ежедневно. В апреле, августе и сентябре нефтяная пленка слабой интенсивности наблюдалась в течение 6–10 дней. Больше всего туманов приходилось на летний период, что ухудшало видимость и препятствовало проводить визуальные наблюдения.

Детергенты поступают в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в составе моющих и чистящих средств, а также с речной водой. На протяжении длительного ряда лет содержание детергентов (АСПАВ) в морских водах остается небольшим. В 2022 г. концентрация выше предела обнаружения (DL=100 мкг/дм³) была зафиксирована лишь один раз в сентябре на поверхности в районе судоремонтного завода (ст.№49) и составила 1,4 ПДК. Загрязнение фенолами в среднем по толще вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива уменьшилось в 2,3 раза в сравнении с прошлым годом и составило 0,29 ПДК. Повторяемость повышенных концентраций снизилась до 2,8% против 19% в 2021 г. Повышенные значения отмечались в единичных случаях: в мае на поверхностном горизонте в центральной части губы 1,4 ПДК (ст.№2), в июле на среднем горизонте у входа в бухту Крашенинникова 1,1 ПДК (ст.№3), в сентябре на придонном горизонте бухты Раковая 1,1 ПДК (ст.№50). В текущем столетии наблюдается четко выраженная тенденция снижения содержания фенолов в водах Авачинской губы (рис. 9.4).

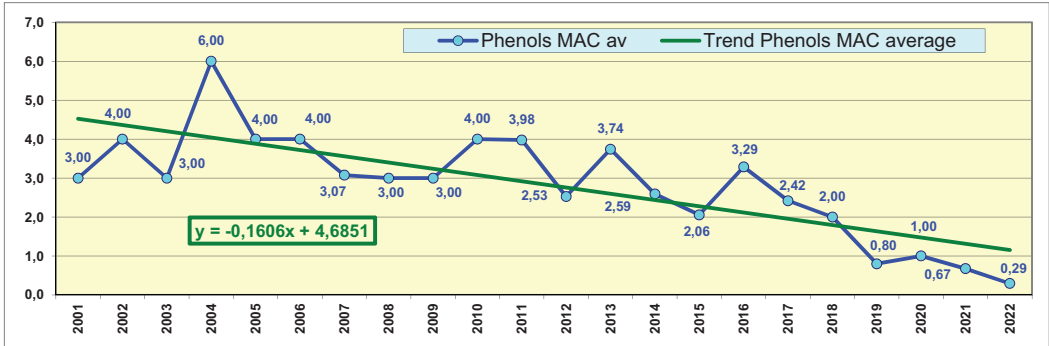


Рис. 9.4. Многолетняя динамика среднегодовой концентрации фенолов в единицах ПДК в Авачинской губе в 2007–2022 гг.

Кислородный режим Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа в 2022 г. в целом был удовлетворительным. Содержание растворенного в воде кислорода в период наблюдений изменялось в пределах 5,47–14,63 (50,5–152,5% насыщения), составив в среднем 10,41 мгО₂/дм³ (102,7% насыщения) (табл. 9.3). Концентрация растворенного кислорода ниже норматива – (5,47 мгО₂/дм³, 51% насыщения) была определена только в одной пробе воды, отобранной в августе у входа в бухту Крашенинникова (ст.№3). По многолетним наблюдениям в теплый период года пониженные величины растворенного кислорода обычно регистрируются повсеместно на придонном горизонте в Авачинской губе, однако в 2022 г. дефицит кислорода был отмечен только в единичном случае (рис. 9.5).

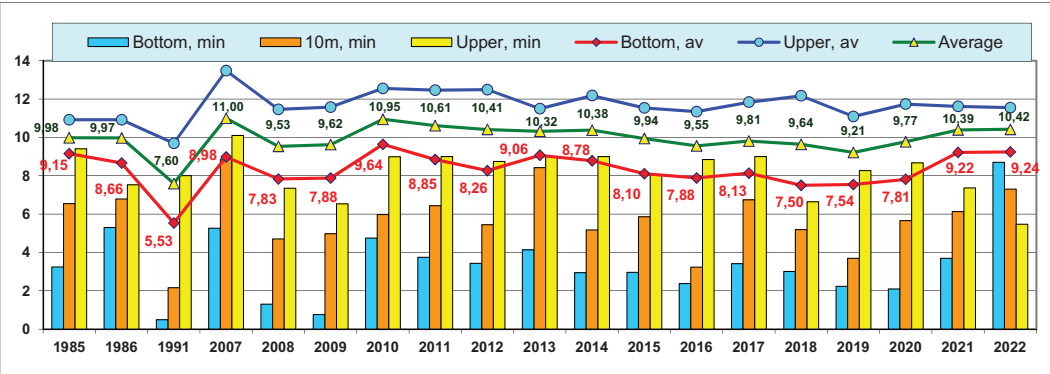


Рис. 9.5. Многолетняя динамика минимальных и средних значений растворенного кислорода (мгО₂/дм³) в Авачинской губе в 1985–2022 гг. *Примечания: Bottom, min – минимальное значение на придонном горизонте; 10 m, min – на глубине 10 м; Upper, min – в поверхностном слое; Bottom, av – среднее значение в придонном слое; Upper, av – в поверхностном слое.*

Таблица 9.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,064	1,28	0,026	0,52	0,013	0,26
		0,79	15,80	0,41	8,20	0,34	6,80
	Фенолы	0,56	0,56	0,67	0,67	0,29	0,29
		2,0	2,00	2,0	2,00	1,4	1,40
	СПАВ	0		6,23	0,06	0,97	0,01
		0		130	1,30	140	1,40
	Азот аммонийный N-NH ₄	54,0	0,02	59,47	0,03	42,89	0,02
		298	0,13	278,60	0,12	313,40	0,14
	Азот нитритный N-NO ₂	6,65	0,28	6,92	0,29	5,82	0,24
		47,3	1,97	22,38	0,93	28,75	1,20
	Фосфор фосфатов P-PO ₄	37,46	0,75	38,33	0,77	28,85	0,58
		221,65	4,43	152,79	3,04	110,70	2,21
	Растворенный кислород	9,77		10,39		10,42	
		2,09	0,35	3,69	0,62	5,47	0,91

	% насыщения	96,7		101,5		102,7	
		19,5		33,6		50,5	

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.

Индекс загрязненности вод (ИЗВ), полученный на основе осредненной концентрации нефтяных углеводородов, фенолов, фосфатов и растворенного в воде кислорода для Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива (район Халактырского пляжа) соответствовал прошлогоднему уровню, 0,43, II класс, «чистые».

Таблица 9.4. Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	0,68	II	0,52	II	0,43	II	НУ 0,26; PO ₄ 0,58; фенолы 0,29; O ₂ 0,58

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

Выводы

Наибольший вклад в загрязнение морских вод Авачинской бухты по-прежнему вносят нефтяные углеводороды и фенолы. По сравнению с 2021 г. среднегодовое содержание НУ в водах района уменьшилось в 2 раза и составило 0,3 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 4% всех отобранных проб против 18% в прошлом году. Максимум был отмечен в мае на промежуточном горизонте приустьевой зоны р. Паратунка (6,8 ПДК). Содержание фенолов в целом по толще и на каждой станции составило менее 1,0 ПДК. Наибольшее значение (1,4 ПДК) было выявлено в июле на среднем горизонте у входа в бухту Крашенинникова. Повторяемость превышений ПДК за год составила 2,8% против 19% в 2021 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 2,0 до 0,3 ПДК. Концентрация детергентов (АСПАВ) превысила предел обнаружения лишь в одной сентябрьской пробе, отобранной на поверхностном горизонте в районе ПСРМЗ (1,4 ПДК). Максимальная концентрация нитритного азота (1,2 ПДК) и минерального фосфора (2,2 ПДК) была отмечена в августе у дна в центральной части Авачинской губы. Остальные биогенные элементы (азот нитратный, аммонийный и фосфор общий) находились в пределах допустимых величин концентрации. В целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 102,7% при норме 70%. Концентрация растворенного кислорода ниже норматива регистрировалась только в одной пробе воды, отобранной в августе на придонном горизонте у входа в бухту Крашенинникова (5,47 мгО₂/дм³, 51% насыщения). Согласно расчету индекса загрязненности качество вод Авачинской губы и прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа по-прежнему остается во II классе, «чистые» (ИЗВ=0,43).

Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

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

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, обычно относительно пологие, но бывают скалы и обрывистые участки (рис. 10.1). 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 узкие и мелководные. 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).



Рис. 10.1. *Побережье Охотского моря в окрестностях г. Магадан.*

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

Зимой в северной части моря температура воды составляет $-1,5-1,7^{\circ}\text{C}$. 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 – $7-14^{\circ}\text{C}$; с глубиной температура понижается до $1,5-2,5^{\circ}\text{C}$ на горизонте 400 м (Охотское море, 1992).

Распределение солёности в Охотском море сравнительно мало изменяется по сезонам. Солёность повышается в восточной части, находящейся под воздействием тихоокеанских вод, и понижается в опресняемой материковым стоком западной части. В западной части солёность на поверхности 28–31‰, а в восточной – 31–32‰ и более до 33‰ вблизи Курильской гряды. Вследствие опреснения в северо-западной части моря солёность на поверхности равна 25‰ и менее, а толщина опресненного слоя составляет около 30–40 м. С глубиной в Охотском море происходит увеличение солёности. На горизонтах 300–400 м в западной части моря солёность равна 33,5‰, а в восточной – около 33,8‰. На горизонте 1000 м солёность равна 34‰ и далее к дну возрастает незначительно, всего на 0,5–0,6‰. В отдельных заливах и проливах величина солёности, 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 $600 \text{ км}^3/\text{год}$, 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 доходить до 20 м при периоде 30–95 с, скорость 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 и нерка. 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. С целью охраны прибрежных экосистем Охотского моря на различных участках побережья созданы участки ООПТ федерального уровня – Курильского, Магаданского, Поронайского и Джугджурского заповедников.

10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин

На шельфе о. Сахалин в рамках программы регулярных наблюдений за состоянием морской среды исследования проводились Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск). Отбор 72 проб воды с поверхностного горизонта выполнялся ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь 2022 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. 10.2). Результаты мониторинга акватории Японского моря представлены в соответствующей главе настоящего ежегодника. Также было отобрано 60 проб донных отложений. В тексте и таблицах для концентрации биогенных элементов, СПАВ, фенолов и тяжелых металлов используется единица мкг/дм^3 ; абсолютного содержания кислорода и БПК_5 – $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$; нефтяных углеводородов – мг/дм^3 . Предел обнаружения нефтяных углеводородов (DL) составил $0,020 \text{ мг/дм}^3$.

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.

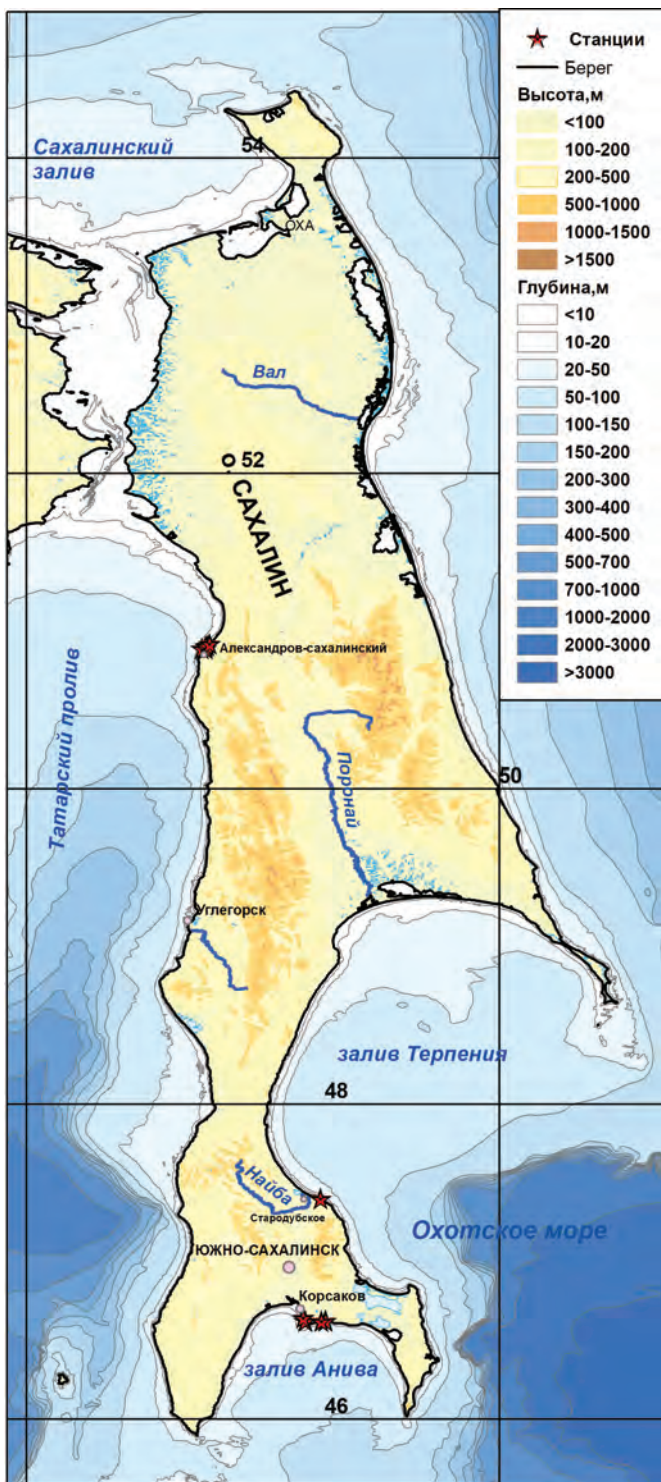


Рис. 10.2. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2022 г.

10.2.1. Район села Стародубское

На станции мониторинга в районе села Стародубское в мае-октябре 2022 г. раз в месяц было отобрано шесть проб воды с поверхностного горизонта и шесть проб донных отложений. В периоды наблюдений температура поверхностного слоя воды находилась в пределах от 7,0°C в начале июня до 20,1°C во второй половине августа; соленость была в диапазоне 28,85–30,91‰; хлорность морской воды 11,11–17,04‰; концентрация ионов водорода менялась в диапазоне 7,44–8,04 ед.рН; значения щелочности варьировали от 2,152 до 2,520 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 44,9 до 103,0, в среднем 58,2 мг/дм³ (5,8 ПДК). Содержание легко окисляемого органического вещества по БПК₅ варьировало в пределах 2,6–5,2, в среднем 4,0 мгО₂/дм³ (1,9 ПДК), что превышает аналогичные показатели прошлого года (табл. 10.1). Концентрация различных форм азота была значительно ниже установленных нормативов ПДК (десятые доли ПДК). Содержание фосфатов в морских водах изменялось в очень широком диапазоне 14,6–2469, наибольшее значение было отмечено в октябрьской пробе; среднее значение составило 469 мкг/дм³ (9,5 ПДК; существенное превышение норматива). Концентрация кремния варьировала в шести пробах в диапазоне 142,4–764/310,7 мкг/дм³.

Загрязнение акватории у села Стародубское **нефтяными углеводородами** в 2022 г. повысилось по сравнению с предыдущими. Содержание НУ в четырех пробах из шести было ниже предела обнаружения, а в остальных составило 0,054 и 0,161 мг/дм³ (12 октября, 3,2 ПДК). Район села Стародубское из всех районов мониторинга шельфовой зоны о. Сахалин ранее был наименее загрязнен нефтяными углеводородами, но второй год подряд наблюдается кратное увеличение максимального содержания НУ в поверхностных водах. При этом среднее содержание НУ в воде осталось на уровне прошлого года.

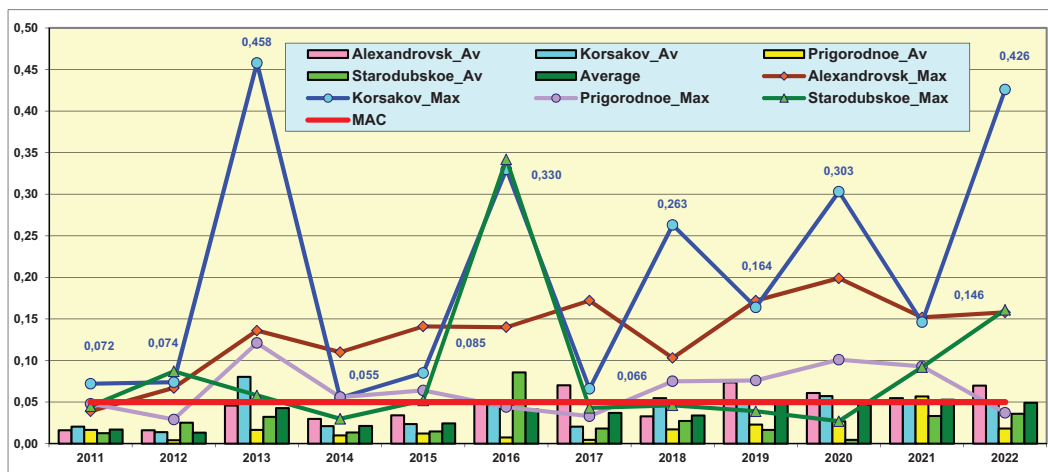


Рис. 10.3. Максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах шельфа о. Сахалин в 2011–2022 гг.

Концентрация тяжелых **металлов** (цинк, кадмий и свинец, мкг/дм³) по сравнению с 2021 г. практически не изменилась. Содержание кадмия в воде района было выше предела обнаружения (DL=0,3) в двух пробах из шести (в среднем 0,2). Среднее значение концентрации цинка составило 7,7, а максимальное в августе – 11,2 (0,22 ПДК). Свинец отмечен в одной из шести проб в концентрации 4,5. Медь является одним из основных компонентов-загрязнителей морских вод у села Стародубское. Ее содержание в среднем составило 8,1 (1,61 ПДК), максимальный уровень отмечен в августе (15,1 мкг/дм³, 3,02 ПДК). За два года по данным ежегодного мониторинга отмечается кратный рост максимальной концентрации меди с 0,6 ПДК до 3,02 ПДК в 2022 г.

Концентрация растворенного в воде **кислорода** была близкой к прошлогодним значениям и изменялась в диапазоне 4,69–6,91 мгО₂/дм³. Значения ниже нормы зафиксированы в двух пробах, отобранных в июне и октябре. Уровень насыщения вод кислородом во все месяцы был ниже нормы и составлял 54,79–90,88%, в среднем 70,51%.

Уровень загрязненности морских вод района села Стародубское по ИЗВ (1,31) по сравнению с прошлым годом значительно ухудшился, класс качества вод снизился на один пункт и находится в диапазоне значений для «загрязненных» вод (табл. 10.3). Расчет индекса выполнен по средним значениям концентрации НУ, органического вещества по БПК₅, меди и кислорода. В целом в 2022 г. в исследуемых водах отмечено повышение содержания нефтяных углеводородов, меди и СПАВ. Содержание фенолов было ниже предела обнаружения. Средняя концентрация органических веществ по БПК₅ повысилась в 1,5 раза.

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе села Стародубское снизилось по сравнению с предыдущим годом до 0,65 ДК, а мак-

симум достигал 1,7 ДК по сравнению с 2,1 ДК в 2021 г. (табл. 10.2). Концентрация меди (средняя 5,43 мкг/г, 0,16 ДК) и кадмия (0,04/0,05 ДК) в донных отложениях района от предыдущих лет практически не отличалась, а цинк и свинец последние три года не были обнаружены. Содержание фенолов незначительно повысилось, средняя концентрация 0,1 мкг/г.

10.2.2. Залив Анива. Район порта Корсакова

В районе порта г. Корсакова мониторинг гидрохимического состояния поверхностного слоя вод проводился ежемесячно с мая по октябрь на трех станциях. За период наблюдений было отобрано 18 проб. Температура воды была в диапазоне 8,5–19,4°C, соленость 16,78–32,28‰, хлорность морской воды 9,29–17,87‰, концентрация ионов водорода менялась в пределах 7,81–8,20 ед.рН, значения щелочности варьировали от 1,312 до 2,464 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля (DL=2,5) до 703 мг/дм³, в среднем 64 мг/дм³ (6,4 ПДК). Содержание легко окисляемого органического вещества по БПК₅ было в диапазоне от 1,2 до 6,2 мгО₂/дм³ (2,95 ПДК); в среднем 3,5 мгО₂/дм³ (1,67 ПДК) (табл. 10.1).

Концентрация различных форм **азота** (мкг/дм³) в водах залива в районе порта Корсаков в 2022 г. была повышенной по сравнению со среднемноголетними показателями. Средняя концентрация аммонийного азота составила 58,1 (примерно в три раза выше прошлогодней), максимальная 299,0, при этом в 6 пробах из 18 значения были ниже предела обнаружения (DL=20). Средняя концентрация нитритов (7,4; 0,31 ПДК) значительно повысилась; максимальная 59,2 (2,47 ПДК). Показатели нитратов – 67/409; фосфатов – 5,5–94,6, а средняя величина была выше прошлогодней и составила 42,9 (0,8 ПДК). Концентрация кремния варьировала в широких пределах 96–2893, в среднем 533 мкг/дм³.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в прибрежных водах залива в районе порта Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм³, шесть проб из 18) до 0,426 мг/дм³ (8,52 ПДК, 19 сентября). При отборе пробы с максимальным загрязнением НУ был отмечен запах нефтепродуктов. По сравнению с 2021 г. максимальный уровень загрязнения повысился практически в три раза, что является значительным превышением допустимых параметров качества воды. Загрязнение акватории порта нефтяными углеводородами вызвано интенсивным портовым хозяйством, прежде всего операциями с топливом, промышленными и коммунальными сточными водами. Средняя за год величина НУ составила 0,05 мг/дм³ (1,0 ПДК), что сопоставимо с уровнем прошлого года. Средняя концентрация НУ в 2020–2022 гг. была сопоставимой – 1,14/1,04/1,0 ПДК соответственно.

Содержание фенолов в водах порта было отмечено в двух пробах: среднее значение 0,4; максимальное 5,2 мкг/дм³ (0,4/5,2 ПДК). В двух предыдущих годах концентрация фенолов была ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм³) во всех пробах. Дeterгенты отмечены в четырех пробах, а в остальных их концентрация была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм³). Максимальная концентрация достигала 89 (0,89 ПДК); средняя 14,4 мкг/дм³ (0,14 ПДК). Средняя величина примерно в два раза ниже прошлогоднего значения и сопоставима с показателем 2020 г. Максимальная концентрация сопоставима с прошлогодним значением.

Концентрация **меди** (мкг/дм³) в морской воде в районе порта Корсаков изменялась в диапазоне 2,3–9,5 (максимум 1,9 ПДК), (рис. 10.4). Максимальное значение выше прошлогоднего; среднее увеличилось и составило 6,0 (1,2 ПДК). Уровень содержания цинка сопоставим с показателями прошлого года. Средняя концентрация составила 6,9 (0,1 ПДК), максимальная – 10,8 (0,2 ПДК, ниже прошлого года). Содержание свинца второй год подряд снижалось и составило 0,2/2,2 мкг/дм³ (0,22 ПДК). Концентрация кадмия превысила предел обнаружения в девяти пробах из 18, однако оставалась незначительной – средняя 0,02 ПДК, максимальная 0,05 ПДК.

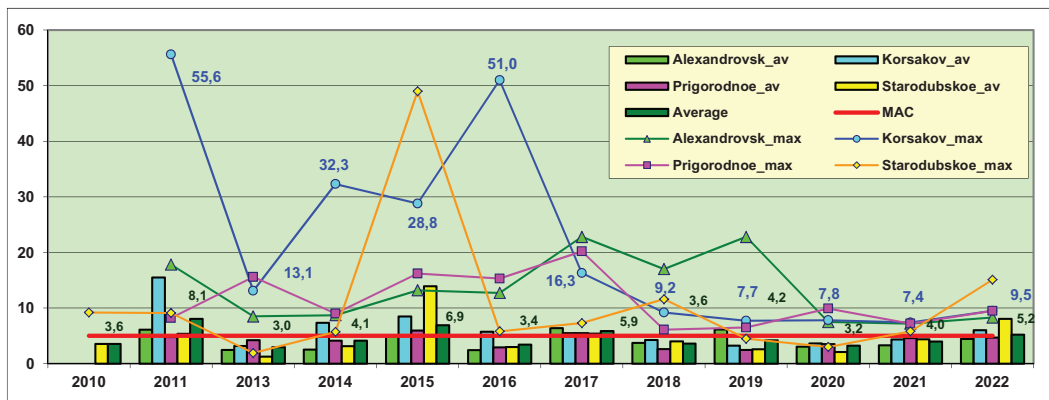


Рис. 10.4. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в прибрежных водах Сахалина в 2011–2022 гг.

Кислородный режим в водах порта Корсаков в среднем был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного **кислорода** в период проведения наблюдений составило 6,74 (в прошлом году 7,05); диапазон концентрации 4,76–9,39 мгО₂/дм³. В семи пробах содержание кислорода было ниже норматива. Индекс загрязненности вод залива Анива в районе порта Корсаков в 2022 г. составил 1,19; воды относятся к III классу, «умеренно загрязненные» (табл. 10.3). По сравнению с предыдущим и позапрошлым годами показатель качества вод в районе порта практически не изменился (0,97 в 2021 г.; 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 155,3–488, в среднем 263 мкг/г (5,26 ДК), что в 1,5 раза выше показателей предыдущего года. В 2021 г. концентрация НУ составляла 3,7 ДК, в 2020–14,3 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 в 2021 г. снизилась. В 2022 г. отмечена тенденция к росту уровня загрязнения осадков в порту. Значения концентрации фенолов варьировали в пределах от 0 (ниже предела обнаружения DL=0,05 мкг/г) до 0,12 мкг/г, в среднем 0,07 мкг/г, что сопоставимо с прошлогодним уровнем. Содержание металлов (мкг/г) в донных отложениях у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 6,6–8,8/среднее 7,55 (0,22 ДК); цинк 91–115/98,2 (0,7 ДК). Концентрация кадмия и свинца варьировала в пределах 0,06–0,08/0,07 и 4,1–4,3/4,2 мкг/г, что сопоставимо с прошлогодними показателями.

10.2.3. Залив Анива. Район порта Пригородное

На побережье залива Анива в окрестностях бывшего села Пригородное (ныне упразднено) 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 Пригородное в 2022 г. в соответствии с программой мониторинга было отобрано 18 проб воды и 18 проб донных отложений на трех станциях с мая по октябрь.

Температура поверхностного слоя вод в период наблюдений изменялась в диапазоне 9,0–19,3°С; соленость 28,07–32,34‰; хлорность 15,88–17,90‰; водородный показатель 7,93–8,20 ед.рН; щелочность 2,152–2,583 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля (DL=2,5) до 125,6 мг/дм³ с максимумом в мае. Средняя концентрация составила 34,1 мг/дм³ (3,4 ПДК), что выше показателя прошлого года. Концентрация легко окисляемого органического вещества по БПК₅ изменялась от нуля в четырех пробах (DL=1,0) до 5,3 (2,5 ПДК), в среднем 2,3 мгО₂/дм³ (1,1 ПДК), что в два раза ниже значений прошлого года (2,24 ПДК).

