

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

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

(ГОИН)



**КАЧЕСТВО МОРСКИХ ВОД
ПО ГИДРОХИМИЧЕСКИМ
ПОКАЗАТЕЛЯМ**

Е Ж Е Г О Д Н И К

2021

Москва 2022

АННОТАЦИЯ

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

Ежегодник содержит средние и максимальные за год или сезон значения отдельных гидролого-гидрохимических показателей морских вод контролируемых прибрежных районов, а также характеристику уровня загрязнения вод и изредка донных отложений тяжелыми металлами и широким спектром органических веществ природного и антропогенного происхождения. Для контролируемых акваторий в целом или их локальных участков 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 характеристиках качества вод.

Ежегодник-2021 предназначен для федеральных и региональных органов власти, администраторов практической природоохранной деятельности и участников хозяйственно-производственной деятельности на шельфе морей, для широкой российской и международной общественности, ученых-экологов и образовательных учреждений. Оценка текущего гидрохимического состояния и уровня загрязнения акваторий, а также выявленные по данным многолетнего мониторинга тенденции могут быть использованы в научных исследованиях или при планировании хозяйственных и/или природоохранных мероприятий.

Ссылка для цитирования: Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2021. – Москва, «Наука», 2022, 230 с.

ISBN 978-5-6045347-2-4

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

ABSTRACT

The Annual Report 2021 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2021. The Annual Report summarizes routine observation data on the quality of the seawaters and bottom sediments conducted by 16 regional chemical laboratories and North-Western Branch of NPO “Typhoon” (St.Petersburg) of the Roshydromet. For some regions additional information used from different national organisations.

The Report-2021 contains annual and/or seasonal averages and maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawater at 54 local parts of all Russian Seas. It also describes the level of pollution of waters and bottom sediments with a wide spectrum of natural and synthetic substances. Water quality assessments based on the concentration of individual pollutants compared with the Maximum Allowable Concentration (MAC) and on the complex Index of Water Pollution (IWP). Interannual variations and long-term trends of parameters were identified where possible.

The Annual Report 2021 is intended for use by federal and regional administration bodies, environment protection and offshore industry managers, Russian and international public and ecologists. Assessments of the current state and of the long-term changes of the marine environmental pollution could be used in scientific researches and for planning of environment protection activities.

This Annual Report 2021 was compiled at the Marine Pollution Monitoring Laboratory of the N.N.Zybov’s State Oceanographic Institute of Roshydromet (SOI, Kropotkinsky Lane 6, 119034 Moscow, Russia, www.oceanography.ru, Chapter “Marine pollution”).

For bibliographic purposes, this document shall be cited as:

Marine Water Pollution. Annual Report 2021. – Moscow, “Nauka”, 2022, 230 p.

ISBN 978-5-6045347-2-4

© State Oceanographic Institute (SOI)

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. 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» (Приложение 1). Ежегодники составляются в ГОИН на основе данных государственной наблюдательной сети (Положение о ГСН, 2003), включающей центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) и центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р) межрегиональных территориальных управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС). Кроме этого в «Ежегодники» включаются результаты исследований и наблюдений других организаций и научно-исследовательских институтов Росгидромета и Российской Академии Наук, данные международного обмена информацией, интернет-ресурсов, а также материалы отдельных экспедиционных морских исследований государственных и негосударственных организаций.

В настоящем Ежегоднике приведена характеристика гидрохимического режима и уровня загрязненности открытых, прибрежных и эстуарных районов морей России в 2021 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 15 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета. Данные были получены в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ №156, 2000). К материалам сети относятся региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям», содержащие обобщенные результаты наблюдений в отдельных районах контроля, «Ежегодные гидрохимические данные о качестве морских вод» (ЕГД) с исходными постанционными гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ "НПО "Тайфун" Росгидромета

(г. Санкт-Петербург). В Ежегодник включена информация российских институтов РАН и материалы открытых источников в печати или интернете. Ежегодник-2020 по всем морям России подготовлен в Лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, 119034 Москва, Кропоткинский пер. 6, ГОИН, www.oceanography.ru; раздел «Загрязнение морей»).

А. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ

А.1. Станции мониторинга

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

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

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

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

По сокращенной программе пробы отбирают один раз в декаду. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), содержания растворенного кислорода, значений рН 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 (рН), 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 слой); до 50 м – три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м - четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии сезонного скачка плотности отбор проб проводится и на его верхней границе или в слое максимального градиента. На глубоководных станциях пробы отбираются на стандартных гидрологических горизонтах. В экспедиционных исследованиях набор контролируемых параметров и горизонты отбора проб определяются программой работ.

А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений

Химический анализ проб воды и донных отложений производится в соответствии с методами, изложенными в разработанных в ГОИН руководящих документах: «Руководство по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92, 1993) и «Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси» (РД 52.10.556-95, 1996). Методические основы проведения химического анализа элементов и соединений в морской среде постоянно обновляются. В последние несколько лет в ФГБУ «ГОИН» был разработан и одобрен к применению на сети комплект из 23 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). ПДК в качестве норматива качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения была установлена приказом министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г., №552: «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», далее в ссылках «Перечень ПДК» (ПДК-2016). По сравнению с предыдущей версией списка ПДК (2010 г.) 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. 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.

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 P)	-	PO ₄	0,05 олиготрофные водоемы	50/17
	-	PO ₄	0,15 мезотрофные	150/50
	-	PO ₄	0,2 эвтрофные	200/67

Примечания:

* В Приказе ПДК-2016 вероятно из-за высокого содержания биогенных веществ в пресных водах их концентрация указана в мг/дм³ на соединение в целом по сумме входящих в состав элементов и дополнительно в пересчете на элемент, например аммонийный азот – 0,5 мг/дм³, а в пересчете на азот в округленной до десятых форме – 0,4 мг/дм³. В морских водах концентрация соединений азота, фосфора и кремния обычно на порядки меньше, поэтому в методических Руководящих Документах Росгидромета по их определению используется единица мкг/дм³. В настоящем Ежегоднике с учетом обычно низкого содержания биогенных веществ в морской воде приведен более точный (не округленный) перевод значения ПДК на элемент в мкг/дм³. Вследствие этого нормы ПДК для сетевых подразделений Росгидромета могут быть скорректированы с учетом атомных весов составляющих соединения элементов: Н – 1, N – 14, О – 16, P – 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 SiO₃ 28/76 и фосфатов 32/96. Полученное значение указано в последней колонке таблицы через слеш.

Вследствие указанного выше существенного различия в содержании биогенных и загрязняющих веществ в пресных и морских водах в Руководящих Документах и Ежегодниках Гидрохимического Института (ГХИ, Ростов-на-Дону, <https://gidrohim.com/node/44>) их концентрация выражена в мг/дм³. В методических и аналитических документах ГОИН (http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282; <http://www.oceanography.institute/index.php/2013-05-19-21-09-30>) концентрация этих веществ в большинстве случаев приведена в мкг/дм³.

Металлы

Ингредиент/ Класс опасности	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм ³	мкг/дм ³
Алюминий (4), все растворимые в воде формы <1>*	7429-90-5	Al	0,04	40
Алюминия оксихлорид / (гидроксихлорид), (3)	1327-41-9	AlClO (AlCl(OH) ₂)	для морских вод по иону Al: 0,05; 0,04	50 40
Барий (4) <1>*	7440-39-3	Ba	2,0 при 12-18‰	2 000
		Ba	для пресных вод - 0,74	740
Бериллий (2) <1>*	7440-41-7	Be	для пресных вод - 0,0003	0,3
Ванадий (3) <1>*	7440-62-2	V	для пресных вод - 0,001	1
Железо (2) <1>*	7439-89-6	Fe	0,05	50
		Fe	для пресных вод – 0,1	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	

<i>Органические загрязняющие вещества</i>					
Ингредиент/ Класс опасности	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм ³	мкг/дм ³	нг/дм ³
Нафталин (3)	91-20-3	C ₁₀ H ₈	для пресных вод – 0,004	4	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ), (3)	-	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	морские воды - 0,05	50	
Родамин-Б (Краситель красный С-2108-Д), (4)	-	C ₃₀ H ₃₄ N ₂ O ₅	0,05	50	
	-		для пресных вод – 0,05	50	

Соевое масло (3)	8001-22-7	$C_{57}H_{98}O_6$	морские воды -1,0		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)***	-	Detergents	0,1	100	
		Detergents	для пресных вод – 0,5	500	
Фенол/карболовая кислота (3)	108-95-2	Fenols C_6H_6O	фенол – 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана) (1)	319-84-6	HCH, Group HCH with γ -HCH (Lindane), $C_6H_6Cl_6$	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50-29-3	DDT, $C_{14}H_9Cl_5$	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67-64-1	C_3H_6O	для пресных вод – 0,05	50	
Бензол (4)	71-43-2	Benzen, C_6H_6	для пресных вод – 0,5	500	
Бромбензол (2)	108-86-1	C_6H_5Br	0,1	100	
			для пресных вод – 0,0001	0,1	
α -Бромнафталин (1)	90-11-9	$C_{10}H_7Br$	для пресных вод – 0,000001	0,001	1
Арцерид (1)	-		для пресных вод – 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1). <i>бетабайтرويد</i>	-	$C_{22}H_{18}Cl_2FNO_3$	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
2,4-Динитрофенол (2)	51-28-5	$C_6H_4N_2O_5$	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Дихлорбензол (2), смесь изомеров	25321-22-6	$C_6H_4Cl_2$	для пресных вод – 0,001	1	
2,4-Дихлорфенол (1)	120-83-2	$C_6H_4OCl_2$	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Додecilбензол (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)	-	$C_9H_{12}NO_5PS$	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
Полихлорпинен (1)	-		для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Тетрабутилолово (1)	1461-25-2	$(C_4H_9)_4Sn$	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Толуол/метилбензол (3)	108-88-3	C_7H_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),	87-61-6,	$C_6H_3Cl_3$	для пресных вод – 0,001	1	

смесь изомеров	120-82-1				
Трихлорфенол (1)	88-06-2	$C_6H_3Cl_3O$	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Формалин 35-40% (3)	50-00-0	CH_2O	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_6H_5Cl	для пресных вод - 0,001	1	
2-Хлорфенол (1)	95-57-8	C_6H_5OCl	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	110-82-7	C_6H_{12}	для пресных вод – 0,01	10	
Этиленгликоль (3)	107-21-1	$C_2H_6O_2$	0,5		
			для пресных вод – 0,25		
Этиловый спирт (3)	64-17-5	C_2H_6O	для пресных вод – 0,01		

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории

Растворенный кислород O_2	Dissolved oxygen O_2	<p>Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод).</p> <p>- Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный) 6,0 мг/дм³.</p> <p>- В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мг/дм³.</p>
Водородный показатель (рН)	рН	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения.
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК ₅	BOD ₅ ;	При температуре 20°С 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°С 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-2916 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).

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.

** 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 чистоты (табл. А.2).

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

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	$\text{ИЗВ} \leq 0,25$
Чистые	II	$0,25 < \text{ИЗВ} \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	III	$0,75 < \text{ИЗВ} \leq 1,25$
Загрязненные	IV	$1,25 < \text{ИЗВ} \leq 1,75$
Грязные	V	$1,75 < \text{ИЗВ} \leq 3,00$
Очень грязные	VI	$3,00 < \text{ИЗВ} \leq 5,00$

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 мгО₂/дм³ 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 мгО₂/дм³ надо разделить на среднее значение концентрации кислорода в мгО₂/дм³; полученный результат добавить к сумме трех загрязнителей; 5) суммарное значение разделить на четыре и оценить класс качества воды по полученному значению ИЗВ (табл. А.2).

Для катастрофических ситуаций с очень высоким содержанием загрязняющих веществ в воде были установлены дополнительные категории. Для случаев чрезвычайно высокой концентрации отдельных загрязнителей были определены критерии **высокого (ВЗ)** и **экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)** морской воды. Граничные условия таких случаев определяются Приказом №156 Руководителя Росгидромета «О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении

окружающей природной среды» от 31.10.2000 г. Критериями ЭВЗ морской воды являются:

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1-2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3-4 класса опасности – в 50 раз и более. Содержание веществ в морских водах сопоставляется с наиболее «жесткими» ПДК в ряду одноименных показателей. Для веществ, на которые нормативными документами предусмотрено полное отсутствие их в воде водных объектов, в качестве ПДК условно принимается значение 0,01 мкг/л;
- появление запаха вод интенсивностью более 4 баллов, не свойственного воде ранее;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 км²;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км² и более при его обозримой площади более 6 км²;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения 2 мг/л и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК₅) свыше 40 мг О₂/л;
- массовая гибель моллюсков, раков, лягушек, рыб, других водных организмов и водной растительности.

Высокое загрязнение (ВЗ) водной среды определяется следующими критериями:

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

В разработанной в 2001 г. «Инструкции по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхностных и морских вод, а также их аварийном загрязнении» 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 52.24.643-2002). 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 экстремальный.

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), далее – МУ. 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 закрепленных 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). Полученные единицы превышения установленных верхних допустимых границ загрязнения д.о. («Допустимая Концентрация», ДК) не являются юридическим нормативным значением ни в европейских странах, ни в Российской Федерации. Эти величины только наглядно представляют насколько реальное содержание вредного вещества в пробе превышает некий относительно разумный предел. Они могут быть использованы для упрощенной сравнительной характеристики загрязненности различных участков акватории моря, или для оценки межгодовой изменчивости. Кроме «голландских листов» существуют много других систем оценки качества донных отложений в различных странах мира. Во многих из них предлагается определять концентрацию загрязняющего вещества в мелкодисперсной фракции осадков менее 63 микрон, поскольку именно на мелких частицах с очень большой площадью поверхности в основном адсорбируются металлы и органические вещества. Иногда рекомендуется с этой же целью определение общего содержания в грунте органических веществ или алюминия входящего в состав очень маленьких глинистых частичек. Если в химическом анализе использовалась вся проба грунта из дночерпателя или колонки, за выбросом камней и гальки, ракушек и других крупных объектов, тогда рекомендуется полученный результат нормировать на содержание мелкодисперсной фракции 63 μ и/или концентрацию C_{org} и C_{Al} .

Таблица А.4. Допустимый уровень концентрации (ДК) загрязняющих веществ в донных отложениях водоемов в соответствии с

неофициальными нормами из Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95, Warner H., van Dokkum R. (2002).

Загрязняющие вещества	ДК	Загрязняющие вещества	ДК
Кадмий, мкг/г	0,8	Сумма 10 ПАУ, нг/г	1000
Ртуть, мкг/г	0,3	Бенз(а)пирен, нг/г	25
Медь, мкг/г	35	Бензол, нг/г	50
Никель, мкг/г	35	Толуол, нг/г	50
Свинец, мкг/г	85	Ксилол, нг/г	50
Цинк, мкг/г	140	Этилбензол, нг/г	50
Хром, мкг/г	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ, нг/г	2,5
Мышьяк, мкг/г	29	γ -ГХЦГ (линдан) (γ -НСН, 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 (ТРНs), мкг/г	50

В целом ряде исследований состояния гидрохимического режима и содержания различных форм биогенных элементов в морской воде используется единица измерений микромоль/л или микромоль/дм³ (мкмоль/дм³ или мкМ; $\mu\text{mol/L} = \mu\text{M}$ или $\mu\text{mol/dm}^3$). Таблица пересчета единиц позволяет перевести концентрацию в мкг/дм³ (табл. А.6).

Таблица А.6. Пересчет концентрации гидрохимических параметров из мкМ в мкг/дм³.

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

Для оценки состояния открытого моря и прибрежных вод, а также для выработки политики в области охраны окружающей среды и оценке эффективности мер, направленных на снижение поступающего с водосбора морей загрязнения, необходимы данные о поступлении загрязняющих веществ в морскую среду от наземных источников. Оценка поступающих с берега в море веществ (нагрузка) учитывает три потенциальных источника - нагрузки, поступающие с 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 (дельтовый фильтр), как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий является судоходство, различные инженерные работы на шельфе и на береговой линии, атмосферный перенос и выпадение различных биогенных или загрязняющих веществ (atmospheric deposition). Атмосферные выпадения на акваторию морей или на водосборную территорию могут быть весьма значительными. Существуют расчетные оценки поступления веществ с осадками на территорию Восточной Европы и акваторию морей по тяжелым металлам и отдельным видам органических ЗВ (Метеорологический Синтезирующий Центр - Восток (МСЦ-В), <http://www.ru.msceast.org>).

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

На Федеральном уровне основным органом государственной власти в области использования и охраны окружающей среды является Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России, www.mnr.gov.ru), одной из функций которого является мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения. В части осуществления государственного мониторинга водных объектов МПР устанавливает требования к проведению наблюдений за состоянием окружающей природной среды и ее загрязнением, сбору, обработке, хранению и распространению информации о состоянии окружающей природной среды и ее загрязнении, а также к получению информационной продукции. Министерство осуществляет координацию и контроль деятельности подведомственных ему Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), Федеральной службы по надзору в сфере природопользования, Федерального агентства водных ресурсов и Федерального агентства по недропользованию. В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 "Об осуществлении государственного мониторинга

состояния и загрязнения окружающей среды" и прилагаемому к нему "Положению о государственном мониторинге состояния и загрязнения окружающей среды" Росгидромет осуществляет формирование и обеспечение функционирования государственной наблюдательной сети, в том числе организацию и прекращение деятельности стационарных и подвижных пунктов наблюдений, включая судовые экспедиционные исследования, определение их местоположения и осуществляет государственный мониторинг водных объектов. Вся первичная информация о результатах мониторинга вод и их загрязненности направляется в научно-исследовательские институты Росгидромета, а также в Единый государственный фонд данных (ЕГФД), Росводресурсы и Минприроды России для хранения, обработки и подготовки информационной продукции.

А.3. Мониторинг морской среды в 2021 г.

В 2021 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 15 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также НИИ и СЗНПО «Тайфун» Росгидромета на 324 станциях, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на острове Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 54 локальных участках прибрежных районов, наиболее подверженных 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 хозрасчетных работ сетевых Управлений Росгидромета. Наибольшее количество станций по программе мониторинга было выполнено на Каспийском, Черном, Балтийском и Японском морях (рис. А.2).



Рис. А1. Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2021 г.

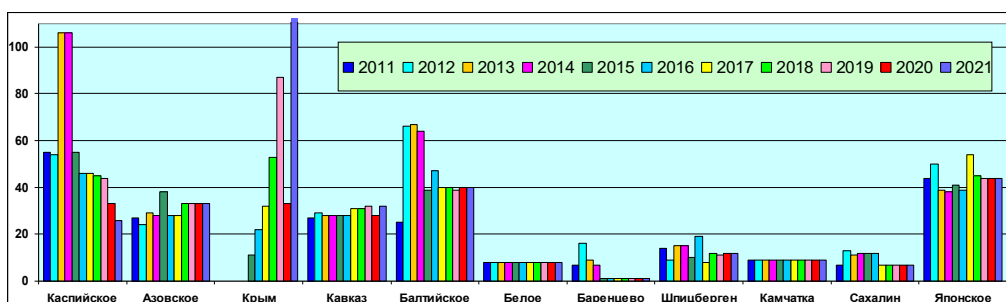


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011-2021 гг.