Концентрация аммонийного **азота** (мкг/дм³) в водах залива в районе порта Пригородное изменялась от аналитического нуля в шести пробах из 18 (DL=20) до 365 (0,13 ПДК) в мае, среднее значение составило 52,2; азот нитритов 0,63–31,45/6,7, максимум составил 1,31 ПДК; нитратов 5,0–64,7/32,5. Концентрация неорганического фосфора варьировала в диапазоне 5,39–429, средняя величина составила 89. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне 154–3984, а среднее значение (599 мкг/дм³) ниже прошлогоднего.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в поверхностном слое вод изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02) в семи пробах из 18 до 0,037 (0,74 ПДК), составив в среднем 0,018 мг/дм³ (0,36 ПДК). Средний уровень загрязнения НУ по сравнению с прошлогодними значениями значительно снизился (табл. 10.1). Содержание фенолов в последние три года было ниже предела обнаружения (DL=2 мкг/дм³) во всех пробах; СПАВ – ниже уровня определения в 12 из 18 проб, а в остальных достигало 72 (0,72 ПДК), в среднем 20,6 мкг/дм³, что соответствует прошлогоднему показателю.

Концентрация меди (мкг/дм³) в морской воде в районе порта Пригородное изменялась в диапазоне 2,1–9,5, составив в среднем 4,7 (0,93 ПДК); цинка – 2,8–10,2/7,6 (0,15 ПДК). Концентрация свинца во всех 18 пробах была ниже предела обнаружения (DL=0,3). Содержание кадмия осталось на уровне 2021 г. Средняя концентрация составила 0,1 (0,01 ПДК), максимальная достигала 0,41 мкг/дм³ (0,04 ПДК). Свинец в воде в этом году не обнаружен.

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась в диапазоне 5,34–9,47, в среднем 6,63 мгО₂/дм³. Содержание ниже норматива было отмечено в пяти пробах. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,83) прибрежные воды залива Анива в районе порта Пригородное относятся к III классу, “умеренно загрязненные”. За минувший год класс качества вод повысился на один пункт (табл. 10.3). Приоритетными загрязняющими веществами и в этом году остаются нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК₅) и медь, при этом доля НУ и растворенных органических веществ в этом году пошла на заметное снижение.

Уровень содержания загрязняющих веществ в **донных отложениях** в районе порта Пригородное остается относительно стабильным (табл. 10.2). Концентрация нефтяных углеводородов по сравнению с прошлым годом не изменилась: средняя концентрация 9,4 мкг/г (0,19 ДК). Содержание фенолов было ниже аналитического нуля в четырех пробах, а среднегодовая концентрация по всем пробам составила 0,13 мкг/г. Концентрация меди незначительно понизилась по сравнению с прошлым годом. Содержание кадмия, свинца и цинка в донных отложениях исследуемой акватории было ниже предела обнаружения методики, как и в прошлые два года. В целом концентрация тяжелых металлов в донных отложениях находится в пределах среднесезонных значений.

Таблица 10.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах шельфа о. Сахалин в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
село Стародубское (6 проб в 2022 г.)	НУ	0,005	0,10	0,033	0,66	0,036	0,72

		0,027	0,54	0,092	1,84	0,161	3,22
	Фенолы	0,48	0,48	0		0	
		2,9	2,90	0		0	
		11,8	0,12	9,7	0,10	19,7	0,20
	СПАВ	34	0,34	45	0,45	62,0	0,62
		0		0,10	0,01	0,2	0,02
	Кадмий	0		0,6	0,06	0,56	0,06
		2,1	0,42	4,4	0,88	8,1	1,61
	Медь	3,0	0,60	5,8	1,16	15,1	3,02
		4,3	0,09	7,0	0,14	7,7	0,15
	Цинк	8,4	0,17	8,4	0,17	11,2	0,22
		1,1	0,11	0,95	0,10	0,8	0,08
	Свинец	1,8	0,18	2,8	0,28	4,5	0,45
		108,3	0,05	18,1	<0,01	43,6	0,02
	Аммонийный азот	330	0,15	44,4	0,02	90,0	0,03
		2,39	0,10	3,09	0,13	3,7	0,15
	Нитритный азот	4,37	0,18	6,82	0,28	5,87	0,24
		2,95	1,40	2,38	1,13	4,0	1,90
	БПК ₅	5,5	2,62	3,4	1,62	5,2	2,48
		9,59		6,83		6,02	
	Кислород	8,12		5,35	0,89	4,69	0,78
Залив Анива: порт г. Корсакова (18 проб в 2022 г.)	НУ	0,057	1,14	0,052	1,04	0,050	1,00
		0,303	6,06	0,146	2,92	0,426	8,52
		0		0		0,41	0,41
	Фенолы	0		0		5,2	5,20
		12,6	0,13	25	0,25	14,4	0,14
	СПАВ	46	0,46	75	0,75	89,0	0,89
		0		0,13	0,01	0,20	0,02
	Кадмий	0		0,6	0,06	0,54	0,05
		3,65	0,74	4,4	0,88	6,0	1,20
	Медь	7,8	1,56	7,4	1,48	9,5	1,90
		7,36	0,15	6,9	0,14	6,9	0,14
	Цинк	20,4	0,41	15,1	0,30	10,8	0,22
		1,34	0,13	0,9	0,09	0,2	0,02
	Свинец	4,3	0,43	4,0	0,40	2,2	0,22
		31,5	0,01	21,1	<0,01	58,1	0,02
	Аммонийный азот	97,4	0,04	130,4	0,06	299,0	0,10
		3,25	0,14	3,68	0,15	7,4	0,31
	Нитритный азот	11,36	0,47	16,41	0,68	59,2	2,47
		3,44	1,64	2,37	1,10	3,5	1,67
	БПК ₅	5,3	2,52	4,2	2,00	6,2	2,95
		7,80		7,05		6,74	
	Кислород	4,50	0,75	4,24	0,71	4,76	0,79
Залив Анива: порт Пригородное (18 проб в 2022 г.)	НУ	0,027	0,54	0,057	1,14	0,018	0,36
		0,101	2,02	0,093	1,86	0,037	0,74
	Фенолы	0		0		0	
		0		0		0	
	СПАВ	4,83	0,05	28	0,28	20,6	0,21
		20	0,20	167	1,67	72,0	0,72

	Кадмий	0		0,2	0,02	0,1	0,01
		0		0,6	0,06	0,41	0,04
	Медь	3,53	0,71	4,6	0,92	4,7	0,93
		9,9	1,98	7,2	1,44	9,5	1,90
	Цинк	5,54	0,11	6,3	0,13	7,6	0,15
		15,4	0,31	11,1	0,22	10,2	0,20
	Свинец	0,78	0,08	0,8	0,08	0	
		3,3	0,33	1,8	0,18	0	
	Аммонийный азот	13,3	<0,01	73,7	0,03	52,2	0,02
		81,9	0,04	419,2	0,19	365,0	0,13
	Нитритный азот	4,35	0,18	5,83	0,24	6,7	0,28
		28,05	1,17	51,77	2,16	31,45	1,31
	БПК ₅	1,60	0,76	4,70	2,24	2,3	1,09
		4,5	2,14	38,6	18,38	5,3	2,52
	Кислород	8,05		6,60		6,63	
		6,62		4,45	0,74	5,34	0,89

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. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях шельфа о. Сахалин в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021г.		2022 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
село Стародубское (6 проб в 2022 г.)	НУ	26,3	0,5	49,5	0,99	32,4	0,65
		39,8	0,8	103,9	2,08	84,9	1,70
	Фенолы	0,51		0		0,10	
		1,59		0		0,23	
	Медь	4,4	0,1	4,83	0,14	5,43	0,16
		6,8	0,2	10,2	0,29	7,9	0,23
	Цинк	0		0		0	
		0		0		0	
	Кадмий	0,06	0,1	0,04	0,05	0,04	0,05
		0,09	0,1	0,08	0,10	0,05	0,06
	Свинец	0		0		0	
		0		0		0	
порт г. Корсакова (6 проб в 2022 г.)	НУ	717	14,3	182,25	3,65	263,0	5,26
		2453	49,1	298	5,96	488	9,76
	Фенолы	0,93		0,02	0,41	0,07	
		1,7		0,1	1,26	0,12	
	Медь	18,5	0,5	7,7	0,22	7,55	0,22
		25,0	0,7	9,7	0,28	8,8	0,25
	Цинк	57	0,4	87	0,62	98,2	0,70
		70	0,5	104	0,74	115	0,82
	Кадмий	0,2	0,3	0,09	0,11	0,07	0,09
		0,37	0,5	0,14	0,18	0,08	0,10
	Свинец	6,6	0,1	4,2	0,05	4,2	0,05
		15,9	0,2	4,5	0,05	4,3	0,05

порт Пригородное (18 проб в 2022 г.)	НУ	5,9	0,1	10,0	0,20	9,4	0,19
		17,9	0,4	43,7	0,87	27,9	0,56
	Фенолы	0,6		0,01	0,19	0,13	
		1,6		0,22	0,71	0,67	
	Медь	4,7	0,1	3,9	0,11	2,62	0,07
		6,2	0,2	6,4	0,18	3,2	0,09
	Цинк	0		19	0,14	0	
		0		66	0,47	0	
	Кадмий	0,05	0,1	0,01	0,01	0	
		0,09	0,1	0,04	0,05	0	
	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.

Таблица 10.3. Оценка качества морских вод Охотского моря в прибрежной акватории о. Сахалин в 2020–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
село Стародубское	0,73	III	0,89	III	1,31	IV	БПК ₅ 1,90; Cu 1,61; НУ 0,72; O ₂ 1,00
порт Корсаков	1,07	III	0,97	III	1,19	III	БПК ₅ 1,67; Cu 1,20; НУ 1,00; O ₂ 0,89
порт Пригородное	0,69	II	1,30	IV	0,82	III	БПК ₅ 1,09; Cu 0,93; НУ 0,36; O ₂ 0,89

Выводы

По данным мониторинга в 2022 г. уровень загрязнения вод в заливе Анива на прибрежных участках шельфа острова Сахалин в Охотском море оставался в пределах «умеренно загрязненных» за исключением акватории близ села Стародубское, «загрязненные». Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, медь и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Органическое загрязнение достигало 1,09–1,9 ПДК в трех контролируемых районах и было наибольшим у села Стародубское. Нефтяные углеводороды достигали 0,36–1 ПДК и были наибольшими у порта Корсаков. Медь встречалась в концентрации 0,93–1,61 ПДК с максимумом близ села Стародубское.

В 2022 г. в прибрежных морских водах значение индекса ИЗВ составило 1,31; 1,19 и 0,82 у села Стародубское, в районе порта Корсаков и порта Пригородное соответственно. В районе порта Корсаков не отмечено изменений класса качества вод по сравнению с прошлым годом, хотя значение ИЗВ возросло. 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 следующем году ИЗВ ухудшился на два пункта до «загрязненных» (IV класс качества). В 2022 г. качество вод улучшилось до «умеренно загрязненных» (III класс качества). В районе села Стародубское качество вод снизилось до уровня «загрязненных» (IV класс качества). Снижение качества было определено увеличением содержания меди и органического загрязнения практически в два раза. По результатам регулярного мониторинга донные отложения близ порта Корсаков в последние два года остаются наиболее загрязненными нефтяными углеводородами на шельфе о. Сахалин.

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

*Подкопаева В.В., Тихонова О.В., Артамонова Е.М., Матвейчук И.Г.,
Долгова А.О., Кочетков В.В., Жохова Н.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 и 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 стгонно-нагонных колебаний у западных берегов Японии уровень может повышаться на 20–25 см, а у материкового берега настолько 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. 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 и программа мониторинга

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 бухт вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные (предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот) 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 районах 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. Японское море (Амурский, Уссурийский и Находка заливы бухты Золотой Рог и Диомид) является приемником нормативно-очищенных и загрязненных сточных вод городов Владивосток, Находка, Артем, Большой Камень, Фокино, а также Шкотовского, Хасанского и Надеждинского муниципальных районов. По состоянию на 01.01.2023 г. количество отчитывающихся респондентов в Приморском крае по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 6,03% и составило 265 организаций против 282 в 2021 г. Основной вклад в загрязнение побережья Японского моря вносит река Объяснения (Владивостокская ТЭЦ-2–197,02 млн.м³, КГУП «Приморский водоканал» – 65,15 млн.м³ загрязненных сточных вод). В воды бассейна Японского моря было сброшено 17,27 т АСПАВ, 11,012 т нефтепродуктов, 3415,067 т взвешенных веществ, 455733,852 т сульфатов, 352,691 т сухого остатка, 3374062,476 т хлоридов, 125,571 т фосфатов (по фосфору), 2871,378 т БПК_{полное}, 594,440 т аммония,

313,54 т кальция, 2094,81 т нитратов, 32,61 т нитритов, 4,98 т НСПАВ, 10,84 т бора, 511,241 кг жиров природного происхождения, 49,176 т железа, 1761,414 кг алюминия, 51,186 кг кадмия, 1403,353 кг марганца, 421,925 кг меди, 241,663 кг никеля, 59,380 кг свинца, 137,382 кг хрома шестивалентного, 1831,658 кг цинка, 12677,704 кг таннидов, 513,981 кг фенолов. В реку Раздольная (с притоками) с недостаточно-очищенными и загрязненными сточными водами города Уссурийска и Октябрьского муниципального района (МУП «Уссурийск-Водоканал», КГУП «Приморский водоканал», АО «ННК-Приморнефтепродукт», АО «Приморавтотранс») поступило: НСПАВ 1427,476 кг, азот аммонийный 465,459 т, алюминий 1744,814 кг, БПК_{полн} 2452,155 т, железо 40416,279 кг, медь 417,963 кг, взвешенные вещества 2827,179 т. Река Партизанская (с притоками) – приемник недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Партизанска. В водоток со сточными водами предприятий (АО «Восточный Порт», КГУП «Примтепло-энерго», базы отдыха) поступило НСПАВ 601,011 кг, азот аммонийный 41,743 кг, БПК_{полн} 101,489 т, железо 1862,074 кг. Объем сточных вод, сбрасываемых в водные объекты края, увеличился на 1,46% и составил в 2022 году 365,01 млн.м³ против 359,76 млн.м³ в 2021 г., в том числе объем требующих очистки сточных вод 324,66 млн.м³ против 331,17 млн.м³ прошлого года, а также нормативно чистых 40,36 млн.м³ против 28,59 млн.м³ прошлого года. Мощность очистных сооружений перед сбросом сточных вод в водные объекты увеличилась по сравнению с 2021 годом на 3,15%.

В 2022 г. систематические исследования гидрохимических параметров и уровня загрязнения морских вод прибрежной зоны Японского моря (за исключением Татарского пролива, см. гл. 11.9) 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 постоянных станциях. Отбор проб проводился в бухтах Золотой Рог, Диомид и в проливе Босфор Восточный (июнь, август и октябрь) на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС». В заливах Находка (май, июль, сентябрь), Амурский (апрель, сентябрь) и Уссурийский (апрель, июль и октябрь) отбор проб производился на э/с «Атлас» ДВНИГМИ. В бухте Золотой Рог работы выполнены на 5 станциях, Диомид (1), в проливе Босфор Восточный (3), Амурском заливе (9), Уссурийском заливе (9) и в заливе Находка на 12 ст. Пробы донных отложений на загрязнение и анализ гранулометрического состава отбирались два раза в год – весной и осенью. Программа наблюдений в морской воде включала контроль показателей гидролого-гидрохимического режима (температура, соленость, прозрачность по диску Секки, концентрация взвешенных веществ, растворенный кислород, водородный показатель, БПК₅, биогенные вещества) и загрязняющие вещества (нефтяные углеводороды, фенолы, синтетические поверхностно-активные вещества и тяжелые металлы). В донных отложениях контролировалось содержание нефтяных углеводородов, фенолов, тяжелых металлов и хлор-органических пестицидов групп ДДТ, ГХЦГ, альдрина и полихлорированных бифенилов. Обработка проб проводилась в соответствии со стандартными методическими руководствами. Оценка степени загрязнения морских вод выполнена в соответствии с утвержденными нормативами ПДК-2016. Оценка степени загрязнения донных отложений выполнялась на основе соответствия уровня содержания веществ по критериям экологической оценки загрязнённости грунтов по Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица А.4). В тексте и таблицах для концентрации в воде тяжелых металлов, биогенных элементов, фенолов и СПАВ (АПАВ) используется единица мг/дм³, абсолютного содержания кислорода и БПК₅ – мгО₂/дм³, нефтяных углеводородов и взвешенных частиц – мг/дм³.

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. Бухта вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый (43°06' с. ш. 131°53' в. д.) и находящимся в 1,2 морской мили к востоку-северо-востоку от него мысом Голдобина. Глубины во входе в бухту 20–27 м и далее к вершине постепенно уменьшаются. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает чрезвычайно загрязненная речка Обьяснения. 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 км². Грунт в бухте илистый. Летом в районе бухты 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 2022 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 8,20°C в придонном слое в июне на ст.№12 до 34,00°C в поверхностном слое в августе в вершине бухты на ст.№1. Среднегодовая соленость (‰) составила 28,689. Она изменялась от 23,830 в поверхностном слое в августе на ст.№14 до 30,520 в придонном слое в июне на ст.№12. Значения водородного показателя изменялись от 7,30 на придонном и поверхностном горизонтах в августе на ст.№1 до 8,27 в придонном слое ст.№14 в июне; среднегодовая величина составила 7,86 ед.рН. Средняя концентрация взвешенных частиц в водах бухты Золотой Рог составила 7,43 мг/дм³ (0,74 ПДК), что в 1,3 раза больше значения прошлого года (табл. 11.1). Максимум – (18,00, 1,8 ПДК) был зафиксирован в августе на промежуточном горизонте на ст.№12. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) в толще воды бухты изменялось в диапазоне 1,0–7,0 мгО₂/дм³; максимум (3,33 ПДК) отмечен в августе на ст.№7 на поверхностном горизонте. Среднегодовое значение (1,20 ПДК) выше уровня предыдущего года (1,05 ПДК). Прозрачность вод бухты по диску Секки варьировала в диапазоне 0,2–4,0 м и составила в среднем 1,8 м.

Среднее содержание **нефтяных углеводородов** (НУ) в водах бухты Золотой Рог снизилось по сравнению с прошлогодним уровнем в 1,2 раза и составило 1,05 ПДК (табл. 11.1). Концентрация НУ превысила норматив в 30,8% проб. Максимальное значение (8,0 ПДК) зарегистрировано в октябре на ст.№11 в придонном слое. 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). Наиболее высокое максимальное значение НУ в морской воде, 8,0 ПДК зафиксировано именно в бухте Золотой Рог. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Золотой Рог покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

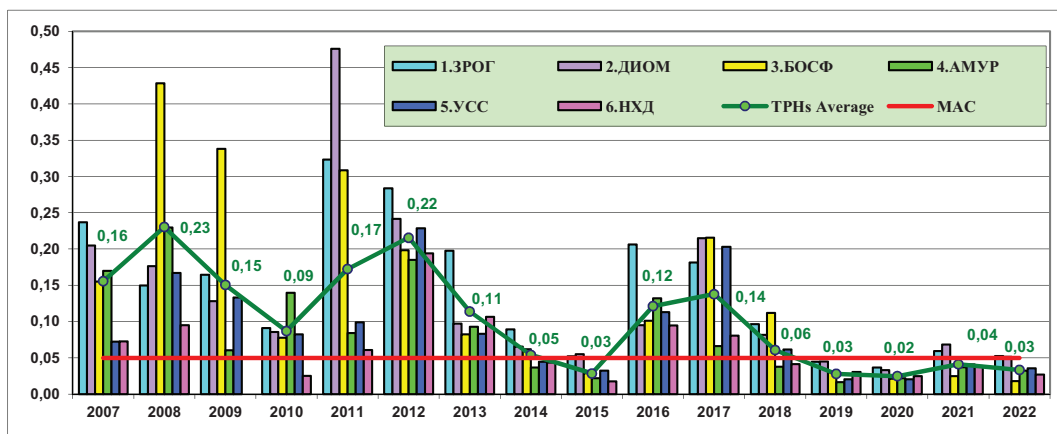


Рис. 11.2. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря. 1 – бухта Золотой Рог, 2 – бухта Диомид, 3 – пролив Босфор Восточный, 4 – Амурский залив, 5 – Уссурийский залив, 6 – залив Находка.

Среднегодовая концентрация **фенолов** повысилась в 1,45 раза и составило 1,70 ПДК. Их содержание превысило предельно допустимое значение в 100% проб. Максимальное значение (2 ПДК) было зарегистрировано 9 раз в июне и августе на поверхности и у дна.

Среднегодовое содержание АПАВ в водах бухты повысилось в 1,2 раза до 1,03 ПДК. Диапазон концентрации составил 12,00–198,00 мкг/дм³. Максимальное значение было отмечено в августе на выходе из бухты в поверхностном слое. Концентрация АПАВ превысила предельно допустимое значение в 51,3% проб по сравнению с 33,3% в прошлом году.

Среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых металлов, кроме цинка, в водах бухты Золотой Рог не превышала предельно допустимых значений (табл. 11.2). Среднее содержание цинка составило 1,04 ПДК, а максимальное (158,7 мг/дм³, 3,17 ПДК) было зафиксировано в октябре на ст.№11 на поверхностном горизонте. На ст.№11 в августе на поверхности были зафиксированы максимальные значения никеля (2,46 ПДК) и железа (5,25 ПДК). Максимальная концентрация ртути (4,4 ПДК) была отмечена на ст.№14 в июне в придонном слое. Среднее содержание меди, цинка, свинца, ртути повысилось по сравнению с прошлым годом, а марганца и кадмия не изменилось.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах бухты Золотой Рог в 2012–2022 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
	2,42	1,44	0,19	3,29	52,12	3,64	35,59	0,058
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
	4,8	5,1	0,7	24,6	158,7	23,5	262,5	0,44
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
	0,48	0,14	0,02	0,33	1,04	0,07	0,71	0,58
ПДК максимальная	1,26	0,12	0,55	0,14	0,62	1,46	12,48	1,20
	0,46	0,07	0,19	0,10	1,10	0,58	4,40	0,10
	0,98	0,79	0,22	0,73	2,00	2,06	3,62	3,40
	1,22	0,21	0,07	0,60	1,22	0,66	1,98	0,90
	0,94	0,23	1,60	0,23	0,46	0,72	0,94	1,60
	0,78	0,32	0,35	0,15	2,24	0,24	4,28	1,00
	0,84	0,99	0,08	0,17	0,75	0,07	3,86	0,90
	0,42	0,03	0,01	0,20	0,19	0,71	2,85	0,60
	1,12	0,04	0,05	0,55	0,54	1,19	4,43	0,40
	0,38	0,08	0,14	0,58	0,26	0,65	-	0,60
	0,96	0,51	0,07	2,46	3,17	0,47	5,25	4,40

Концентрация аммонийного азота (мкг/дм³) в толще вод бухты Золотой Рог в целом была невысокой и достигала только 523,6 (0,18 ПДК) в августе в кутовой части бухты вблизи устья реки Объяснения в придонном слое. Только в шести поверхностных пробах из вершины бухты концентрация превышала 200, поэтому среднее содержание аммонийного азота составило 123,7 (0,04 ПДК) и по сравнению с прошлым годом оно практически не изменилось. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще вод бухты снизилась с 0,82 до 0,55 ПДК. Максимальная составила 37,2 (1,55 ПДК) и была зафиксирована дважды: в июне и в августе на ст.№1 в придонном слое. Среднее содержание нитратов снизилось в 2,7 раза с 42,4 до 15,8. Максимум (83,4) был отмечен дважды в июне и в августе на ст.№1 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация общего азота снизилась по сравнению с прошлым годом с 799,0 до 617,1; пределы изменений 224,0–1808,0. Концентрация органического азота варьировала от 0,0 до 1347, а средняя составила 455,0 мкг/дм³.

В 2022 г. среднегодовая концентрация (мкг/дм³) минерального (**фосфатов**) и общего фосфора в бухте Золотой Рог составила 18,38 и 27,32 соответственно. Максимальное содержание фосфатов (133,4) было зафиксировано в июне в вершине бухты у устья реки Объяснения; там же было отмечено наибольшее значение общего фосфора (190,2). Среднегодовая концентрация минерального фосфора снизилась в 1,2 раза, а общего фосфора – в 1,3 раза по сравнению с прошлым годом. Средняя концентрация кремния снизилась с 408,6 до 324,5, а значения в течение периода наблюдений изменялись в диапазоне 47–1934 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в августе на ст.№14 в придонном слое.

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого наблюдается нарушение кислородного режима, как правило, в летнее время. Концентрация **кислорода** во время наблюдений в 2022 г. в бухте Золотой Рог изменялась в пределах 5,01–12,40, в среднем составила 7,56. Абсолютный минимум 5,01 мгО₂/дм³ (61,9% насыщения) был зафиксирован в августе на ст.№12 в придонном слое (рис. 11.3). По сравнению с прошлым годом кислородный режим в бухте в среднем практически не изменился. За год отмечено 6 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже норматива. 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. Здесь дефицит кислорода наблюдается практически ежегодно. Чуть лучше ситуация в бухте Диомид и в заливах Уссурийском и Находка, где ситуация относительно благополучная и случаи резкого дефицита кислорода отмечаются реже.

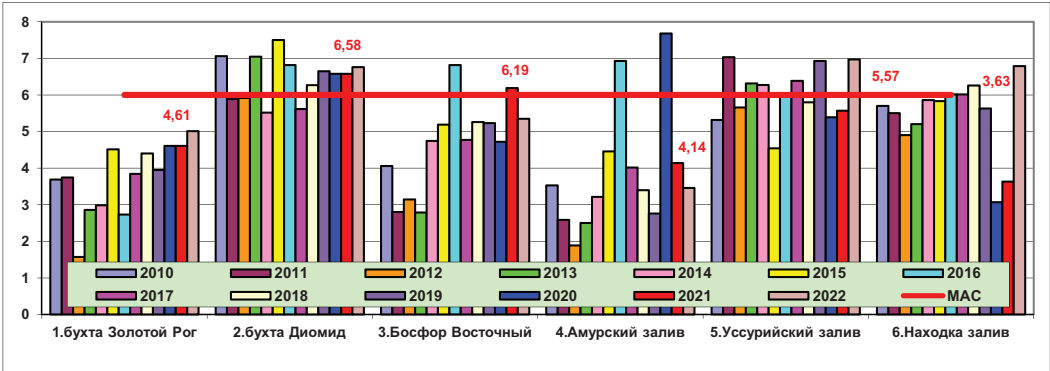


Рис. 11.3. Динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2022 гг.

В 2022 г. качество вод бухты Золотой Рог по индексу ИЗВ (1,19) несколько улучшилось по сравнению с прошлым годом в пределах диапазона III класса, «умеренно загрязненные» (табл. 11.3, рис. 11.4). Общий линейный тренд значений индекса отсутствует, при этом наблюдаются очень значительные межгодовые вариации. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, фенолы и растворенное органическое вещество по БПК₅. Содержание основных определяемых металлов было относительно невысоким; среднегодовое значение концентрации превысило ПДК только по цинку (1,04), а максимальные значения были выше установленного норматива по железу (5,25), цинку (3,17) и ртути (4,40). 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. Качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса качества, «умеренно загрязненные».

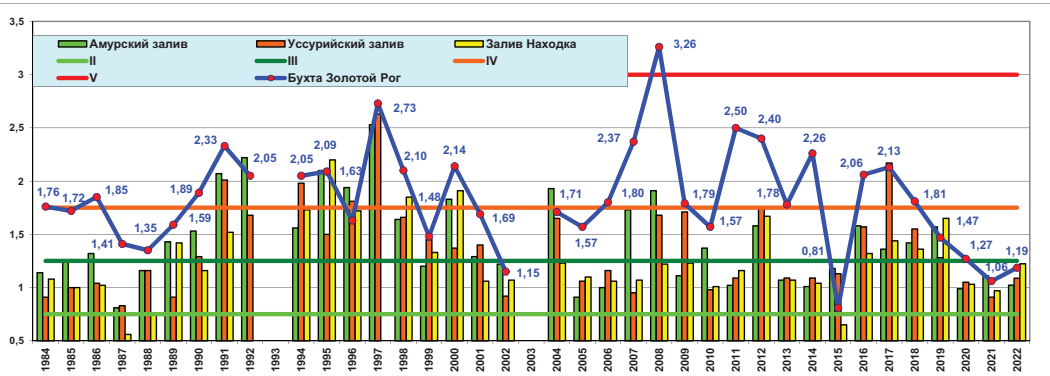


Рис. 11.4. Динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных частях залива Петра Великого и бухте Золотой Рог в 1984–2022 годах.

В 2022 г. в бухте Золотой Рог наблюдения за **донными отложениями** проводились в июне и октябре на всех пяти станциях в бухте; всего было отобрано 10 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 (мм) от 0,001 до 10,0, а преобладали фракции 1,0–2,0. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 составило 0,22%; 0,005–0,01–9,5%; 0,01–0,05–20,64%; 0,05–0,1–18,02%; 0,1–0,2–23,20%; 0,2–0,5–20,02%; 0,5–1,0–6,71%; 1,0–2,0–0,73% и размером 2,0–5,0 составило 0,18%. Осенью гранулометрический состав донных отложений бухты Золотой Рог был составлен частицами размером 0,001 до 2,0. Преобладают фракции с размером частиц 0,1–0,2. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 составило 0,36%; 0,005–0,01–13,54%; 0,01–0,05–22,86%; 0,05–0,1–19,42%; 0,1–0,2–26,50%; 0,2–0,5–13,60%; 0,5–1,0–3,06% и размером 1,0–2,0 составило 0,66%.

Содержание **НУ** в пробах изменялось в пределах 1880–24580, составив в среднем 9037 мкг/г, что примерно в 1,1 раза ниже прошлогодней величины. Динамика средней концентрации НУ по годам: 2005 г. – 1440; 2006–12850; 2007–15447; 2008–3322; 2009–8147; 2010–8346; 2011–8928; 2012–6966; 2013–6136; 2014 –10524; 2015–13089; 2016–10084, 2017–12856; 2018–16728; 2019–14788; 2020–12790; 2021–9755 мкг/г. В 2022 г. средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов (ДК) в **180,74** раз (табл. А.4). Максимальное значение (**491,6 ДК**) было отмечено в июне в кутовой части бухты у устья реки Обьяснение. Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб.

Содержание фенолов в пробах изменялось в пределах 1,6–3,6, в среднем составило 3,02 мкг/г. По сравнению с прошлым годом снизилось в 2,2 раза: с 6,74 до 3,02 мкг/г. Максимум отмечен в июне на ст.№14 на выходе из бухты.

Концентрация **α-ГХЦГ** в отобранных пробах (нг/г) изменялась в диапазоне от 0,1 до 0,7 сухого вещества; в среднем – 0,25 нг/г, что в 2,5 раза выше уровня 2021 года (0,1). Из 10 отобранных проб в июне и октябре линдан (**γ-ГХЦГ**) был обнаружен в четырех, его концентрация во всех пробах составила 0,10 (2 ДК), средняя 0,04 нг/г. Ингредиент был зафиксирован на всей акватории бухты. Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог составила (нг/г): ДДТ – 4,39 и 10,6; ДДЭ – 8,66 и 21,10; ДДД – 2,0 и 31,80. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила в 27,39 нг/г (10,96 ДК). По сравнению с прошлогодним уровнем (8,8) этот показатель вырос в 1,25 раза. Средняя концентрация альдрина составила 2,08 нг/г, что выше уровня прошлого года в 1,4 раза. В период наблюдений содержание этого пестицида варьировало в диапазоне 0,1–8,80 нг/г, а максимум был зафиксирован в октябре в районе ст.№1.

Среднегодовая концентрация полихлорбифенилов (ПХБ) в донных отложениях бухты (нг/г) составила 181,90 сухого остатка (9,10 ДК), что в 2,1 раза ниже прошлогоднего уровня; диапазон значений 64,5–428,3. Максимум (21,40 ДК) был зафиксирован в октябре на ст.№7 в центральной части бухты.

В 2022 г. среднегодовое содержание кобальта, никеля и ртути снизилось (в пределах 1 ДК); практически не изменилось содержание свинца, кадмия, цинка и хрома; незначительно повысилось среднее содержание меди с 3,09 до 3,25 ДК, (табл. 11.4). Среднегодовая концентрация меди, свинца, кадмия, цинка и ртути превышала норматив в 1,54–3,35 раза. Максимальные значения меди (7,8), свинца (3,1), кадмия (4,8), цинка (4,0) и ртути (9,5 ДК) были отмечены на ст.№7. В позапрошлом году наибольший уровень содержания этих металлов также был зарегистрирован в центральной части бухты, тогда как прошлым наибольшее значения были отмечены в вершине бухты на ст.№1.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	133,10	133,30	1,61	4,87	13,40	326,30	216,50	33607	38,80	0,725
	132,80	142,20	1,91	4,45	15,20	339,40	189,80	32871	39,40	0,458
	121,53	120,73	2,07	4,07	13,95	292,73	111,57	25455	38,13	0,787
	149,90	195,30	3,74	6,05	20,90	380,50	199,50	28742	76,00	1,539
	89,80	92,40	1,90	4,14	11,52	285,30	199,60	25609	37,58	0,678
	145,80	168,10	2,81	4,32	12,63	382,70	185,40	25024	16,60	1,074
	191,74	199,70	2,22	5,05	13,44	474,05	220,09	24750	45,06	1,129
	168,83	175,90	1,50	4,40	33,36	495,74	202,12	28542	31,97	0,280
	132,38	147,18	2,47	5,17	14,12	344,99	171,82	25724	37,02	1,298
	108,00	129,73	1,91	4,57	14,77	272,69	127,59	20850	32,75	1,041
	113,64	130,85	1,86	3,70	10,62	266,35	129,30	14721	32,39	1,005
Максимальная	275,0	274,0	3,9	7,2	15,0	559,0	458,0	38760	59,0	1,32
	242,0	368,0	3,7	5,8	20,0	612,0	388,0	35957	68,0	1,84
	310,0	273,0	4,6	6,8	21,0	678,0	207,0	34982	59,0	1,50
	280,0	439,0	6,2	14,0	32,0	611,0	321,0	35161	130,0	5,27
	161,0	181,0	3,6	6,8	18,0	441,0	522,0	30735	87,0	1,84
	416,0	351,0	9,3	6,0	16,0	832,0	294,0	27690	25,0	2,07
	493,2	519,9	4,4	6,9	18,0	977,2	389,3	29162	74,0	2,69
	368,9	425,7	5,1	5,6	63,6	808,0	349,2	31555	48,4	0,60
	322,6	276,6	5,6	7,8	27,2	648,5	273,9	31985	62,0	2,90
	258,8	276,4	4,1	6,1	21,1	560,3	208,5	35708	50,9	2,23
	273,3	263,8	3,8	5,1	12,7	565,5	195,1	17226	51,3	2,85
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
	3,25	1,54	2,33	0,19	0,30	1,90			0,32	3,35
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
	7,81	3,10	4,75	0,26	0,36	4,04			0,51	9,50

* 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 2022 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 10,00–25,10°C. Соленость (‰) изменялась от 24,10 в августе на поверхности до 29,93 в июне на глубине 13 м; среднее значение составило 28,067 (2016–32,053; 2017–29,625; 2018–31,64; 2019–28,98; 2020–29,21; 2021–30,755). Водородный показатель pH варьировал в пределах 7,87–8,06; в среднем 7,94 ед.pH (2016–8,16; 2017–8,15; 2018–8,13; 2019–8,23; 2020–8,01; 2021–8,09). Содержание взвешенных в воде частиц изменялось в диапазоне 1,6–12,4 мг/дм³, в среднем – 7,30 (0,73 ПДК). Максимум отмечен в июне в поверхностном слое. По сравнению с прошлым годом средняя величина повысилась в 1,6 раза. Средний показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) снизился с 2,00 до 1,70 мгО₂/дм³; максимальное значение (1,90 ПДК) зарегистрировано в июне. В начале лета прозрачность воды бухты равнялась 4 м, а в конце года снизилась до 1 м.

Содержание аммонийного **азота** (мкг/дм³) в водах бухты изменялось в пределах 22,3–69,7; среднегодовая концентрация осталась (40,52; 0,01 ПДК) на прошлогоднем уровне. Концентрация нитритов в морской воде снизилась в 1,8 раза, а нитратов в 4,4 раза: 6,88 и 7,30 соответственно. Максимальное содержание общего азота составило 562,0, а среднее снизилось с 609,0 до 384,0. Среднегодовая концентрация органического азота снизилась с 516,0 до 329,0, максимальная составила 489,0 мкг/дм³. В период проведения работ концентрация фосфатов (мкг/дм³) была в диапазоне 8,0–23,9, средняя концентрация составила 13,3, что в 1,1 раза выше прошлогодней; максимум был отмечен в июне в поверхностном слое. Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 12,6–34,2, среднее 19,98 мкг/дм³; максимум отмечен в июне в поверхностном слое. Содержание кремния изменялось в пределах 83–330 мкг/дм³, составив в среднем за год 201,2, что в 1,6 раза ниже прошлогоднего; максимум зафиксирован в августе в придонном слое.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** в 2022 г. составило 0,052 мг/дм³, диапазон изменений 0,01–0,10 (табл. 11.1). Средняя величина снизилась в 1,3 раза, максимальная концентрация (2,0 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 1,5–1,9 мкг/дм³; среднее содержание составило 1,68 ПДК. Максимум (1,9 ПДК) зафиксирован в июне в поверхностном слое. Уровень загрязненности морских вод фенолами повысился по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза (рис. 11.5). Превышение ПДК отмечено во всех пробах. Максимальное содержание фенолов в водах отдельных районов залива Петра Великого не имеет четкого тренда. За последний год максимумы по фенолам немного повысились в водах вокруг Владивостока, но существенно снизились в больших заливах.

Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 24–143 мкг/дм³, максимум отмечен в октябре в придонном слое. Среднегодовая величина (0,84 ПДК) повысилась по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза. Превышение предельно допустимой концентрации отмечено в двух пробах.

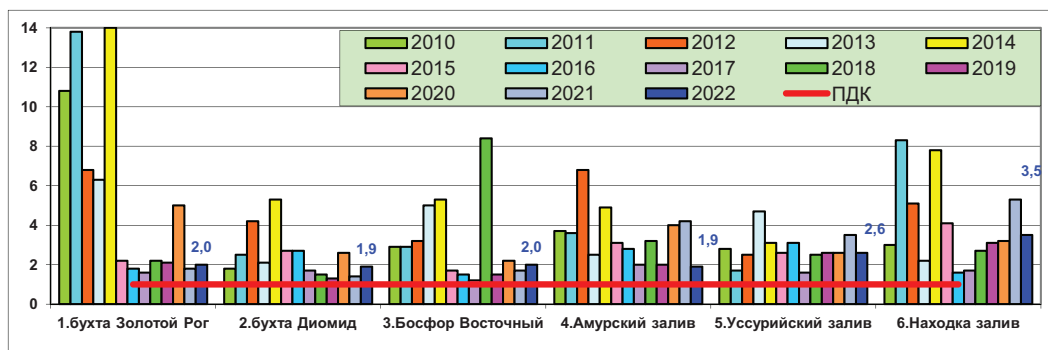


Рис. 11.5. Динамика максимальной концентрации фенолов (мкг/дм³) в водах отдельных районов залива Петра Великого Японского моря в 2010–2022 гг.

Среднегодовая и максимальная концентрация исследуемых тяжелых **металлов** (мкг/дм³), за исключением цинка, в водах бухты не превышала предельно допустимых значений. Среднее содержание цинка повысилось в 15,6 раза с 0,08 до 1,25 ПДК при диапазоне концентрации 2,40–161,50; максимум зафиксирован в октябре в придонном слое. Среднее и максимальные значения составили: для свинца 3,75/14,90; меди 2,57/3,90; кадмия 0,17/0,40; никеля 1,95/6,20; ртути 0,08/0,38 и марганца 1,60/3,20 мкг/дм³.

Среднегодовая концентрация растворенного в водах бухты Диомид **кислорода** незначительно повысилась и составила 7,98 (94,2% насыщения) против прошлогодних 7,46 мгО₂/дм³ (96,3%). Минимальное значение (6,76) было отмечено в августе в придонном слое. По индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,18, III класс, «умеренно загрязненные») качество вод бухты Диомид практически осталось на уровне прошлого года. По сравнению с 2021 г. повысилась концентрация фенолов и АПАВ в морской воде и снизилась НУ. Содержание тяжелых металлов в водах бухты по-прежнему не превышало норматива за исключением резко повысившейся концентрации цинка.

В бухте Диомид в июне и октябре были отобраны две пробы **донных отложений**, в которых проводилось определение содержания нефтяных углеводородов, фенолов, тяжелых металлов и пестицидов. Содержание НУ в июньской пробе составило 3580 мкг/г сухого остатка (71,6 ДК), в октябрьской пробе – 3770 (75,4 ДК). По сравнению с предыдущим годом среднее содержание было ниже в 2,2 раза и составило 3675 (73,5 ДК). В последние годы этот показатель всегда был выше 100 ДК: в 2014–110; 2015–132; 2016–129; 2017–222; 2018–333; в 2019–196; 2020–206; и только в 2021 г. он снизился до 92,3 ДК. В 2022 г. отмечено дальнейшее снижение в 1,3 раза.

В заливе Петра Великого два прибрежных района резко выделяются среди других по уровню загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами – бухты Золотой Рог и Диомид (рис. 11.6). Здесь среднее содержание НУ превышает этот показатель в других районах на порядок. Достаточно высок уровень загрязненности донных отложений НУ и в проливе Босфор Восточный. В больших заливах в 2022 г. среднее содержание НУ изменялось в диапазоне 1,8–3,7 ДК.

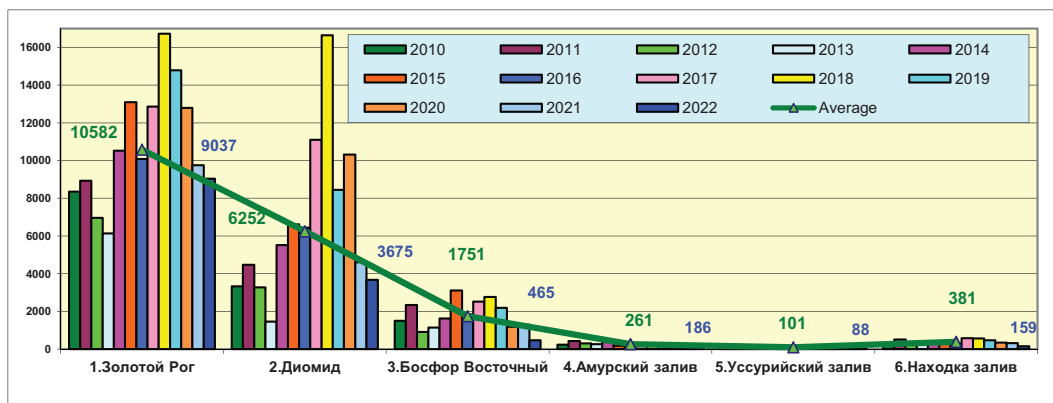


Рис. 11.6. Многолетние изменения средней концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2022 гг.

Среднее содержание фенолов в донных отложениях составило 3,45 мкг/г, что практически соответствует уровню прошлого года (3,60).

Концентрация α -ГХЦГ в донных отложениях бухты Диомид (нг/г) в двух пробах в июне и октябре составила 0,2. Содержание β -ГХЦГ в июне было ниже чувствительности метода определения, а в октябре составило 0,1 (2 ДК). Количество ДДТ в донных отложениях летом составило 0,8, осенью 3,4, в среднем 2,10; ДДЭ – 8,3–21,9/15,15; ДДД – 9,7–10,7/10,20 нг/г. Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в июне составила 18,8 (7,52 ДК), в октябре – 36,0 (14,4 ДК), что превышает прошлогодние по этим месяцам показатели 4,92 и 11,28 ДК соответственно. Содержание альдрина составило 1,1 в июне и 5,1 в октябре. Концентрация ПХБ летом 256,8 (12,84 ДК) и осенью 765,5 нг/г (38,28 ДК).

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми **металлами** было традиционно высоким (табл. 11.5). Среднегодовое содержание большинства элементов многократно превышало ДК. Содержание меди и цинка повысилось в 1,1 и в 2,3 раза соответственно. Содержание свинца, кадмия, кобальта, никеля, хрома и ртути снизилось по сравнению с 2021 г.; при этом содержание кобальта и никеля было по-прежнему ниже принятого норматива ДК.

Таблица 11.5. Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	360,50	245,00	1,45	4,15	15,00	877,50	169,00	37401	194,50	0,320
	185,00	111,00	2,20	3,00	11,50	324,50	128,00	26080	76,00	0,150
	195,00	129,00	2,23	4,47	12,33	386,33	290,67	28869	54,00	0,433
	487,50	182,50	5,85	3,10	27,50	765,00	229,50	32195	313,00	1,120
	638,50	350,50	3,75	15,05	42,00	2202,00	860,00	37838	359,50	0,545
	1231,00	224,50	4,30	8,20	77,50	1367,50	337,00	35998	66,00	1,265
	546,20	323,95	4,90	5,65	19,70	1115,35	205,00	31535	27,35	1,225
	963,80	251,00	4,20	7,50	54,30	1543,75	392,70	42373	218,45	0,395
	461,55	260,90	5,05	5,15	20,30	638,50	185,10	40512	183,95	1,750
	446,40	249,45	3,90	6,10	20,75	334,95	165,35	32818	139,55	2,090
	511,05	214,40	3,30	4,75	19,35	776,20	205,00	14626	112,25	1,885

Максимальная	504,0	369,0	2,7	5,2	19,0	1422,0	211,0	48487	309,0	0,36
	278,0	150,0	3,4	3,9	13,0	458,0	136,0	30579	111,0	0,17
	402,0	270,0	4,1	8,5	14,0	800,0	761,0	35324	84,0	0,94
	678,0	186,0	6,4	5,2	30,0	1088,0	279,0	32766	521,0	1,39
	1098,0	487,0	4,2	22,0	49,0	2633,0	1427,0	54941	468,0	0,57
	1473,0	249,0	4,8	11,0	135,0	1705,0	424,0	39079	68,0	1,31
	733,7	364,3	5,3	6,3	22,3	1703,8	233,7	32447	31,7	1,24
	1266,5	258,2	4,3	7,8	68,3	2056,8	445,4	42479	228,5	0,68
	604,1	299,7	5,1	6,0	26,1	837,8	202,3	48706	209,6	1,76
	457,5	282,8	4,3	6,4	24,4	646,4	172,2	35425	187,1	2,1
	560,3	216,1	3,9	4,8	20,1	1119,0	258,6	18595	126,3	2,01
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	14,60	2,52	4,13	0,24	0,55	5,54			1,12	6,28
	14,40	4,34	3,38	0,26	0,54	10,16			3,09	1,20
	7,94	1,76	4,25	0,20	0,37	3,27			1,11	0,57
	11,49	3,18	5,13	0,43	0,40	5,71			0,84	3,13
	19,37	2,19	8,00	0,26	0,86	7,77			5,21	4,63
	31,37	5,73	5,25	1,10	1,40	18,81			4,68	1,90
	42,09	2,93	6,00	0,55	3,86	12,18			0,68	4,37
	20,96	4,29	6,63	0,32	0,64	12,17			0,32	4,13
	36,19	3,04	5,38	0,39	1,95	14,69			2,29	2,27
	17,26	3,53	6,38	0,30	0,75	5,98			2,10	5,87
	13,07	3,33	5,38	0,32	0,70	4,62			1,87	7,00
	16,01	2,54	4,88	0,24	0,57	7,99			1,26	6,70

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 в обратном направлении вдоль северного. Средняя скорость этих течений в узостях 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 непрекращающиеся всю зиму судоходство и ледокольные работы.

В 2022 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 5,80°С, максимальная в августе там же на поверхности (24,90°С). Значения солености (‰) изменялись от 21,23 в августе в поверхностном слое в бухте Улисс до 30,86 в июне в придонном слое там же. Среднегодовое значение солености составило 28,28. Значения водородного показателя pH варьировали от 7,71 (в августе на ст.№23 в придонном слое) до 8,26 (в октябре на ст.№18 в поверхностном слое); среднее значение составило 8,01 ед.рН. Концентрация взвешенных частиц в воде была в диапазоне от 2,3–15,0; среднее значение повысилось в 1,3 раза и составило 6,04 мг/дм³. Средняя концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ составила 1,74 мгО₂/дм³, что немного выше прошлогодней (1,81). Значения изменялись в диапазоне 1,0–3,0 мгО₂/дм³ (1,43 ПДК). Прозрачность морских вод в проливе Босфор Восточный составляла 2–3 м.

Концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах пролива и бухте Улисс в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного азота изменялось в диапазоне 19–301,5, а среднее было очень невысоким 53,9 (0,02 ПДК). Среднегодовая концентрация нитритов повысилась в 1,6 раза, а максимум (16,0, 0,67 ПДК) был отмечен дважды на ст.№18 в июне и августе в придонном слое. Диапазон значений нитратного азота был 2,6–24,9; максимальная концентрация была отмечена дважды в октябре на ст.№19 на промежуточном горизонте и на ст.№23 в придонном слое. Среднегодовая концентрация снизилась в 2,2 раза с 21,1 до 9,6. Значения общего азота изменялись в диапазоне 211–755/386,1; средняя величина в 1,4 раза меньше прошлогодней, а максимум был зарегистрирован в бухте Улисс в августе в поверхностном слое. Средняя концентрация органического азота составила 283,0, что ниже прошлогоднего значения в 1,7 раза; содержание органического азота изменялось в пределах 175,0–373,0 мкг/дм³. Содержание минерального фосфора (мкг/дм³) практически не изменилось по сравнению с прошлым годом и составило в среднем 10,29, диапазон изменения 5,2–17,3 в наблюдаемые месяцы. Максимальная концентрация фосфатов была отмечена в июне на ст.№23 в придонном слое. Значения общего фосфора изменялись в пределах 8,2–24,8, максимум был зафиксирован в июне на ст.№23 в придонном слое. Средняя концентрация общего фосфора снизилась в 1,2 раза с 18,20 до 15,58. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива снизилась в 1,9 раза и составила 5,3, диапазон 3,0–8,7 мкг/дм³. Концентрация кремния изменялась в очень широком диапазоне 60–2173; максимум зарегистрирован в августе на ст.№23 в придонном слое. Средняя концентрация выросла в 1,3 раза и составила 486,3 мкг/дм³.

Концентрация **НУ** в воде пролива летом-осенью изменялась от аналитического нуля (в четырех пробах) до 0,05 мг/дм³ (1,0 ПДК). Среднее содержание несколько снизилось и составило 0,018 (0,36 ПДК). Максимальная концентрация была отмечена в июне на ст.№19 в поверхностном 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 диапазоне 1,4–2,0 мкг/дм³; среднегодовое содержание составило 1,65 ПДК. Максимум отмечен дважды в июне в бухте Улисс в придонном слое и на горизонте 10 м. По сравнению с 2021 г. среднее содержание фенолов повысилось в 1,25 раза. Превышение ПДК отмечено в 100% проб. Концентрация АПАВ в морских водах была в пределах 24,0–202,0 мкг/дм³; а средняя

концентрация составила 95,9 (0,96 ПДК), что соответствует уровню прошлого года (рис. 11.7). Концентрация АПАВ превышала ПДК в 44% проб. По многолетним данным системы государственного мониторинга во всех прибрежных районах залива Петра Великого четыре года (2016–2019 гг.) наблюдался резкий рост уровня загрязненности морских вод поверхностно-активными веществами по сравнению со всеми предыдущими годами наблюдений. Далее этот процесс остановился во всех районах и среднегодовой показатель не превышал норматива, за исключением залива Находка (1,12 ПДК). Не исключено, что повышенные значения могли быть результатом методической ошибки проведения аналитических работ.

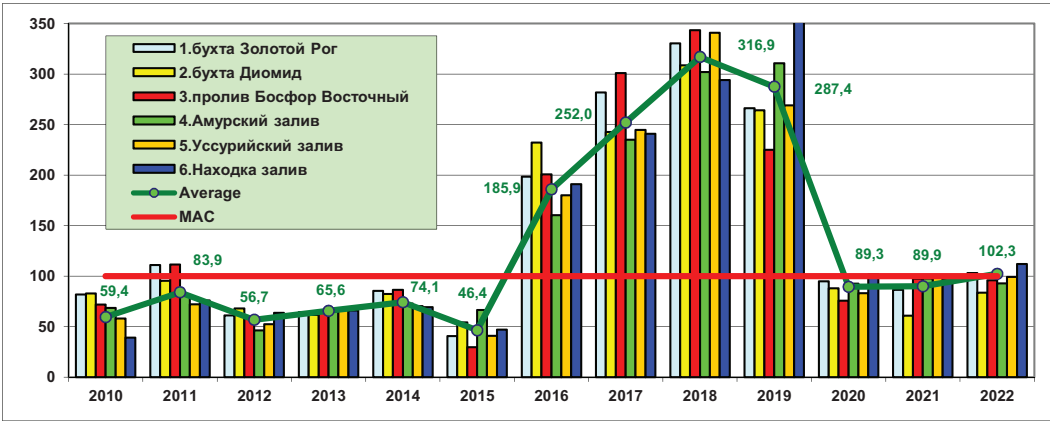


Рис. 11.7. Межгодовая динамика средней концентрации поверхностно-активных веществ (мкг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2022 гг.

Средняя за три теплых месяца концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах пролива Босфор Восточный не превышала установленный норматив за исключением железа (1,30 ПДК). В октябре максимальная концентрация меди и ртути превысила ПДК в бухте Улисс в 4,12 и 3,2 раза соответственно; максимум по железу 5,48 ПДК (ст.№23); цинка и никеля составил на ст.№18 2,47 ПДК и 1,28 ПДК соответственно (табл. 11.6).