В течение 2021 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 2215 проб воды и 162 пробы донных отложений (24 на Азовском море, 30 у побережья о. Сахалин и 108 в заливе Петра Великого Японского моря). Суммарное количество выполненных химических анализов составило в морской воде 47609 измерений (на 5607 больше прошлого года), а в донных отложениях 1593 (на 68 больше), из которых 1389 было выполнено на шельфе о. Сахалин и в заливе Петра Великого. Общее количество параметров контроля состояния морской среды в воде и донных отложениях включает 72 отдельных анализа или определения. Это гидрологические параметры морской воды, стандартная гидрохимия, концентрация различных форм биогенных элементов (азот, фосфор и кремний), а также содержание в воде и донных отложениях загрязняющих веществ. В рамках государственной программы мониторинга морской среды последняя группа обычно включает суммарное количество нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектроскопии, фенолов, СПАВ, стойких органических загрязнителей

(СОЗ), главным образом пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, а также ПХБ, и тяжелых металлов (ТМ). Среди органических загрязняющих веществ многочисленные отдельные ингредиенты ПАУ, хлорфенолов или конгенеры ПХБ не учитывались в общем количестве наблюдаемых параметров. В заливе Петра Великого выполнялся гранулометрический анализ осадков. Как правило, из общего набора контролируемых параметров наблюдения на контролируемом локальном участке акватории моря выполнялись только по очень ограниченному списку веществ, уровень концентрации которых может быть определен с достаточной точностью на оборудовании местной химической лаборатории. Обычно эти загрязнители являются приоритетными для акватории. Аналитические возможности региональных химических лабораторий сильно отличаются, поэтому количество выполненных анализов в 2021 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

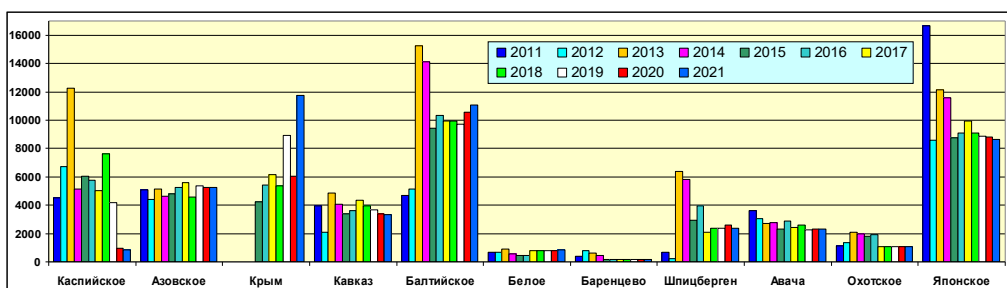


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2011-2021 гг.

Государственный мониторинг гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды в 2021 г., как и в предыдущие годы, главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (18591 анализа из общего количества 51867), а также измерение концентрации биогенных веществ (12851 анализ) и растворенного в воде кислорода (2163), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов содержания тяжелых металлов (7296) и стойких органических загрязнителей (4377 анализов). При анализе этих классов веществ в одной пробе морской воды обычно анализируется до 11 разных металлов и большое количество различных органических веществ. В частности, хроматографический анализ пестицидов обычно включает 6 ингредиентов из групп ГХЦГ и ДДТ (линдан и 2 конгенера, ДДТ и 2 метаболита), однако дополнительно могут определяться еще несколько хлор- или фосфорорганических соединений. При анализе содержания ПХБ или ПАУ может быть выявлено до 20 и более конгенов и/или индивидуальных веществ. Вследствие этого

общее количество выполненных анализов по металлам и СОЗ выглядит повышенным при сравнении с другими группами веществ. На всех контролируемых участках акватории морей обязательно выполнялось определение содержания в воде и донных отложениях нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектрометрии, была проанализирована 2005 проб.

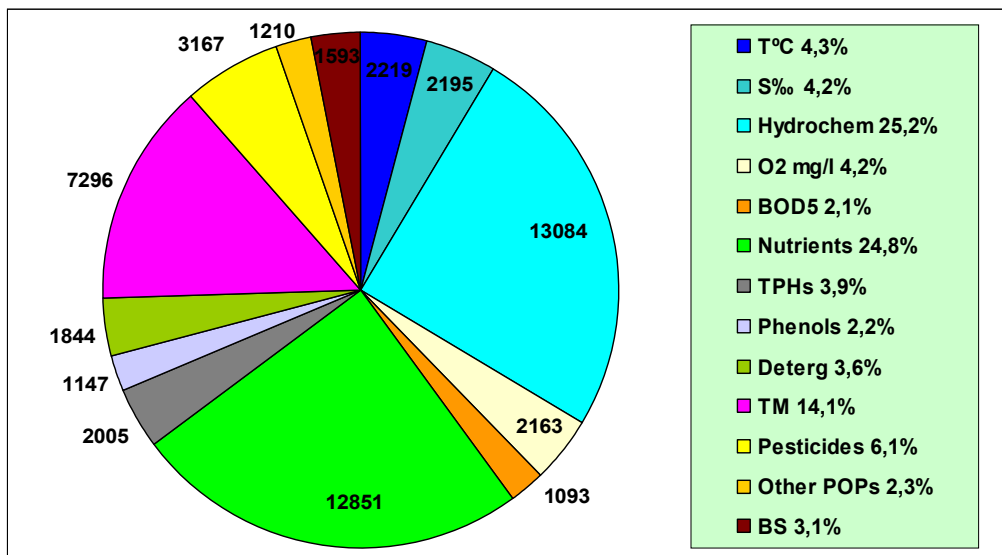


Рис. А.4. Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2021 г.

Т – температура, S – соленость; г/х – стандартные гидрохимические параметры; O₂ – концентрация растворенного в воде кислорода; БПК₅ – биохимическое потребление кислорода за 5 суток; Биогены – соединения азота, фосфора и кремния; НУ – сумма нефтяных углеводородов, метод инфракрасной спектрометрии; Фенол – сумма фенолов; СПАВ – синтетические поверхностно-активные вещества; ТМ – тяжелые металлы; Пестициды – хлорорганические пестициды; Другие СОЗ – стойкие органические загрязнители кроме хлорорганических пестицидов (гербициды, полихлорированные бифенилы ПХБ, полициклические ароматические углеводороды ПАУ, хлорфенолы); д.о. – донные отложения.

Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

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

1.1. Общая характеристика

Каспийское море является уникальным природным водоемом нашей планеты, расположенным на крайнем юго-востоке Европейской территории России на границе двух крупных частей единого материка Евразии. Каспий не имеет связи с Мировым океаном. Уровень моря подвержен резким колебаниям и в настоящее время находится примерно на 27-28 м ниже балтийского стандарта (уровня океана). Изменения уровня моря обусловлены определяемой климатом степенью увлажненности водосборного бассейна, площадь которого составляет 3,5 млн. км². По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км², что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км²). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км²), Адриатического (139,0 тыс. км²) и Белого морей (87,0 тыс. км²). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по 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 и островами дельты 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 на западном побережье в районе Апшеронского полуострова, а на восточном побережье в районе Казахского залива и Кара-Богаз-Гола (Бухарицин П.П., 1996).

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Терек, Сулак и Самур; последняя является пограничной рекой с Азербайджанской Республикой. Сток р. Волги, в среднем равный 255 км³ в год, составляет примерно 80% поверхностного стока в море. Каспий является солоноватоводным водоемом. Соленость на большей части акватории моря составляет 12,6-13,2‰; средняя равна 12,66‰. На севере диапазон

значительно шире и укладывается в границы 1-8‰. Прилегающая к территории России мелководная акватория значительно опреснена речным стоком. Даже на удалении от устья Волги у побережья Среднего Каспия в районе г. Махачкала средняя соленость равна 10,44‰. Распределение солености по вертикали относительно равномерное. Конвективное перемешивание хорошо развито осенью и зимой вследствие охлаждения поверхностных вод и их осолонения при ледообразовании. В Среднем Каспии глубина конвекции достигает 200 м, в южном Каспии - 80-100 м (Косарев А.Н., 1975).

Наибольшая протяженность моря с севера на юг составляет 1030 км, с востока на запад – 435 км. В связи с этим в северной части моря сезонные колебания температуры воды выражены более резко, чем в южной части. Температура воды на поверхности моря летом достигает 24-27°C, зимой колеблется от 0°C на севере до 11°C на юге. В суровые зимы акватория Северного Каспия почти полностью покрывается льдом, толщина которого колеблется от 25-30 до 60 см. Глубоководные районы Среднего и Южного Каспия всегда свободны ото льда. Летом верхние слои хорошо и примерно одинаково прогреты в центральных и южных районах моря. На горизонтах порядка 20-35 м температура резко понижается с глубиной, что свидетельствует о формировании здесь летнего термоклина. Под ним температура плавно убывает с глубиной. В мелководной северной части моря круглый год наблюдается гомотермия, при этом часто в северо-западной части моря прослеживается вертикальная стратификация вод по солености. Горизонтальная динамика вод моря характеризуется преобладанием центральной циклонической циркуляции, охватывающей практически всю акваторию моря, и образованием отдельных местных круговоротов. Интенсивность вертикальной циркуляции в основном определяется многолетними изменениями температуры и солености воды, которая зависит от объема речного стока. В годы ослабленной вертикальной циркуляции вод, например вследствие образования мощного пикноклина, концентрация кислорода в придонном слое глубоководных котловин может снижаться до нуля. В летнее время при гидрометеорологических условиях, способствующих вертикальной стратификации вод, гипоксия формируется также в придонном слое северо-западной части моря. Прозрачность воды в море обычно не более 15 м. Море бесприливное. Хорошо выражены сгонно-нагонные явления (до 2-3 м) и сейшеобразные колебания, амплитуда которых доходит до 35 см, а период от 8-10 минут до нескольких часов (Крицкий С.К., 1975).

На Каспийском море развита добыча нефти, а также рыболовство и судоходство. Ранее построенные порты (Астрахань – в 2010 г. работало 21 больших и малых портовых сооружений, 15 судостроительно-судоремонтных заводов; Махачкала, Баутино, Актау, Баку, Туркменбаши, Энзели) в настоящее время реконструируются и расширяются. Ведется или намечается строительство новых портов. С первой половины

прошлого века на Южном Каспии ведется морской нефтяной промысел. К началу XXI века наиболее изученными оказались южные и средние районы Каспия у берегов Азербайджана и Туркменистана. Здесь добыча нефти оценивается уровнем более 320 млн.т в год. По последним геологическим данным можно говорить о паритетном соотношении распределения месторождений углеводородов между Северным и Южным Каспием. Кроме сырьевых запасов Каспийский регион богат биологическими ресурсами. Здесь находятся крупнейшие в мире нерестилища осетровых (всего здесь обитает около 130 видов и разновидностей рыб) и редчайшие поля лотоса. В водно-болотистых районах Северного Каспия водится множество птиц (более 100 видов), таких как утки, лебеди, цапли, кулики, чайки и др. Единственное обитающее в море морское млекопитающее - эндемик каспийский тюлень.

Бассейн Каспийского моря и особенно территория по берегам р. Волги отличаются высокой степенью промышленного и сельскохозяйственного освоения. Западное побережье Каспийского моря освоено лучше, чем восточное. Здесь на южном берегу Апшеронского полуострова расположен крупнейший на Каспийском море порт и самый большой на Кавказе город Баку, с площадью 2130 км² и населением агломерации более 2,5 млн. жителей. В Российской Федерации расположено несколько городов с численностью населения от 100 до 600 тыс. человек: Астрахань (крупнейший город Северного Каспия, 475,6 тыс. жителей в 2020 г.) расположен на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км²; на Дагестанском побережье 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 – 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 Северный Каспий в основном с речным стоком Волги, из-за трансграничного переноса из северо-восточной части моря или с морскими водами из Среднего Каспия. Практически 90% общего объема загрязняющих веществ поступает в Каспийское море с речным стоком. Кроме речного пресноводного стока имеет значение также ветровой перенос частиц, атмосферные осадки, сброс воды из оросительных систем, судовые сбросы, эксплуатация и разведка морских нефтепромыслов, предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности, транспортировка нефти морским путем, коммунальные стоки прибрежных городов и поселков, сток вод с сельхозугодий, а также газовые и жидкие выделения со дна моря. В зависимости от объема

поступающих речных и морских вод их вклад в загрязнение северной части моря меняется.

1.3. Состояние вод на южной границе Северного Каспия

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

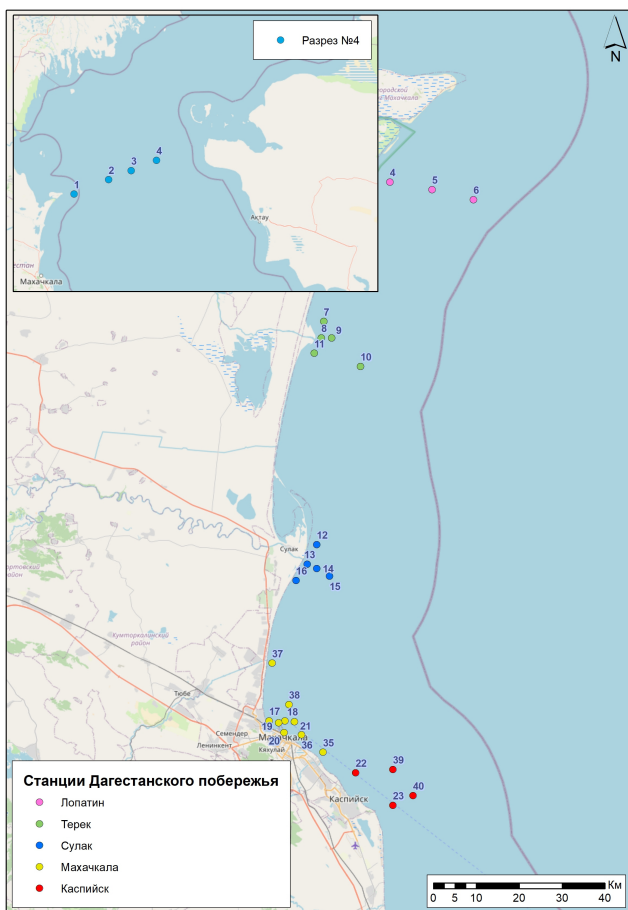


Рис. 1.1. Станции отбора проб морской воды на акватории Северного (врезка) и Среднего Каспия 10-13 декабря 2021 г.

Соленость вод на IV разрезе в декабре сильно зависела от удаленности станции от берега. Вблизи берега (глубина 13 м) она на поверхности и у дна составила 6,53-6,60‰. На второй точке (18 м) очень низкое значение на поверхности (6,29‰) уже в промежуточном слое на глубине 10 м возросло до 8,80‰ и достигло 10,00‰ у дна. На двух восточных станциях разреза влияние распреснения из-за волжского стока не прослеживалось, поскольку значения на всех горизонтах варьировали в узком диапазоне 9,90-10,10‰. Величина водородного показателя была в очень узких пределах 8,23-8,30, за исключением самых распресненных вод на поверхности у берега (рН=7,70). Как и в предыдущие годы, даже максимальная концентрация **фосфатов** на южной границе Северного Каспия была невелика и не превышала 0,32 ПДК (табл. 1.1). По сравнению с 2019 г. (в 2020 г. наблюдения на разрезе IV не проводились) средняя и максимальная концентрация фосфатов существенно не изменилась. То же относится к содержанию нитратов и нитритов; среднее и максимальное значения концентрации аммонийного азота соответствовали 0,77 ПДК и 0,87 ПДК. Зафиксированные в декабре значения биогенных элементов позволяют подтвердить отсутствие угрозы видимой эвтрофикации вод Северного Каспия. Тем ни менее, за последние два десятилетия средняя годовая концентрация аммонийного азота выросла втрое с 0,13-0,19 ПДК в 2000-2005 гг. до 0,69-0,77 ПДК в 2017-2021 гг. (рис. 1.2). Такой рост соответствует тренду 0,02 ПДК/год и статистически значим на уровне доверительной вероятности более 99%. Содержание растворенного **кислорода** оставалось благоприятным, даже его минимальное значение существенно превышало норматив (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Средние, минимальные и максимальные значения гидрохимических параметров вод на южной границе Северного Каспия 12 декабря 2021 г. Концентрация биогенных элементов в мкг/дм³.

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

Общий азот	349	308	382
Кремний	433	322	512

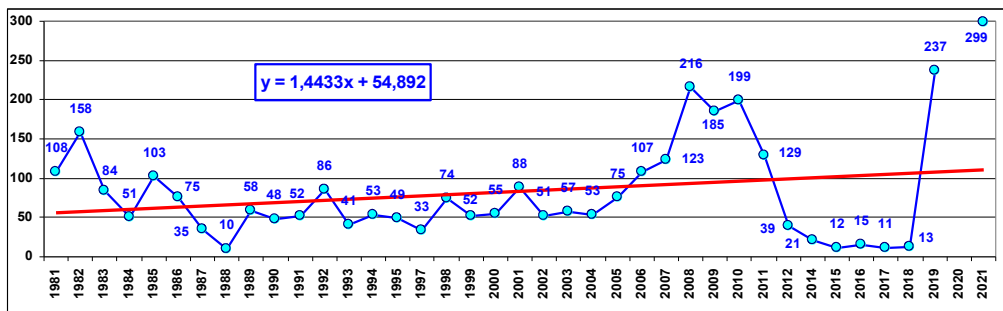


Рис. 1.2. Динамика средней годовой концентрации аммонийного азота (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981–2021 гг.

Среди загрязняющих веществ в 2021 г. наиболее приоритетными оставались **фенолы** со средней годовой концентрацией 2,18 ПДК и максимальной 3,00 ПДК (табл. 1.2). Какого-либо значимого тренда средней годовой концентрации фенолов начиная с 2003 г. не отмечается, хотя от года к году в этот период содержание фенолов изменялось в широких пределах от 1,12 ПДК в 2008 г. до 2,82 ПДК в 2006 и 2007 гг. (рис. 1.3).

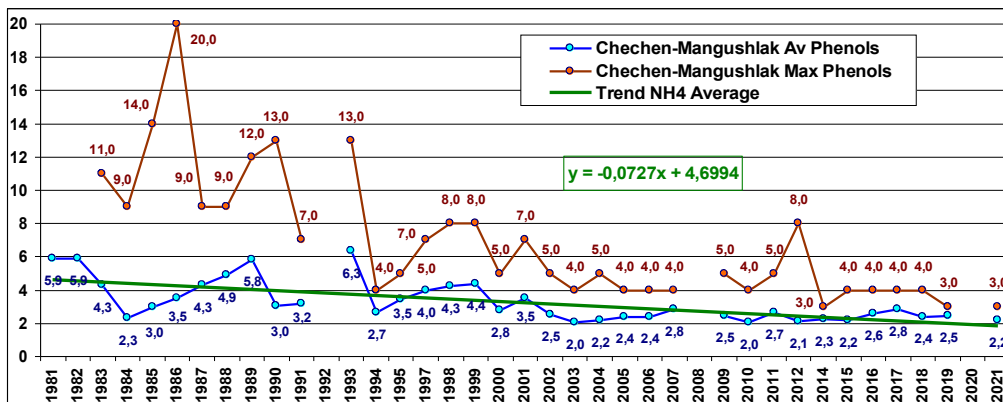


Рис. 1.3. Динамика максимальной и средней годовой концентрации фенолов (мкг/дм³) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 1981-2021 гг. Максимальные значения концентрации фенолов 54,0 и 29,0 мкг/дм³ в 1981-1982 гг. вынесены за поля графика.

Средняя концентрация нефтяных углеводородов (НУ) составила в 2021 г. 0,78 ПДК, а максимальная едва достигала 1,00 ПДК. Многолетняя динамика содержания НУ на границе Северного Каспия характеризуется интенсивным ростом средней годовой концентрации в 2000-2010 гг. В этот период статистически значимый многолетний линейный тренд

составлял 0,043 ПДК/год, после чего уровень содержания НУ в водах района стабилизировался на фоне межгодовых колебаний (рис. 1.4).

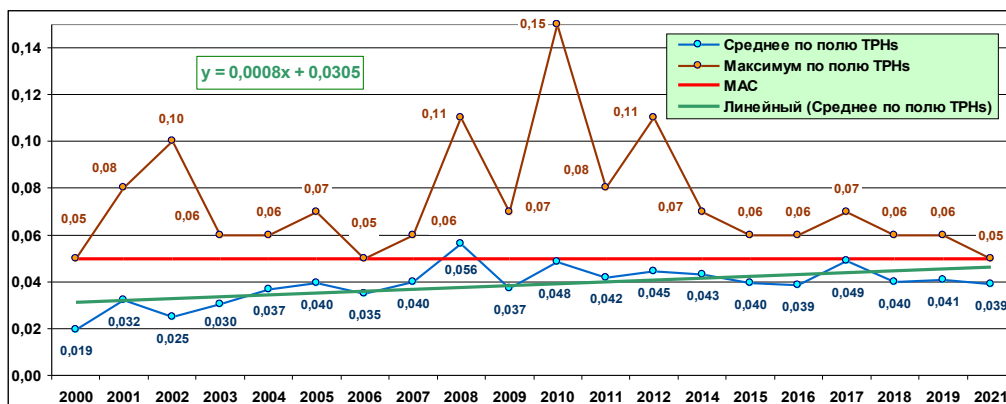


Рис. 1.4. Динамика максимальной и средней годовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) на южной границе Северного Каспия (разрез IV) в 2000–2021 гг.