Таблица 11.6. Среднее и максимальное значение концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах пролива Босфор Восточный в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	0,79	0,12	0,13	0,31	7,31	19,59	84,1	0,001
	0,63	0,17	0,25	0,31	5,67	4,41	27,61	0,000
	1,36	0,29	0,12	1,02	11,75	5,27	26,59	0,027
	3,12	0,10	0,16	0,69	26,73	3,83	27,00	0,022
	1,99	0,64	0,78	0,67	9,62	4,96	26,86	0,041
	1,71	0,29	0,96	1,10	18,21	4,62	62,30	0,037
	1,43	2,02	0,19	0,99	18,73	2,14	33,14	0,023
	0,73	0,19	0,04	0,49	6,57	2,59	29,73	0,017
	2,80	0,18	0,07	2,64	18,24	9,83	7,6	0,037
	1,02	0,21	0,03	0,40	4,27	2,04		0,051
	3,66	1,85	0,12	2,28	36,16	2,50	29,90	0,045

Максимальная	2,30	0,40	0,50	0,70	113,00	111,00	711,00	0,02
	1,40	0,80	5,60	0,50	118,00	46,00	302,00	0,00
	3,70	1,00	0,40	2,90	38,00	31,00	91,00	0,40
	55,00	0,50	0,40	6,50	301,00	13,00	45,00	0,05
	3,30	2,90	6,60	1,40	27,00	23,00	81,00	0,28
	5,20	0,80	3,80	2,80	89,00	43,00	155,00	0,10
	5,10	12,50	0,40	3,10	63,70	17,70	87,00	0,07
	3,70	1,60	0,50	2,00	42,10	20,30	187,80	0,04
	14,50	0,70	0,20	18,00	79,20	49,50	27,20	0,16
	3,40	0,90	0,60	0,80	10,50	10,60		0,29
	20,6	5,3	0,4	12,8	123,5	14,6	273,9	0,32
ПДК средняя	0,16	0,01	0,01	0,03	0,15	0,39	1,70	0,01
	0,13	0,02	0,02	0,03	0,11	0,09	0,55	
	0,27	0,03	0,01	0,10	0,24	0,11	0,53	0,27
	0,62	0,01	0,02	0,07	0,53	0,08	0,54	0,22
	0,40	0,06	0,08	0,07	0,19	0,10	0,54	0,41
	0,34	0,03	0,10	0,11	0,36	0,09	1,25	0,37
	0,29	0,20	0,02	0,10	0,37	0,04	0,66	0,23
	0,15	0,02	<0,01	0,05	0,13	0,05	0,59	0,17
	0,56	0,02	<0,01	0,26	0,36	0,20	0,15	0,37
	0,20	0,02	<0,01	0,04	0,09	0,04		0,51
	0,73	0,19	0,01	0,23	0,72	0,05	0,60	0,45
ПДК максимальная	0,46	0,04	0,05	0,07	2,26	2,22	14,20	0,20
	0,28	0,08	0,56	0,05	2,36	0,92	6,04	
	0,74	0,10	0,04	0,29	0,76	0,62	1,82	4,00
	11,00	0,05	0,04	0,65	6,02	0,26	0,90	0,50
	0,66	0,29	0,66	0,14	0,54	0,46	1,62	2,80
	1,04	0,08	0,38	0,28	1,78	0,86	3,10	1,00
	1,02	1,25	0,04	0,31	1,27	0,35	1,74	0,70
	0,74	0,16	0,05	0,20	0,84	0,41	3,76	0,40
	2,90	0,07	0,02	1,80	1,58	0,99	0,54	1,60
	0,68	0,09	0,06	0,08	0,21	0,21		2,90
	4,12	0,53	0,04	1,28	2,47	0,29	5,48	3,20

В 2022 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный и бухты Улисс практически не изменилось и составило 8,09 (92,1% насыщения), диапазон изменений 5,35–9,26 мг/дм³. Дефицит кислорода отмечен в 1 пробе в августе на ст.№18. По ИЗВ (1,04) качество вод пролива не изменилось и соответствовало III классу, «умеренно загрязненные». Расчет выполнен по средней концентрации кислорода, фенолов, детергентов и органических веществ по БПК₅.

В проливе Босфор Восточный и бухте Улисс в июне и октябре было отобрано шесть проб на содержание ЗВ в **донных отложениях**. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 360–630, составив в среднем 465 мкг/г (9,3 ДК). Максимальная концентрация превысила ДК в 12,6 раза и была зафиксирована в июне на ст.№18. 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, 2020–1188, 2021–129,7 мкг/г сухого остатка. Превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. Среднее содержание фенолов в донных отложениях пролива снизилось в 1,2 раза с 3,6 до 2,92, при диапазоне концентрации 2,2–3,3 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано дважды в октябре в бухте Улисс и на ст.№18.

Содержание пестицидов (нг/г) группы ГХЦГ в пробах донных отложений находилось в пределах: α -ГХЦГ 0,1–0,3/0,2; наибольшее значение зафиксировано в июне на ст.№23. Концентрация γ -ГХЦГ изменялась в диапазоне 0,0–0,1; максимум составил 2 ДК и был отмечен в одной июньской пробе на ст.№23. Для пестицидов группы ДДТ диапазон изменений и средняя составили: 1,1–9,8/4,8; ДДЭ – 1,3–5,9/3,08; ДДД – 1,60–26,90/8,77 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило 16,65 (6,66 ДК), что в 7,2 раз выше уровня прошлого года (0,93 ДК). Содержание альдрина изменялось в диапазоне 0,1–1,3, в среднем 0,55 нг/г. Концентрация ПХБ в донных отложениях была в пределах 52,7–197,8, составив в среднем 83,23 нг/г (4,2 ДК), что в 1,6 раза выше прошлогоднего уровня (2,7 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). Хотя содержание ртути также снизилось, но оно по-прежнему превышает допустимый уровень (1,43 ДК). Повысилось значение цинка. Максимальная концентрация меди 1,02 ДК и ртути 2,97 ДК.

Таблица 11.7. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	30,19	41,83	0,32	4,28	10,37	101,67	134,08	28593	23,67	0,940
	33,17	43,33	0,50	3,23	13,50	131,83	139,33	29525	27,67	0,182
	40,00	63,78	0,64	3,40	15,11	137,89	99,12	28094	29,22	0,296
	56,67	73,50	2,15	7,97	20,50	136,33	166,67	28822	67,17	0,697
	30,50	42,00	0,97	6,30	12,53	116,50	117,67	25852	27,83	0,233
	35,33	40,70	1,97	3,90	12,48	125,50	143,83	25229	12,83	0,475
	37,00	69,05	0,52	4,45	12,07	128,72	146,68	26767	28,43	0,425
	37,17	53,90	0,30	3,27	24,87	126,07	131,37	25213	22,17	0,185
	30,53	41,88	0,62	3,42	10,43	103,97	113,45	19018	21,97	0,287
	33,78	64,23	0,37	3,65	10,62	79,05	91,60	12062	20,47	0,668
	29,93	51,40	0,23	3,27	7,90	93,83	109,38	14274	19,93	0,430
Максимальная	64,0	71,0	0,8	5,2	14,0	179,0	177,0	34324	37,0	7,6
	54,0	55,0	0,8	3,7	17,0	224,0	174,0	31887	37,0	0,22
	54,0	167,0	0,8	6,0	20,0	231,0	184,0	49382	34,0	0,6
	79,0	125,0	3,4	14,0	27,0	200,0	194,0	36457	85,0	1,53
	51,0	65,0	1,3	11,0	17,0	170,0	161,0	29691	44,0	0,29
	51,0	57,0	7,4	4,8	16,0	146,0	183,0	28060	15,0	1,14
	59,1	114,5	0,8	4,9	14,0	169,4	174,0	34582	39,9	0,94
	56,9	87,8	0,6	3,7	49,5	160,0	163,7	28187	27,2	0,36
	46,1	62,3	1,1	4,9	13,1	136,1	134,0	23392	26,2	0,43
	52,1	128,5	0,7	4,6	12,0	113,5	113,2	19086	28,8	1,1
	35,7	61,8	0,4	3,6	9,8	124,1	135,3	16513	26,2	0,89
	0,86	0,49	0,40	0,21	0,30	0,73			0,24	3,13
ДК средняя	0,95	0,51	0,63	0,16	0,39	0,94			0,28	0,61
	1,14	0,75	0,81	0,17	0,43	0,98			0,29	0,99
	1,62	0,86	2,69	0,40	0,59	0,97			0,67	2,32
	0,87	0,49	1,21	0,32	0,36	0,83			0,28	0,78
	1,01	0,48	2,46	0,20	0,36	0,90			0,13	1,58
	1,06	0,81	0,65	0,22	0,34	0,92			0,28	1,42
	1,06	0,63	0,38	0,16	0,71	0,90			0,22	0,62
	0,87	0,49	0,77	0,17	0,30	0,74			0,22	0,96

	0,97	0,76	0,46	0,18	0,30	0,56			0,20	2,23
	0,86	0,60	0,29	0,16	0,23	0,67			0,20	1,43
ДК максимальная	1,83	0,84	1,00	0,26	0,40	1,28			0,37	25,33
	1,54	0,65	1,00	0,19	0,49	1,60			0,37	0,73
	1,54	1,96	1,00	0,30	0,57	1,65			0,34	2,00
	2,26	1,47	4,25	0,70	0,77	1,43			0,85	5,10
	1,46	0,76	1,63	0,55	0,49	1,21			0,44	0,97
	1,46	0,67	9,25	0,24	0,46	1,04			0,15	3,80
	1,69	1,35	1,00	0,25	0,40	1,21			0,40	3,13
	1,63	1,03	0,75	0,19	1,41	1,14			0,27	1,20
	1,32	0,73	1,38	0,25	0,37	0,97			0,26	1,43
	1,49	1,51	0,88	0,23	0,34	0,81			0,29	3,67
	1,02	0,73	0,50	0,18	0,28	0,89			0,26	2,97

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 Евгений. 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 Рейнеке уже более 30 м. Максимальная глубина 50 м находится на входной линии залива между мысом Брюса и островом Рикорда. На восточном берегу залива расположен порт и город Владивосток и посёлок Трудовое, а также большая курортная зона с пансионатами, санаториями и детскими лагерями.

В 2022 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в апреле 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 0,59°C в апреле на ст.№37 в придонном слое до 21,51°C в сентябре на ст.№12 на поверхностном горизонте. Соленость варьировала в широком диапазоне: от 23,24 в сентябре на ст.№12 в поверхностном слое до 33,90‰ тоже в сентябре на ст.№37 в придонном слое на выходе из залива, составив в среднем 31,55‰. Значения pH изменялись в диапазоне 7,83–8,39; среднее 8,23 ед.рН. Среднегодовое содержание взвешенных веществ повысилось в 1,1 раза и составило 9,09 мг/дм³ (0,9 ПДК), диапазон 2,7–20,8, максимум был отмечен в апреле на ст.№52 в придонном слое. Содержание органических веществ по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ изменялось в диапазоне 1,0–4,0, составив в среднем 1,73 мгО₂/дм³ (0,8 ПДК). Максимальное значение (1,9 ПДК) было зафиксировано в апреле на ст.№37 в придонном слое. Прозрачность вод в заливе достигала 12 метров в центральной части и снижалась до 1–2 м вблизи Владивостока и в кутовой части, в среднем 5,0 м.

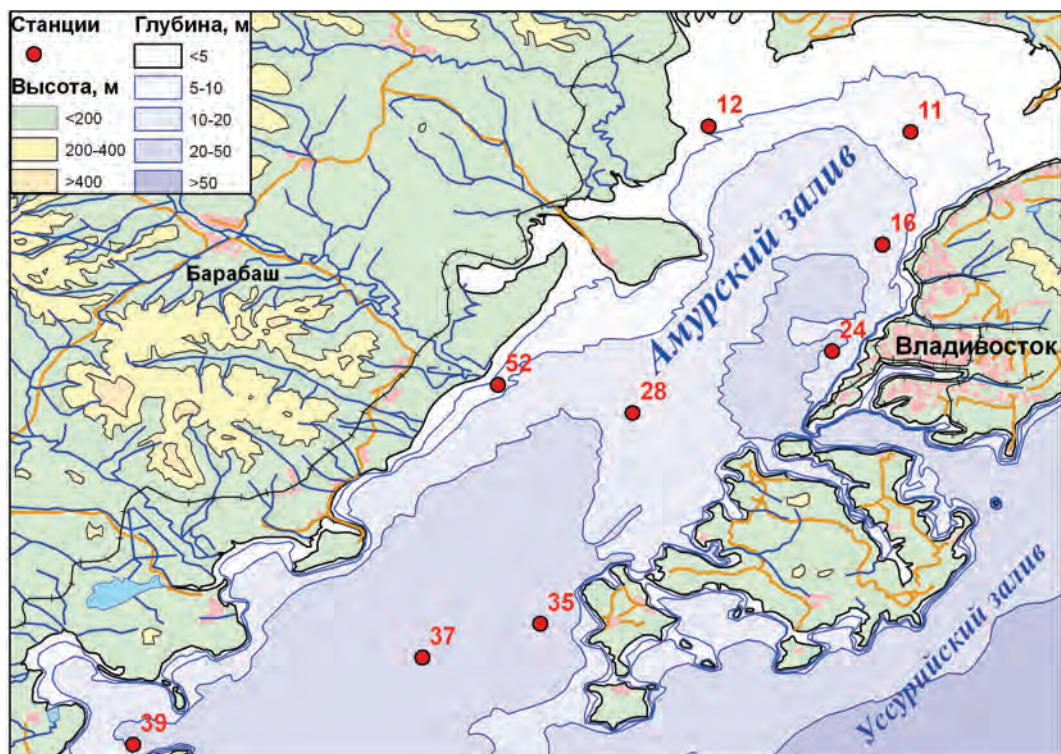


Рис. 11.8. Станции отбора проб в Амурском заливе в 2022 г.

Концентрация аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах Амурского залива изменялась в пределах 8,9–139,0, составив в среднем 0,01 ПДК; по сравнению с 2021 г. содержание аммония не изменилось. Содержание нитритов в морской воде было в диапазоне 0,0–146,4, средняя величина (14,0; 0,59 ПДК) повысилась в 1,8 раза по сравнению с прошлогодней. Среднее содержание нитратов повысилось в 1,7 раза с 31,3 до 54,0; диапазон значений 0,3–249,4. Среднее содержание общего азота (440,9) снизилось в 1,2 раза по сравнению с прошлым годом (532,3); разброс величин 265,0–629,0. Среднегодовое значение органического азота снизилось в 1,3 раза и составило 351; максимальное значение – 591,0 мкг/дм^3 . Среднее содержание фосфатов (мкг/дм^3) в водах Амурского залива снизилось в 1,6 раза с 26,7 до 16,2; концентрация изменялась в диапазоне 4,7–48,1. Для общего фосфора среднегодовой показатель по сравнению с прошлым годом снизился в 1,5 раза и составил 24,07; пределы значений 7,8–68,6. Максимальное значение обоих параметров отмечено в сентябре на ст.№16. Значения органического фосфора в толще вод залива – 2,3–27,5/7,8 мкг/дм^3 . Средняя концентрация кремния в водах Амурского залива повысилась в 1,1 раза с 592,2 до 669,0 мкг/дм^3 ; максимум (2025) был отмечен в сентябре в вершине залива на ст.№12 в поверхностном слое в распреснённой линзе с солёностью 23,24‰.

В период проведения наблюдений содержание **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялось от 0,01 до 0,09 мг/дм^3 (1,8 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в апреле на ст.№24 вблизи Владивостока в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация (0,033; 0,65 ПДК) по сравнению с прошлым годом практически не изменилась. В Амурском заливе с 2017 г. отмечалось постепенное снижение среднегодовой концентрации НУ в морских водах, однако в последние годы отмечен некоторый рост этого

показателя (рис. 11.2). В 2022 г. превышение ПДК было отмечено в 20,8% проб (2020–2,1%; 2021–14,6%). 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 отмечен резкий рост 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.

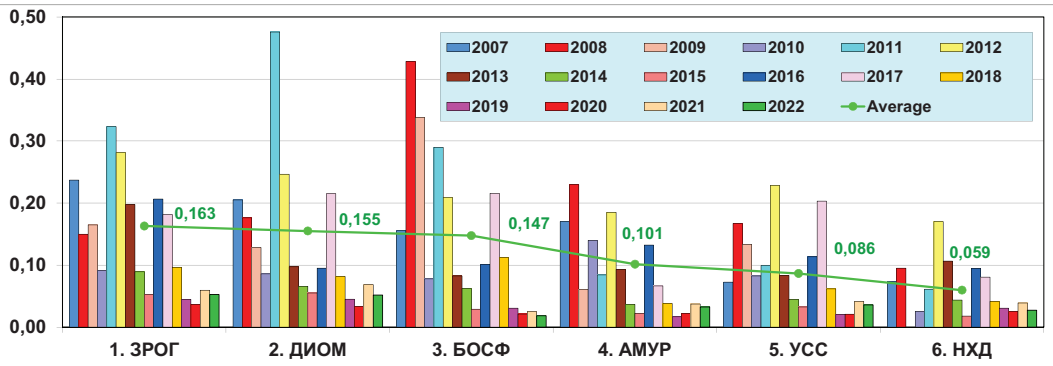


Рис. 11.9. Межгодовые изменения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря: 1.ЗРОГ – бухта Золотой Рог, 2.ДИОМ – бухта Диомид, 3.БОСФ – пролив Босфор Восточный, 4.АМУР – Амурский залив, 5.УСС – Уссурийский залив, 6.НХД – залив Находка.

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** повысился в среднем с 1,54 до 1,63 (1,6 ПДК); диапазон значений 1,20–1,90 мкг/дм³; максимальная концентрация была зафиксирована дважды в поверхностном слое: в апреле на ст.№39 и в сентябре на ст.№12. В 100% случаев содержание фенолов в пробах превышала норматив. Концентрация АПАВ была в широком диапазоне 12,0–216,0, составив в среднем 92,8 мкг/дм³ (0,93 ПДК). Максимальная (2,2 ПДК) была зафиксирована в апреле на ст.№37 в придонном слое. Уровень загрязненности морских вод детергентами в Амурском заливе по сравнению с прошлым годом практически не изменился (рис.11.7). В 33,3% случаев концентрация АПАВ в пробах превышала ПДК.

Средние показатели всех определяемых в морской воде металлов не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.8). Максимальная концентрация **железа** превысила ПДК в 2,3 раза и была зафиксирована в сентябре на ст.№16. Максимальная концентрация цинка (2,3 ПДК) была зафиксирована в апреле на ст.№24. В апреле на ст.№28 на горизонте 10 м зафиксирована максимальная концентрация ртути (4,5 ПДК, уровень ВЗ). По сравнению с прошлым годом повысился средний уровень загрязненности морских вод медью, свинцом, цинком и ртутью.

Таблица 11.8. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Амурского залива в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Ni	Zn	Mn	Fe	Hg
Средняя	0,90	0,15	1,01	0,53	8,41	3,84	80,70	0,001
	0,59	0,16	0,13	0,49	7,31	1,99	32,96	0,000
	1,87	0,29	0,30	2,20	15,01	3,97	31,81	0,014
	0,97	0,16	0,17	0,56	11,11	15,31	116,69	0,036
	1,34	2,30	1,22	0,79	15,76	10,96	74,95	0,030
	1,25	0,23	0,34	0,72	11,01	12,70	40,13	0,019
	1,30	1,55	0,19	1,01	19,57	5,17	43,91	0,032
	0,44	0,16	0,14	1,09	9,27	2,27	30,23	0,030
	1,21	0,35	0,05	0,81	7,75	3,13	18,4	0,032
	0,80	0,11	0,02	0,67	7,26	3,55		0,021
	1,81	0,91	0,14	1,09	33,64	2,95	18,20	0,055
Максимальная	4,6	1,2	29,0	5,4	353,0	62,0	535,0	0,02
	1,5	0,6	1,2	1,0	160,0	14,0	1085,0	0,01
	6,1	2,0	1,0	43,0	61,0	25,0	216,0	0,06
	1,7	0,8	0,9	1,5	31,0	174,0	1870,0	0,08
	5,8	9,1	31,0	3,7	80,0	103,0	539,0	0,06
	3,6	1,0	1,5	1,6	33,0	160,0	119,0	0,04
	5,5	12,1	0,7	7,7	59,0	27,2	627,4	0,24
	3,3	1,7	1,2	14,6	48,0	26,2	200,5	0,11
	2,6	6,2	0,5	3,8	34,9	10,1	138,9	0,14
	1,2	0,4	0,2	6,8	17,3	32,7		0,17
	3,7	7,0	0,3	4,1	115,2	12,8	115,3	0,45
	0,18	0,01	0,10	0,05	0,17	0,08	1,60	0,01
ПДК средняя	0,12	0,02	0,01	0,05	0,15	0,04	0,66	0,00
	0,37	0,03	0,03	0,22	0,30	0,08	0,64	0,14
	0,19	0,02	0,02	0,06	0,22	0,31	2,33	0,36
	0,27	0,23	0,12	0,08	0,32	0,22	1,50	0,30
	0,25	0,02	0,03	0,07	0,22	0,25	0,80	0,19
	0,26	0,15	0,02	0,10	0,39	0,10	0,88	0,32
	0,09	0,02	0,01	0,11	0,19	0,05	0,60	0,30
	0,24	0,03	<0,01	0,08	0,15	0,06	0,40	0,32
	0,16	0,01	<0,01	0,07	0,15	0,07		0,21
	0,36	0,09	0,01	0,11	0,67	0,06	0,36	0,55
	0,92	0,12	2,90	0,54	7,06	1,24	10,7	0,20
ПДК максимальная	0,30	0,06	0,12	0,10	3,20	0,28	21,70	0,10
	1,22	0,20	0,10	4,30	1,22	0,50	4,32	0,60
	0,34	0,08	0,09	0,15	0,62	3,48	37,40	0,80
	1,16	0,91	3,10	0,37	1,60	2,06	10,78	0,60
	0,72	0,10	0,15	0,16	0,66	3,20	2,38	0,40
	1,10	1,21	0,07	0,77	1,18	0,54	12,55	2,40
	0,60	0,17	0,12	1,46	0,96	0,52	4,01	1,10
	0,52	0,62	0,05	0,38	0,70	0,20	2,8	1,40
	0,24	0,04	0,02	0,68	0,35	0,65		1,70
	0,74	0,70	0,03	0,41	2,30	0,26	2,31	4,50

Содержание растворенного **кислорода** в водах Амурского залива ($\text{мгO}_2/\text{дм}^3$) изменялось в диапазоне 3,46–13,02, среднее составило 9,62 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$, 103,27% насыщения. В период проведения наблюдений отмечено семь случаев (14,6% проб), когда концентрация растворенного кислорода была ниже норматива. Самое низкое содержание в воде растворенного кислорода было зафиксировано в сентябре на ст.№24 на горизонте 10 м и составило 3,46 (41,3% насыщения). По сравнению с прошлым годом среднегодовой показатель повысился в 1,2 раза с 7,89 до 9,62 $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$.

Воды Амурского залива в 2022 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,00) по-прежнему соответствовали III классу и оценивались как «умеренно загрязненные». Качество вод незначительно улучшилось в пределах одного класса за счет снижения уровня загрязненности морских вод СПАВ и БПК₅, также повышения среднего содержания кислорода. В расчет индекса были включены фенолы, СПАВ и БПК₅. Загрязненность вод металлами в целом незначительная, однако наибольшая концентрация ртути доходила до 4,50 ПДК. Кислородный режим в заливе в целом улучшился, однако сезонное летне-осеннее снижение азрированности вод влияет на оценку качества морской среды.

В 2022 г. отбор проб **донных отложений** в Амурском заливе проводился в апреле и сентябре (18 проб). Среднее содержание НУ составило 186,11 мкг/г сухого остатка (3,72 ДК); диапазон изменений концентрации в пробах 30–960 мкг/г . Максимум (19,2 ДК) отмечен в апреле на ст.№24 вблизи Владивостока. По сравнению с прошлым годом среднее содержание снизилось в 1,1 раза. Концентрация фенолов в донных отложениях залива изменялась в пределах 2,6–7,4, составив в среднем 4,58 мкг/г , максимум был отмечен в апреле на ст.№37. Средняя величина снизилась в 1,2 раза.

Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ варьировала от 1,00 до 7,50 нг/г , а средняя составила 2,46 (0,99 ДК), что в 1,8 раза ниже значения прошлого года. Максимальная величина ДДТ достигала 3,1, ДДЭ 2,1, ДДД 3,40 нг/г . Наибольшая концентрация зафиксирована в сентябре: ДДТ на ст.№52, ДДД и ДДЭ на ст.№35. Средняя концентрация α -ГХЦГ в донных отложениях составила 0,06 нг/г ; значения изменялись от аналитического нуля в девяти пробах до 0,30. Содержание линдана (γ -ГХЦГ) 0,0–0,1/0,03 нг/г ; максимум (2 ДК) был зафиксирован дважды в апреле и трижды в сентябре. Альтрин был обнаружен в трех пробах (0,1 нг/г) весной и осенью. Средняя концентрация ПХБ в донных отложениях Амурского залива составила 7,33 (0,37 ДК), максимальная 35,0 нг/г (1,75 ДК).

Среднегодовые и максимальные значения всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях Амурского залива не превышали допустимого уровня (табл. 11.9). Средняя концентрация определяемых металлов снизилась в 1,2–2 раза, а кадмия в 4 раза.

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.

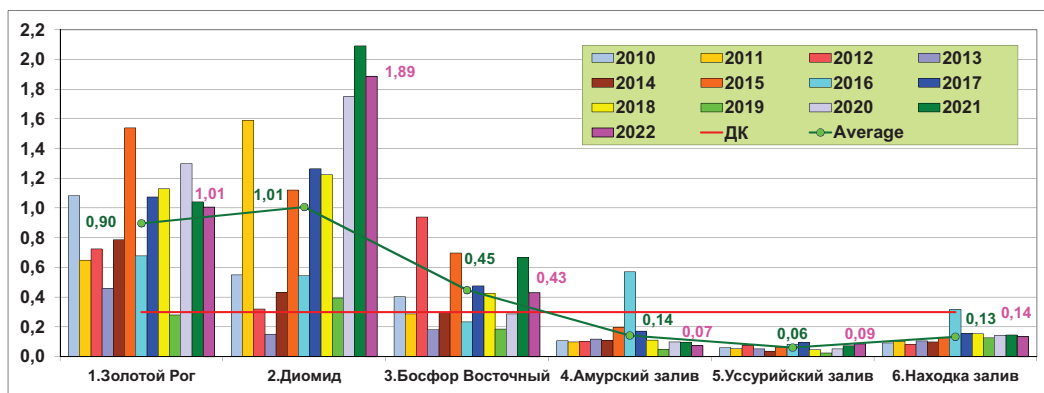


Рис. 11.10. Многолетние изменения средней концентрации ртути (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2022 гг.

Таблица 11.9. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2012–2022 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
	9,92	11,08	0,05	4,09	10,27	36,43	95,53	11463	13,32	0,074
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
ДК средняя	25,5	35,6	0,6	15,8	102,4	125,7	367,7	43211	35,1	0,31
	20,9	26,5	0,2	6,6	17,6	61,0	186,4	18172	22,5	0,21
	0,36	0,16	0,33	0,21	0,32	0,61			0,22	0,34
	0,37	0,13	1,09	0,26	0,42	0,45			0,18	0,39
	0,38	0,23	0,64	0,22	0,46	0,47			0,29	0,36
	0,46	0,19	2,08	0,19	0,52	0,49			0,54	0,65
	0,34	0,13	1,39	0,24	0,50	0,44			0,23	1,90

	0,39	0,15	0,84	0,30	0,36	0,43			0,16	0,57
	0,39	0,17	0,49	0,25	0,38	0,51			0,23	0,37
	0,42	0,20	0,11	0,21	0,37	0,54			0,21	0,16
	0,39	0,29	0,49	0,21	0,90	0,42			0,23	0,33
	0,35	0,20	0,51	0,33	0,58	0,39			0,20	0,32
	0,28	0,13	0,06	0,20	0,29	0,26			0,13	0,25
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
	0,60	0,31	0,25	0,33	0,50	0,44			0,23	0,70

11.7. Уссурийский залив

Уссурийский залив – крупный внутренний залив у северного берега залива Петра Великого Японского моря. На западе залив ограничивает 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. Считается более холодным по сравнению с соседним Амурским заливом. 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.

В 2022 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях, всего получено 72 пробы воды. Весной и осенью было отобрано 18 проб донных отложений (рис. 11.11).

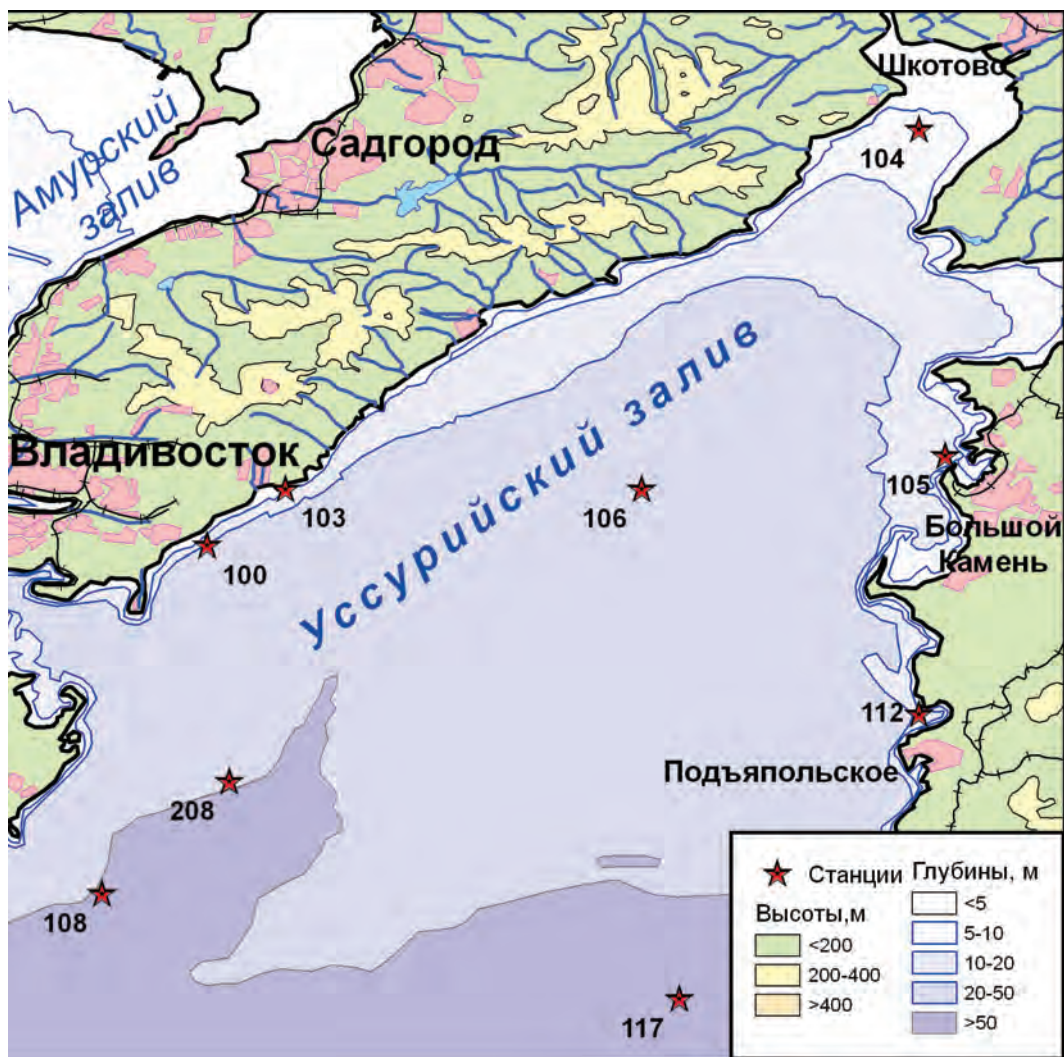


Рис. 11.11. Станции отбора проб в Уссурийском заливе.

В период проведения работ **температура** воды изменялась от отрицательной $-0,48^{\circ}\text{C}$ в апреле на ст.№117 на выходе из залива в придонном слое на глубине 64 м до $22,4^{\circ}\text{C}$ в июле на ст.№104 в вершине залива в поверхностном слое. Значения солености изменялись от 23,94‰ в июле в вершине залива на поверхности до 33,99‰ в октябре на выходе из залива в придонном слое; средний показатель составил 33,02‰. Значения pH изменялись от 7,99 до 8,56, в среднем – 8,24 ед.рН. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,0–20,5 мг/дм³, составив в среднем 6,48 мг/дм³; максимальное значение (2,1 ПДК) зарегистрировано в апреле на ст.№108 на промежуточном 10-метровом горизонте. По сравнению с 2021 г. среднее содержание взвешенных частиц возросло в 1,8 раза. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК₅ повысилось по сравнению с прошлым годом и составило 1,64 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; 2021–1,26). Максимальное значение (6,00 мгО₂/дм³, 2,9 ПДК) было зарегистрировано дважды в октябре: на ст.№108 на выходе из залива в при-

донном слое и на ст.№106 в центральной части залива в поверхностном. Прозрачность вод варьировала от 1 м в кутовой части залива на ст.№104 в июле и октябре до 12 метров на самой глубоководной ст.№117 в апреле.

Содержание биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Уссурийского залива в 2022 г. было в пределах многолетней изменчивости. Средняя за период наблюдений концентрация аммонийного азота не превысила 0,2 ПДК и по сравнению с предыдущим годом возросла в 2,3 раза. Значения изменялись в пределах 1,3–439,0. 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 2,1 раза и составила 0,26 ПДК при диапазоне значений 0,0–50,8. Максимум (2,12 ПДК) зарегистрирован в октябре в центральной части залива на ст.№117 в придонном слое. Средняя величина нитратов (27,06) увеличилась в 1,2 раза при диапазоне значений 0,2–450,0; максимум отмечен в октябре на выходе из залива в придонном слое. Среднее содержание общего азота уменьшилось в 1,9 раза: с 606,0 до 316,1; диапазон значений 190,0–745,0. Среднегодовая концентрация органического азота в толще составила 220 при диапазоне 0–698 мкг/дм³.

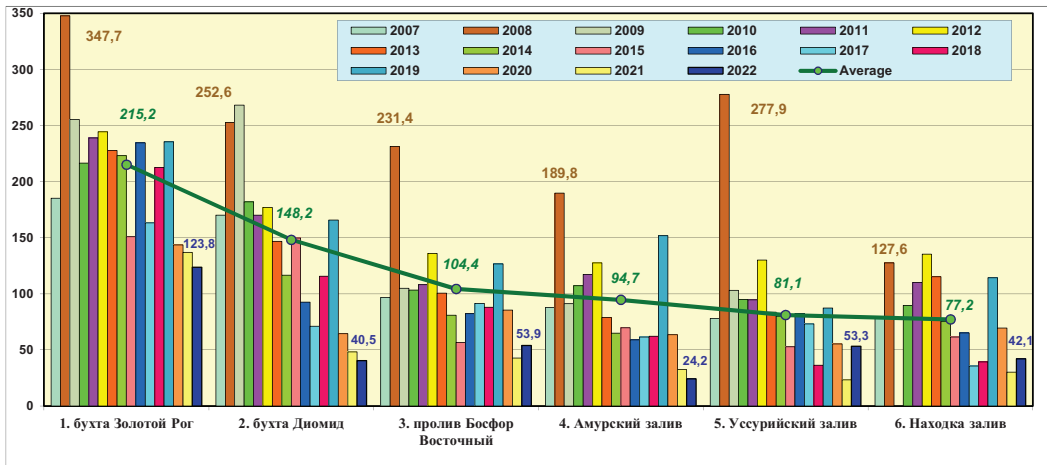


Рис. 11.12. Динамика средней концентрации аммонийного азота N-NH₄ (мкг/дм³) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2022 гг.

Содержание **фосфатов** (мкг/дм³) в водах Уссурийского залива изменялось в пределах 3,3–39,3; среднее составило 13,66, что соответствует уровню прошлого года. Максимум был зарегистрирован в июле на выходе из залива в придонном слое. Среднее содержание общего фосфора по сравнению с предыдущим годом практически не изменилось и составило 18,65 при диапазоне значений 4,5–55,3. Наибольшее значение совпадает с максимумом минерального фосфора. Концентрация органического фосфора в пробах составила 0,4–15,9/4,8. Средняя концентрация кремния в воде повысилась с 369,4 до 494,1; при диапазоне значений 94,0–2313,0 мкг/дм³; максимум отмечен дважды в апреле и июле в вершине залива в поверхностном слое.

Концентрация **нефтяных углеводородов** (мг/дм³) в водах Уссурийского залива изменялась от величин ниже предела обнаружения в четырех пробах (DL=0,01) до 0,12 мг/дм³ (2,4 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в июле на ст.№103 вблизи Владивостока в придонном слое. По сравнению с 2021 г. среднегодовая концентрация НУ практически

не изменилась и составила 0,7 ПДК (рис. 11.9). Содержание НУ в воде залива превышало ПДК в 25% проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности Уссурийского залива случаев покрытия более 50% видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов не наблюдалось.

Содержание фенолов в пробах изменялось в диапазоне 1,6–2,6 мкг/дм³; средняя концентрация повысилась в 1,75 раза и составила 1,96 ПДК. Максимальная концентрация фенолов в морской воде была зафиксирована в июле на ст.№104 на поверхности. Превышение ПДК наблюдалось в 100% проб. В предыдущие годы эта величина составляла: 2010 – 51,4%; 2011 – 40,3%; 2012 – 51,4%; 2013 – 56,9%; 2014 – 86,2%; 2015 – 37,5%; 2016 – 25%; 2017 – 11,1%; 2018 – 34,7%; 2019 – 77,8%, 2020 и 2021 – 75%. Уровень загрязненности вод залива детергентами в среднем практически не изменился и составил 0,99 ПДК. Диапазон концентрации 16,0–253,0 максимум был отмечен в апреле на ст.№100 вблизи Владивостока в придонном слое. В 42% проб концентрация АПАВ превышала ПДК.

Воды Уссурийского залива относительно бухты Золотой Рог меньше загрязнены тяжелыми **металлами**, средняя концентрация здесь немного превышала половину норматива только для ртути и железа (табл. 11.10). Максимальная концентрация железа составила 3,41 ПДК и была зафиксирована в июле на ст.№208 в центральной части залива в поверхностном слое. Повысилась максимальная концентрация цинка (в 3,7 раза), свинца (в 20 раз, отмечена на ст.№117), никеля (в 3,4 раза) и ртути (в 1,6 раза). Наибольшая концентрация остальных определяемых тяжелых металлов не превышала ПДК.

Таблица 11.10. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Уссурийского залива в 2012–2022 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	1,97	1,34	0,21	2,91	19,99	1,41	34,40	0,054
	8,0	1,9	3,2	3,8	91,0	35,0	309,0	0,04
	1,9	0,6	0,5	1,9	10,0	30,0	569,0	0,01
	2,4	1,4	0,9	4,1	50,0	91,0	275,0	0,20
	2,5	0,6	1,5	24,0	55,0	75,0	505,0	0,09
	22,0	2,8	12,0	2,0	53,0	21,0	377,0	0,17
	3,1	4,2	1,2	15,0	26,0	12,0	290,0	0,09
	2,6	3,8	1,2	12,3	47,7	8,2	289,5	0,31
	1,9	0,6	0,9	1,1	33,1	2,4	128,4	0,09
	4,1	0,7	1,0	14,9	34,9	4,2	63,9	0,09
	7,2	0,6	0,1	8,3	29,6	37,8		0,16
	4,9	12,4	3,0	28,0	109,0	5,7	170,7	0,26

ПДК средняя	0,19	0,02	0,02	0,03	0,16	0,13	0,87	0,03
	0,09	0,01	0,02	0,05	0,09	0,05	0,82	<0,01
	0,22	0,03	0,02	0,06	0,25	0,25	1,17	0,33
	0,17	0,01	0,02	0,11	0,21	0,16	2,25	0,34
	0,35	0,06	0,10	0,07	0,25	0,06	1,06	0,45
	0,19	0,03	0,03	0,07	0,18	0,07	1,57	0,23
	0,15	0,05	0,02	0,08	0,27	0,04	0,74	0,33
	0,10	0,02	0,02	0,03	0,16	0,01	0,33	0,27
	0,21	0,01	<0,01	0,11	0,17	0,02	0,40	0,14
	0,19	0,01	<0,01	0,08	0,12	0,05		0,48
	0,39	0,13	0,02	0,29	0,40	0,03	0,69	0,54
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
	0,98	1,24	0,30	2,80	2,18	0,11	3,41	2,60

Среднее за период наблюдений содержание растворенного кислорода в водах Уссурийского залива ($9,64 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) повысилось по сравнению с прошлым годом и соответствовало среднесезонному. Концентрация растворенного в воде кислорода изменялась в пределах 6,97–13,30. В текущем году на акватории Уссурийского залива не зафиксировано случаев дефицита растворенного **кислорода** ниже норматива.

Качество вод Уссурийского залива в 2022 г. по индексу загрязненности вод (ИЗВ=1,09) оценивается III классом, «умеренно загрязненные». По сравнению с прошлым годом класс качества не изменился. Расчет выполнен по средней концентрации фенолов, детергентов и БПК₅. Кроме трех расчетных ингредиентов к числу приоритетных загрязняющих веществ в водах залива также относятся металлы железа, цинк, свинец и ртуть, максимальная концентрация которых достигала 3,41, 2,18, 1,24 и 2,60 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 500 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 87,78 (1,75 ДК). Максимум (10 ДК) отмечен в октябре на ст.№105 вблизи пос. Большой Камень. По сравнению с прошлым годом среднее содержание НУ повысилось в 1,5 раза. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 72% проб. Концентрация фенолов в пробах была в диапазоне 1,1–6,1/2,85 мкг/г; средняя уменьшилась в 1,2 раза. Наибольшее значение совпадало с положением максимума НУ.

Из хлорорганических пестицидов конгенер α -ГХЦГ в осадках Уссурийского залива был обнаружен только в одной октябрьской пробе вблизи Владивостока (1,3 нг/г). Содержание линдана изменялось в пределах от аналитического нуля до 0,1 (2 ПДК), в

среднем – 0,01 (0,2 ПДК). Концентрация соединений группы ДДТ в донных отложениях была в диапазоне 0,0–5,7, в среднем 0,99; ДДЭ 0,0–6,2/0,97; ДДД 0,0–11,8/1,40 нг/г. Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 3,36 (1,34 ДК), что в 1,2 раза выше прошлогоднего значения, а максимальная достигала 20,1 (8,0 ПДК) в октябре вблизи Владивостока на ст. №100. В осадках Уссурийского залива альдрин был обнаружен только в апреле в двух пробах: на ст. №104 в концентрации 0,1 нг/г и на ст. №100 вблизи Владивостока в концентрации 1,0 нг/г. Среднее содержание суммы полихлорбифенилов в донных отложениях составило 6,61 (0,3 ДК) при диапазоне 0,5–32,1 нг/г (1,6 ДК). Максимальная концентрация ПХБ была зафиксирована в апреле вблизи Владивостока на ст. №100.

Уровень загрязнённости донных отложений Уссурийского залива тяжелыми **металлами** в целом невысокий. Средние значения всех определяемых ТМ варьировали в пределах 0,07–0,39 ДК (табл. 11.11). Максимальное содержание меди в вершине залива на ст. №104 в апреле было выше ДК в 2,37 раза. Наибольшая концентрация кадмия снизилась с 0,75 до 0,38 ДК. Загрязнение донных отложений ртутью в среднем незначительно выросло. Концентрация в пробах изменялась в диапазоне 0,03–0,59, составив в среднем 0,09 нг/г (0,29 ДК). Однако максимальная концентрация, обнаруженная в апреле вблизи Владивостока на ст. №100, превысила норматив в 1,97 раза, что более трех раз превышает прошлогодний экстремум.

Таблица 11.11. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2012–2022 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	13,60	9,52	0,13	2,74	6,12	36,56	61,17	8049	6,86	0,086
	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	83,0	36,4	0,3	6,2	12,5	74,7	141,3	16571	14,5	0,59
	0,25	0,15	0,17	0,11	0,17	0,35			0,17	0,25
	0,23	0,15	0,77	0,17	0,31	0,30			0,13	0,17
	0,24	0,13	0,52	0,16	0,24	0,34			0,21	0,12
	0,33	0,14	1,87	0,23	0,25	0,27			0,38	0,22
	0,27	0,13	0,92	0,19	0,30	0,27			0,14	0,28
	0,36	0,14	0,76	0,19	0,22	0,13			0,09	0,32
	0,23	0,14	0,38	0,11	0,18	0,24			0,11	0,16
	0,21	0,14	0,24	0,13	0,36	0,23			0,11	0,08
	0,21	0,13	0,59	0,19	0,42	0,22			0,12	0,17
	0,28	0,21	0,42	0,26	0,48	0,34			0,17	0,24
	0,39	0,11	0,16	0,14	0,17	0,26			0,07	0,29
ДК максимальная	1,14	0,52	0,63	0,27	0,37	1,38			0,30	1,03
	0,66	0,32	1,38	0,45	0,60	0,78			0,38	0,53
	0,77	0,35	1,00	0,31	0,49	0,79			0,39	0,27
	1,14	0,53	3,00	1,20	0,77	0,72			0,64	1,13
	0,77	0,39	1,75	0,37	1,57	0,59			0,35	0,77
	1,66	0,69	2,63	0,35	0,34	0,37			0,18	1,60
	0,73	0,45	0,50	0,24	0,32	0,59			0,20	0,53
	0,57	0,41	0,88	0,29	1,61	0,55			0,21	0,23
	0,41	0,27	1,13	0,42	2,07	0,43			0,24	0,33
	0,66	0,65	0,75	0,79	2,93	0,90			0,35	0,63
	2,37	0,43	0,38	0,31	0,36	0,53			0,15	1,97

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 и базовый порт для судов Приморского морского пароходства. В заливе находятся 4 порта и 4 судоремонтных завода. 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 2022 г. гидрохимические наблюдения проводились в мае, июле и сентябре на 12 станциях, было отобрано 96 проб воды и 24 пробы донных отложений (рис. 11.13). Анализ полученных результатов загрязнения залива Находка проводился с использованием наблюдений в бухтах Находка и Врангеля.

В период наблюдений температура воды изменялась в пределах 2,25–20,46^oC, в среднем 10,40^oC. Соленость варьировала от 12,37‰ вблизи устья реки Партизанская в мае на поверхности до 34,01‰ вблизи мыса Козьмина в придонном слое. Среднегодовое

значение составило 31,71%. Значения рН изменялись от 8,12 до 8,55; в среднем – 8,28 ед.рН. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 3,4–19,2 мг/дм³, максимум (1,92 ПДК) отмечен в июле на ст.№7 в поверхностном слое. Средняя величина (10,14 мг/дм³) повысилась в 1,3 раза по сравнению с прошлым годом. Среднее значение биохимического потребления кислорода (2,24 мгО₂/дм³, 1,07 ПДК) повысилось в 1,4 раза. Максимальное значение содержания органических веществ по БПК₅ составило 8,00 мгО₂/дм³ (3,8 ПДК) и было отмечено в июле в центральной части залива в поверхностном слое. Прозрачность вод изменялась от 1 м в вершине залива на ст.№1,2,7,18 летом и осенью до 8 м в центре залива в июле.



Рис. 11.13. Станции отбора проб в заливе Находка.

Концентрация аммонийного азота (мкг/дм³) в водах залива изменялась в диапазоне 13,1–245,7, максимум был отмечен в июле на ст.№18 в поверхностном слое вблизи устья р. Партизанская. Среднее значение повысилось в 1,4 раза до 42,1. Содержание нитритов изменялось в диапазоне 2,4–153,1; максимальная величина снизилась в 1,3 раза и была зафиксирована в пробе с наибольшим содержанием аммония. Среднее значение (17,2) по сравнению с прошлым годом выросло в 1,4 раза (рис. 11.14). Уровень загрязненности морских вод залива Петра Великого нитритами в последние 15 лет в целом был невысоким. 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 2022 г. продолжается повышение содержания нитритов в морской воде в заливе Находка.

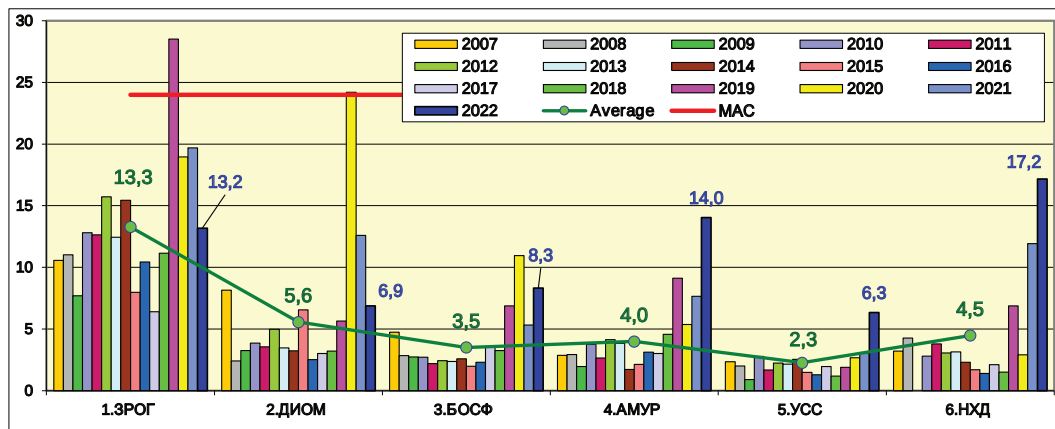


Рис. 11.14. Средние значения содержания нитратов (мкг/дм³) в районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2022 гг.

Концентрация нитратов (мкг/дм³) была в диапазоне 0,5–266,2, среднее содержание снизилось с 31,6 до 26,0. Максимум был зафиксирован в сентябре на ст.№1 в бухте Находка в придонном слое. Среднее содержание общего азота немного снизилось с 574,6 до 437,65; диапазон значений 242–855; в 2021 г. он был 325–1041. Средняя концентрация органического азота в толще воды снизилась до 470,0 с прошлой годней 502,0 при диапазоне значений 211–729 мкг/дм³.

Содержание **фосфатов** (мкг/дм³) в водах залива Находка изменялось в пределах 4,9–32,5, составив в среднем 14,9; максимальная концентрация была зарегистрирована в мае на ст.№36 в бухте Новицкого на 10-метровом горизонте. Однако наиболее загрязненным фосфатами районом залива остается бухта Находка – среднее содержание фосфатов здесь составило 16,6. Значения общего фосфора изменялись в диапазоне 6,7–46,2; средняя величина снизилась с 23,8 до 21,0. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 7,1, диапазон изменений 2,5–11,7. Содержание кремния в водах залива Находка повысилось в 2 раза до 725,6 с 364,0 в прошлом году: диапазон 119–4575. В десяти пробах концентрация силикатов превышала 1000 мкг/дм³, а максимум был зафиксирован в середине сентября у устья реки Партизанская в поверхностном слое.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах залива в период наблюдений изменялось в диапазоне от 0,01 до 0,07, в среднем – 0,03 мг/дм³ (0,54 ПДК). Уровень загрязненности вод залива НУ понизился в 1,4 раза. Максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре в бухте Врангеля в поверхностном слое. В 7% из разных участков акватории залива концентрация НУ была выше норматива. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод залива Находка наблюдалось 2 случая покрытия более 50% видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов: в сентябре в районе станции №7 и в районе станции №2.

Концентрация фенолов изменялась в пределах 1,2–3,5, среднегодовой показатель 1,91 мкг/дм³ был в 1,4 раза выше прошлой годней. Максимальная величина (3,5 ПДК) была зарегистрирована в июле на ст.№1 в бухте Находка в поверхностном слое. Во всех пробах концентрация фенолов была выше ПДК. Содержание АПАВ в водах залива Находка по сравнению с предыдущим годом повысилось в 1,2 раза: диапазон значений составил 20,0–284, в среднем – 112,1 мкг/дм³. Максимальная концентрация была зарегистрирована в июле в бухте Врангеля в поверхностном слое. В 53% проб концентрация детергентов была выше предельно допустимого значения.

Средняя концентрация определяемых тяжелых **металлов**, кроме железа, в водах залива Находка составляла десятые доли норматива (табл. 11.12). Содержание железа в среднем превысило ПДК в 1,3 раза, максимум был отмечен в июле на ст.№152 вблизи о. Лисий в поверхностном слое. В наибольшей степени в морских водах была представлена медь (0,42 ПДК), цинк (0,38 ПДК) и ртуть (0,26 ПДК). Максимальная концентрация меди дважды превысила установленный норматив в 1,3 раза: в мае в центре залива и в июле в бухте Находка; для цинка экстремум зафиксирован в мае в бухте Врангеля в придонном слое. Наибольшее значение ртути (2,30 ПДК) было в 2,3 раза больше прошлогоднего и отмечено на 10-метровом горизонте в центральном районе залива.