Комплексная оценка уровня загрязнения на станциях векового разреза IV на южной границе Северного Каспия в 2021 г. существенно не изменилась по сравнению с 2019 г. (в 2020 г. наблюдения не проводились): индекс ИЗВ составил 1,10, что соответствует умеренно загрязненным водам (табл. 1.3). Многолетняя динамика ИЗВ (рис. 1.5) за период 2000-2021 гг. свидетельствует об отсутствии какой-либо выраженной тенденции изменения качества вод в рассматриваемом районе. Практически во все годы ИЗВ находился в диапазоне значений умеренно-загрязненных вод (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.

Таблица 1.2. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах на южной границе Северного Каспия в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Разрез IV 4 ст., 11 проб	НУ	0,041	0,82	-	-	0,039	0,78
		0,06	1,20	-	-	0,05	1,00
	Фенолы	2,4	2,40	-	-	2,18	2,18
		3,0	3,00	-	-	3,0	3,00
	Азот аммонийный	237	0,61	-	-	299	0,77
		284	0,73	-	-	338	0,87

	Азот нитритный	1,7	0,07	-	-	1,73	0,07
		2,0	0,08	-	-	2,00	0,08
	Фосфаты	11,8	0,24	-	-	13,6	0,27
		15,3	0,31	-	-	15,9	0,32
	Кислород	10,22		-	-	9,30	
		9,16		-	-	8,17	

Примечания:

1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, фосфатов, аммонийного и нитритного азота – в мкг/дм³.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней – максимальное (для кислорода минимальное) значение.
3. Для распресненных вод Северного Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.

Таблица 1.3. Оценка качества морских вод Северного Каспия по ИЗВ в 2019-2021 гг.

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

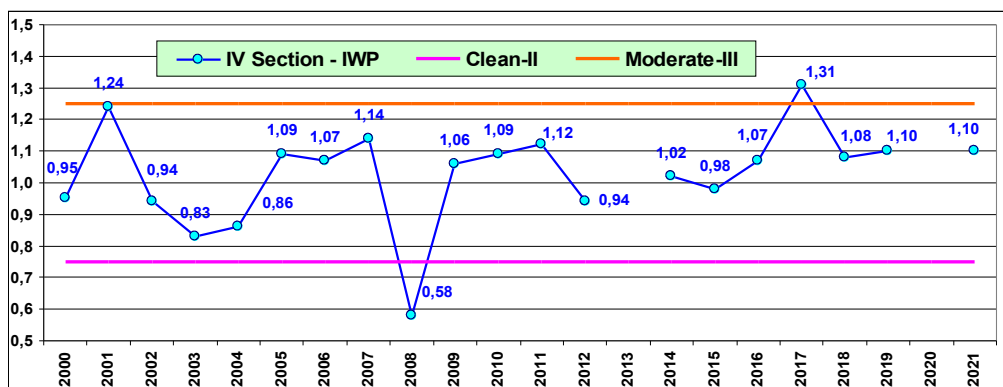


Рис. 1.5. Многолетняя динамика ИЗВ в водах станций IV разреза на южной границе Северного Каспия в период 2000-2021 гг.

1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за загрязнением морских вод Дагестанского взморья выполнялись только один раз в период 10-13 декабря 2021 г. на 26 станциях (рис. 1.1) в районах н.п. Лопатин (3 ст.), Махачкала (9 ст.), Каспийск (4 ст.) и на устьевых взморьях рек Терек (5 ст.) и Сулак (5 ст.). Наблюдения в районах Избербаша, Дербента и взморья р. Самур не проводились. Всего обработано 53 пробы воды с поверхностного и

промежуточного горизонтов. Станции расположены вблизи берега на мелководье, глубина на них варьирует от 3,3 до 21,0 м.

Как и предыдущие годы, средняя **соленость** прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг от 8,06‰ у Лопатина до 9,91‰ у Каспийска (табл. 1.4). По абсолютной величине соленость была заметно ниже значений 2020 г. Кислородный режим северной части Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя концентрация растворенного **кислорода** изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 9,53 мгО₂/дм³ у Лопатина до 9,31 мгО₂/дм³ у Каспийска. Вероятно это связано с тенденцией повышения температуры воды с севера на юг вдоль Дагестанского побережья.

Таблица 1.4. Среднее и максимальное значение гидрохимических параметров вод Дагестанского побережья в декабре 2021 г.

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

Примечание. Величина водородного показателя приведена в единицах pH, концентрация растворенного кислорода в мгО₂/дм³, биогенных веществ в мкг/дм³.

Средняя концентрация **фосфатов** крайне мало изменялась от 0,22 ПДК у п. Лопатин до 0,26 ПДК в районе г. Махачкала. Средние значения концентрации аммонийного **азота** составляли 0,6–0,8 ПДК, а максимальное значение не превысило 0,9 ПДК. Таким образом, угроза эвтрофикации вод на Дагестанском шельфе по-прежнему отсутствовала. Средние значения нитритного азота изменялись в исследованных прибрежных районах Дагестана в узком диапазоне 1,79–1,91 мкг/дм³, что составляло менее 0,1 ПДК. Содержание нитратного азота постепенно возрастало с севера на юг от 12,4 мкг/дм³ у Лопатина до 15,8 мкг/дм³. Сравнение значений гидрохимических параметров с предыдущими годами представляется нецелесообразным, поскольку они испытывают заметный годовой ход. А в 2021 г. наблюдения проводились только один раз в год в зимний период.

Приоритетным загрязняющим веществом в водах Дагестанского побережья оставались **фенолы**. Их средняя концентрация изменялась от

2,20 ПДК у Каспийска до 3,29 ПДК у Махачкалы, максимальные значения не превышали 4,0 ПДК (табл. 1.5). Каких-либо систематических тенденций в многолетней динамике фенолов по-прежнему не проявлялось (рис. 1.6).

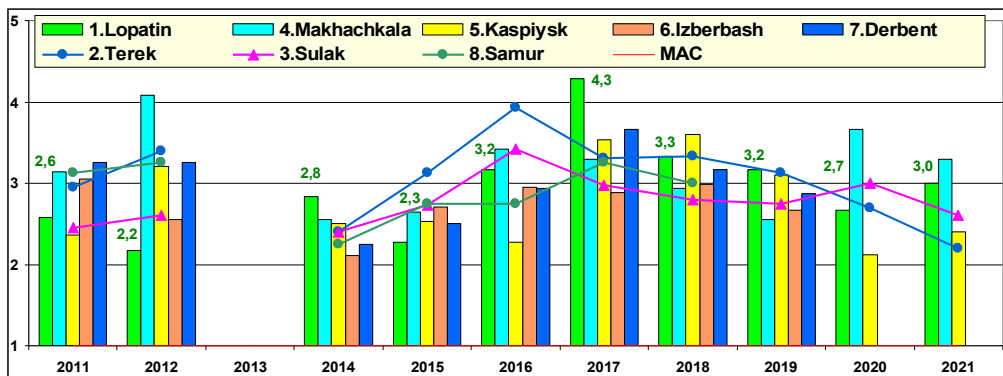


Рис. 1.6. Динамика средней концентрации фенолов (мкг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2011-2021 гг.

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

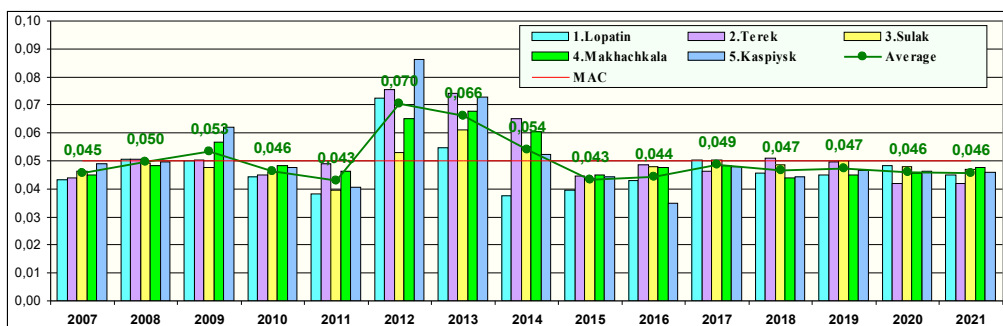


Рис. 1.7. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2007-2021 гг.

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

Таблица 1.5. Пространственная изменчивость средней концентрации приоритетных загрязняющих веществ (в ПДК) в водах Дагестанского взморья в декабре 2021 г.

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

Наблюдения за содержанием меди возобновились в трех районах Дагестанского шельфа (Лопатин, взморья рек Терек и Сулак) в 2018 г. В 2021 г. содержание меди в этих трех районах было практически одинаковым (0,72-0,75 ПДК). По сравнению с 2018 г. оно выросло в полтора-два раза (табл. 1.9). Содержание меди на Дагестанском шельфе и в Северном Каспии в 2020 г. (в 2021 г. наблюдения в Северном Каспии не проводились) было приблизительно одинаковым. В предыдущие два года концентрация меди на Дагестанском шельфе была примерно вдвое меньше.

Таблица 1.9. Многолетняя динамика концентрация меди (в ПДК) в водах Северного Каспия и Дагестанского шельфа в 2018-2021 гг.

Год	Районы				
	Лопатин	Терек	Сулак	Центр Северного Каспия (разрез III)	Запад Северного Каспия (разрез IIIa)
2018	0,52	0,44	0,30	1,18	0,80
2019	0,51	0,39	0,70	1,10	0,86
2020	0,74	0,77	0,73	0,62	0,76
2021	0,72	0,75	0,72	-	-

Таблица 1.7. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих и биогенных веществ в водах Дагестанского побережья в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Лопатин 3 ст., 6 проб	НУ	0,045	0,90	0,048	0,96	0,045	0,90
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,05	1,00
	Фенолы	3,17	3,17	2,67	2,67	3,00	3,00
		5,00	5,00	3,00	3,00	4,00	4,00
	СПАВ	2,89	0,03	16,0	0,16	12	0,12
		4,0	0,04	19,0	0,19	69	0,69
Cu	2,57	0,51	3,7	0,74	3,6	0,72	

	Zn	2,9	0,59	4,9	0,98	4,7	0,94	
		1,23	0,02	3,0	0,06	3,0	0,06	
		1,5	0,03	3,8	0,07	3,7	0,07	
	Азот аммонийный	277	0,71	99	0,25	231,7	0,59	
		374	0,96	111	0,29	265	0,68	
	Азот нитритный	1,66	0,07	1,43	0,06	1,79	0,07	
		2,3	0,10	1,66	0,07	2,31	0,10	
	Фосфор фосфатный	14,22	0,28	6,2	0,12	10,9	0,21	
		24,2	0,48	7,8	0,15	18,1	0,36	
	Кислород	8,87		9,31		9,53		
7,31			8,87		8,54			
Взморье р. Терек 5 ст., 10 проб	НУ	0,049	0,98	0,042	0,84	0,042	0,84	
		0,07	1,40	0,06	1,20	0,06	1,20	
	Фенолы	3,13	3,13	2,70	2,70	2,20	2,20	
		5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
	СПАВ	3,13	0,03	19	0,19	19	0,19	
		5	0,05	23	0,23	23	0,23	
	Cu	1,967	0,39	3,85	0,77	3,75	0,75	
		2,6	0,52	4,8	0,96	4,7	0,94	
	Zn	1,617	0,03	5,8	0,11	5,65	-	
		1,9	0,04	6,0	0,12	5,9	-	
	Азот аммонийный	274,32	0,70	114,96	0,30	294,5	0,76	
		376	0,97	148	0,38	335	0,86	
	Азот нитритный	1,63	0,07	1,41	0,06	1,55	0,07	
		2,21	0,09	1,58	0,07	2,00	0,08	
	Фосфор фосфатный	14,30	0,29	7,6	0,15	13,2	0,26	
		24,0	0,48	8,8	0,17	16,2	0,32	
	Кислород	8,93		9,34		9,44		
		7,53		8,87		8,95		
	Взморье р. Сулак 5 ст., 10 проб	НУ	0,049	0,98	0,048	0,96	0,035	0,70
			0,06	1,20	0,06	1,20	0,044	0,88
Фенолы		2,70	2,70	3,00	3,00	2,60	2,60	
		4,00	4,00	4,00	4,00	3,00	3,00	
СПАВ		2,4	0,02	35	0,35	35	0,35	
		5,0	0,05	44	0,44	44	0,44	
Cu		3,50	0,70	3,67	0,73	3,59	0,72	
		4,20	0,84	4,80	0,96	4,7	0,94	
Zn		1,43	0,03	3,96	0,72	-	-	
		1,70	0,03	5,3	0,16	-	-	
Азот аммонийный		261	0,67	122,78	0,31	277,2	0,63	
		388	1,00	146,2	0,38	339	0,87	
Азот нитритный		1,75	0,07	1,41	0,06	1,63	0,06	
		2,20	0,09	1,58	0,07	2,18	0,09	
Фосфор фосфатный		15,6	0,31	9,41	0,19	13,1	0,26	
		28,2	0,56	10,3	0,21	14,9	0,29	
Кислород		9,01		9,34		9,50		
		7,48		8,87		8,94		

Махачкала 9 ст., 17 проб	НУ	0,045	0,90	0,046	0,92	0,048	0,96
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	2,9	2,90	3,66	3,66	3,29	3,29
		5,0	5,00	5,0	5,00	4,00	4,00
	СПАВ	3,7	0,04	32	0,38	-	-
		9,0	0,09	38	0,38	-	-
	Азот аммонийный	281	0,72	131,8	0,34	304,6	0,78
		348	0,89	161	0,41	350	0,90
	Азот нитритный	1,79	0,08	1,77	0,07	1,91	0,08
		2,21	0,09	2,20	0,09	2,16	0,09
	Фосфор фосфатный	9,59	0,19	9,5	0,19	12,6	0,25
		17,5	0,35	10,6	0,21	16,5	0,33
	Кислород	8,72		10,09		9,37	
		7,37		9,49		8,85	
Каспийск 4 ст., 10 проб	НУ	0,047	0,94	0,046	0,92	0,046	0,92
		0,06	1,20	0,06	1,20	0,06	1,20
	Фенолы	3,1	3,10	2,1	2,10	2,40	2,40
		4,0	4,00	3,0	3,00	4,00	4,00
	СПАВ	6,2	0,06	31	0,31	30	0,30
		10,0	0,10	37	0,37	37	0,37
	Азот аммонийный	320	0,82	182	0,47	311,2	0,80
		401	1,03	222	0,57	343	0,88
	Азот нитритный	1,64	0,07	1,80	0,08	1,83	0,08
		2,19	0,09	2,09	0,09	2,15	0,09
	Фосфор фосфатный	10,3	0,21	9,3	0,19	11,6	0,23
		13,8	0,28	10,7	0,21	14,4	0,29
	Кислород	8,57		10,28		9,31	
		7,20		9,99		8,83	

Примечания:

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

По комплексному показателю загрязнения морские воды в районах Лопатина и Махачкалы характеризовались в декабре 2021 г. как загрязненные (ИЗВ 1,35 и 1,42, соответственно), а в районах взморья реки Терека, а также Сулака и Каспийска – как умеренно загрязненные (ИЗВ 1,11-1,19, табл. 1.8). Анализ многолетней динамики качества вод по индексу ИЗВ начиная с 2016/2017 гг. показывает общую тенденцию к понижению ИЗВ в водах Дагестанского побережья (рис. 1.8). В разных

районах скорость такого понижения отличается. На этом фоне тенденции изменения ИЗВ за последние три года оказались разнонаправленными – в районах на взморьях рек Терек и Сулак отмечалось уменьшение ИЗВ, а в районе Махачкалы его увеличение (табл. 1.8). В районах Лопатина и Каспийска систематических изменений ИЗВ за последние три года не прослеживается. Как пространственные, так и межгодовые изменения ИЗВ были вызваны преимущественно изменчивостью концентрации фенолов.

Таблица 1.8. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2019-2021 гг.

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

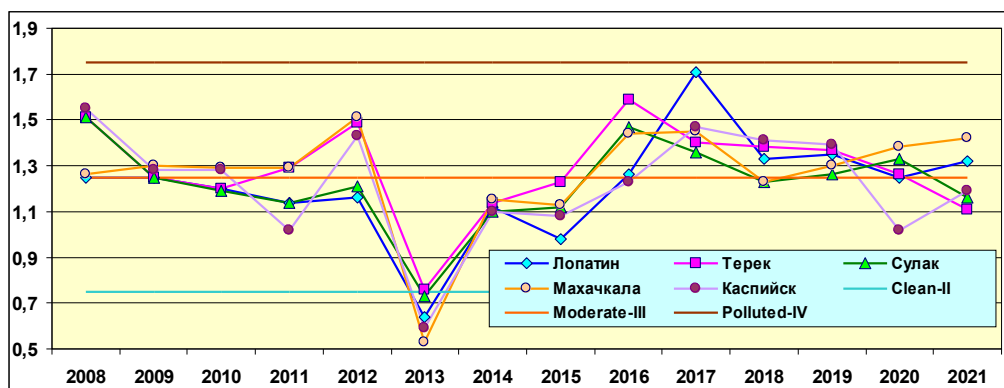


Рис. 1.8. Динамика ИЗВ на Дагестанском взморье 2008-2021 гг.

Выводы

В течение 2021 г. в связи с плановым ремонтом экспедиционного судна мониторинг загрязнения Северного Каспия проводился только один раз в начале декабря и только на южной границе мелководья на станциях IV разреза. Приоритетными загрязняющими веществами вод района оставались фенолы, нефтяные углеводороды и аммонийный азот. Угроза эвтрофикации вод в настоящее время отсутствует, но выявлена статистически значимая тенденция к росту содержания в воде

аммонийного азота, концентрация которого пока не достигала ПДК. Содержание растворенного кислорода сохранялось на уровне существенно выше норматива. Состояние вод по сравнению с 2019 г. и более ранними годами (в 2020 г. наблюдения на разрезе IV не проводились) существенно не изменилось – ИЗВ составил 1,10, что соответствует умеренно загрязненным водам. Многолетняя динамика ИЗВ за период 2000-2021 гг. свидетельствует об отсутствии какой-либо выраженной тенденции изменения качества вод в этом районе.

На Дагестанском взморье главным приоритетным загрязнителем оставались фенолы, их средняя концентрация достигала 3,29 ПДК у Махачкалы. Средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах 1 ПДК, причем концентрация аммонийного азота увеличилась вдвое по сравнению с предыдущим годом. По уровню ИЗВ морские воды характеризовались как загрязненные в районах Лопатина и Махачкалы, и как умеренно загрязненные на взморье Терека, Сулака и Каспийска. Начиная с 2016–2017 гг. в целом в водах Дагестанского побережья отмечается общая тенденция к понижению ИЗВ, причем в разных районах скорость такого понижения различная. При этом в прибрежье Махачкалы индекс немного увеличился.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

Крутов А.Н., Хорошенькая Е.А., Сулименко Е.А., Дербичева Т.И., Кобец С.В.,
Мезенцева И.В.

2.1. Общая характеристика

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

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

В западной части моря песчано-ракушечная пересыпь Арабатская стрелка отделяет море от мелководного осолоненного залива Сиваш. Залив представляет собой ряд мелководных соленых водоемов, существенно различающихся между собой по гидрологическому и гидрохимическому режимам, разделенных большим числом островов и засух. Обычно его принято разделять на два больших района – Западный Сиваш и Восточный Сиваш – общей площадью 1110 и 1433 км² соответственно. Площадь непосредственно водного зеркала залива Сиваш составляет примерно 89-91%, а остальная площадь приходится на острова и засухи. Водообмен Азовского моря с заливом Сиваш играет незначительную роль в водном балансе моря и осуществляется через пролив Генический. Пролив в настоящее время состоит из двух рукавов – Тонкий и Промоина (Арабатский). Основной водообмен залива Сиваш с Азовским морем осуществляется через пролив 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 м^2 . За многолетний период приток азовских вод в Сиваш составил $1,22 \text{ км}^3/\text{год}$ (60% от всего объема вод залива), а отток сивашских вод в Азовское море – $0,41 \text{ км}^3/\text{год}$ (25%). Через пролив Проминоа (Арабатский) водообмен Сиваша с Азовским морем долгое время отсутствовал или осуществлялся в очень ограниченном объеме, но в настоящее время существует постоянный водообмен. Ширина пролива сейчас составляет в среднем 100-120 м. В районе впадения в Азовское море пролив расширяется до 170 м и очень мелководен, здесь расположен ряд мелких островков и отмелей (Ильин, 2009, Дьяков 2015, Семенова, 1962, 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 (банка 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, протоков и плавней. На северо-востоке моря берега обрывистые, с редкими песчаными косами. Крымское побережье Азовского моря характеризуется сильной изрезанностью береговой линии; здесь сложенные мшанковыми известняками мысы чередуются с крупными заливами и небольшими бухтами.

В Азовское море впадают две большие реки Дон и Кубань, поставляющие в море 95% суммарного речного стока, и 20 небольших речек в северной части моря - Берда, Кальмиус, Миус, Ея, Обиточная, Молочная и др. Средний годовой сток реки Дон составляет $23,7 \text{ км}^3$, Кубани - $11,8 \text{ км}^3$, малых рек северного Приазовья - $2,1 \text{ км}^3$. 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 многорукавные дельты площадью 540 км² и 4300 км² соответственно. В приморской части дельты Кубани по берегам двух основных рукавов (Петрушина и Протоки) расположены 240 лиманов общей площадью 1250 км². Морская граница устьевой области реки расположена на расстоянии 3-4 км от морского края дельты, а общая площадь устьевого взморья р. Кубани – 110 км². Протяженность устьевой области Дона составляет примерно 300 км, из которых 140 км приходится на Таганрогский залив. Средняя ширина Таганрогского залива составляет 37 км, ширина в самой узкой и широкой части соответственно 26 и 52 км, средняя глубина залива около 5 м, площадь 5240 км², объем вод 24,6 км³. Протяженность морской дельты около 55 км. Водообмен Таганрогского залива и собственно Азовского моря осуществляется через Должанский пролив, расположенный между косами Долгая и Белосарайская. Должанский пролив относится к поперечным двумерным проливам, его ширина составляет 30 км при средней глубине – 6,6 м, а площадь поперечного сечения – 0,191 км² (Азовское море, 1962, 1991, Симов, 1989).

Водообмен Азовского моря с Черным осуществляется через Керченский пролив. Географические границы пролива располагаются по линиям со стороны Азовского моря – между мысами Хрони и Ахиллеон, со стороны Черного моря – между мысом Такиль и мысом Панагия. В этих границах длина пролива составляет 43 км, общая площадь пролива – 805 км², а объем воды в проливе – 4,56 км³. Наибольшие глубины в проливе наблюдаются в южной его части (средняя глубина – 9,4 м, максимальная – 17,0 м); в середине пролива расположена область небольших глубин (в среднем глубина между мысами Камыш-бурун и Еникале составляет 3,5 м при максимальных значениях 7,4 м). В северном, примыкающем к Азовскому морю районе пролива, средняя глубина составляет 6,7 м, максимальная глубина – 10,5 м. Для западного побережья Керченского пролива характерны возвышенные и обрывистые приглубые берега. Берег относительно мало изрезан, в него вдаются Керченская и Камыш-Бурунская бухты. Восточный берег Керченского пролива невысокий и малоизрезанный, в него 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^oC на севере-востоке моря до 11,3^oC – 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^oC (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 различия 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 между поверхностью и дном, достигающая 3-7‰ и в среднем 1-2‰, отмечается во фронтальных зонах Таганрогского и Темрюкского заливов, а также в предпроливном Керченском районе. Воды Азовского моря имеют слабо выраженную температурную стратификацию. В период выхолаживания (январь-март) вертикальные

температурные градиенты практически отсутствуют. С мая по сентябрь формируется устойчивая температурная стратификация. Наибольшие вертикальные градиенты 0,14–0,16°C/м отмечаются в мае-июне вблизи Керченского пролива (Ильин, 2009).

Общий циклонический характер циркуляции вод Азовского моря обусловлен главным образом ветром. Большая изменчивость направления и скорости течений также зависит от ветра, который вызывает чисто дрейфовые течения во всей толще мелкого Азовского моря и создает повышение уровня у берегов. Циркуляция вод характеризуется достаточно выраженными вихревыми образованиями, обусловленными морфометрическими особенностями бассейна. Их положение, конфигурация и количество определяются генеральным направлением ветра. Вдоль границ, разделяющих основные круговороты, происходит усиление интегральной циркуляции. Здесь формируются узкие интенсивные полосы, в которых интегральные потоки массы направлены против ветра, что является следствием компенсационных противотечений в нижних слоях моря. В предустьевых районах Дона и Кубани прослеживаются стоковые течения (Ильин, 2009).

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

Азовское море бесприливное, но хорошо выражены непериодические 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 Геничеськ (412 см), Ейск (438 см) и Таганрог. В северо-восточной части Таганрогского залива, где существенное влияние оказывает сток реки Дон, амплитуда сгонно-нагонных колебаний максимальна и достигает 609 см. (Ильин, 2009).

Особенностью ледового режима Азовского моря является ежегодное образование льда на его акватории даже в относительно мягкие зимы. Внутриконтинентальное географическое положение моря в южной части умеренного пояса, изолированность от Мирового океана, мелководность моря, низкая соленость его вод, изрезанность и орография берегов определяют ледовые условия моря. В мягкие зимы лед образуется

преимущественно в северной части моря и в Таганрогском заливе. Здесь наблюдается большое разнообразие форм плавучего льда, а также неоднократное появление и исчезновение льда в течение сезона. Быстрая и частая смена зимней погоды влечет за собой крайнюю неустойчивость ледовых условий, а лед может превращаться из неподвижного в дрейфующий и обратно. Наиболее сложные ледовые условия на Азовском море отмечены с конца января до середины марта в суровые и умеренные зимы, особенно в западных, юго-западных районах моря и у входа в Керченский пролив, где обычны поля сильно торосистого льда. Максимального развития и наибольшей толщины (20-60 см в средние зимы и 80-90 см в суровые) лед достигает в феврале. По средним многолетним данным льды занимают 29% общей площади моря. Разрушение припая в такие зимы затягивается и, как правило, происходит в третьей декаде марта. Последней очищается западная часть моря в конце апреля – начале мая (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Дьяков, 2016, Боровская, 2008).

2.2. Устьевая область реки Дон и Таганрогский залив

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

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

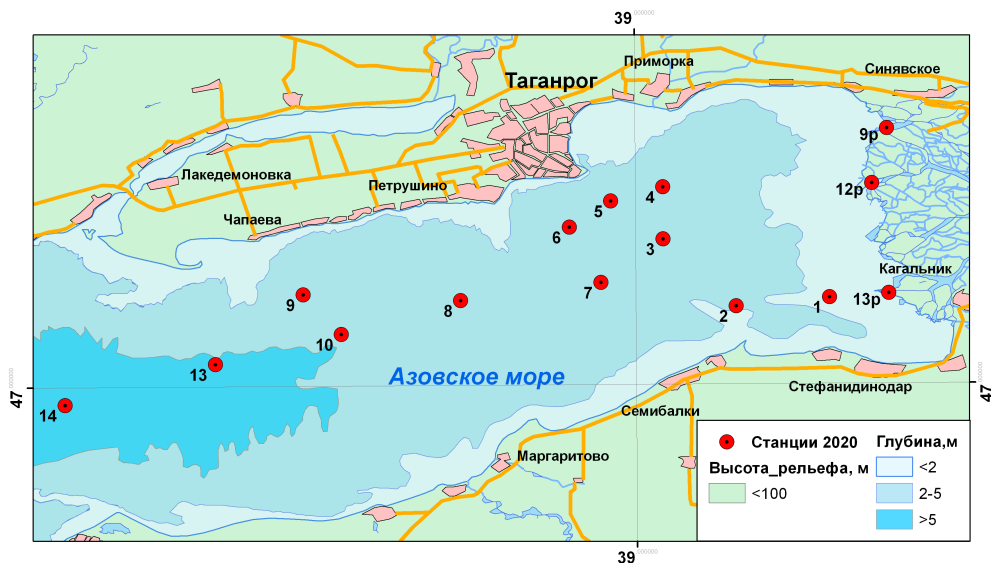


Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2021 г.

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

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

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

Во всех трех водотоках в дельте Дона приоритетным загрязнителем оставались **нефтяные углеводороды**. В двух рукавах дельты средняя концентрация составила 1,1 ПДК, а в устье рукава Мертвый Донец почти в 2 раза выше – 2,1 ПДК. Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (3,2 ПДК) отмечено в конце мая в поверхностном слое протоки Мертвый Донец

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах устьевых протоков реки Дон остается повышенной. В 2021 г. среднегодовая концентрация в устье рукавов Переволока, Песчаный, и Мертвый Донец составила 0,05; 0,06 и 0,105 мг/дм³ соответственно (1,0-2,1 ПДК), а максимальные

величины достигали 0,14; 0,16 и 0,29 мг/дм³ (табл. 2.1). В 16 из 24 проанализированных пробах концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в октябре и мае в обоих слоях протоки Мертвый Донец (3,2-5,8 ПДК). В течение всего периода наблюдений уровень загрязнения устьевой области р. Дон остается стабильно высоким и за исключением 5 лет (2000, 2009, 2010, 2012 и 2013 гг.) среднегодовая концентрация постоянно превышает ПДК (рис. 2.3). Причем, в последние годы наблюдается стабильная тенденция повышения уровня загрязнения.

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

В устьях рукавов дельты Дона растворенная **ртуть** была обнаружена в 11 из 12 обработанных проб, причем в 9 пробах содержание ртути превышало ПДК, а средняя концентрация составила 0,017 мкг/дм³. Максимальное превышение (2,8 ПДК) было зафиксировано в рукаве Мертвый Донец на поверхности в конце мая. Содержание СПАВ было ниже аналитического нуля в 20 из 24 отобранных в дельте р. Дон проб; средняя составила 2,3, а максимальная 19,8 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

Биогенные элементы. В 2021 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась в диапазоне 50-322 мкгN/дм³; среднегодовая составила 158 мкгN/дм³ (рис. 2.4). Максимум (0,40 ПДК) отмечен в пробе, отобранной у дна в рукаве Песчаный в конце октября. За весь период наблюдений с начала 1990-х до начала 2000-х годов наблюдалась стабильная тенденция снижения концентрации ионов аммония в водах дельты, потом наступила некоторая стабилизация на уровне около 55 мг/дм³, а значительное увеличение зафиксировано лишь в 2020 г.

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

Содержание нитритов в 24 отобранных пробах было в пределах 9,6-59,9 мкгN/дм³, средняя 39,8 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный в конце мая в пробе, отобранной у дна. В последние 10 лет среднегодовая концентрация нитритов в водах устьевой области р. Дон была стабильной и редко превышала ПДК, а максимальная стабильно превышала ПДК в несколько раз. Например, в 2003 г. максимум составил 390 мкгN/дм³, а в 2001 г. – 197 мкгN/дм³. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в диапазоне 1,4-34 мкгN/дм³; средняя составила 11,2 мкгN/дм³, а в рукавах – 30,2-235,2 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный у дна в конце мая. С начала 2000-х годов складывается положительная тенденция снижения концентрации нитратов в водах дельты р. Дон. Концентрация фосфатов в рукавах в 2021 г. изменялась в пределах 9,9-185,5 мкгP/дм³; максимальное

значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в конце мая в пробе, отобранной у поверхности; среднегодовая концентрация составила 102,7 мкгР/дм³ (2,05 ПДК). Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась в узком диапазоне около 80 мкгР/дм³, а максимальные величины были близки к уровню 250 мкгР/дм³. Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона изменялась в диапазоне 19,6-192,1 мкгР/дм³ (у поверхности в устье рукава Переволока в конце июля). Среднегодовая составила 124,8 мкгР/дм³, что на 20% больше прошлогодней (91,8 мкгР/дм³). В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 4032 мкг/дм³; минимальная - 416 мкг/дм³ (конец октября у дна в протоке Мертвый Донец); максимальная - 9017 мкг/дм³ была зафиксирована в конце мая в устье рукава Переволока в придонном слое.

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

В 2021 г. качество воды в устьевых протоках реки Дон ухудшилось по сравнению с предыдущими годами. Численное значение индекса загрязненности вод (1,74) несколько увеличилось по сравнению с прошлым годом (1), но качество воды по этому показателю осталось прежним и отнесено к классу загрязненные. Общая тенденция ухудшения качества воды сохранилась (табл. 2.2).

Таганрогский залив. В 2021 г. температура вод залива в период наблюдений с мая по октябрь изменялась в пределах 5,1–31,8°С. Соленость залива, вследствие его мелководности, в значительной степени зависит от объема речного стока и в 2021 г. изменялась в очень широком диапазоне 0,49-11,23‰, составив в среднем 5,36‰. Значения меньше 1‰ фиксировались только на станциях №1 и 2, что очевидно связано со значительным влиянием пресного речного стока Дона. В западной части залива соленость больше 6‰ была зафиксирована на всех станциях как на поверхности, так и у дна. Повышенная соленость в Таганрогском заливе вероятно связана с вторжением более соленых морских вод при юго-западных и западных ветрах. Хлорность в водах залива изменялась в

диапазоне 0,135-6,140‰ при средней за год 2,894‰; щелочность варьировала в широких пределах от 2,362 до 4,274 мг-экв/дм³ и в среднем за год составила 3,302 мг-экв/дм³; значения рН были в диапазоне 7,77–9,04, среднее (8,70) очень близкое к прошлогоднему.

Нефтяные углеводороды. Концентрация нефтяных углеводородов, которые традиционно являются одними из главных загрязнителей вод Таганрогского залива, варьировала от предела определения применяемым методом (0,02 мг/дм³) до 0,24 мг/дм³ (4,80 ПДК); средняя составила 1,2 ПДК, что несколько ниже прошлогоднего значения (1,60) и близко к среднему за последние 5 лет (рис. 2.3, рис. 2.5). Повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 62%, что ниже уровня предыдущих лет – 67%, 62% и 53%. Среднегодовая концентрация НУ с 1993 г. по 2003 г. составила 0,065 мг/дм³, увеличившись с 2003 г. по 2007 г. до 0,143 мг/дм³, а далее демонстрирует стабильный рост.

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

Биогенные элементы. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 428 мкгN/дм³, что в 1,84 раза больше прошлогодней (232 мкгN/дм³); а средняя по всем отобраным пробам составила 72 мкгN/дм³, что несколько меньше прошлогодней (83 мкгN/дм³), что подтверждает отмеченную ранее общую тенденцию снижения среднегодовой концентрации соединений азота в водах залива. Содержание нитритов в заливе изменялась в пределах, близких к прошлогоднему: 1,4-34,0 мкгN/дм³. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 11,15 мкгN/дм³, что более чем в 3 раза меньше среднегодового уровня в устьевых протоках Дона (рис. 2.6).

Рис. 2.6. Динамика средней и максимальной концентрации нитритного азота (мкг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993-2021 гг.

В восточной части Таганрогского залива концентрация нитратов изменялась в пределах 10,0-159,7 мкгN/дм³. Максимальное значение зафиксировано 11 ноября на ст.№2 на поверхности. Средняя концентрация нитратов по всем отобраным пробам составила 29,4 мкгN/дм³ и оказалась практически равной прошлогодней (29,8 мкгN/дм³). В водах залива концентрация фосфора фосфатов изменялась

от предела обнаружения применяемым методом (10 мкгР/дм³) до 50,4 мкгР/дм³, что существенно ниже прошлогоднего диапазона. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 9,69 мкгР/дм³ (0,19 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось от 8,9 мкгР/дм³ до 316,4 мкгР/дм³, составив в среднем 44,2 мкгР/дм³, что на 15% меньше, чем в прошлом году. Максимальная концентрация зафиксирована в конце апреля у поверхности на станции №14. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива изменялась в пределах 201-3019 мкг/дм³, средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 1703 мкг/дм³, что почти в 2 раза меньше прошлогодней величины (3029 мкг/дм³).

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в широком диапазоне 0,55-13,53 мгО₂/дм³, в среднем 8,31 мгО₂/дм³. Минимальное значение было зафиксировано 12 июля на самой западной станции №10 на глубине 4,6 м. Минимальное значение насыщения воды кислородом составило 7%. Столь низкой концентрации растворенного кислорода не было зафиксировано ни на одной станции за все время наблюдений. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод: нефтяные углеводороды, ртуть и нитритам. В целом по индексу ИЗВ воды Таганрогского залива (1,20) в 2021 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл.2.2).

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

Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,153	3,06	0,099	1,98	0,072	1,44
	0,36	7,20	0,35	7,00	0,29	5,80
СПАВ	7,5	0,08	6,7	0,07	2,3	19,8
	34	0,34	20,8	0,21	0,02	0,20
Ртуть	0,0194	1,94	0,024	2,40	0,0173	1,73
	0,034	3,40	0,042	4,20	0,028	2,80
Азот аммонийный	417	1,07	102	0,26	158	0,40
	665	1,71	265	0,68	322	0,81
Нитриты	30,6	1,28	31,1	1,30	39,8	1,56
	84,2	3,51	63,1	2,63	59,9	2,50
Фосфаты	93,6	1,87	78,1	1,56	102,7	2,05
	156,0	3,12	159,5	3,19	185,5	3,71
Растворенный кислород	6,01		8,44		8,02	
	4,66	0,78	5,60	0,93	4,31	0,72
% насыщения			89,5		88	
			70		53	

Таганрогский залив						
НУ	0,08	1,60	0,10	2,00	0,06	1,20
	0,32	6,40	0,28	5,60	0,24	4,80
СПАВ	18	0,18	4,6	<0,10	14,3	0,14
	35	0,35	21	0,21	38,8	0,39
Ртуть	0,015	1,50	0,015	1,50	0,0195	1,95
	0,034	3,40	0,024	2,40	0,029	2,90
Азот аммонийный	269	0,69	83,4	0,21	71,6	0,18
	578	1,48	232	0,60	428	1,07
Нитриты	15,9	0,66	13,8	0,58	11,15	0,46
	33,2	1,38	29,2	1,22	34,0	1,42
Фосфаты	18,5	0,37	14,5	0,29	11,7	0,23
	44,7	0,89	81,5	1,63	50,4	1,01
Растворенный кислород	9,76		9,01		8,31	
	6,54		2,83		0,55	
% насыщения			103		94	
			37			

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, общего фосфора и фосфатов, ртути - 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 в водах устьевой области р. Дон были использованы значения ПДК для пресных вод.

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

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	клас с	ИЗВ	клас с	ИЗВ	клас с	
Устье р. Дон	1,95	V	1,66	IV	1,95	V	
Таганрогский залив	1,25	III	1,25	III	1,25	III	

2.2.3. Загрязнение донных отложений

В устьевой области р. Дон с апреля по октябрь одновременно с отбором проб воды было отобрано 12 проб донных отложений. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от 110,0 мкг/г до 180,0 мг/г. Максимум отмечен в последней декаде мая в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 140,8 мкг/г (2,82 ДК).