Таблица **11.12.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Находка в 2012–2022 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	2,09	1,21	0,10	1,56	18,77	1,13	64,94	0,026
	10,0	0,4	1,9	1,6	49,0	38,0	437,0	0,23
	1,4	0,4	0,5	0,7	109,0	23,0	43,0	0,00
	3,0	1,6	3,8	3,0	137,0	60,0	387,0	0,60
	1,8	0,6	1,1	2,3	53,0	19,0	170,0	0,15
	5,1	2,7	5,2	42,0	55,0	17,0	112,0	0,13
	6,3	2,8	1,6	3,2	52,0	122,0	176,0	0,09
	7,8	8,0	1,1	2,1	32,2	42,2	135,0	0,12
	5,5	2,1	0,3	17,1	20,5	13,9	117,3	0,12
	3,9	0,6	0,5	15,2	24,9	135,0	118,0	0,28
	2,0	0,5	0,6	29,8	20,1	17,7		0,10
ПДК средняя	6,3	6,7	1,2	20,8	146,5	6,4	854,8	0,23
	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
	0,42	0,12	0,01	0,16	0,38	0,02	1,30	0,26

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
	1,26	0,67	0,12	2,08	2,93	0,13	17,10	2,30

Кислородный режим залива Находка в теплый период года в целом улучшился. Средняя концентрация растворенного в воде **кислорода** изменилась с 7,65 до 10,8 (116,71% насыщения), диапазон составил 6,79–14,56 мгО₂/дм³. Случаи снижения содержания кислорода ниже допустимого норматива не отмечены.

По значению расчетного индекса (ИЗВ=1,22, III класс, “умеренно загрязненные”) в летне-осенний период наблюдений в 2022 г. качество вод в заливе Находка немного улучшилось в пределах одного класса за счет повышения средней концентрации кислорода. В 2022 г. концентрация легко окисляемых органических веществ, фенолов и АПАВ увеличилась до 1,07 ПДК, 1,91 ПДК и 1,12 ПДК соответственно. Было отмечено увеличение средней концентрации нитритов. Содержание тяжелых металлов, за исключением железа, в целом было невысоким. Средняя концентрация ртути повысилась в 1,9 раза до 0,26 ПДК, а максимум достигал 2,30 ПДК. В наиболее загрязненных частях залива качество вод ухудшилось в пределах одного класса по сравнению с прошлым годом. В бухте Врангеля ИЗВ составил 1,23 против 1,01 в прошлом году; в бухте Козьмина 1,15/0,92. В бухте Находка ИЗВ=1,41, IV класс, «загрязненные», небольшое повышение в основном за счет роста содержания нитритов и фенолов.

В заливе Находка в мае и сентябре 2022 г. было отобрано 24 пробы **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в диапазоне 10–1020, составив в среднем 158,75 мкг/г (3,17 ДК), что в 2 раза меньше прошлогодних 6,9 ДК. Максимальное значение (29,4 ДК) зарегистрировано в мае на ст.№2 в бухте Находка. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 66,7% проб. Уровень загрязненности донных отложений залива Находка нефтяными углеводородами сильно различается в разных районах. Наибольшие значения традиционно отмечаются в пробах из бухты Находка, в остальных районах залива они меньше на порядок (табл. 11.13). Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 2,1–8,0, среднее значение составило 4,06 мкг/г, что примерно в 1,2 ниже прошлогоднего (4,75). Максимальная концентрация отмечена в сентябре на ст.№1 в бухте Находка.

Таблица 11.13. Минимальная, максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных участков залива Находка в 2017–2022 гг.

Акватория	Кол-во проб 2022	Min	Max	Средняя
Залив Находка (центральная часть)	27	70/	490/	167/
		110/	670/	245/
		80/	380/	152,5/
		70/	620/	170/
		20	400	126,3
		20	900	113,2

Бухта Врангеля	2	120/ 270/ 110/ 90/ 40 60	170/ 280/ 120/ 290/ 40 60	145/ 275/ 115/ 190/ 40 60,0
Бухта Находка	4	1720/ 1819/ 1700/ 910/ 540 500	3890/ 2580/ 2650/ 1870/ 2480 1020	2600/ 2195/ 2100/ 1222,5/ 1325 760,0
Бухта Козьмина	3	90/ 90/ 90/ 70/ 40 10	120/ 130/ 120/ 90/ 40 70	105/ 110/ 105/ 80/ 40 40,0

Средняя концентрация α -ГХЦГ в донных отложениях залива Находка (0,08) практически не изменилась по сравнению с прошлым годом (0,07), диапазон значений 0,0–0,3 нг/г; концентрация в шести пробах из 24 была ниже предела обнаружения. Линдан (γ -ГХЦГ) был обнаружен в восьми пробах; среднее содержание составило 0,03 (0,6 ДК). По сравнению с 2021 г. оно снизилось более, чем в 7 раз (4,4 ДК). Максимальное значение (0,1 нг/г, 2 ДК) было зафиксировано восемь раз на станциях по всей акватории залива.

Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 5,8 (2,3 ДК), что примерно в 2,7 раза больше прошлогоднего значения (0,9 ДК); диапазон 1,80–39,5 нг/г. Максимум зафиксирован на ст.№12. Содержание ДДТ в донных отложениях варьировало в диапазоне 0,3–26,6, максимум был зафиксирован в сентябре на ст.№12. Средняя концентрация (2,47) почти в 9 раз выше прошлогодней (0,28). Концентрации ДДЭ изменялись от 0,3 до 5,5, составив в среднем 1,5 нг/г, что в 2,6 раз выше прошлогоднего уровня (0,59). Значения ДДД изменялись в диапазоне 0,10–7,40; среднее повысилось до 1,83 с 1,30 в прошлом году. Альдрин в донных отложениях залива Находка присутствовал в незначительном количестве, значения составили 0,0–0,2/0,038 нг/г. Суммарное содержание ПХБ изменялось в диапазоне 0,6–172,5, который значительно уступает прошлогоднему 3,1–345,3 нг/г. Среднее содержание снизилось в 4 раза с 53,4 до 13,3 (0,7 ДК). Максимальное значение полихлорбифенилов (8,6 ДК) было зарегистрировано в бухте Находка на ст.№2.

В последнее десятилетие уровень загрязненности хлорорганическими 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 высокие значения всегда фиксируются в бухтах Золотой Рог и Диомид вокруг Владивостока, в меньшей степени в проливе Босфор Восточный. Существенно ниже значения всех форм этой группы в крупных заливах Амурском, Уссурийском и Находка. В последние три года во всех районах залива Петра Великого отмечается тенденция к снижению содержания этой группы ХОП.

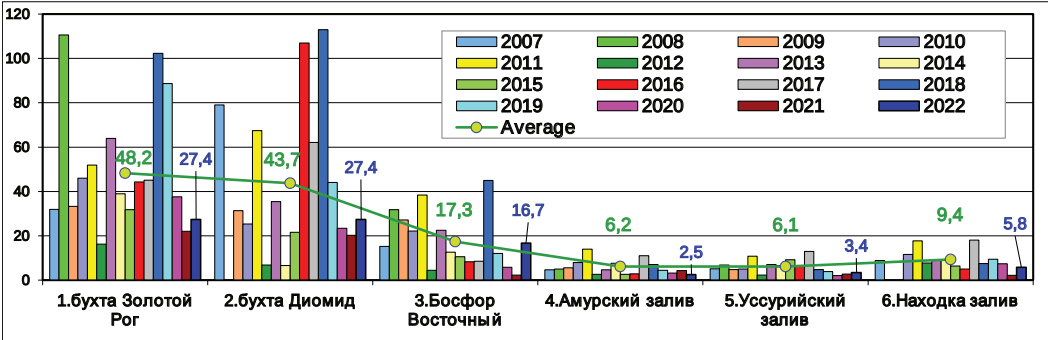


Рис. 11.15. Среднее содержание суммы ДДТ (нг/г) в донных отложениях различных районов Японского моря в 2007–2022 годах.

В июне и сентябре 2022 г. средняя концентрация всех определяемых **тяжелых** металлов в 24 пробах донных отложениях залива Находка не достигала условно допустимого уровня (табл. 11.14). Содержание большинства металлов практически не изменилось, за исключением свинца. Максимальная концентрация превысила условный норматив по меди (3,35 ДК), по свинцу (3,95 ДК) и по цинку (2,38 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 (1,30 ДК) немного снизилась.

Таблица 11.14. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2012–2022 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	24,31	18,60	0,24	4,14	9,63	83,42	145,21	26340	23,28	0,082
	15,65	18,68	0,79	2,75	13,43	72,32	139,75	20935	12,66	0,106
	19,08	20,05	0,43	4,22	11,26	75,53	122,06	22406	22,94	0,099
	17,42	10,18	1,29	3,18	14,36	70,21	153,92	22495	33,75	0,127
	19,05	16,65	2,13	4,84	15,33	71,96	125,71	19810	16,95	0,316
	20,25	14,84	0,33	5,36	8,73	84,12	116,60	21823	38,80	0,156
	19,65	21,60	0,23	4,74	11,11	84,74	147,49	24102	19,04	0,154
	20,08	20,71	0,06	4,48	21,34	108,70	126,31	20493	17,36	0,127
	19,27	15,63	0,19	4,10	20,58	76,28	104,93	17303	10,64	0,144
	27,07	24,41	0,33	6,34	18,02	99,80	172,50	31460	18,96	0,146
	24,25	32,62	0,13	3,90	9,20	77,95	122,83	15993	11,08	0,135
	177,0	134,0	1,1	7,3	15,0	408,0	232,0	44018	43,0	0,39
Максимальная	71,0	107,0	2,3	6,0	22,0	288,0	345,0	39423	36,0	0,53
	95,0	74,0	1,0	7,1	19,0	260,0	191,0	36024	37,0	0,47
	65,0	45,0	3,6	5,6	31,0	212,0	251,0	35049	62,0	0,57
	132,0	73,0	21,0	8,6	33,0	301,0	260,0	30611	44,0	2,25
	117,0	56,0	1,6	8,3	16,0	310,0	210,0	41188	88,0	0,55
	110,6	114,9	0,7	7,8	19,6	308,0	296,0	34422	33,3	1,23
	82,3	65,1	0,4	7,2	75,5	292,5	189,0	39708	33,5	1,59
	92,8	61,6	0,7	11,6	76,6	302,2	144,4	28017	23,4	0,65
	112,2	87,1	0,9	14,9	57,7	382,4	573,0	74945	33,4	0,52
	123,7	336,0	0,5	7,1	16,2	333,3	227,2	30073	27,9	0,39

ДК средняя	0,69	0,22	0,30	0,21	0,28	0,60			0,23	0,27
	0,45	0,22	0,98	0,14	0,38	0,52			0,13	0,35
	0,55	0,24	0,54	0,21	0,32	0,54			0,23	0,33
	0,50	0,12	1,61	0,16	0,41	0,50			0,34	0,42
	0,54	0,20	2,66	0,24	0,44	0,51			0,17	1,05
	0,58	0,17	0,42	0,27	0,25	0,60			0,39	0,52
	0,56	0,25	0,29	0,24	0,32	0,61			0,19	0,51
	0,57	0,24	0,07	0,22	0,61	0,78			0,17	0,42
	0,55	0,18	0,23	0,21	0,59	0,54			0,11	0,48
	0,77	0,29	0,41	0,32	0,51	0,71			0,19	0,49
	0,69	0,38	0,16	0,20	0,26	0,56			0,11	0,45
ДК максимальная	5,06	1,58	1,38	0,37	0,43	2,91			0,43	1,30
	2,03	1,26	2,88	0,30	0,63	2,06			0,36	1,77
	2,71	0,87	1,25	0,36	0,54	1,86			0,37	1,57
	1,86	0,53	4,50	0,28	0,89	1,51			0,62	1,90
	3,77	0,86	26,25	0,43	0,94	2,15			0,44	7,50
	3,34	0,66	2,00	0,42	0,46	2,21			0,88	1,83
	3,16	1,35	0,88	0,39	0,56	2,20			0,33	4,10
	2,35	0,77	0,50	0,36	2,16	2,09			0,34	5,30
	2,65	0,72	0,88	0,58	2,19	2,16			0,23	2,17
	3,21	1,02	1,13	0,75	1,65	2,73			0,33	1,73
	3,53	3,95	0,63	0,36	0,46	2,38			0,28	1,30

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 проводились Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск).

В 2022 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 6,7°C в мае до наибольшего прогрева (19,68°C) в августе; среднегодовое значение – 19,89°C. Соленость варьировала в пределах 16,15–31,26‰, составив в среднем 28,66‰. Хлорность была в диапазоне 8,93–17,30‰, средняя – 15,86‰. Значения водородного показателя составили 7,12–8,17/8,00 ед.рН; щелочности 1,285–2,583/2,063 мг-экв/дм³. Концентрация взвешенных частиц в морской воде изменялась в диапазоне 12–288 мг/дм³, в среднем 68,47 (6,55 ПДК), что в 1,25 раза меньше прошлогоднего значения (8,57 ПДК). Максимум (28,8 ПДК) был зарегистрирован в мае в поверхностном слое. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в среднем была 1,97 мгО₂/дм³ (0,94 ПДК, в прошлом году – 0,92 ПДК); максимальная величина (7,81 ПДК) была зафиксирована в мае, что почти в 4 раза выше прошлогоднего значения (2,0 ПДК).

Концентрация **биогенных** элементов (мкг/дм³) в исследуемый период была в пределах среднееголетних значений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения (DL=20) в одиннадцати пробах (20,0–331,0), среднее значение – 30,5. Максимальная концентрация 0,11 ПДК была отмечена в мае. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений (DL=5) до 27,0, среднее – 1,6 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в июльской пробе.

В период проведения наблюдений в 7 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения (DL=5). Среднее содержание фосфатов в 2022 г. составило 94,03, что почти в 14 раз выше уровня прошлого года (6,83); максимум (2211,00 мкг/дм³) был отмечен в мае. Диапазон концентрации кремния составил 58,0–1632; средняя концентрация (398,8) в 1,3 раза была выше прошлогодней (307,97 мкг/дм³). Максимум был отмечен в мае.

В 2022 г. содержание **нефтяных углеводородов** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от 0,025 до 0,158 мг/дм³ (3,16 ПДК). По сравнению с 2021 г. средняя концентрация НУ повысилась с 1,1 до 1,39 ПДК (табл. 11.15). Максимум был отмечен в июне в поверхностном слое. В мае в поверхностном слое были обнаружены фенолы в концентрации 5,9 и 4,0 ПДК соответственно. Во всех остальных пробах морской воды концентрация фенолов была ниже предела обнаружения DL=2,0 мкг/дм³. Уровень загрязненности морских вод СПАВ был в пределах норматива и в среднем снизился с 14,27 до 7,5 мкг/дм³ (0,14/0,08 ПДК). Максимальная величина составила 68,0 мкг/дм³ (0,68 ПДК) и была зафиксирована в мае в поверхностном слое.

Среднее содержание **меди** в 2022 г. несколько повысилось и составило 4,4 мкг/дм³ (0,89 ПДК). Максимум достигал 8,3 мкг/дм³ (1,66 ПДК) и был зафиксирован в мае в поверхностном слое. Концентрация цинка не изменилась и составила 6,90 (0,14 ПДК). Свинец в период проведения наблюдений не был обнаружен. Концентрация кадмия была ниже предела обнаружения (DL=0,3) в 28 пробах, а в двух достигала 0,47 и 0,60, составив в среднем 0,04 мкг/дм³ (<0,01 ПДК).

Кислородный режим в водах Татарского пролива в целом соответствовал многолетней норме: среднее содержание растворенного кислорода в воде составило 8,51. Диапазон концентрации составил 3,07–10,65 мгО₂/дм³, минимальное значение ниже номатива было зафиксировано в одной пробе мае. Характерно, что практически все экстремумы в 2021 г. также фиксировались именно на этой станции в мае.

По значению индекса ИЗВ (0,98) качество вод Татарского пролива в 2022 г. несколько ухудшилось, но по-прежнему соответствовало III классу, “умеренно загрязненные” (табл. 11.14). Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Кислородный режим в целом соответствовал среднемноголетней норме.

Таблица 11.15. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Татарского пролива Японского моря у г. Александровск-Сахалинский в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Татарский пролив: Александровск Сахалинский (30 проб)	НУ	0,061	1,2	0,055	1,1	0,070	1,39
		0,199	3,98	0,152	3,04	0,158	3,16
	СПАВ	13,2	0,13	14,3	0,14	7,5	0,08
		25	0,25	26	0,26	68,0	0,68
	Кадмий	0		0,12	0,01	0,04	<0,01
		0		0,8	0,08	0,6	0,06
	Медь	3,06	0,61	3,29	0,66	4,4	0,89
		7,5	1,5	7,2	1,44	8,3	1,66
	Цинк	5,47	0,11	7,09	0,14	6,9	0,14
		18,5	0,37	13,2	0,26	12,9	0,26
	Свинец	0,78	0,08	0,47	0,05	0,0	
		3	0,3	1,1	0,11	0	
	Аммонийный азот	4,67	<0,01	3,23	<0,01	30,5	0,01
		48	0,021	31	0,014	331,0	0,11

	Нитритный азот	0,27	0,01	0,43	0,02	1,5	0,06
		2	0,08	2	0,08	27	1,13
	БПК ₅	1,66	0,79	1,94	0,92	2,0	0,94
		3,2	1,52	4,2	2,0	16,4	7,81
	Кислород	8,84		8,35	8,79	8,51	
		7,26		7,21	7,55	3,07	0,51

Примечания:

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

В пробах **донных отложений**, отбираемых ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 0,0–32,0 мкг/г (0,64 ДК); среднее значение (9,9 мкг/г, 0,20 ДК) было в 2 раза ниже прошлогоднего (табл. 11.16).

Содержание фенолов в донных отложениях изменялось в диапазоне 0,0–0,24; среднегодовая концентрация равнялась 0,069 мкг/г, что значительно выше уровня прошлого года. Среднее содержание меди, цинка, кадмия и свинца в осадках этого побережья о. Сахалин не изменилось: 0,11; 0,46; 0,03 и <0,01 ДК соответственно.

Таблица 11.16. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
Татарский пролив: г. Александровск - Сахалинский	НУ	13,06	0,26	20,42	0,41	9,9	0,20
		52,5	1,04	123,5	2,47	32	0,64
	Фенолы	0,89		0,005		0,07	
		3,98		0,08		0,24	
	Медь	2,3	0,07	3,95	0,11	3,82	0,11
		3,3	0,09	15,2	0,43	4,9	0,14
	Цинк	42,4	0,3	56,78	0,41	64,9	0,46
		111	0,79	102,3	0,73	105	0,75
	Кадмий	0,031	0,04	0,026	0,033	0,02	0,03
		0,05	0,63	0,11	0,14	0,06	0,08
	Свинец	0,03	<0,01	0,31	<0,01	0,1	<0,01
		0,05	<0,01	5,2	0,06	4,1	0,05

Таблица 11.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2020–2022 гг.

Район	Ингредиент	2020 г.		2021 г.		2022 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. бухта Золотой Рог (48 проб)	НУ	0,04	0,73	0,06	1,19	0,05	1,05
		0,09	1,80	0,35	7,00	0,4	8,00
	Фенолы	2,05	2,05	1,17	1,17	1,70	1,70
		5	5,00	1,8	1,80	2	2,00
	АПАВ	95	0,95	86	0,86	103	1,03
		274	2,74	243	2,43	198	1,98

	Аммонийный азот	144 595	0,05 0,21	137 958	0,05 0,33	124 523,6	0,04 0,18
	Нитритный азот	19,0 76,5	0,79 3,19	19,7 84,5	0,82 3,52	13,2 37,2	0,55 1,55
	Медь	1,9 5,6	0,38 1,12	1,1 1,9	0,22 0,38	2,4 4,8	0,48 0,96
	Железо					35,6 262,5	0,71 5,25
	Цинк	11,4 27,2	0,23 0,54	4,4 12,8	0,09 0,26	52,1 158,7	1,04 3,17
	Свинец	0,1 0,4	0,01 0,04	0,20 0,8	0,020 0,08	1,4 5,1	0,14 0,51
	Марганец	6,2 59,6	0,12 1,19	3,4 32,7	0,07 0,65	3,6 23,5	0,07 0,47
	Кадмий	0,04 0,5	<0,1 <0,1	0,05 1,4	<0,1 0,14	0,19 0,7	<0,1 <0,1
	Ртуть	0,015 0,04	0,15 0,40	0,015 0,06	0,15 0,60	0,058 0,44	0,58 4,40
	БПК ₅	2,85 9,0	1,36 4,29	2,2 6	1,05 2,86	2,5 7	1,20 3,33
	Взвешенные вещества	7,4 14,2	0,74 1,42	5,5 8,9	0,55 0,89	7,4 18	0,74 1,80
	Кислород	8,60 4,61	0,77	7,37 4,61	0,77	7,56 5,01	0,84
2. бухта Диомид (6 проб)	НУ	0,03 0,05	0,67 1,00	0,07 0,25	1,37 5,00	0,05 0,1	1,03 2,00
	Фенолы	1,87 2,6	1,87 2,60	1,17 1,4	1,17 1,40	1,68 1,9	1,68 1,90
	АПВ	88 142	0,88 1,42	61 120	0,61 1,20	84 143	0,84 1,43
	Аммонийный азот	65 157	0,02 0,05	48 152	0,02 0,05	41 69,7	0,01 0,02
	Нитритный азот	24,2 79,3	1,01 3,30	12,6 29,8	0,52 1,24	6,9 7,7	0,29 0,32
	Медь	2,0 4,4	0,40 0,88	0,9 1,1	0,17 0,22	2,57 3,9	0,51 0,78
	Железо					21,1 51,9	0,42 1,04
	Цинк	12,7 18,3	0,25 0,37	4,0 6,3	0,08 0,13	62,7 161,5	1,25 3,23
	Свинец	0,3 1,2	0,03 0,12	0,17 0,4	0,02 0,04	3,75 14,9	0,38 1,49
	Марганец	2,6 4,6	0,05 0,09	2,0 4,5	0,04 0,09	1,6 3,2	0,03 0,06
	Кадмий	0,1 0,2	0,01 0,02	0,1 0,1	0,01 0,01	0,2 0,4	0,02 0,04
	Ртуть	0,023 0,06	0,23 0,60	0,015 0,04	0,15 0,40	0,077 0,38	0,77 3,80
	БПК ₅	2,2 6	1,03 2,86	2,0 4	0,95 1,90	1,7 4	0,79 1,90
	Взвешенные вещества	6,3 11,2	0,63 1,12	4,7 8,1	0,47 0,81	7,3 12,4	0,73 1,24
	Кислород	9,51 6,58		7,46 6,58		7,98 6,76	

3. пролив Босфор Восточный и бухта Улисс (27 проб)	НУ	0,021 0,05	0,42 1,00	0,025 0,06	0,50 1,20	0,018 0,05	0,36 1,00
	Фенолы	1,43 2,2	1,43 2,20	1,32 1,7	1,32 1,70	1,65 2	1,65 2,00
	АП АВ	76 282	0,76 2,82	97 255	0,97 2,55	96 202	0,96 2,02
	Аммонийный азот	85,5 166	0,04 0,07	43 133	0,01 0,05	53,9 301,5	0,02 0,10
	Нитритный азот	11,0 57,8	0,46 2,41	5,3 32,7	0,22 1,36	8,3 16	0,35 0,67
	Медь	2,8 14,5	0,56 2,90	1,0 3,4	0,20 0,68	3,7 20,6	0,73 4,12
	Железо					29,9 273,9	0,60 5,48
	Цинк	18,2 79,2	0,36 1,58	4,3 10,5	0,09 0,21	36,2 123,5	0,72 2,47
	Свинец	0,2 0,7	0,02 0,07	0,2 0,9	0,02 0,09	1,9 5,3	0,19 0,53
	Марганец	9,8 49,5	0,20 0,99	2,0 10,6	0,04 0,21	2,5 14,6	0,05 0,29
	Кадмий	0,07 0,20	<0,01 0,02	0,03 0,6	<0,01 0,06	0,12 0,40	0,012 0,04
	Ртуть	0,037 0,16	0,37 1,60	0,051 0,29	0,51 2,90	0,045 0,32	0,45 3,20
	БПК ₅	2,00 6,0	0,95 2,86	1,81 4,0	0,86 1,90	1,74 3,0	0,83 1,43
4. Амурский залив (48 проб)	Взвешенные вещества	8,20 55,0	0,82 5,50	4,5 9,0	0,45 0,90	6,04 15,0	0,60 1,50
	Кислород	8,96 4,72		8,00 6,19		8,09 5,35	0,89
	НУ	0,02 0,07	0,44 1,40	0,04 0,12	0,75 2,40	0,03 0,09	0,65 1,80
	Фенолы	1,92 4	1,92 4,00	1,54 4,2	1,54 4,20	1,63 1,9	1,63 1,90
	АП АВ	93 266	0,93 2,66	98 250	0,98 2,50	93 216	0,93 2,16
	Аммонийный азот	64 147	0,02 0,05	32 139	0,01 0,05	24 139	0,01 0,05
	Нитритный азот	5,4 21,5	0,22 0,90	7,7 48,4	0,32 2,02	14,0 146,4	0,59 6,10
	Медь	1,2 2,6	0,24 0,52	0,8 1,2	0,16 0,24	1,8 3,7	0,36 0,74
	Железо					18,2 115,3	0,36 2,31
	Цинк	7,7 34,9	0,15 0,70	7,3 17,3	0,15 0,35	33,6 115,2	0,67 2,30
	Свинец	0,3 6,2	0,03 0,62	0,1 0,4	0,01 0,04	0,9 7	0,09 0,70
	Марганец	3,1 10,1	0,06 0,20	3,5 32,7	0,07 0,65	2,9 12,8	0,06 0,26
	Кадмий	0,1 0,5	0,01 0,05	0,02 0,2	<0,01 0,06	0,1 0,3	0,014 0,03
	Ртуть	0,032 0,14	0,32 1,40	0,02 0,17	0,21 1,70	0,055 0,45	0,55 4,50

	БПК ₅	1,0 2,0	0,48 0,95	2,5 5	1,2 2,4	1,73 4	0,8 1,9
	Взвешенные вещества	6,2 20	0,62 2,00	8,4 19,8	0,8 2,00	9,1 20,8	0,9 2,10
	Кислород	10,1 7,68		7,9 4,14	0,69	9,6 3,46	0,58
5. Уссурийский залив (72 пробы)	НУ	0,02 0,11	0,41 2,20	0,04 0,13	0,83 2,60	0,04 0,12	0,72 2,40
	Фенолы	1,71 2,6	1,71 2,60	1,12 3,5	1,12 3,50	1,96 2,6	1,96 2,60
	АПАВ	83 249	0,83 2,49	101 380	1,01 3,80	99 253	0,99 2,53
	Аммонийный азот	55 160	0,02 0,06	23 55	0,01 0,02	53 439	0,02 0,15
	Нитритный азот	2,7 40,7	0,11 1,70	3,1 29,2	0,13 1,22	6,3 50,8	0,26 2,12
	Медь	1,1 4,1	0,21 0,82	0,9 7,2	0,19 1,44	2,0 4,9	0,39 0,98
	Железо					34,4 170,7	0,69 3,41
	Цинк	8,6 34,9	0,17 0,70	5,8 29,6	0,12 0,59	20,0 109	0,40 2,18
	Свинец	0,1 0,7	0,01 0,07	0,1 0,6	0,01 0,06	1,3 12,4	0,13 1,24
	Марганец	1,0 4,2	0,02 0,08	2,7 37,8	0,05 0,76	1,4 5,7	0,03 0,11
	Кадмий	0,1 1,0	0,01 0,10	0,02 0,1	<0,01 0,01	0,2 3	0,02 0,30
	Ртуть	0,014 0,09	0,14 0,90	0,048 0,16	0,48 1,60	0,054 0,26	0,54 2,60
	БПК ₅	2,01 5,00	0,96 2,38	1,3 4	0,60 1,90	1,64 6,00	0,8 2,9
	Взвешенные вещества	4,13 12,60	0,41 1,26	5,7 11,7	0,57 1,17	6,48 20,50	0,6 2,05
	Кислород	8,79 5,39	0,90	8,7 5,57	0,93	9,64 6,97	
6. залив Находка (с бухтами) (96 проб)	НУ	0,025 0,15	0,50 3,00	0,04 0,23	0,78 4,60	0,03 0,07	0,54 1,40
	Фенолы	1,85 3,2	1,85 3,20	1,37 5,3	1,37 5,30	1,91 3,5	1,91 3,50
	АПАВ	102 482	1,02 4,82	96 223	0,96 2,23	112 284	1,12 2,84
	Аммонийный азот	69 443	0,02 0,15	30,1 186	0,01 0,06	42,1 245,7	0,01 0,08
	Нитритный азот	2,9 12,2	0,12 0,51	11,9 193,4	0,50 8,06	17,2 153,1	0,71 6,38
	Медь	1,1 3,9	0,21 0,78	0,9 2	0,18 0,40	2,1 6,3	0,42 1,26
	Железо					64,9 854,8	1,30 17,10
	Цинк	8,2 24,9	0,16 0,50	5,8 20,1	0,12 0,40	18,8 146,5	0,38 2,93
	Свинец	0,1 0,6	0,01 0,06	0,2 0,5	0,02 0,05	1,2 6,7	0,12 0,67

	Марганец	5,3 135	0,11 2,70	2,8 17,7	0,06 0,35	1,1 6,4	0,02 0,13
	Кадмий	0,64 0,50	0,06 0,05	0,05 0,6	<0,01 0,06	0,1 1,2	0,01 0,12
	Ртуть	0,025 0,28	0,25 2,80	0,014 0,1	0,14 1,00	0,026 0,23	0,26 2,30
	БПК ₅	1,07 2,00	0,51 0,95	1,6 4	0,74 1,90	2,2 8	1,07 3,81
	Взвешенные вещества	6,1 13,5	0,61 1,35	7,5 29,8	0,75 2,98	10,1 19,2	1,01 1,92
	Кислород	7,99 3,07	0,51	7,6 3,63	0,61	10,8 6,79	

Таблица 11.3. Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2019–2022 гг.