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

Выводы

Качество воды мелководного Таганрогского залива в значительной степени зависит от объема и качества вод, поступающих в залив со стоком р. Дон. Это в первую очередь касается солености, биогенных элементов и силикатов. На качество воды в заливе кроме речного стока значительное влияние оказывает влияние порт и перевозки, осуществляемые судами. Влияние этих факторов, в первую очередь, фиксируется повышенным содержанием нефтяных углеводородов. Кроме перечисленных факторов, оказывающих негативное влияние на качество воды в заливе, необходимо отметить в некоторых случаях понижение содержание растворенного кислорода, которое в определенной степени зависит от метеорологических условий и, в частности, силы и направления ветров, а также морфологии дна залива. Так, низкое содержание растворенного кислорода чаще отмечается в наиболее глубоких частях залива. Что касается загрязнения донных отложений, то они в значительной мере загрязнены нефтяными углеводородами и они требуют более тщательного и всестороннего изучения, в том числе на содержание ионов тяжелых металлов, в частности ртути.

2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань

В 2021 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой гидрометеорологической станцией Кубанская (ГМС «У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст.№1, глубина 5 м) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались ежедекадно. В Темрюкском заливе на устьевом взморье рукавов Кубань (ст.№2, 4, 10, 12, 15, 16, 18), Протока (ст.№29, 31), в устьевой области Кубани в гирлах лиманов (ст.№8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст.№5у, 6у) - всего на 17 станциях с глубинами 2-11 м; пробы отбирались один раз в месяц, в апреле, июне, августе и октябре (рис. 2.7). Всего в 2018 г. было отобрано и проанализировано 188 проб. Отбор проб воды в Темрюкском заливе проведен с моторной лодки «Беркут S-Jacket» из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся в Лаборатории мониторинга

загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) ГМС «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243) и новым утвержденным методикам: РД 52.10.736-745-2010; РД 52.10.772-2013, РД 52.10.779-2013 и РД 52.10.805-807.2013. В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24-95, 2005, 2006 и «Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеиздат, 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.

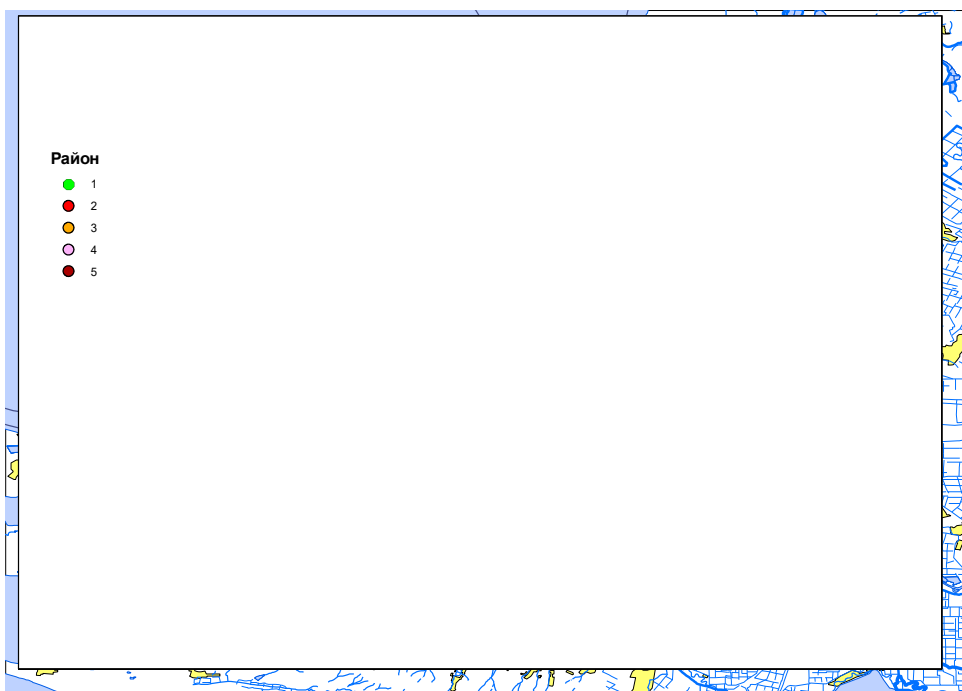


Рис. 2.7. Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2021 г. Районы: 1 - дельта Кубани; 2 - порт Темрюк; 3 - взморье Кубани; 4 - взморье Протоки; 5 - протоки лиманов.

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 двух станциях было отобрано 12 проб. Температура воды в рукаве Протока изменялась от 8,80°С в начале апреля до 27,60°С в начале августа, в Петрушином рукаве температура воды изменялась от 12,40°С в конце апреля и 12,20°С в середине октября до 27,20°С в конце августа. За период наблюдений с 1990 г. по 2008 г. наблюдался рост среднегодовой температуры. Она за этот период выросла с 17,98°С до 21,26°С. Начиная

с 2009 г. наблюдается тенденция снижения среднегодовой температуры. За 12 последних лет среднегодовая температура воды снизилась на 2,61°C. Соленость в устьях обоих рукавов Кубани изменялась в небольших пределах, что скорее всего связано со значительным влиянием речного стока. Так, в Петрушином рукаве в августе в придонном слое была зафиксирована максимальная соленость в 0,55‰, минимальная (0,25‰) была зафиксирована в Петрушином рукаве в апреле. В последние три десятилетия динамика среднегодовой солености вод всего района Темрюкского залива была разнонаправленной (рис. 2.8). Среднее значение хлорности в рукавах р. Кубань составило 0,06‰ при средней за период наблюдений 0,19‰. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод, изменялся в пределах 8,14-8,48 составив в среднем 8,33; щелочность изменялась в пределах от 2,045 до 2,656 мг-экв/дм³ составив в среднем 2,231 мг-экв/дм³.

Таблица 2.Х. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2021 г.

Район	T °С	Sal. ‰	O ₂ * мг/дм ³	O ₂ % *	p H	P O ₄	Po бщ	N O ₂	N O ₃	N H ₄	No б щ	Si
1. Низовья дельты реки Кубань (устьевая область) – район 1 (ст. 5у, бу)	18,7	0,32	8,79	93	8,33	26,7	43,3	14,4	90,9	19,8		1982
	27,2	0,55	6,23	79	8,14	48,9	72,9	43,9	15,49	30,2		2587
2. Порт Темрюк – район 2 (ст. 1)	12,6	13,02	9,82	98	8,25	12,2	24,8	15,3	12,6	19,4	83,0	788
	28,1	14,31	5,86	78	8,46	31,3	57,6	29,7	25,2	34,2	47,0	1262
3. Взморье реки Кубань – район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15,	18,6	11,99	9,08	104	8,22	3,1	17,1	8,2	15,0	16,3	68,1	969
	25,8	13,97	6,36	81	8,46	10,3	33,6	16,8	42,5	39,0	94,0	2631

16, 18)												
4, Взморье рукава Протока – район 4 (ст. 29,31)	18,9	12,0 8	9,3 9	108	8, 29	4, 0	17, 6	8, 0	19 5	16 6	65 0	9 46
	25,7	13,3 8	7,6 0	95	8, 44	7, 2	25, 0	12 ,3	37 9	32 1	86 0	1 3 52
5, Гирла лиманов – район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	18,1	3,39	8,6 2	92	8, 41	3, 8	20, 6	13 ,2	25 4	21 5		1 2 84
	29,0	7,11	5,9 7	77	8, 76	17 ,4	41, 1	52 ,5	98 0	43 0		2 2 49

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

В 12 отобранных пробах концентрация ионов аммония в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 89,1 до 302 мкг/дм³ (табл. 2.3). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока, также как и в Петрушином рукаве (230 мкг/дм³), в начале августа. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 194,75 мкг/дм³ (0,496 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 204,25 мкг/дм³(0,52ПДК). Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило 11,7 мкгN/дм³ (0,49 ПДК), а в рукаве Протока 19,70 мкгN/дм³ (0,83 ПДК); нитратов - 882 мкгN/дм³ (0,10 ПДК) и 963 мкгN/дм³ (0,11ПДК); фосфатов - 29,4 и 21,4 мкгP/дм³; общего фосфора 47,7 и 34,5 мкгP/дм³; силикатов – 2051 и 1845 мкг/дм³ соответственно. Наибольшее содержание кремния (2587 мг/дм³) было зафиксировано в Петрушином рукаве в начале апреля.

Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях изменялась от 0,020 мг/дм³ до максимальной 0,079 мг/дм³ (1,58 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в конце июня (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ за период наблюдений с 1998 по 2021 гг. снизилась на 0,023 мг/дм³ (рис. 2.9). В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм³). Хлорорганические пестициды γ-ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеры/метаболиты обнаружены не были.

Насыщение речных вод растворенным кислородом в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже 6,23 мгО₂/дм³ (79% насыщения, рукав Протока в начале августа в поверхностном слое). Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 8,80, в Протоке - 8,89 мгО₂/дм³. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,66)

воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились к II классу качества вод, «чистые» (табл. 2.5).

Порт Темрюк – район 2. В 2021 г. было отобрано 72 пробы. Отбор проб осуществлялся на одной станции в середине канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. В ряду наблюдений на этой станции имеются пробелы, в 1997, 1999, 2001 и 2004 гг. отбор проб на этой станции не проводился. Температура, соленость, 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 2019 г. в канале порта изменялась от 8,46‰ до 14,31‰. Среднегодовая соленость составила 13,02‰. Начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.8).

Температура воды в течение 2021 года изменялась от 0,0°C в середине января до 28,10С в начале августа. Хлорность была в диапазоне 4,59-7,86‰, среднегодовая составила 7,14‰; щелочность изменялась в пределах 2,129-2,685 мг-экв/дм³, а средняя за год составила 2,306 мг-экв/дм³; показатель рН изменялся в пределах от 7,98 до 8,46, среднегодовое значение составило 8,25. Прозрачность воды была в пределах 0,58-1,0 м.

В трех из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация НУ была ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм³); максимальное значение составило 0,23 мг/дм³ (4,60 ПДК) и было отмечено в начале апреля в поверхностном слое воды (табл. 2.4). Средняя концентрация НУ составила 0,055 мг/дм³ (1,10 ПДК). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние 10 лет стабильно укладываются в небольшой диапазон около 1 ПДК без заметного долговременного тренда (рис. 2.9). Загрязнение вод в канале порта стабильно немного выше среднего уровня для всего Темрюкского залива. Во всех 24 проанализированных проб концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³). Концентрация хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения применяемого метода во всех пробах начиная с 2000 г., кроме одной пробы 3 апреля 2002 г. с содержанием ДДЕ 13 нг/дм³ (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев проб сероводород обнаружен не был. В трех из 12 отобранных проб растворенная ртуть была в концентрации ниже предела обнаружения

(0,01 мкг/дм³) в других пробах концентрация изменялась в пределах 0,010 до 0,029 (2,90 ПДК; среднегодовая составила 0,011 мкг/дм³ (0,11 ПДК). Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от 34,8 до 342 мкгN/дм³; максимум зафиксирован в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 194 мкгN/дм³ (0,50 ПДК). Концентрация нитритов изменялась 2 до 29,70 мкгN/дм³; максимум составил 1,24 ПДК и был отмечен в самом начале августа на поверхности. Среднегодовая концентрация составила 15,3 мкгN/дм³ или 0,64 ПДК. Содержание нитратов изменялась в пределах 52,8-252 мкгN/дм³ (сотые доли ПДК). Наибольшая величина зафиксирована в начале августа на поверхности. Среднегодовая концентрация нитратов составила 126,40 мкгN/дм³. Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 470–1420 мкгN/дм³; среднегодовая концентрация составила 850,95 мкгN/дм³. За время наблюдений с 1990 по 2021 гг. концентрация общего азота в водах Темрюкского залива имеет выраженную тенденцию к снижению, среднегодовая за этот период снизилась более чем на 1000 мкгN/дм³. Концентрация фосфатов изменялась от предела определения (DL=1,60 мкгP/дм³) до 31,3 мкгP/дм³ (0,63 ПДК для мезотрофных водоемов). Наибольшее содержание было отмечено в начале октября у дна. Средняя концентрация за год составила 12,1 мкгP/дм³. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 8,0-57,6 мкгP/дм³, а средняя равнялась 25,8 мкгP/дм³. Количество силикатов изменялось от 320 мкг/дм³ в начале апреля до 1262 мкг/дм³ в середине мая; среднегодовая – 787,96 мкг/дм³. Концентрация растворенного кислорода была определена в 72 отобранных пробах воды. В одной пробе, отобранной из придонного слоя на глубине 5 м в середине июля, концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива (6,0 мгO₂/дм³) и составила 5,86 мгO₂/дм³. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 78-134%. В 2021 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,71), рассчитанному по средней концентрации NH₄, NO₂ и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые».

Взморье реки Кубань – район 3. В 2021 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение года от 11,0°C в конце апреля на ст.№4 в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское, до 25,8°C на ст.№12 в море, в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Соленость вод взморья Кубани в 56 отобранных пробах изменялась в диапазоне 2,34-13,97‰. Максимальная соленость была отмечена в середине октября на ст.№4 в придонном слое на глубине 11 м в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское. Минимум зафиксирован в конце апреля в поверхностном слое в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 11,99‰. Хлорность изменялась от 1,22-

7,67%. Показатель рН был в диапазоне 8,02-8,46. Минимум был зарегистрирован на ст.№16 в море 9,8 км от устья р. Кубань, рукав Средний у поверхности в конце июня и на ст.10 4,8 км от края дельты, 2 км от приемного буя п. Темрюк в конце августа. Щелочность изменялась от 1,965 до 2,814 мг-экв/дм³; минимум был зафиксирован на ст.№15 у поверхности 3,0 км от устья р. Кубань, рукав Средний в конце апреля, а максимум – также на ст.№15 в конце августа. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,4 до 3,5 м.

За период наблюдений в 2021 г. концентрация НУ изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 9 пробах из 56 до 0,063 мг/дм³ (1,2 ПДК). Максимальная концентрация была зарегистрирована на ст.№10 4,8 км от края дельты, 2 км от приемного буя п. Темрюк в конце июня. Среднегодовая концентрация составила 0,026 мг/дм³ (0,52 ПДК). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 4 случаях (9%). Средняя годовая величина в водах взморья за последние 7 лет, начиная с 2013 г., стабилизировалась около 0,6 ПДК - 0,028; 0,032; 0,034; 0,032 и 0,031, 0,020 и 0,023, 0,28 мг/дм³ соответственно (рис. 2.9).

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

Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани (рис. 2.10) изменялась в диапазоне 69,5-390 мкгN/дм³. Максимум был отмечен в море, в 600 м от устья гирла Пересыпское в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация составила 0,42 ПДК (162,84 мкгN/дм³). Концентрация нитритов изменялась от 2,3 до 16,8 мкгN/дм³. Среднегодовая составила 8,20 мкгN/дм³ (0,33 ПДК). Содержание нитратов изменялась от 37,0 до 425,0 мкгN/дм³ (максимум составил 0,05 ПДК). Среднегодовая величина составила 149,50 мкгN/дм³. Содержание общего азота изменялось в пределах от 370-940 мкгN/дм³, среднегодовая 680,69 мкгN/дм³. В последние 15 лет, начиная с 2006 г. среднегодовая концентрация общего азота стабилизировалась в районе 260 мкгN/дм³. Максимальные значения превышали среднегодовые в 3-5 раз.

Концентрация фосфора фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=1,6 мкгP/дм³), зафиксированных в 11 пробах из 56, до 10,3 мкгP/дм³. Максимум был зафиксирован на ст.12 в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний у поверхности в конце апреля и составлял 0,20 ПДК для мезотрофных водоемов. Среднегодовая величина составила 3,1 мкгP/дм³ (0,06 ПДК). Содержание общего фосфора варьировало в

диапазоне 6,5-33,6 мкгР/дм³, в среднем 17,1 мкгР/дм³. Концентрация силикатов в водах взморья Кубани изменялась в пределах 367-2631 мкг/дм³; максимум был зафиксирован на ст.18 в море у дна в 4,4 км от устья гирла Соловьевское Курчанского лимана в конце апреля; среднегодовая (968 мкг/дм³) на 26% была выше прошлогодней.

Концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,36 до 10,96 мгО₂/дм³. Среднегодовая концентрация составила 9,08,61 мгО₂/дм³. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,55) воды взморья Кубани в 2021 г. относятся ко II классу, «чистые» (табл. 2.4). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, NO₂ и растворенного кислорода.

Взморье рукава Протока – район 4. В 2021 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 28 апреля, 28 июня, 30 августа и 12 октября на двух станциях с глубинами 6 и 10 м. Соленость вод взморья Протоки в обработанных 16 пробах изменялась в пределах 6,82-13,38‰, среднегодовая составила 12,08‰, а за последние 5 лет - 12,00‰. Хлорность изменялась в диапазоне 3,70-7,34‰, средняя 6,62‰. Температура воды за время исследований изменялась в пределах 10,90-25,70°С, а среднегодовая составила 18,90 °С; рН 8,20-8,44/8,29; щелочность 2,059-2,594/3,013/2,607 мг-эquiv/дм³.

Концентрация аммонийного азота в водах взморья Протоки в 2021 г. была существенно ниже прошлогодней и изменялась в узком диапазоне 105-321 мкг/дм³. Максимальное значение (0,50 ПДК) зафиксировано на ст.29 в середине октября у поверхности. Средняя составила 165,75 мг/дм³ при среднегодовой за последние 10 лет 171,56 мг/дм³. Содержание нитритов изменялось в пределах 3,10-12,30 мкг/дм³, а среднегодовая концентрация составила 8,00 мкг/дм³ (0,39 ПДК); при средней за последние 10 лет 8,30 мкг/дм³. Концентрация нитратов была в диапазоне 83,20-379,00 мкг/дм³, среднегодовая концентрация составила 194,78 мкг/дм³ при средней за последние 10 лет - 217,87 мкг/дм³. Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 208 до 860 мкг/дм³ при средней за год 649,75 мкг/дм³ и средней последние 10 лет 696,43 мкг/дм³. Концентрация фосфатов в 12 отобранных в 2021 г. пробах изменялась в пределах 1,80-7,20 мг/дм³; средняя составила 4,00 мг/дм³ при средней за последние 10 лет - 7,27 мкг/дм³ (0,14 ПДК). Содержание общего фосфора: 9,50-25,00 мкг/дм³; среднегодовая составила 17,60 мг/дм³ при средней за последние 10 лет 21,90 мг/дм³. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 570-1352 мкг/дм³, максимум отмечен в конце апреля у поверхности на ст.29 в 4,4 км от устья рукава Протока; среднегодовая составила концентрация 945,62 мкг/дм³ при средней за последние 10 лет 687,30 мг/дм³. Концентрация силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии имеет слабую тенденцию к снижению (рис. 2.11).

Содержание нефтяных углеводородов в 2021 г. было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 5 пробах;

максимальная концентрация оставила $0,053 \text{ мг/дм}^3$ (1,06 ПДК), а средняя за год концентрация составила $0,021 \text{ мг/дм}^3$ при средней за последние 10 лет – $0,025 \text{ мг/дм}^3$. 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. 2.9). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах было ниже предела определения применяемого метода ($DL=10 \text{ мкг/дм}^3$). Хлорорганические пестициды (γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) в водах взморья Протоки обнаружены не были. Растворенная ртуть была отмечена в двух из четырех исследованных проб в концентрации $0,01 \text{ мкг/дм}^3$ (0,1 ПДК) и $0,015 \text{ мкг/дм}^3$ (0,15 ПДК).

Содержание растворенного в воде кислорода на взморье Протоки в 2021 г. было хорошим и изменялось в диапазоне $7,60\text{--}11,65 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, составив в среднем $9,39 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. Минимальное содержание кислорода соответствовало 95% насыщения, а среднее 108,44%. Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июне и августе пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,39), рассчитанному по среднегодовым значениям НУ, NH_4 , NO_2 и кислорода воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод несколько ухудшилось по сравнению с прошлогодним уровнем.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5. Наблюдения в устьевой области реки в 2021 г. были выполнены на 6 станциях, расположенных в море на расстоянии 500 м от гирл Пересыпское (Ахтанизовский лиман), Соловьевское (Курчанский лиман), Куликовское (Куликовский лиман), Сладковское (Сладкий лиман), Зозулиевское (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 0,42‰ до 12,97‰. Средняя за год соленость составила 6,26‰, что на 33% больше прошлогодней (4,07‰) и на 23% больше средней за последние 10 лет. Хлорность вблизи гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,12-4,98‰. Соленость, как и хлорность, находятся в зависимости от величины пресноводного стока р. Кубань и, вследствие мелководности лиманов, метеорологических характеристик. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от $7,9^\circ\text{C}$ в апреле до $29,0^\circ\text{C}$ в августе. Водородный показатель рН в течение периода наблюдений изменялся в пределах 7,92-8,76, в среднем 8,41, что очень близко к прошлогодним значениям (8,01; 8,85 и 8,46 соответственно). Общая щелочность изменялась в пределах 2,515-3,680, а средняя величина ($3,200 \text{ мг-экв/дм}^3$) очень близка к прошлогодней ($3,103 \text{ мг-экв/дм}^3$).

Концентрация аммонийного азота в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 124-430 мкг/дм³, среднегодовая (214,78 мкг/дм³, 0,55 ПДК) была больше прошлогодней (154 мкг/дм³). Концентрация нитритов варьировала от 1,2 до 52,5 мкг/дм³ (2,16 ПДК), среднегодовая - 13,2 мкг/дм³. Содержание нитратов изменялось в широком диапазоне 49,4-980 мкг/дм³, среднегодовая величина составила 252,5 мкг/дм³, что подтверждает тенденцию снижения, зафиксированную в последние годы. Концентрация фосфатов в 32 отобранных в 2021 г. пробах изменялась от аналитического нуля в пяти пробах до 41,1 мкг/дм³ (0,79 ПДК), что почти в два раза больше, чем в прошлом году (24,1 мкг/дм³). Средняя за год концентрация (3,8 мкг/дм³), что на 60% меньше, чем в прошлом году (6,1 мкг/дм³). За последние три десятилетия хорошо выраженного тренда концентрации фосфатов в прибрежных водах Темрюкского залива выявлено не было, хотя межгодовые изменения иногда были очень значительными (рис. 2.12). Содержание общего фосфора было в диапазоне 9,4-41,1 мкг/дм³; среднее значение (20,6 мкг/дм³) незначительно изменилось по сравнению с предыдущим годом (21,4 мкг/дм³). Содержание кремния изменялось от 530-2249 мкг/дм³; среднегодовое значение составило 1284,12 мкг/дм³, что несколько меньше прошлогоднего (1315 мкг/дм³).

Концентрация НУ была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 8 из 32 отобранных проб. Максимум (0,085 мг/дм³ – 1,7 ПДК) был отмечен 3 августа на поверхности в 500 м от устья гирла Сладковское Сладкого лимана. Средняя величина в 2021 г. составила 0,022 мг/дм³ (0,44 ПДК), что на 30% меньше, чем в прошлом году. Во всех отобранных пробах содержание СПАВ было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³).

Хлорорганические пестициды γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ в водах взморья обнаружены не были.

Содержание растворенного в воде кислорода в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2021 г. изменялось в диапазоне 5,97-12,29 мгО₂/дм³, среднее значение составило 8,62 мгО₂/дм³. В целом уровень аэрации вод района значительно улучшился. Относительное насыщение вод кислородом изменялось в пределах 77-110%, а среднее составило 92,0%. Наличие сероводорода в 16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2021 г. по ИЗВ (0,51) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод («чистые»). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH₄, NO₂ и растворенного кислорода. Состояние вод по сравнению с предыдущим годом улучшилось незначительно.

Таблица 2.Х. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань – район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,03	0,66	0,048	0,96	0,042	0,84
		0,09	1,80	0,113	2,26	0,079	1,58
	СПАВ	1,0	0,01	0,0		0	
		12	0,12	0,0		0	
	Аммонийный азот NH ₄	159	0,41	132	0,34	198	0,50
		190	0,49	193	0,50	302	0,76
	Нитриты NO ₂	9,8	0,41	14,6	0,61	14,4	0,60
		21,0	0,88	29,0	1,21	43,9	1,83
	Фосфаты	21,8	0,44	53,0	1,06	26,7	0,53
		58,0	1,16	149,0	2,98	48,9	0,98
	Растворенный кислород	8,60		9,11		8,79	0,68
		6,26		7,46		6,23	0,96
% насыщения	92		99		93		
	77		89		79		
2. Темрюкский залив: п. Темрюк – район 2 (станция №1)	НУ	0,04	0,80	0,043	0,86	0,055	1,10
		0,11	2,20	0,181	3,62	0,230	4,60
	СПАВ	6,8	0,07	0,0	<0,1	0	
		14	0,14	0,0	<0,1	0	
	Ртуть	0,0097	0,01	0,006	<0,1	0,011	1,10
		5		6			
	0,02	0,20	0,014	0,14	0,029	0,29	
			0				
	Фосфаты	17,2	0,34	16,76	0,34	12,2	0,24
		38	0,76	35,7	0,71	31,3	0,63
	Аммонийный азот NH ₄	180	0,46	148	0,38	194	0,49
		270	0,69	204	0,52	342	0,86
	Нитриты NO ₂	13,2	0,51	13,31	0,55	15,3	0,64
		59	2,46	36,9	1,54	29,7	1,24
	Растворенный кислород	9,13		9,37		9,82	0,61
5,93		0,99	5,64	0,94	5,86	1,02	
% насыщения	93,4		97		98		
	126		75		78		
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань – район 3 (станции №№ 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,023	0,46	0,028	0,56	0,026	0,52
		0,06	1,20	0,122	2,44	0,063	1,26
	СПАВ	0,60	<0,0	0,0		0	
		11	0,01	0,0		0	
	Ртуть	0,004	0,04	0,008	<0,1	0,006	0,60
		0,013	1,30	0,012	1,20	0,016	0,16
	Фосфаты	4,11	0,08	4,0	<0,1	3,1	0,06
		21	0,42	14,3	0,29	10,3	0,21

	Аммонийны й азот NH ₄	128,1	0,33	126	0,32	163	0,41
		200	0,51	148	0,38	390	0,98
	Нитриты NO ₂	5,39	0,22	5,8	0,24	8,2	0,34
		12,0	0,50	11,7	0,49	16,8	0,70
	Растворенный кислород	8,61		8,78		9,08	
		5,14	0,86	5,56	0,93	6,36	
% насыщения	100		101		104		
	67		71		81		
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока – район 4 (станции №№ 29, 31)	НУ	0,019	0,38	0,020	0,40	0,021	0,42
		0,040	0,80	0,041	0,82	0,053	1,06
	СПАВ	0		0,0		0	
		0		0,0		0	
	Ртуть	0,0025	0,03	0,003	<0,1	0,006	0,60
		0,01	1,00	0,010	1,00	0,015	0,15
	Фосфаты	6,13	0,12	5,1	0,1	4,0	0,08
		12	0,24	11,3	0,23	7,2	0,14
	Аммонийны й азот NH ₄	128,9	0,33	120	0,31	166	0,42
		180	0,46	135	0,35	321	0,80
	Нитриты NO ₂	4,1	0,17	6,2	0,26	8,0	0,33
		7	0,29	9,4	0,39	12,3	0,51
	Растворенный кислород	8,60		8,75		9,39	
		7,16		7,39		7,60	
	% насыщения	99,3		101		108	
		88		96		95	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов – район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,027	0,54	0,039	0,80	0,022	0,44
		0,13	2,6	0,211	4,22	0,085	1,70
	СПАВ	0,0				0	
		12	0,12			0	
	Фосфаты	9,06	0,18	6,1	0,12	3,8	0,08
		31	0,62	24,1	0,48	17,4	0,35
	Аммонийны й азот NH ₄	165,2	0,42	154	0,40	215	0,54
		240	0,62	226	0,58	430	1,08
	Нитриты NO ₂	10,1	0,42	6,5	0,27	13,2	0,55
		68	2,83	13,3	0,55	52,5	2,19
	Растворенный кислород	8,75		8,98		8,62	
		6,90		6,43		5,97	0,94
% насыщения	97,3		99		92		
	77		78		77		

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 (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), и фосфорорганических (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.

Таблица 2.Х. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта – район 1	0,50	II	0,88	III	0,66	II	НУ 1,10; PO4 0,53; NO2 0,60
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк – район 2	0,69	II	0,68	II	0,71	II	НУ 1,10; NO2 0,64; NH4 0,49; O2 0,61
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,47	II	0,48	II	0,55	II	НУ 0,52; NH4 0,41; NO2 0,34; O2 0,94
4. Взморье рукава Протока – район 4	0,29	II	0,32	II	0,39	II	НУ 0,42; NH4 0,42; NO2 0,336
Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов							
5. Гирла лиманов – район 5	0,46	II	0,49	II	0,51	II	НУ 0,80; NH4 0,40; NO2 0,27

Выводы

Качество воды, поступающей со стоком р. Кубань, который является доминирующим фактором, определяющим загрязнение Темрюкского залива, постоянно ухудшалось начиная с 2007 г. оставаясь в рамках II класса качества вод (чистые), достигнув наихудшего значения по ИЗВ (0,78, III класс, умеренно загрязненные) в 2016 г. Ситуация начала выправляться в 2017 г., когда качество воды в дельте несколько улучшилось. Аналогичная ситуация характерна и для вод взморья рукава Протока. Качество воды эстуарных районов лиманов также зависит от

речного стока. В особенности это касается Ахтанизовского лимана и в меньшей мере Курчанского, Куликовского и Горького. В целом в последние 13 лет, вплоть до 2018 г., здесь наблюдается постепенное ухудшение состояния вод, за исключением резкого, однократного снижения индекса в 2014 г. Качество воды в подходном канале порта Темрюк также постепенно снижалось в рамках класса «чистые» до 2017 г. В остальных районах Темрюкского залива ухудшение продолжалось до 2016 г. В последние несколько лет во всех экологических районах Темрюкского залива зафиксировано снижение уровня загрязненности вод, оцененного по расчетному комплексному индексу загрязненности вод.

2.4. Мониторинг Керченского пролива (ЛМЗОС г.Керчи)

В 2021 г. мониторинг состояния морских вод в северной устьи Керченского пролива проводился ЛМЗОС г. Керчи во втором полугодии с июля по декабрь на 4 станциях 1 категории на разрезе между портом Крым и портом Кавказ, с глубинами от 3,4 до 7,7 м (рис. 2.3). Всего в рамках программы мониторинга отобрано и обработано 176 проба-комплексов из поверхностного и придонного слоев воды. Так же в августе месяце проводились экспедиционные исследования, в рамках которых было отобрано 20 проб на 10 станциях с глубинами от 6 до 21 метра в южной части пролива и в п. Камыш-Бурун.

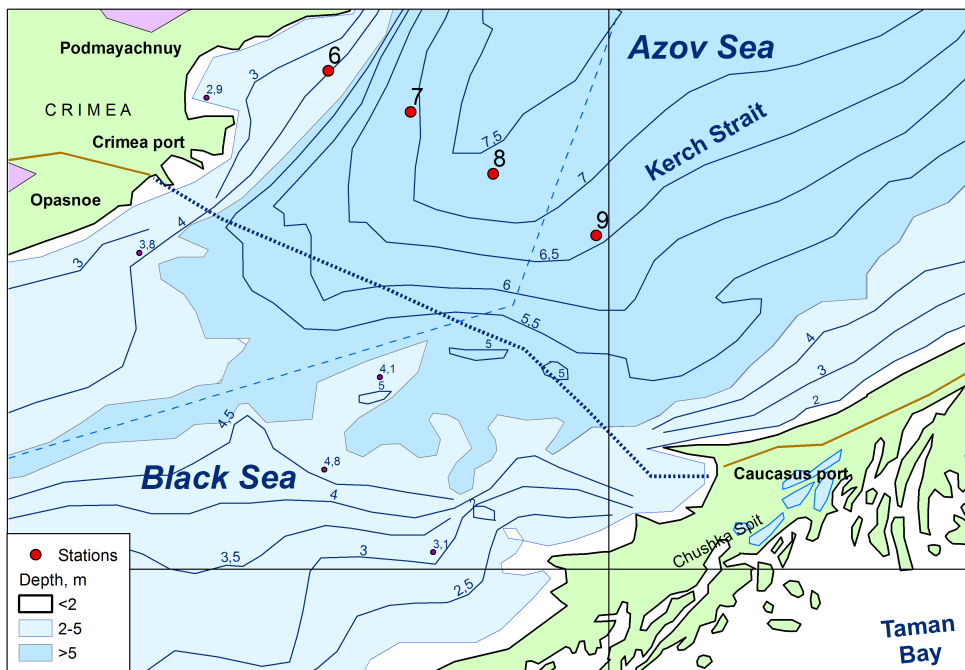


Рис. 2.3. Станции мониторинга в северной устьи Керченского пролива в 2021 г.

Среднее за период наблюдений в 2021 г. загрязнение вод пролива нефтяными углеводородами (НУ) выросло до более чем 0,08 мг/дм³, став вторым после 2018 г. по данному показателю за последние 10 лет. Повторяемость значений концентрации НУ, равных или превышающих ПДК выроста до 58%, по сравнению с 14% в предыдущем году. Максимальное загрязнение придонных (0,22 мг/дм³) и поверхностных (0,21 мг/дм³) вод, превышавшее ПДК (0,05 мг/дм³) в 4,4 и 4,2 раза соответственно, наблюдалось в октябре-ноябре, однако высокие значения, превышающие предельно допустимые в 2-4 раза, фиксировались на протяжении всего года. Среднемесячные значения концентрации НУ не превышали ПДК только в августе, и увеличивались до 3,4 ПДК в декабре (рис. 2.4).

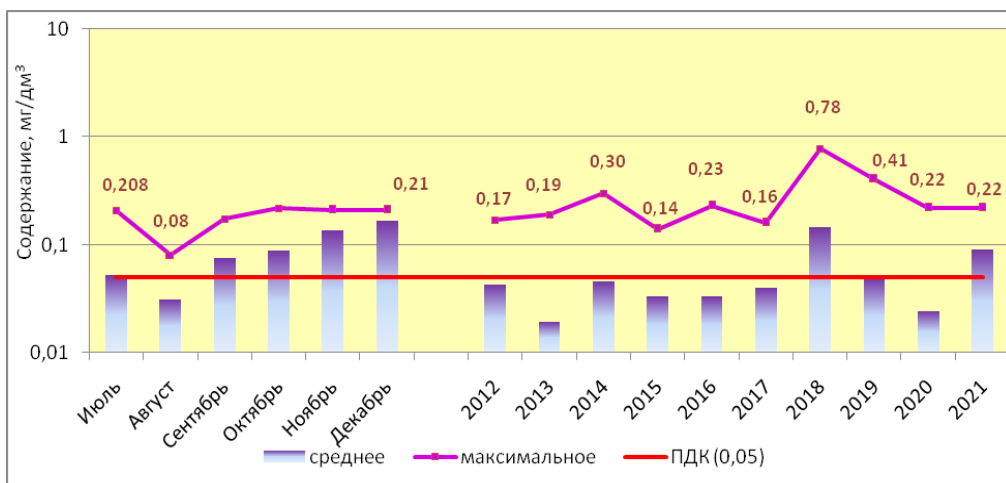


Рис. 2.4. Сезонное в 2021 г. и межгодовое изменение содержания нефтяных углеводородов в водах Керченского пролива.

Содержание **СПАВ** (18 мкг/дм³) в северной части пролива оставалось на уровне предыдущих лет. Максимальная концентрация, как и в предыдущие 2 года, не превышала 23 мкг/дм³ при среднем значении 19 мкг/дм³ (ПДК_{спав}=100 мкг/дм³). Однако в южной части пролива, в августе, концентрации СПАВ были в среднем более, чем в два раза выше (51 мкг/дм³), а так же было зафиксировано два превышения ПДК (102 и 113 мкг/дм³) вблизи п. Камыш-Бурун. С учётом данных экспедиционных исследований, среднегодовая концентрация СПАВ составила почти 23 мкг/дм³. Суммарная концентрация **фенолов** была ниже предела количественного определения во всех пробах.

Из **ХОП** во все периоды, когда в 2021 г. отбирались пробы (в июле, августе, сентябре и ноябре), отмечено загрязнение вод пролива ДДТ и его производными, максимальная концентрация которых в поверхностных водах достигала 10,7 нг/дм³ ДДТ (1 ПДК), в придонных – 6,3 нг/дм³ ДДТ (0,3 ПДК). Загрязнения вод **ПХБ** не зафиксировано.

В водах Керченского пролива в 2021 г. концентрация общего азота изменялась в диапазоне от 245 до 943 мкг/дм³. Среднемесячное содержание в слое во всей водной массе составляло 570-670 мкг/дм³. Среднее за год содержание (630 мкг/дм³) выросло в сравнении с предыдущим годом. Динамика концентрации нитритного, нитратного и аммонийного азота в водах пролива в 2021 г. выраженного сезонного хода не имела. Максимальные значения содержания нитратного и аммонийного азота (48 и 120 мкг/дм³ соответственно) были значительно ниже соответствующих ПДК. Максимальная зафиксированная концентрация нитритного азота достигала 15-16 мкг/дм³ (0,6 ПДК), среднее за год содержание составило 8 мкг/дм³ (0,3 ПДК) – на уровне предыдущего года.

Максимальная концентрация фосфатного **фосфора** составила 38 мкг/дм³ (0,8 ПДК). Концентрация общего фосфора изменялась от 3 до 48 мкг/дм³. Среднее за год содержание фосфатного фосфора (8 мкг/дм³ август, южная часть пролива) в сравнении с предыдущим годом увеличилось на 30%, а содержание общего фосфора (19 мкг/дм³) уменьшилось на четверть.

Концентрация **кремния** изменялась в поверхностных водах от 100 до 720 мкг/дм³, в придонных водах от 90 до 700 мкг/дм³. Среднемесячное содержание возросло от 173 мкг/дм³ в августе до 560 мкг/дм³ в декабре. Среднее за отчетный период содержание в слое поверхность-дно (370 мкг/дм³) несколько снизилось по сравнению с предыдущим годом, однако всё ещё оставалось значительно выше значений 2015-2019 гг. (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Сезонное (2021 г.) и межгодовое изменение содержания кремния в водах Керченского пролива.

Аэрация вод пролива в слое поверхность-дно в целом была достаточной, при минимальном насыщении вод дефицит **растворенного кислорода** не превышал 3,5%. Среднемесячные значения в июле-сентябре составили 95-103% насыщения, в октябре-декабре – 94-95%

насыщения. По абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,00 до 10,50 мгО₂/дм³ в поверхностных водах и от 5,79 до 11,72 мгО₂/дм³ в придонных. Единственный зафиксированный случай снижения содержания кислорода ниже безопасных значений отмечался в августе в п. Камыш-Бурун. В целом в массиве вод в июле - сентябре среднемесячные значения содержания кислорода составляли 7,0-8,5 мгО₂/дм³, в октябре-декабре – 8,6–10,1 мгО₂/дм³. В сравнении с предыдущим годом в 2021 г. среднегодовое относительное содержание растворенного кислорода несколько снизилось до 97% насыщения, при этом возросло по абсолютному значению до 8,49 мгО₂/дм³.

В 2021 году диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных веществ в водах северной узости пролива составили: температура 7,0-29,8^oС; рН 7,91↑-8,33↓/8,09↑; щелочность 1,375↓-3,198↑/2,822↑ мг-экв/дм³. Средняя соленость в северной узости пролива составила 14,847‰, что всего на 0,08‰ выше прошлогоднего значения; диапазон 12,09↓-17,29↑‰, Соленость вод Керченского пролива непрерывно возрастала после 2006 г. до 2017 г. с последующей стабилизацией на значениях немного меньше 15‰, с сохранением небольшого положительного тренда (рис. 2.6). За 2000-2021 года соленость в целом возрастала от берега к центру пролива: ст.№6 – 13,061‰, ст.№7 – 13,432; ст.№8 – 13,594 и ст.№9 – 13,722‰.