Район	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Содержание ЗВ в 2022 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. бухта Золотой Рог	1,26	IV	1,06	III	1,19	III	Фенолы 1,70; БПК ₅ 1,20; НУ 1,05; O ₂ 0,79
2. бухта Диомид	1,14	III	1,07	III	1,18	III	Фенолы 1,68; НУ 1,03; Цинк 1,25; O ₂ 0,75
3. пролив Босфор Восточный	0,95	III	0,98	III	1,04	III	Фенолы 1,65; БПК ₅ 0,83; СПАВ 0,96; O ₂ 0,74
4. Амурский залив	0,99	III	1,11	III	1,00	III	Фенолы 1,63; СПАВ 0,93; БПК ₅ 0,82; O ₂ 0,62
5. Уссурийский залив	1,04	III	0,91	III	1,09	III	Фенолы 1,96; СПАВ 0,99; БПК ₅ 0,78; O ₂ 0,62
6. залив Находка (с бухтами)	1,03	III	0,97	III	1,22	III	Фенолы 1,91; Fe 1,30; СПАВ 1,12; O ₂ 0,56
6.1. бухта Находка ст.1,2 (12 проб)	1,18	III	1,38	IV	1,41	IV	Фенолы 2,13; NO ₂ 1,87; БПК ₅ 1,11; O ₂ 0,52
6.2. бухта Врангеля ст.25 (9 проб)	0,99	III	1,01	III	1,23	III	Фенолы 1,91; СПАВ 1,54; БПК ₅ 0,95; O ₂ 0,53
6.3. бухта Козьмина ст.33 (9 проб)	0,92	III	0,92	III	1,15	III	Фенолы 1,90; СПАВ 1,12; БПК ₅ 1,01; O ₂ 0,56
Татарский пролив: Александровск – Сахалинский	0,82	III	0,85	III	0,98	III	НУ 1,39; БПК ₅ 0,94; Cu 0,89; O ₂ 0,72

Выводы

Содержание различных форм биогенных элементов в морских водах прибрежных районов залива Петра Великого в целом соответствовало естественному режиму и в 2022 г. не превышало ПДК. В шести контролируемых районах залива начиная с 2007 г. наиболее высокий уровень загрязненности морских вод нефтяными углеводородами наблюдался вокруг Владивостока в бухтах Золотой Рог, Диомид и проливе Босфор Восточный. Критически высокая концентрация НУ редко наблюдались в других районах. Во всех районах в 2011–2012 и в 2016–2017 годах был резкий всплеск содержания НУ. В 2020–2022 годах ситуация улучшилась, и среднее содержание НУ превышало норматив только в бухтах Золотой Рог и Диомид. Уровень загрязненности морских прибрежных вод фенолами в 2022 г. был повышенным во всех районах контроля. Содержание АПАВ в морских водах повысилось в бухтах Золотой Рог, Диомид и в заливе Находка, а в остальных районах этот показатель

практически не изменился. Среднее содержание в морских водах тяжелых металлов во всех прибрежных районах не превышало предельно допустимую концентрацию за исключением значения по цинку в бухте Золотой Рог и по железу в заливе Находка.

Кислородный режим в прибрежных районах залива Петра Великого немного улучшился: в Амурском заливе среднее содержание растворенного кислорода повысилось в 1,2 раза, в Уссурийском заливе – в 1,1 раза, в заливе Находка – в 1,4 раза. В бухтах Золотой Рог, Диомид и в проливе Босфор Восточный содержание кислорода практически не изменилось. В ряде районов залива Петра Великого были случаи нарушения кислородного режима (уменьшения содержания растворенного кислорода ниже норматива): В бухте Золотой Рог было зафиксировано шесть проб с концентрацией растворенного в воде кислорода ниже установленного норматива, в проливе Босфор Восточный отмечен только один такой случай, в Амурском заливе – 7 случаев. Качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса, «умеренно загрязненные». Исключением является бухта Находка, которая является внутренней бухтой залива Находка, воды которой оцениваются IV классом, «загрязненные».

Уровень загрязненности донных отложений прибрежных районов залива Петра Великого НУ различается:

Донные отложения в наибольшей степени загрязнены нефтяными углеводородами в бухте Золотой Рог, где превышение допустимого уровня из года в год отмечается в 100% проб, а также в заливе Находка. Донные отложения в других районах залива Петра Великого в меньшей степени загрязнены НУ, однако везде показатели превышают ДК. В бухте Золотой Рог и бухте Диомид донные отложения значительно загрязнены тяжелыми металлами: среднегодовые показатели по меди, кадмию, свинцу, цинку, хрому изменяются от 1,06 до 14,60 ДК. В остальных районах среднегодовые показатели, как правило, не превышают условный норматив. Наиболее загрязненными ртутью в 2022 г. были донные отложения бухты Золотой Рог и бухты Диомид, в немного меньшей степени в проливе Босфор Восточный. Во всех остальных районах среднее содержание ртути в донных отложениях не превышает допустимого уровня, а максимальная концентрация не превышала 2 ДК.

Хлорорганическими пестицидами группы ДДТ в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухт Золотой Рог и Диомид. Суммарное среднегодовое содержание пестицидов группы ДДТ в обоих районах составляет 10,96 ДК. Несколько меньше значения в проливе Босфор Восточный (6,66 ДК); в Уссурийском заливе и в заливе Находка значение средней суммы изомеров ДДТ в 2022 г. составило 1,34 ДК и 2,32 ДК соответственно. Снижение этого показателя в 2,8 раза отмечено только в Амурском заливе по сравнению с прошлым годом.

В водах Татарского пролива Японского моря в прибрежье о. Сахалин у города Александровска-Сахалинского приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Среднее значение концентрации НУ в 2022 г. (1,39 ПДК) повысилось относительно прошлого года. Максимальные значения НУ последние три года превышали 3 ПДК. Также увеличились и среднегодовая, и максимальная концентрация меди. Зафиксирован превышающий прошлогодний почти в 4 раза максимум значения БПК₅, хотя в среднем этот показатель остался на уровне прошлого года. Кислородный режим в целом соответствовал среднесезонной норме, однако были отмечены минимальные значения концентрации кислорода вдвое ниже норматива. Загрязнение донных отложений по НУ, фенолам и металлам не превышало или было намного меньше предельно допустимого уровня. По значению индекса ИЗВ (0,98) качество вод Татарского пролива несколько ухудшилось по сравнению с 2021 г. (ИЗВ=0,85), но по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно загрязненные».

Глава 12. ВЫВОДЫ

12.1. Каспийское море

Приоритетными загрязняющими веществами в центральной и западной частях акватории **Северного Каспия** были нефтяные углеводороды, синтетические поверхностно-активные вещества и нитриты, содержание которых оставалось ниже ПДК и соответствовало уровню 2021 г. Определение фенолов в 2022 г. не проводилось. Это существенно затруднило комплексную оценку загрязнения вод района по индексу загрязненности вод, поскольку по предыдущим наблюдениям фенолы вносили наиболее существенный вклад в значение ИЗВ. Среднее содержание растворенного кислорода было ниже обычного. На разрезе Ша в придонных слоях впервые за многие годы был отмечен дефицит кислорода по сравнению с нормативом. В это же время концентрация фосфатов была примерно на порядок величины ниже обычной для этой акватории.

На южной границе акватории Северного Каспия в 2022 г. приоритетными веществами оставались фенолы (при средней концентрации 2,8 ПДК), нефтяные углеводороды (около 1 ПДК) и аммонийный азот (0,6 ПДК). Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне выше норматива. Значение ИЗВ составило 1,29, что соответствует «загрязненным» водам, существенной динамики индекса за последние годы не отмечено.

На **Дагестанском взморье** приоритетным загрязнителем были фенолы, их средняя концентрация изменялась в пределах 2,75–3,76 ПДК. Средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах 1 ПДК. Значения ИЗВ на разных участках Дагестанского шельфа изменялись в диапазоне 1,32–1,58, что соответствует «загрязненным» водам. В последние 2–3 года отмечается рост ИЗВ во всех районах взморья, однако за более продолжительный период с 2008 г. статистически значимого тренда не отмечено.

12.2. Азовское море

В устьевых протоках **реки Дон** приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, ртуть, фосфаты и нитриты. Концентрация НУ в водах устьевых протоков Дона (Переволока, Песчаный и Мертвый Донец) была высокой и в 92% проб достигала или превышала норматив, в среднем 2,22 ПДК. Наибольшее содержание НУ было отмечено в октябре и мае в обоих слоях протоки Мертвый Донец (3,6–4,0 ПДК). Загрязнение донных отложений нефтяными углеводородами в среднем составило более 2,8 ДК. Загрязнение вод дельтовых протоков ртутью очень высокое, хотя несколько снизилось с прошлого года. Средняя концентрация 1,8 ПДК, максимум 2,8 ПДК, превышение норматива было в 92% проб. Максимальное содержание СПАВ достигало 0,3 ПДК. Содержание фосфатов увеличилось по сравнению с предыдущими годами и в среднем составило 1,6 ПДК, а наибольшее достигало 2,5 ПДК. Среднее и максимальное содержание нитритов и аммонийного азота немного возросло до 2,5/6,0 ПДК и 0,4/8,0 ПДК соответственно. Кислородный режим был в норме за исключением одного случая ниже норматива более чем на 28%. Значение ИЗВ, определенное по нефтяным углеводородам, нитритам и ртути, составило 1,82, что соответствует V классу, «грязные». Качество вод устьевых протоков Дона в последний год ухудшилось.

В районах дельты Кубани и **Темрюкского залива** приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, нитриты, фосфаты и аммоний. Содержание НУ в рукавах реки Кубань изменялось в пределах 0,022–0,091 мг/дм³ (1,8 ПДК), среднегодовая составила 0,98 ПДК; в канале порта Темрюк концентрация НУ изменялась от аналитического

нуля до 0,093, в среднем 0,038 мг/дм³ (0,76 ПДК); а на остальной акватории Темрюкского залива 0–0,110/0,028 мг/дм³ (0,56 ПДК). Максимальное значение (2,2 ПДК) зафиксировано 8 августа в гирле Пересыпское Ахтанизовского лимана, а среднее по всем районам составило 0,035 мг/дм³ (0,70 ПДК). Концентрация СПАВ и хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) не превышала предела обнаружения использованного метода анализа. Растворенная ртуть в водах залива обнаружена в 27% проб, ее концентрация достигала 0,23 ПДК, максимум отмечен в подходном канале порта Темрюк в июне. На акватории Темрюкского залива концентрация кислорода составляла 3,06–12,45 мгО₂/дм³ и была ниже норматива всего в двух пробах. Процент насыщения вод кислородом был в диапазоне 41–154%. По ИЗВ (0,76) воды в устьях рукавов Кубани оцениваются как «умеренно загрязненные» на нижней границе III класса качества. В остальных районах на акватории Темрюкского залива ИЗВ составлял 0,52–0,56, II класс, «чистые». По комплексному индексу загрязненности вод речной сток в дельте Кубани за последние полтора десятка лет неуклонно ухудшался внутри класса «чистые воды», постепенно приближаясь к границе «умеренно загрязненных» вод. В остальных районах также наблюдается ухудшение качества вод при значительных межгодовых изменениях значения ИЗВ.

Продолжилось многолетнее увеличение солености вод **Керченского пролива**, среднее значение во второй половине года превысило 16‰. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Максимальная концентрация биогенных веществ не превышала 0,5 ПДК. Качество вод северной узости пролива на разрезе Крым-Кавказ улучшилось по сравнению с 2021 г. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,55), рассчитанный по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, ДДТ, нитритов и растворенного кислорода, позволяет оценить воды II классом, «чистые». В водах пролива снизилось содержание НУ и нитритов, а также немного улучшилось насыщение вод кислородом. Одновременно с этим продолжился рост содержания пестицидов группы ДДТ, средняя и максимальная концентрация которых выросла в 2 раза по сравнению с предыдущим годом. Количество проб с ДДТ и его метаболитами выше предела обнаружения выросло в 2,5 раза, превысив 83% от общего числа проб.

12.3. Черное море

Крым. По расчетному индексу загрязненности прибрежные воды юго-западного Крыма оцениваются II классом, «чистые». Наиболее загрязненное в этом районе Севастопольское взморье, оценка вод этих участков находится на границе III класса. Здесь, как и в водах бухт, наблюдается повышенное содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и синтетических моющих веществ, очевидно попадающих в море с муниципальными стоками. Относительно высоким также была концентрация нефтяных углеводородов, особенно на взморье. В более чистых водах порта Ялты приоритетными загрязняющими веществами были пестициды и биогенные вещества, очевидно поступающими в акваторию с водами двух горных рек. В восточном Крыму у Карадага в пробах морской воды также определяли пять тяжелых металлов (свинец, медь, хром, марганец и железо). Высокие значения концентрации ТМ определили повышенное значение индекса – III класс, «умеренно загрязненные», близкое к границе следующего класса качества, «загрязненные». Возможно, повышенное содержание в морских прибрежных водах железа и меди определялось геохимическим фоном вулканической горы Карадаг, а не факторами антропогенного загрязнения. Если пересчитать индекс без учета металлов (НУ 1,44; СПАВ 0,41; БПК₅ 0,63 и О₂ 0,58) ИЗВ=0,77, что находится на нижней границе III класса и соответствует открытым водам рядом с Фиолентом на юго-западе полуострова. Кислородный режим был в пределах нормы во всех контролируемых районах с немного повышенными значениями у Карадага. Наименьшие

значения растворенного кислорода были отмечены 5 июля в порту Ялта на поверхности ($6,14 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) и 8 сентября в Голубой бухте у выпуска КОС «Южные» на глубине 72 м ($6,71 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$).

Северное побережье Кавказа. В 2022 г. уровень загрязнения северной части прибрежной акватории Кавказа остался примерно на прошлогоднем уровне. Индекс загрязненности вод немного снизился у Анапы, Новороссийска и Геленджика, однако подрос в районе Туапсе за счет увеличения концентрации нефтяных углеводородов. Во всех участках побережья значения оставались в пределах II класса и контролируемые прибрежные районы характеризовались как «чистые». В расчет индекса вошли средние значения концентрации железа, нефтяных углеводородов, нитритов, легко окисляемых органических веществ по БПК₅ и кислорода. Среднее содержание нефтяных углеводородов во всех районах было ниже норматива и варьировало от 0,06 ПДК у Сочи до 0,96 ПДК у Туапсе. Однако максимальная концентрация была очень высокой во всех районах и составила от 0,70 ПДК в Геленджикской бухте до 1,34 ПДК в водах района Адлер-Сочи, а наибольшее превышение (13,40 ПДК) было отмечено у Туапсе. В целом уровень загрязнения морских вод нефтяными углеводородами в районе Туапсе сильно вырос по сравнению с прошлым годом; максимальное значение увеличилось в 6,5 раз и было зафиксировано в порту на штормовой станции в феврале. В трети из 57 отобранных проб в порту Туапсе концентрация НУ равнялась или превышала ПДК. Загрязнение морских вод органическими веществами по БПК₅ на мористых станциях в северной части побережья (расположенных на удалении от основных источников поступления аллохтонной органики в море) и в районе Сочи было достаточно высоким и варьировало в диапазоне 0,59–0,88 ПДК. Этот параметр входит в число приоритетных компонентов при расчете ИЗВ. СПАВ были отмечены только в одной пробе в концентрации $170 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Средняя 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 ($0,002$ – $0,02 \text{ нг}/\text{дм}^3$) во всех пробах. Растворенная ртуть отмечена в 20 пробах из 25 измеренных, максимальная концентрация достигала 0,29 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 до значений менее ПДК, которая сменилась очевидным в последние три года снижением по средним и максимальным значениям. Динамика максимальной концентрации фосфатов демонстрирует экспоненциальный рост с начала наблюдений до 2018 г. За наступившим потом трехлетним спадом значения опять выросли, особенно в районе Туапсе. Средняя концентрация нитритного азота в районах Кавказского побережья в последние четыре года заметно выросла до 0,14 ПДК. До этого фиксировался длительный период снижения содержания нитритов начиная с конца прошлого века. Наблюдаются значительные межгодовые перепады значений. В северной части Кавказского побережья разброс значений концентрации аммонийного азота был незначительным, а разница между среднегодовой величиной и максимумом небольшая. Относительная стабилизация этих характеристик в районе примерно 100 и $150 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ наблюдается последние четыре года. До этого были зафиксированы очень существенные межгодовые перепады значений. В районе между Адлером и Сочи содержание аммония в целом было ниже, что особенно заметно по средней концентрации. В период наблюдений с конца прошлого века наблюдается постепенное снижение среднегодовой концентрации кремния во всех районах до 2011 г., когда наступает период относительной стабилизации на уровне около $200 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Из-за стока многочисленных рек в районе между реками Мзымта и Сочи содержание силикатов обычно было повышенным. В целом средние и максимальные значения содержания кремния показывают многолетнюю цикличность с изменениями

концентрации в 2–3 раза. Кислородный режим на всех контролируемых участках был в пределах обычной межгодовой изменчивости, дефицит растворенного кислорода на исследуемой акватории обнаружен не был.

Воды района Адлер-Сочи. В 2022 г. в прибрежных водах Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальные значения превышали норматив для нефтяных углеводородов, СПАВ, определяемых по БПК₅ легко окисляемых органических веществ, железа и свинца. Как и в предыдущие годы, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 5 параметров (НУ, СПАВ, БПК₅, Рb и ВВ) из 12 нормируемых превышали ПДК (50,0%). Воды района характеризуются неустойчивым (10–30%) загрязнением по органическим веществам (23,4%), единичным (менее 10%) загрязнением по нефтяным углеводородам (1,6%), железу (6,3%), детергентам (6,3%) и свинцу (1,6%), а также единичной 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. Кислородный режим прибрежных вод района между устьями рек Мзымта и Сочи был в пределах нормы. Значения растворённого в воде кислорода варьировали в пределах 6,10–10,30, в среднем 8,25 мгО₂/дм³. Пониженная концентрация менее 7,00 мгО₂/дм³ в восьми пробах отмечена как на поверхности, так и в более глубоких водах на станциях в районе влияния речного стока, а также в придонном слое в порту Сочи. Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,59), рассчитанный в целом для всей акватории морских вод Большого Сочи по средней концентрации БПК₅, железа, минерального фосфора и кислорода существенно снизился по сравнению с прошлым годом. Уменьшение индекса связано со значительным снижением содержания органических ЗВ. В последние несколько лет также отмечается снижение содержания в водах акватории тяжелых металлов. Уровень загрязнения эстуарных участков и открытого моря был примерно одинаковым (ИЗВ=0,57 и 0,54), II класс, «чистые», а воды района порта Сочи (0,88) оцениваются как «умеренно загрязненные», III класс. В многолетней динамике состояние вод района Адлер-Сочи оценивается как стабильное.

12.4. Балтийское море

В водах **Невской губы** концентрация нефтяных углеводородов лишь в редких случаях составляла очень незначительные доли ПДК, а фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов была ниже предела чувствительности использованных методов химического анализа. Воды Невской губы в целом не загрязнены биогенными веществами, а среднее содержание разных форм азота и фосфора было гораздо меньше ПДК. Максимальные и изредка средние величины аммонийного и нитритного азота в отдельных частях акватории губы превышали норматив. Более высокие значения концентрации биогенных элементов и легко окисляемых органических веществ по БПК₅ характерны для вод вблизи оголовка трубы сброса вод с Северной станции аэрации и в прибрежье курортных районов. Значения БПК₅ многократно превышали допустимый уровень и использовались при подсчете индекса загрязненности вод. Медь в 100% случаев является основным загрязняющим элементом всех районов губы при использовании установленного для пресных вод норматива. Также высокие значения отмечены для цинка и марганца. Кислородный режим в целом был в пределах нормы. Для всей Невской губы индекс загрязненности вод составил 1,95, V класс, «грязные». Расчет ИЗВ без учета тяжелых металлов существенно уменьшает класс загрязнения (II–IV, «чистые» – «загрязненные»).

Индекс загрязненности вод восточной части **Финского залива** к западу от Комплекса защитных сооружений составил 1,00 (III класс), что определяет воды как «умеренно загрязненные». Расчет выполнен с учетом очень высокой концентрации легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в курортном районе (средняя концентрация 1,81 ПДК). В других частях акватории залива этот параметр не определялся, поэтому замена органических веществ на фосфаты определяет снижение ИЗВ=0,64 (II класс, «чистые»). В целом воды восточной части залива находятся в стабильном состоянии, а межгодовые изменения значений индекса незначительные. В придонном слое концентрация кислорода была ниже норматива в 14% проб. Наименьшее значение (3,02 мгО₂/дм³) отмечено на глубине 38 м. Концентрация загрязняющих веществ выше норматива была зафиксирована только для металлов: медь, марганец и цинк во всех районах, железо в Мелководном районе. Уровень содержания различных форм биогенных веществ в целом невысокий. Нефтяные углеводороды и СПАВ в восточной части залива не зафиксированы, а содержание фенолов очень низкое. Во всех исследуемых районах Финского залива хлорорганические пестициды не отмечены.

12.5. Белое море

В **Двинском заливе** в 2022 г. было выполнено две гидрохимических съемки в июле и ноябре. Загрязнение вод НУ, медью, нитратами и аммонийным азотом осталось примерно на уровне прошлого года. Значительно увеличилось содержание СПАВ, в среднем составив около 1,7 ПДК. Превышение норматива по НУ и свинцу отмечено лишь в одной пробе; во всех остальных случаях концентрация ТМ была значительно ниже ПДК. Продолжилась тенденция улучшения кислородного режима, снижение содержания растворенного в воде кислорода менее установленного норматива не наблюдалось. Высокое содержание СПАВ увеличило ИЗВ до 0,77, что соответствует III классу, «умеренно загрязненные». Качество вод ухудшилось до следующей градации.

Загрязнение вод **Кандалакшского залива** определялось в основном аммонийным азотом и фосфатами; случаи экстремального загрязнения по этим показателям наблюдались систематически. Содержание тяжелых металлов (кроме железа) повысилось, впервые после перерыва с 2015 г. обнаружен свинец, цинк – после 2013 г. Загрязнение вод залива нефтяными углеводородами было выше уровня прошлого года. СПАВ были обнаружены в одной пробе в концентрации 1,5 ПДК. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ остается относительно невысоким. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и прошлогодних значений. Индекс загрязненности вод увеличился с 0,66 до 1,42 за счет высоких значений аммония и фосфатов. Качество вод залива ухудшилось на 2 класса и соответствует IV классу, «загрязненные».

12.6. Баренцево море

Контроль качества вод в Кольском заливе проводился на водпосту в торговом порту г. Мурманска (ВПМ) в период с января по декабрь один раз в два месяца. Хотя содержание фосфатов снизилось более чем в 2 раза по сравнению с прошлым годом, однако остается все еще высоким (0,4 ПДК). Сохранилась тенденция снижения концентрации других биогенных элементов вблизи водпоста. Среднегодовая концентрация НУ вернулась к значению уровня ПДК и составила 0,051 мг/дм³. Максимальное значение (1,3 ПДК) было зафиксировано в марте. Содержание меди снизилось в сравнении с прошлым годом (среднее 1,2 мкг/дм³); впервые с 2015 г. максимальное значение (0,48 ПДК) было ниже норматива. Концентрация железа впервые была ниже предела обнаружения. Начиная с 2015 г. впервые было зафиксировано присутствие в воде синтетических поверхностно-активных веществ

(6,3 мкг/дм³, 0,06 ПДК). Также впервые за 10 лет были зафиксированы взвешенные вещества, их содержание было в диапазоне от нулевых значений до 7,3 мг/дм³ (0,73 ПДК). Содержание кислорода немного повысилось, среднегодовая концентрация составила 9,98 мгО₂/дм³. В 2022 г. сохраняется тенденция улучшения качества вод в районе водпоста. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,65) снизился по сравнению с прошлым годом; воды характеризуются II классом качества, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, фосфаты и никель.