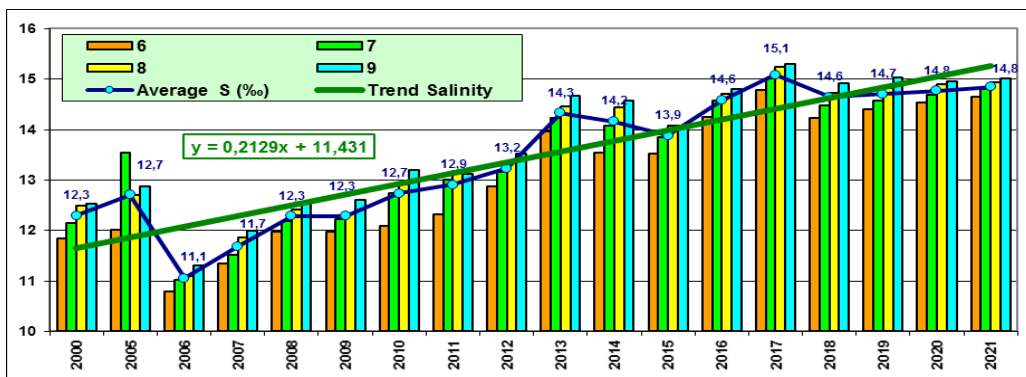


Рис. 2.6. Многолетняя динамика солености (‰) на станциях разреза Крым-Кавказ в 2000-2021 гг.

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря	НУ	0,05	1,0	0,02	0,4	0,086	1,7
		0,41	8,2	0,22	4,4	0,22	4,4
	СПАВ	16	0,2	17	0,2	23	0,2
		23	0,2	23	0,2	113	1,1
ДДТ	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,07	<0,1	

ДДД	0,57	<0,1	<0,1	<0,1	0,75	0,8
	0,74	<0,1	0,16	<0,1	1,78	0,2
	6,50	0,6	3,27	0,3	10,9	1,1
Аммонийный азот	22	<0,1	26	<0,1	28	<0,1
	34	<0,1	50	<0,1	121	<0,1
Нитритный азот	7	0,3	8	0,3	8	0,3
	15	0,6	21	0,9	16	0,6
Фосфатный фосфор	6	0,1	6	0,1	8	0,2
	12	0,2	9	0,2	38	0,8
Растворенный кислород	8,31	0,7	8,22	0,7	8,49	0,7
	6,19	1,0	6,19	1,0	5,79	1,0

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,73) качество вод Керченского пролива по сравнению с предыдущими годами ухудшилось (рис.), воды пролива всё так же относились ко II классу качества вод с характеристикой «чистые» (табл.), однако если в предыдущем году значение индекса тяготело к нижней границе, то в 2021 году оно находилось вблизи верхней границы. Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, СПАВ, нитритов и растворенного кислорода. Ухудшение качества вод пролива обусловлено увеличением нефтяного загрязнения. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле снижаясь до уровня ПДК в северной части пролива, и в августе – в п. Камыш-Бурун. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали ПДК.

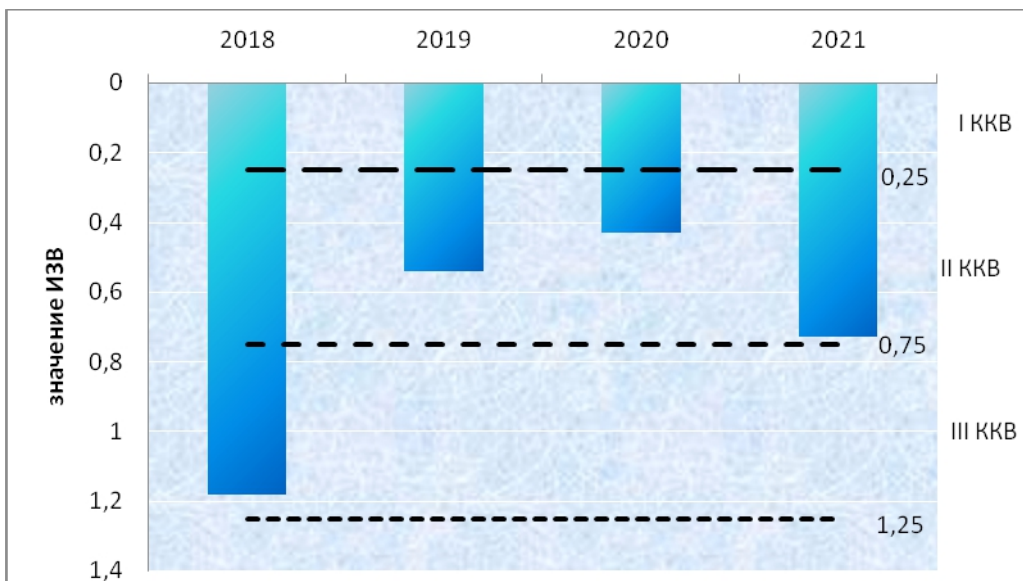


Рис. 2.7. Многолетнее изменение величины индекса загрязненности вод (ИЗВ) Керченского пролива.

Выводы

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,73) качество вод Керченского пролива по сравнению с предыдущими годами ухудшилось. Воды пролива относились ко II классу качества вод, «чистые» (табл.). Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, СПАВ, нитритов и растворенного кислорода. Улучшение качества вод пролива обусловлено вновь возросшим уровнем нефтяного загрязнения. Содержание стойких органических загрязнителей также выросло; ДДТ, ДДЕ и ДДД на той или иной станции наблюдения были обнаружены во все дни съемок, а максимальная концентрация ДДД (10,9 нг/дм³, 1,1 ПДК) была в 4 раза выше прошлогодней. Доля проб, в которых определялся этот загрязнитель, выросла с 12% до 34%. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле-августе снижаясь до близкого к ПДК уровня. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали безопасных уровней.

Таблица . Оценка качества вод Керченского пролива в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Керченский пролив	0,54	II	0,43	II	0,73	II	НУ 1,7; N-NO ₂ 0,3; СПАВ 0,2; O ₂ 0,71

3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

Коршенко А.Н., Костылева А.В., Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А.,
Дьяков Н.Н., Парфенова В.А., Зайцева О.И., Брайко О.И.,
Алексеев А.И. Дербичева Т.И., Кобец С.В.

3.1. Общая характеристика

Черное море соединяется с Атлантическим океаном через Средиземное море проливами Босфор, Дарданеллы и Гибралтар. Географические границы Черного моря ограничены на севере входом в Березанский лиман), на юге г. Гиресун и г. Сюрмене в Турции, на западе Бургасским заливом и на востоке г. Кобулету в Грузии. Граница Черного моря с Мраморным морем проходит в северной части пролива Босфор по линии между мысами Румели и Анатоли. На северо-востоке граница Черного и Азовского морей проходит в Керченском проливе по линии между мысами Такиль в Крыму и Панагия на Таманском п-ве. Наибольшая протяженность Черного моря в широтном направлении по различным оценкам составляет 1148–1180 км. Максимальная ширина моря по меридиану $31^{\circ}10'$ в.д. – 615 км, наименьшая ширина моря между мысами Сарыч и Керемпе от 258 до 264 км. Расстояние по линии м. Херсонес–Босфор в пределах 615 км, по линии Ялта–Батуми, составляет ~ 685 км. Общая площадь поверхности моря без лиманов составляет 406680–423000 км², объем воды 535430–555000 км³. Средняя глубина моря 1270–1315 м, максимальная глубина моря находится в пределах 2210–2258 м. Изрезанность береговой линии Черного моря незначительная. Самыми крупными формами рельефа суши являются Крымский полуостров и небольшие полуострова на Анатолийском побережье (Инджебурун, Ясун и др.). Наиболее крупные заливы Черного моря: Одесский, Каркинитский, Каламитский, Феодосийский, Синопский, Бургасский и Варненский. Из бухт наибольшие Самсун, Севастопольская, Новороссийская и Геленджикская. В Черном море отсутствуют крупные острова. Самым значительным является о. Змеиный (площадь 1,5 км²), расположенный в 35 км от края дельты Дуная. Меньшими по размерам являются о. Березань у входа в одноименный лиман и о. Кефкен в 93 км восточнее пролива Босфор. Несколько небольших островов находятся в Бургасском заливе. По отношению объема моря к сумме площадей наименьших поперечных сечений его проливов (0,04 км² для Босфора и 0,02 км² для Керченского пролива) Черное море является самым обособленным морем Мирового океана. Шельф (материковая отмель до изобаты 200 м) занимает 25% акватории моря (112140 км²) и 1,5% объема вод (8190 км³). Наибольшая часть шельфа приходится на северо-западную часть моря - 16% акватории моря, 0,7% объема вод при максимальной ширине шельфа 220 км. В Керченско-Таманской области, на побережье Болгарии и западной Турции ширина шельфа находится в пределах 50 км. Вдоль Анатолийского побережья и ЮБК (Ялта – м. Меганом) ширина шельфа Черного моря уменьшается до нескольких километров. В районе

Кавказского побережья рельеф дна характеризуется узким шельфом (в среднем 8 км) и сильно расчлененным каньонами материковым склоном. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15-20°. Континентальный (материковый) склон ограничен изобатами 200-2000 м и занимает около 40% акватории моря. Ложе глубоководной котловины с глубинами 2000-2200 м занимает около 35% акватории моря и представляет собой плоскую аккумулятивную равнину на разнородных и разновозрастных в геологическом плане структур, и имеет небольшой наклон в южном направлении (Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991, Зубов, 1956).

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

Климатические условия в холодный период года (декабрь-март) определяет сочетание отрога сибирского антициклона с областью низкого давления над Черным морем, что способствует созданию значительных градиентов давления и развитию циклонической деятельности. С циклонами поступает морской воздух Атлантического океана, обуславливая повышение температуры воздуха. Нередко зимой из бассейна Средиземного моря юго-западными ветрами приносится теплый тропический воздух с высоким содержанием влаги. Весной влияние сибирского максимума существенно уменьшается. Вследствие частых вторжений южных и юго-западных ветров, преобладает неустойчивая погода с 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 ($17,85\text{‰}$) почти вдвое меньше, чем соленость поверхностных вод Мирового океана. Средняя соленость по всему объему Черного моря равна $21,96\text{‰}$, в слое 0-300 м составляет $20,26\text{‰}$, увеличиваясь до $22,26\text{‰}$ 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 $0,03\text{-}0,06\text{‰/м}$ (Иванов, 2011).

В Черном море выделяют несколько крупномасштабных структур циркуляции поверхностных вод: Общечерноморское течение (ОЧТ) в зоне континентального склона; два крупномасштабных циклонических круговорота в восточной и западной частях моря, скорость течения увеличивается от 10 см/с в центре до 25 см/с на периферии этих круговоротов. С глубиной скорости течений быстро затухают до глубин порядка 100 м; квазистационарные антициклонические вихри в прибрежной зоне – Батумский, Севастопольский, Кавказский, Сакарья, Синопский и др. Основные циклонические круговороты и квазистационарные антициклонические вихри прослеживаются до больших глубин. Ветер и пространственно-временные изменения атмосферного давления обуславливают короткопериодные колебания уровня Черного моря синоптического (с периодами от 2-3 суток до полугода) и мезомасштабного (сейши с периодом менее 2 суток) диапазона частот. Влияние плотностных изменений уровня на большей части акватории Черного моря незначительно и не превышает 1-5 см в месяц. Наибольшие плотностные повышения уровня приходятся на август и связаны с нагревом воды, наибольшие понижения наблюдаются в феврале-марте и связаны с охлаждением воды в этот период. Вклад атмосферного давления в сезонные изменения уровня моря еще меньше, чем плотностные изменения уровня, и не превышает 1-3 см. Колебания уровня главным образом проявляются в виде сгонно-нагонных явлений,

максимальная амплитуда которых отмечается в СЗЧ моря. Штормовые ветры восточной и южной четверти вызывают нагонные подъемы уровня амплитудой 30-60 см, а при жестоких штормах северо-западных и юго-западных направлений падение уровня может достигать 20-34 см. У Кавказского побережья величины максимальных нагонов невелики и не превышают 10-20 см в районе Новороссийска и до 31-54 см в районе Туапсе. Здесь нагоны отмечаются в течение всего года в основном при западных ветрах. Наибольшее число случаев сгонов приходится на осенне-зимний период, чаще всего при восточных и северо-восточных ветрах. Осенне-зимние штормовые ветра могут развивать волны высотой до 6-8 м. Стоячие колебания уровня моря (сейши) развиваются в бухтах с периодами от нескольких минут до 2 ч и амплитудой в 40-50 см (Суховой В.Ф., 1986, 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 Очаковом на несколько дней может появиться припай, толщина которого не превышает 10 см. В умеренные зимы в январе-феврале преобладает плавучий крупно и мелкобитый белый лед, который может распространяться достаточно далеко до 40-50 миль от берега. На подходах к Одессе и Очакову припай наблюдается непродолжительное время, а толщина припайного льда не превышает 20-30 см. В суровые зимы максимальное распространение припайного льда может превышать границы СЗЧ и наблюдаться южнее Констанцы (Румыния). Максимальная толщина ледовых полей в открытых районах моря составляет 20-30 см (Гидрометеорологические условия, 2012, Дьяков, 2016, Фащук, 2019).

3.3.2. Прибрежные воды Севастополя (СО ГОИН)

В 2021 г. в зоне ответственности Севастополя отделением ФГБУ «ГОИН» с борта НИС «Пеленг» было выполнено 3 гидролого-гидрохимические съемки Севастопольской бухты, 6 съемок севастопольского взморья и 5 съемок бухт южного взморья Севастополя (бухты Стрелецкая, Омега, Карантинная, Песочная, Двойная, Камышовая). В Севастопольской бухте на 28 станциях (рис. 3.1) из поверхностного и придонного слоев воды 2, 10 февраля и 11 ноября 2021 г. было отобрано 62 проба-комплекса морских вод. Глубина точек отбора проб варьировала от 2 м в устьевой части р. Черной до 18 м в Доковой бухте. На севастопольском взморье в июне-сентябре выполнено 79 станций с глубинами до 91,8 м (станция у оголовка КОС «Южные»), обработано 140 проба-комплексов морских вод. В бухтах южного взморья Севастополя в марте, мае-августе выполнено 38 станций с максимальной глубиной до 28,8 м в бухте Омега (76 проба-комплексов морских вод).

Исследования проводились на поверхностном и придонном горизонтах. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров (температура, соленость, хлорность, водородный показатель рН, 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, детергентов и металлов (свинец, медь, хром, цинк и железо).

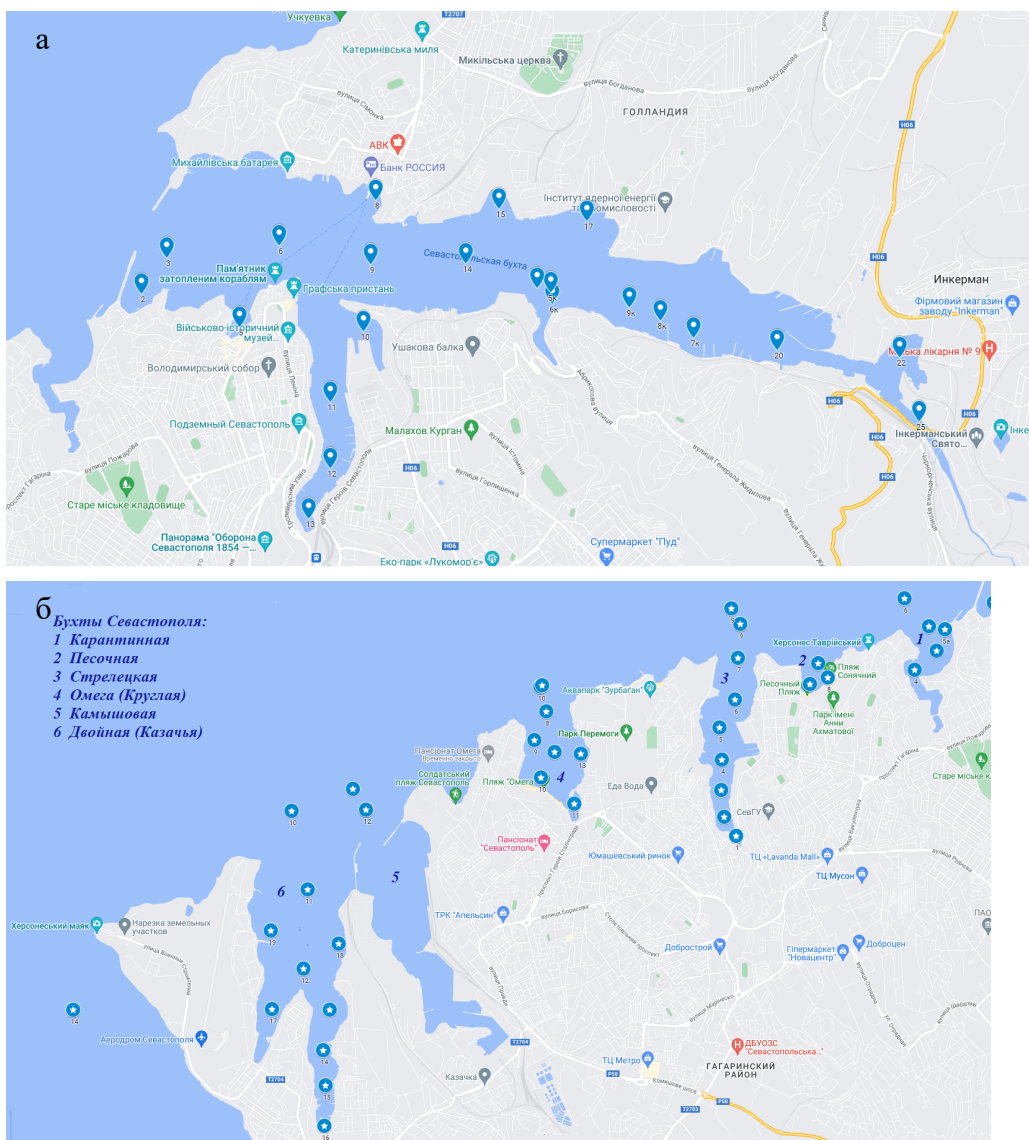


Рис. 3.1. Станции мониторинга в Севастопольской (а) и других (б) бухтах в 2021 г.

3.3.2.1. Севастопольская бухта

Температура воды в бухте изменялась в феврале и ноябре в диапазонах 8,1-9,2⁰С и 13,3-15,4⁰С соответственно. Соленость вод по всей бухте, даже в устье реки Черной, была типично морской 15,96-18,81‰, хлорность 8,79-10,38‰; общая щелочность 3,346-3,702 мг-экв/дм³. Диапазон значений **водородного показателя** рН составил 8,07-8,34, в среднем – 8,26 ед.рН. Содержание **взвешенных веществ** (ВВ) в ноябре в поверхностных водах изменялось от 3,0 до 4,8 мг/дм³, в придонных водах – от 2,2 до 3,3 мг/дм³ и в среднем составило 3,4 мг/дм³.

Нефтяное загрязнение вод бухты отличалось неравномерностью. В восточной части концентрация **НУ** была невысокой и только на одной станции мониторинга в ноябре достигала 0,05-0,09 мг/дм³ (1-1,8 ПДК). В западной части Севастопольской бухты максимальное загрязнение вод достигало 0,06-0,60 мг/дм³, превышая ПДК в 1,2-12 раз. Воды бухты Южная содержали НУ в концентрации 0,03-0,06 мг/дм³. В целом повышенное нефтяное загрязнение вод характерно для станций, расположенных вдоль судоходного канала, что может указывать на источник его поступления. Среднее содержание в слое поверхность-дно составило 0,04 мг/дм³, оставаясь на уровне предыдущих лет.