12.7. Гренландское море (Шпицберген)

В морских водах заливов Гренфьорд и Биллефьорд в летний период значения большей части гидрохимических показателей были характерными для прибрежных районов Гренландского моря. Средняя и максимальная концентрация минерального фосфора составила 9,0/26,9; общего фосфора 26,2/53,6; нитритов 2,0/21,1; нитратов 310,6/385,7 и силикатов 185,7/383,6 мкг/дм³. Содержание общего азота было ниже традиционных для данных акваторий значений. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод на всех станциях в июле варьировали в диапазоне 0,84–3,92, при среднем значении 2,66 мгО₂/дм³ (1,3 ПДК). Содержание растворенного в воде кислорода было повышенным. Концентрация СПАВ, фенолов, нитро-, метил- и хлорфенолов, НАУ и ЛАУ была ниже предела обнаружения. Содержание НУ (6–7 мкг/дм³) зафиксировано только в трёх пробах. Продолжается тенденция снижения содержания полициклических ароматических углеводородов в морской воде. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ составило 19,75, а максимальное (30,40 нг/дм³) было примерно в 1,5 раза ниже прошлогодней. Содержание ПАУ понизилось в основном из-за бенз(а)пирена, дибенз(ah)антрацена, флуорена и аценафтена, концентрация которых составила аналитический ноль. Из хлорорганических соединений в заливе Гренфьорд суммарное содержание пестицидов группы ДДТ снизилось в 1,6 раз; максимальная концентрация составила 12,0 нг/дм³. В заливе Биллефьорд произошло повышение содержания этой группы, а максимальная концентрация составила 5,89 нг/дм³. Пестициды группы ГХЦГ, ДДД и гексахлорбензол в водах заливов не были зафиксированы. Концентрация суммы ПХБ в водах двух заливов повысилась на порядок; максимальное значение в заливе Гренфьорд составило 12,14, в заливе Биллефьорд – 11,80 нг/дм³. Из определяемых тяжелых металлов повышенная концентрация зафиксирована для меди (1,74/8,80 ПДК), цинка (1,71/6,00 ПДК), кобальта (0,36/1,16 ПДК) и никеля (0,34/1,30 ПДК). Качество морских вод заливов Шпицбергена в июле-августе 2022 г. по индексу загрязненности (ИЗВ=1,30), оценивается IV классом, «грязные». Приоритетными загрязняющими веществами были медь, цинк и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Вблизи поселков в местах поступления коммунально-бытовых сточных вод наблюдается локальное загрязнение морских вод органическими веществами.

12.8. Карское море

В Обской губе Карского моря гидрохимические исследования выполнены в августе 2022 г. Стандартные гидрохимические показатели были в пределах естественной межгодовой изменчивости. Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод губы изменялось от 7,6 до 9,8 мгО₂/дм³. Содержание легко окисляемых органических веществ в морских водах района по БПК₅ были в пределах 0,85–4,40 мгО₂/дм³. Концентрация различных форм биогенных элементов варьировала от аналитического нуля (нитратный азот) до 0,8 ПДК (фосфатный фосфор) и 1,4 ПДК (аммонийный азот). В Обской губе отмечено наличие анионных поверхностно-активных веществ в пределах до 0,2 ПДК, а также высокое

содержание фенолов (до 4,8 ПДК) и нефтяных углеводородов (до 3,2 ПДК). Содержание 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов, летучих ароматических углеводородов и неполярных алифатических углеводородов в водах обследованной акватории было ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа. Из хлорорганических соединений было зафиксировано незначительное присутствие ингредиентов из групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Концентрация тяжелых металлов в пробах морской воды (в ПДК) достигала для цинка 0,24, меди 0,36, 0,08 свинца, 0,04 кадмия и 0,1 мышьяка. Содержание ртути, марганца, никеля, олова и хрома находилось ниже предела обнаружения. Согласно полученным результатам воды Обской губы Карского моря в 2022 г. оценивались III классом качества, «умеренно загрязненные».

12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

В Авачинской губе и в прибрежной части Авачинского залива в районе Халактырского пляжа наибольший вклад в загрязнение морских вод вносят нефтяные углеводороды и фенолы, хотя их средние показатели не превышали ПДК. По сравнению с прошлым годом среднегодовое содержание НУ уменьшилось в два раза. Максимум (6,8 ПДК) был отмечен в мае на промежуточном горизонте в приустьевой зоне р. Паратунка. Наибольшее содержание фенолов (1,4 ПДК) было отмечено в июле на среднем горизонте у входа в бухту Крашенинникова. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение средней концентрации фенолов от 2,0 до 0,3 ПДК. Содержание СПАВ превысило предел обнаружения лишь в одной поверхностной пробе (1,4 ПДК). Максимальная концентрация нитритного азота (1,2 ПДК) и минерального фосфора (2,2 ПДК) была отмечена в августе у дна в центральной части Авачинской губы. Уровень остальных биогенных элементов – нитратного азота, аммонийного и общего фосфора, находился в допустимых пределах. Концентрация растворенного кислорода была ниже норматива ($5,47 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, 51% насыщения) только в одной пробе воды, отобранной в августе на придонном горизонте у входа в бухту Крашенинникова. Среднее содержание растворенного кислорода в морских водах было достаточным – 102,7% насыщения. По индексу загрязненности ИЗВ качество вод Авачинской губы и в районе Халактырского пляжа по-прежнему остается во II классе, «чистые» (ИЗВ=0,43). Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, фенолы и фосфаты.

12.10. Охотское море

Мониторинг качества воды в Охотском море проводился на шельфе о. Сахалин в районе села Стародубское и в заливе Анива на акватории портов Пригородное и Корсаков в безледовый период с мая по октябрь. Отобрано 72 пробы морской вод из поверхностного горизонта. Во всех трех районах контроля основными загрязнителями являлись легко окисляемые органические вещества по БПК₅ (1,09/1,67/1,90 ПДК в среднем), медь (0,93/1,20/1,61 ПДК) и нефтяные углеводороды (0,36/1,00/0,72 ПДК) у портов Пригородное, Корсаков и села Стародубское соответственно. По расчетному индексу загрязненности вод (ИЗВ) воды в районе села Стародубское характеризовались как «загрязненные» (IV класс качества вод, ИЗВ=1,31). Воды в заливе Анива у портов Корсаков и Пригородное оценивались как «умеренно загрязненные», III класс качества вод (ИЗВ=1,19 и 0,82 соответственно). Анализ 30 проб донных отложений показал, что основным загрязнителем являются нефтяные углеводороды. Особенно высокий уровень загрязнения НУ донных осадков зафиксирован в порту Корсаков: в среднем 263 мкг/г или 5,3 Допустимой Концентрации, максимальная величина 488 мкг/г или 9,8 ДК.

12.11. Японское море

Концентрация различных биогенных элементов в водах прибрежных районов залива Петра Великого в целом соответствовала естественному режиму межгодовой изменчивости. Начиная с 2007 г. наиболее высокий уровень загрязненности морских вод залива нефтяными углеводородами наблюдался вокруг Владивостока в бухтах Золотой Рог, Диомид и проливе Босфор Восточный. В других районах залива Петра Великого высокая концентрация НУ наблюдалась значительно реже. В 2020–2022 гг. среднее содержание НУ превышало норматив только в бухтах Золотой Рог и Диомид. В 2022 г. уровень загрязненности морских вод фенолами был повышенным во всех районах контроля. Содержание АПАВ в морских водах повысилось в бухтах Золотой Рог, Диомид и в заливе Находка, а в остальных районах этот показатель практически не изменился. Среднее содержание в морских водах тяжелых металлов во всех прибрежных районах не превышало ПДК за исключением значения по цинку в бухте Золотой Рог и по железу в заливе Находка. Кислородный режим в заливах Амурском, Уссурийском и Находка немного улучшился, средняя концентрация растворенного кислорода повысилась в 1,1–1,4 раза, а в бухтах Золотой Рог, Диомид и в проливе Босфор Восточный содержание кислорода практически не изменилось. Случаи уменьшения содержания растворенного кислорода ниже норматива отмечены в шести пробах в бухте Золотой Рог, в проливе в одной пробе и в Амурском заливе в семи пробах. Качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса, «умеренно загрязненные». Исключением является бухта Находка, которая является внутренней бухтой залива Находка, воды которой оцениваются IV классом, «загрязненные».

Донные отложения в наибольшей степени загрязнены нефтяными углеводородами в бухте Золотой Рог, где превышение допустимого уровня из года в год отмечается в 100% проб, а также в заливе Находка. Донные отложения в других районах залива Петра Великого в меньшей степени загрязнены НУ, однако везде показатели превышают ДК. В донных отложениях бухт Золотой Рог и Диомид средняя концентрация кадмия, свинца, цинка и хрома была в пределах от 1,06 до 14,60 ДК. В остальных районах среднегодовые показатели, как правило, не превышали условный норматив. Наиболее загрязненными ртутью в 2022 г. были донные отложения бухты Золотой Рог и бухты Диомид, в немного меньшей степени в проливе Босфор Восточный. Во всех остальных районах максимальная концентрация ртути не превышала 2 ДК. Суммарное среднегодовое содержание хлорорганических пестицидов группы ДДТ в донных отложениях бухт Золотой Рог и Диомид составляет 10,96 ДК. Несколько меньше значения в проливе Босфор Восточный (6,66 ДК); в Уссурийском заливе и в заливе Находка значение средней суммы изомеров ДДТ в 2022 г. составило 1,34 ДК и 2,32 ДК соответственно. Снижение этого показателя в 2,8 раза по сравнению с прошлым годом отмечено только в Амурском заливе.

В Татарском проливе Японского моря у города Александровска-Сахалинского на о. Сахалин приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Среднее значение концентрации НУ в 2022 г. (1,39 ПДК) повысилось относительно прошлого года. Максимальные значения НУ последние три года превышали 3 ПДК. Также увеличились и среднегодовая, и максимальная концентрация меди. Максимум концентрации БПК₅ превышал прошлогодний уровень почти в 4 раза, хотя среднее значение осталось на уровне прошлого года. Кислородный режим в целом соответствовал среднесезонной норме, однако были отмечены минимальные значения концентрации кислорода вдвое ниже норматива. Загрязнение донных отложений по НУ, фенолам и металлам не превышало или было намного меньше предельно допустимого уровня. По значению индекса ИЗВ (0,98) качество вод Татарского пролива несколько ухудшилось по сравнению с 2021 г. (ИЗВ=0,85), однако по-прежнему соответствовало III классу, «умеренно загрязненные».

Литература

1. **Вековые разрезы 1961.** Гидрометеорологические станции и гидрологические разрезы, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима на морях, омывающих берега СССР. – ГИМИЭ, Гидрометеорологическое издательство (отделение), М., 1961, 41 с.
2. **Вековые разрезы 1976.** Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, в устьях рек, впадающих в них. – ГОИН, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976, 40 с.
3. **Ежегодник-2021.** Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник 2021 / Под общей ред. А.Н. Коршенко. – Москва: ФГБУ «ГОИН», 2023, 248 с.
4. **ПП-РФ 1425.** Постановление Правительства РФ от 15 ноября 1997 г. № 1425 «Об информационных услугах в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения окружающей природной среды».
5. **РД 52.04.567–2003.** Положение о государственной наблюдательной сети. – Гидрометеоиздат, Санкт-Петербург, 2003, 50 с.
6. **Приказ 156.** О введение в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды. – Приказ Руководителя Росгидромета №156 от 31.10.2000 г.
7. **РД 52.10.243–92.** Руководство по химическому анализу морских вод. / Под ред. С.Г. Орадовский, СПб, Гидрометеоиздат, 1993, 264 с.
8. **РД 52.10.556–95.** Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси. / Под ред. С.Г. Орадовский, М, Гидрометеоиздат, 1996, 50 с.
9. **ПДК-2016.** «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – Приказ министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552, 156 с.
10. **ПДК-2010.** Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – Утвержден приказом Руководителя Федерального агентства по рыболовству А.А. Крайнего №20 от 18 января 2010 г., зарегистрировано Министерством юстиции 9 февраля 2010 г., №16326, 215 с.
11. **МУ-2011.** Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. / Под редакцией к.б.н. С.А. Соколовой – М.: Изд-во ВНИРО, 2011, 165 с.
12. **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. Коршенко А.Н., Жохова Н.В. Кирьянов В.С. Оценка загрязненности морских вод. – Метеорология и гидрология, 2023, №5, С.75–85.
15. **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.
16. **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.
17. **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).
18. **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.
19. **ДК-2002.** Neue Niederlandische Liste. Warner 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).
20. «Нормы и критерии оценки загрязненности донных отложений в водных объектах Санкт-Петербурга» (1996).
21. **ПП-РФ 477.** Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды».
22. Бухарицин П.П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. – Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.
23. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. – Москва, МГУ, 1975, 272 с.
24. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. – Л: Гидрометеоиздат, 1962, 853 с.
25. Геология Азовского моря. – К: «Наукова думка», 1974, 246 с.
26. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том III Азовское море. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986, 218 с.
27. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море. – СПб: Гидрометеоиздат, 1991, 236 с.
28. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб: Гидрометеоиздат, 1991, 428 с.
29. Закономерности экосистемных процессов Азовского моря. – М: Наука, 2006, 304 с.
30. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море. – Севастополь: «Экоки-гидрофизика», 2009, 402 с.
31. Дьяков Н.Н., Белоудов А.А. Водобмен залива Сиваш с Азовским морем через пролив Генический (Тонкий). – Труды ГОИН, 2015, Вып. 216, с. 240–253.

32. Семенова Е.А. Исследование водообмена через мелководный пролив (на примере проливе Тонкого). – Сб. работ ГМО ЧАМ, 1962, Вып. 1, с. 53–63.
33. Слатинский Ю.Г. Водообмен Сиваша с Азовским морем. – Труды ГОИН, 1986, Вып. 176, с. 18–24.
34. Львова Е.А. Равнины Крыма. – Симферополь: Крым, 1982, 80 с.
35. Матишов Г.Г. Геоморфологические особенности шельфа Азовского моря. – Вестник Южного научного центра РАН, 2006, Т.2, №1, с. 44–48.
36. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. – Л.: Гидрометеиздат, 1985, 270 с.
37. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. – М.: Гидрометеиздат, 1989, 326 с.
38. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. Береговая зона Азовского моря. – Издательство Ростовского университета, 1980, 172 с.
39. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвезинский А.С. и др. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе. – М: ООО «Принт», 2020, 365 с.
40. 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.
41. 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.
42. Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А. и др. Атлас льдов Черного и Азовского морей. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2016, 219 с.
43. 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, МГІ, 2008, 42 с.
44. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь, МГИ, 2011, 212 с.
45. Зубов Н.Н. Основы учения о проливах Мирового океана. – М, Географгиз, 1956, 239 с.
46. 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.
47. BLACK SEA STATE OF ENVIRONMENT REPORT 2009–2014/5. – Istanbul: Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution, 2019, 795 с.
48. Джашвили Ш. Реки Черного моря. – Европейское агентство по охране окружающей среды, Технический отчет №71, 2003, 58 с.
49. Mikhailov V.N. and Mikhailova M.V. River Mouths. 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.
50. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2. Черное море. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2012, 421 с.
51. Фашук Д.Я. Черное море: географо-экологический «портрет». – М., ГЕОС, 2019, 310 с.
52. Суховой В.Ф. Моря Мирового океана. – Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.
53. Mee L., Jeffit L. AoA Region: Black Sea. – UNEP, 2010, 9 p.
54. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Том III. Балтийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. – СПб, Гидрометеиздат, 1992, 451 стр.
55. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Под ред. Б.Х. Глуховского. – Л.: Гидрометеиздат, 1991, 240 с.
56. 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.: Гидрометеиздат, 1991, 192 с.
57. Лоция Белого моря. – СПб: Главное Управление Навигации и Океанографии Министерства Обороны Российской Федерации, 2006, 411 с.
58. Филатов Н.Н., Терзевик А.Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007, 349 с.
59. Арктическая энциклопедия. – Москва, «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.
60. Баренцево море. – Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, т 1, вып. 1, 1990, 280 с.
61. Советская энциклопедия. – Большая советская энциклопедия в 30 т., гл. ред. А.М.Прохоров, 1969–1978, 1972, т. 7, 608 с.
62. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. – М, Мысль, 1999, 320 с.
63. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. – Издательство Московского университета, 1982, 270 с.
64. Охотское море. – Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»), Гидрометеорологические условия. – Терзиев Ф.С. (ред.), Том 9, Вып. 1, 1992, 318 стр.
65. 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.Акимовa, 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.Акимовa, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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.Кириянова. – 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, Гидрометеониздат, 2001, 80 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н.А.Афанасьева, И.Г.Матвейчук, И.Я.Агарова, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко, Санкт-Петербург. – Гидрометеониздат, 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, Гидрометеониздат, 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, «Артифекс», 2008, 146 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., 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, «Артифекс», 2010, 174 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2010. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2011, 196 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2011. – Под ред. Коршенко А.Н., Обнинск, «Артифекс», 2012, 196 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2013, 200 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2013. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2014, 208 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2014. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2015, 156 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2015. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2016, 184 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2017, 220 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2017. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2018, 220 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2018. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2019, 224 с. ISBN 978–5–9500646–6–1
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2019. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2020, 232 с. ISBN 978–5–9500646–7–8
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020. – под ред. А.Н. Коршенко. – Иваново: ПресСто, 2022, 240 с. ISBN 978–5–6045347–0–0.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник 2021 / Под общей ред. А.Н. Коршенко. – Москва: ФГБУ «ГОИН», 2023, 248 с.

Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2022

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»: Сулименко Е.А., Хорошенькая Е.А.
- 2). Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Кравцова Е.Г., Кобец С.В.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения среды г. Керчи ЦМС ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеев А.И., Иванько Л.Н., Соколова А.А., Полубинская Е.М., Ковалева Е.М.

Черное море

- 1). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Дьяков Н.Н.
- 2). Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС г. Ялта): Зайцева О.И., Фурник Д.В., Коберник Р.Е.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Кравцова Е.Г., Кобец С.В.
- 4). Гидрометеобюро-1 Туапсе Краснодарского ЦГМС, Северо-Кавказское УГМС (г. Туапсе): Титов А.М., Томилко М.К., Балакирева А.С.
- 6). Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи): Калижникова Н.А., Лысак О.Б.

Балтийское море

- 1). ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (ФГБУ «СЗ УГМС», г. Санкт-Петербург), Отдел информации и методического руководства сетью (ОМС) Центра мониторинга загрязнения природной среды (ЦМС), Гидрометцентр (ГМЦ): Ипатова С.В., Макаренко А.П., Лебедева Н.И., Мироничева Н.П.

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., Грипас О.Е., Балакина О.Н., Помазкина Н.Л., Попова Ю.Н., Анисимова У.Г., Шунин М.В.
- 2). ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О.М., Устинова А.А., Стулук К.В.

Баренцево море

- 1). ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, лаборатория ЛМВ (г. Мурманск): Чаус О.М., Устинова А.А., Стулук К.В.

Гренландское море (Шпицберген)

- 1). Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демешкин А.С., Яески Е.А.

Карское море

- 1). Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демешкин А.С., Яески Е.А.

Шельф Камчатки, Авачинская губа, Тихий океан

- 1). ФГБУ «Камчатское УГМС», Центр по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС), Лаборатория информационно-аналитических ресурсов (ЛИАР), (г. Петропавловск-Камчатский): Копаница М.В., Бондаренко К.С., Лебедева Е.В., Полякова В.С.

Охотское море

- 1). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория поверхностных и морских вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

Японское море

- 1). Лаборатория по мониторингу загрязнения природных вод и почв Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток): Подкопаева В.В., Тихонова О.В.
- 2). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория поверхностных и морских вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»

Устаревшие нормативные документы

1. **РД 52.10.74–86.** Единые отраслевые нормы времени на работы по анализу морской воды и донных отложений по гидрохимическим показателям.

2. **РД 52.10.243–92.** Руководство по химическому анализу морских вод. (ред. С.Г.Орадовский, СПб, 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 (pH)»).

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 редуторе (взамен РД 52.10.745–2010 Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редуторе).

CONTENTS

ANNOTATION	2
ABSTRACT	3
INTRODUCTION	4
Chapter A. DESCRIPTION OF MONITORING SYSTEM	5
A.1. Monitoring stations	5
A.2. Methods of sampling and data treatment	6
A.3. Monitoring of marine environment at 2022	17
Chapter 1. CASPIAN SEA	21
1.1. General information	21
1.2. Discharge of the pollutants	22
1.3. Water conditions of the Northern Caspian	23
1.3.1. Western and Central part (century transect III and IIIa)	24
1.3.2. Southern border of the Northern Caspian (century transect IV)	27
1.4. Waters conditions of the Dagestan coastal area	30
Chapter 2. AZOV SEA	38
2.1. General information	38
2.2. Estuarine part of Don River	42
2.3. Marine estuarine area and Delta of the Kuban River	46
2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area	46
2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay	48
2.4. Kerch Strait. Transect port Crimea – port Caucasus	58
Chapter 3. BLACK SEA	63
3.1. General information	63
3.2. Coastal waters of Sevastopol	65
3.2.1. Sevastopol southern coast	66
3.2.2. Bight Streletskaia	70
3.3. Crimea coastal waters. Port Yalta	71
3.4. Crimea coastal waters. Karadag	74
3.5. Quality of Crimea coastal waters	77
3.6. Northern Caucasus coastal waters	77
3.7. Coastal waters of the area of Adler-Sochi	87
Chapter 4. BALTIC SEA	93
4.1. General information	93
4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay	93
4.3. Hydrometeorological conditions	94
4.4. Central part of the Neva Bay	95
4.5. Northern resort of the Neva Bay	99
4.6. Southern resort of the Neva Bay	101
4.7. Marine Trade Port (MTP)	103
4.8. Northern WWT plant	105
4.9. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf	109
4.10. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	112
4.11. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf	115
4.12. Koporsky Bay	118
4.13. Luzsky Bay	120
Chapter 5. WHITE SEA	124
5.1. General information	124
5.2. Sources of pollution	125
5.3. Dvina Bay	126
5.4. Kandalaksha Bay	130

Chapter 6. BARENTS SEA	133
6.1. General information	133
6.2. Sources of pollution	134
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay	134
Chapter 7. GREENLAND SEA (SPITSBERGEN)	140
7.1. General information	140
7.2. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters	140
7.3. Hydrochemical parameters	142
7.4. Pollution	142
7.5. Bottom sediments	145
Chapter 8. ARCTIC SEAS	147
8.1. Kara Sea	148
Chapter 9 KAMCHATKA SHELF (PACIFIC OCEAN)	149
9.1. General information	149
9.2. Sources of pollution	150
9.3. Water pollution in the Avacha Bay	152
Chapter 10. OKHOTSK SEA	158
10.1. General information	158
10.2. Pollution of the Sakhalin shelf	160
10.2.1. Area of village Starodubskoe	161
10.2.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov	163
10.2.3. Aniva Bay. Area near port Prigorodnoe	164
Chapter 11. JAPAN SEA	169
11.1. General information	169
11.2. Sources of pollution and monitoring programme	170
11.3. Golden Horn Bay	172
11.4. Diomedea Bay	179
11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight	182
11.6. Amur Bay	187
11.7. Ussuri Bay	193
11.8. Nakhodka Bay	199
11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait	206
Chapter 12. CONCLUSIONS	214
12.1. Kaspiyskoye more	214
12.2. Azovskoye more	214
12.3. Chernoye more	215
12.4. Baltiyskoye more	217
12.5. Beloye more	218
12.6. Barentsevo more	218
12.7. Grenlandskoye more (Shpitsbergen)	219
12.8. Karskoye more	219
12.9. Shel'f poluostrova Kamchatka (Tikhiy okean)	220
12.10. Okhotskoye more	220
12.11. Yaponskoye more	221
Literature cited	222
<i>Annex 1.</i> The list of the published Annual Repots	224
<i>Annex 2.</i> The authors and owners of the data	226
<i>Annex 3.</i> Roshydromet Manuals on marine hydrochemistry	227

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	2
ABSTRACT	3
ВВЕДЕНИЕ	4
А. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	5
А.1. Станции мониторинга	5
А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений	6
А.3. Мониторинг морской среды в 2022 г.	17
Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ	21
1.1. Общая характеристика	21
1.2. Поступление загрязняющих веществ	22
1.3. Состояние вод Северного Каспия	23
1.3.1. Западная и центральная часть акватории (разрезы IIIa и III)	24
1.3.2. Южная граница Северного Каспия (разрез IV)	27
1.4. Состояние вод Дагестанского побережья	30
Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ	38
2.1. Общая характеристика	38
2.2. Устьевая область реки Дон	42
2.3. Устьевое взморье и дельта реки Кубань	46
2.3.1. Система мониторинга устьевое взморья р. Кубань	46
2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива	48
2.4. Керченский пролив. Разрез порт Крым – порт Кавказ	58
3. ЧЕРНОЕ МОРЕ	63
3.1. Общая характеристика	63
3.2. Прибрежные воды Севастополя	65
3.2.1. Севастопольское южное взморье	66
3.2.2. Бухта Стрелецкая	70
3.3. Прибрежные воды Крыма. Порт Ялта	71
3.4. Прибрежные воды Крыма. Карадаг	74
3.5. Качество черноморских вод у берегов Крыма	77
3.6. Северное побережье Кавказа	77
3.7. Прибрежные воды района Сочи-Адлер	87
Глава 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ	93
4.1. Общая характеристика	93
4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы	93
4.3. Характеристика гидрометеорологических условий	94
4.4. Центральная часть Невской губы	95
4.5. Северный курортный район	99
4.6. Южный курортный район	101
4.7. Морской торговый порт СПб	103
4.8. Северная станция аэрации	105
4.9. Курортный район мелководной зоны	109
4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива	112
4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива	115
4.12. Копорская губа	118
4.13. Лужская губа	120
Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ	124
5.1. Общая характеристика	124
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ	125
5.3. Двинский залив	126
5.4. Кандалакшский залив	130

Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ	133
6.1. Общая характеристика	133
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ	134
6.3. Загрязнение вод Кольского залива	134
Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)	140
7.1. Общая характеристика	140
7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген	140
7.3. Гидрохимические показатели	142
7.4. Загрязняющие вещества	142
7.5. Донные отложения	145
Глава 8. МОРЕ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА	147
8.1. Карское море	148
Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (ТИХИЙ ОКЕАН)	149
9.1. Общая характеристика	149
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ	150
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы	152
Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ	158
10.1. Общая характеристика	158
10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин	160
10.2.1. Район села Стародубское	161
10.2.2. Залив Анива. Район порта Корсакова	163
10.2.3. Залив Анива. Район порта Пригородное	164
Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ	169
11.1. Общая характеристика	169
11.2. Источники загрязнения и программа мониторинга	170
11.3. Бухта Золотой Рог	172
11.4. Бухта Диомид	179
11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	182
11.6. Амурский залив	187
11.7. Уссурийский залив	193
11.8. Залив Находка	199
11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив	206
Глава 12. ВЫВОДЫ	214
12.1. Каспийское море	214
12.2. Азовское море	214
12.3. Черное море	215
12.4. Балтийское море	217
12.5. Белое море	218
12.6. Баренцево море	218
12.7. Гренландское море (Шпицберген)	219
12.8. Карское море	219
12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)	220
12.10. Охотское море	220
12.11. Японское море	221
Литература	222
<i>Приложение №1. Список опубликованных Ежегодников</i>	224
<i>Приложение №2. Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2022</i>	226
<i>Приложение №3. РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»</i>	227

Монография
Качество морских вод по гидрохимическим показателям.
Ежегодник 2022.

Под редакцией А.Н. Коршенко

Рецензент д.г.н., член-корреспондент РАН П.О.Завьялов

ISBN 978-5-6045347-3-1

© Коршенко А.Н., 2024
© ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»
(ФГБУ «ГОИН»), 2024

Подписано в печать 23.08.2024.
Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 20,15.
Тираж 320 экз. Заказ № 3287.

ISBN 978-5-6045347-3-1