Концентрация **АПАВ** изменялась от <10 до 123 мкг/дм³. Единичное превышение ПДК было зафиксировано в поверхностных водах Мартыновой бухты. Среднее содержание в слое поверхность-дно составило 44 мкг/дм³, что в 1,5 раза выше уровня 2020 г. Концентрация **фенолов** (сумма) в феврале была ниже предела количественного определения.

Содержание общего **азота** в феврале в кутовой части Севастопольской бухты (район Инкермана) изменялось в пределах 670-2090 мкг/дм³. В ноябре повышенным загрязнением характеризовались поверхностные воды акватории Южной бухты (540-830 мкг/дм³) и устья р. Черной (720 мкг/дм³). На остальной акватории Севастопольской бухты концентрация его варьировала от 340 до 570 мкг/дм³ в поверхностном слое и до 450 мкг/дм³ в придонном. Среднее содержание общего азота в слое поверхность-дно в феврале составило 1270 мкг/дм³, в ноябре – 440 мкг/дм³. Концентрация минеральных соединений азот даже по сумме едва превысила 16 % от общего его содержания. Концентрация нитритов, аммония и нитратов была значительно ниже соответствующих ПДК, и по максимальным значениям в феврале соответственно не превышала 13, 120 и 280 мкг/дм³, в ноябре – 9, 46, 200 мкг/дм³. Повышенное содержание биогенного азота в восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана), очевидно, связано с выносом паводковыми водами р. Черной. Аналогичное распределение наблюдалось и в ноябре, за исключением повышенной концентрации нитратов (120-200 мкг/дм³) в поверхностных водах бухты Южная, что указывает на загрязнение акватории многочисленными береговыми выпусками ливневой канализации. Среднее содержание нитритов, аммония и нитратов в слое

поверхность-дно в феврале составило соответственно 7, 86 и 140 мкг/дм³, в ноябре – 3, 13 и 40 мкг/дм³.

Содержание общего **фосфора** не превышало 46 мкг/дм³, фосфатов – 30 мкг/дм³. Повышенная концентрация, также как и по азоту, формировалась выносом р. Черной и отмечалась в восточной части Севастопольской бухты. Стоит отметить, что повышенное содержание общего и фосфатного фосфора (25-36 мкг/дм³ и 13-20 мкг/дм³ соответственно) зафиксировано в придонных водах (на глубинах 16,5-17 м) станций, расположенных на линии судоходного канала. Среднее содержание общего и фосфатного фосфора снизилось в сравнении с 2020 г. и в слое поверхность-дно составило 20 мкг/дм³ и 9 мкг/дм³ соответственно.

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

Аэрация вод бухты в целом была достаточной. Дефицит растворенного **кислорода** в поверхностных водах не превышал 10 %, в придонных – 11 % насыщения. В восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана) 2 февраля наблюдалось перенасыщение морских вод на 2-12 %. Среднее содержание растворенного кислорода составило 11,10 мгО₂/дм³ (106 % насыщения) при диапазоне концентрации 9,88-11,78 мгО₂/дм³. А уже 11 февраля в этом районе наблюдался дефицит кислорода до 2-8 %, и среднее содержание растворенного кислорода снизилось до 9,82 мгО₂/дм³ (95 % насыщения) при диапазоне концентрации 9,52-10,10 мгО₂/дм³. В период ноябрьской съемки восточная часть акватории бухты также отличалась пониженной аэрацией вод (8,43-8,90 мгО₂/дм³ или 94 % насыщения). Как показано на рисунке 3.2, в тоже время воды остальной части акватории, за исключением бухты Южная (8,58-8,95 мгО₂/дм³, 98 % насыщения), были хорошо насыщены кислородом, концентрация которого составила 8,01-10,54 мгО₂/дм³ (103 % насыщения). Минимальная концентрация растворенного кислорода (8,01 мгО₂/дм³) была зафиксировано в придонных водах бухты Доковая на глубине 18 м.

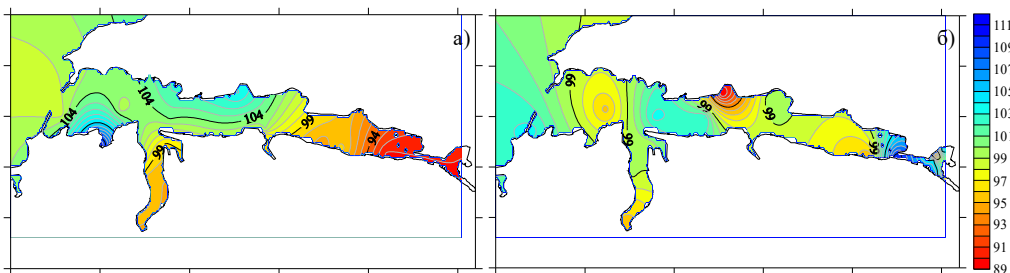


Рис. 3.2. Распределение концентрации растворенного кислорода (% нас.) в водах Севастопольской бухты на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в ноябре 2021 г.

В феврале, очевидно ввиду низких температур (8,13-9,29°C), подавляющих биологическую активность, величина БПК₅ составила 1,37 мгО₂/дм³ и лишь в единичных пробах превышала ПДК, достигая 2,65 мгО₂/дм³. В ноябре все пробы вод поверхностного горизонта, за единственным исключением станции в центральной части бухты Южная, показали превышение ПДК по БПК₅ (Рис. 3.3), изменяясь от 2,13 до 7,09 мгО₂/дм³. Воды придонного слоя характеризовались величинами БПК₅ в диапазоне 0,47-1,93 мгО₂/дм³.

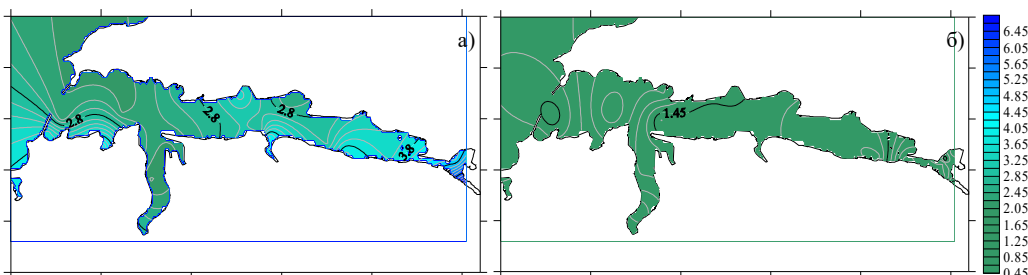


Рис. 3.3. Распределение величин БПК₅ (мгО₂/дм³) в водах Севастопольской бухты на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в ноябре 2021 г.

3.3.2.2. Севастопольское взморье (Бухты южного взморья Севастополя)

В период наблюдений *температура* морской воды в бухтах южного взморья Севастополя изменялась от 8,5 °С (март, поверхностные воды б. Стрелецкая) до 27,0°C (июль, поверхностные воды б. Омега). Соленость вод была типично морской 16,12-18,58‰, хлорность 8,88-10,25‰; общая щелочность 4,100-3,208 мг-экв/дм³. Значения *водородного показателя* изменялись в узком диапазоне 8,17-8,55 ед.рН и в среднем составили 8,41 ед.рН. Содержание *взвешенных веществ* в поверхностных водах изменялось от 1,2 до 11,4 мг/дм³, в придонных водах – от 1,5 до 6,8 мг/дм³ и в среднем составило 3,0-3,2 мг/дм³. Максимальные значения зафиксированы соответственно в поверхностных водах б. Стрелецкая в марте и в придонных водах б. Омега (6,6 мг/дм³) в марте и б. Карантинная (6,8 мг/дм³) в июне.

Нефтяное загрязнение морской воды в бухтах Севастополя было устойчивым. 48 % проб вод поверхностного горизонта содержали **НУ** в концентрации достигавшей и превышавшей ПДК, для вод придонного слоя этот показатель составил 21 %. Максимальная концентрация НУ достигало 0,08 мг/дм³ (1,6 ПДК), и фиксировалась как у поверхности (в марте и мае в бухтах Стрелецкая, Омега и Карантинная), так и у дна (в июне и августе в бухтах Омега и Камышовая) (Рис. 3.4). На взморье концентрация НУ оставалась низкой (Рис. 3.8), что указывает на морской транспорт, как источник загрязнения вод.

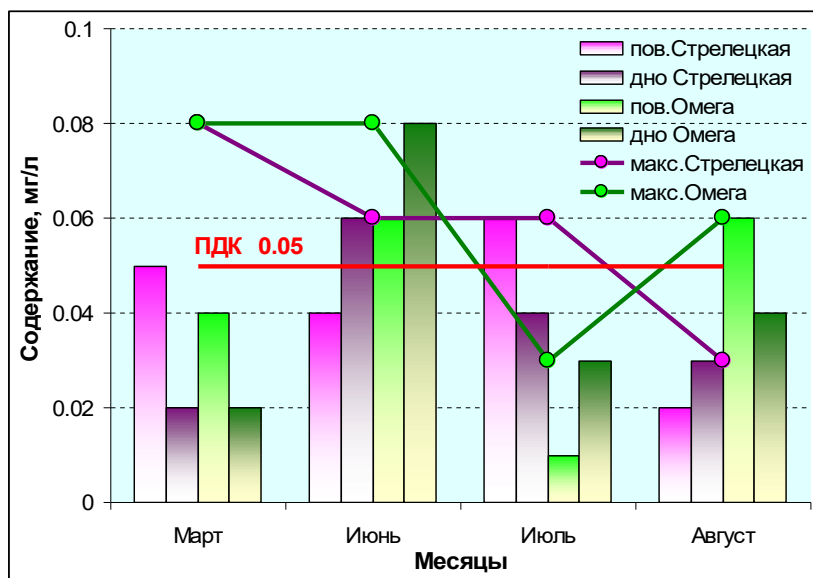


Рис. 3.7. Сезонное изменение среднего и максимального содержания НУ в поверхностных и придонных водах акватории бухт Стрелецкая и Омега в 2021 г.

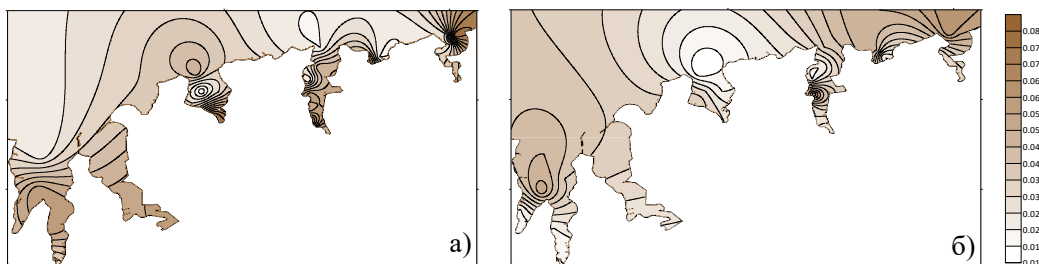


Рис. 3.8. Распределение концентрации НУ (мг/дм³) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

Концентрация **АПАВ** в поверхностных водах изменялась от «не обнаружено» до 200 мкг/дм³ (2,0 ПДК), в придонных водах – от 10 до 140 мкг/дм³ (1,4 ПДК). Максимальное загрязнение фиксировалось в марте в бухтах Стрелецкая и Омега (Рис. 3.9), когда среднее для поверхностных и придонных вод содержание достигло 120 и 92 мкг/дм³ соответственно.

Единичные случаи превышения допустимого уровня фиксировались в поверхностных водах в мае до 130 мкг/дм^3 (бухты Карантинная и Двойная) и в июне до 160 мкг/дм^3 (бухта Стрелецкая), в придонных водах только в мае до 110 мкг/дм^3 (бухта Песочная).

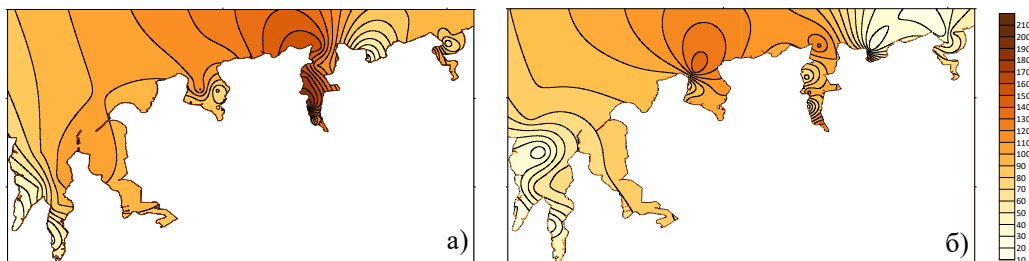


Рис. 3.9. Распределение концентрации АПАВ (мкг/дм^3) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

Содержание **азота** в бухтах южного взморья Севастополя в слое поверхность-дно распределялось достаточно равномерно и было значительно ниже соответствующих ПДК, изменяясь в диапазонах $210\text{--}1260 \text{ мкг/дм}^3$ для общего азота, $2\text{--}350 \text{ мкг/дм}^3$ для нитратов, $7\text{--}160 \text{ мкг/дм}^3$ для аммония (Рис. 3.10-3.12). Повышенная концентрация отмечалась в водах бухт Стрелецкая, Карантинная и Омега. Средние за период наблюдения значения содержания азота общего, нитратного и аммонийного соответственно составили 470 , 40 и 34 мкг/дм^3 . Концентрация нитритов даже по максимальным значениям не превышала 7 мкг/дм^3 . Суммарная доля минеральных форм составила 16% от общего содержания азота.

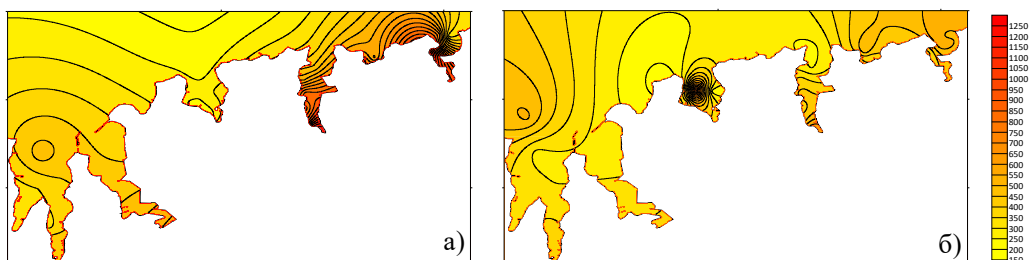


Рис. 3.10. Распределение концентрации общего азота (мкг/дм^3) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

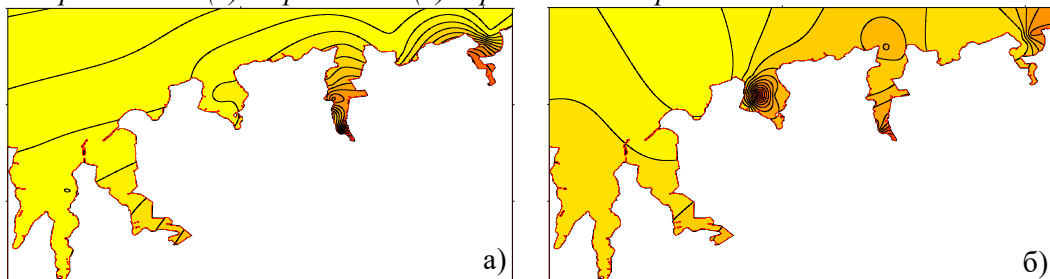


Рис. 3.11. Распределение концентрации нитратов (мкг/дм^3) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

Рис. 3.11. Распределение концентрации нитратного азота (мкг/дм^3) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

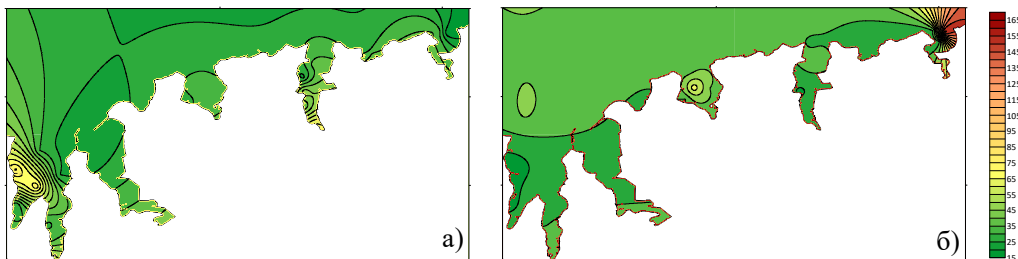


Рис. 3.12. Распределение концентрации аммонийного азота (мкг/дм^3) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

Содержание общего **фосфора** не превышало 55 мкг/дм^3 , фосфатов – 20 мкг/дм^3 . Максимальная концентрация фиксировалась в марте в придонных водах бухты Стрелецкая и в мае в придонных водах бухты Песочная. Среднее содержание общего и фосфатного фосфора в слое поверхность-дно составило 10 мкг/дм^3 и 4 мкг/дм^3 соответственно.

Концентрация **силикатов** в бухтах южного взморья Севастополя изменялась от 1 до 530 мкг/дм^3 . Максимальное содержание фиксировалось в бухтах Стрелецкая и Омега в марте, когда среднее для поверхностных и придонных вод содержание достигло 95 и 62 мкг/дм^3 соответственно. За единичным исключением, когда в поверхностных водах бухты Карантинная в мае было отмечено 200 мкг/дм^3 , для остального периода наблюдений была характерна концентрация кремния, не превышающая 66 мкг/дм^3 и в среднем для всех акваторий составившая 17 мкг/дм^3 .

Аэрация вод бухт южного взморья Севастополя в целом была достаточной. Дефицит растворенного **кислорода** в поверхностных водах наблюдался только в марте в кутовой части бухты Стрелецкая (Рис. 3.13) и не превышал 4 % насыщения. В придонных водах дефицит растворенного кислорода не превышал 8 % насыщения и был зафиксирован в бухтах Омега, Стрелецкая и Карантинная. Перенасыщение вод как поверхностного, так и придонного слоя достигало 20-25 %. Среднее содержание растворенного кислорода в марте и мае составило $10,50\text{-}10,60 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (104-115 % насыщения) при диапазоне концентрации $7,39\text{-}12,03 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$, а в июле-августе снизилось до $7,85\text{-}7,57 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (105 % насыщения) при диапазоне концентрации $7,39\text{-}8,10 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

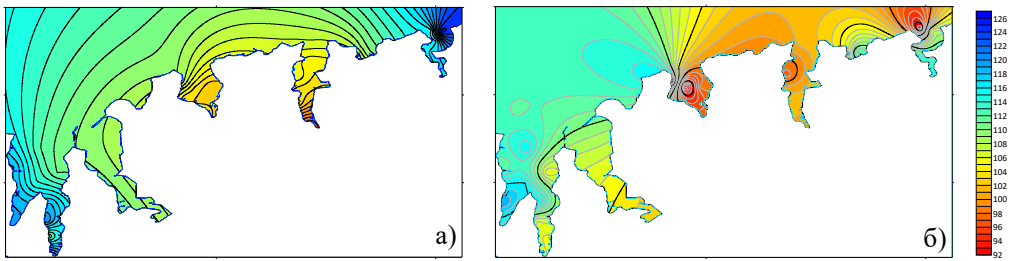


Рис. 3.12. Распределение концентрации растворенного кислорода (%нас.) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в апреле 2021 г.

Величина БПК_5 фиксировалась в широком диапазоне от 0,36 до 5,37 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$. Превышение ПДК было характерно для поверхностных вод и наблюдалось в 37 % отобранных проб, в то время как в водах придонного слоя отмечен единственный случай в мае в бухте Двойная на глубине 16,7 м (2,43 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$). Среднее значение БПК_5 в поверхностных водах бухт южного взморья Севастополя составило 2,03 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ (≈ 1 ПДК). В августе, очевидно ввиду повышения температуры вод (18,77-27,01°C), способствующего росту биологической активности, фиксировался максимум величины БПК_5 (Рис. 3.13), среднее значение показателя в поверхностных водах достигало 4,27 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$, в то время как в более ранний период изменялось от 0,83 до 2,04 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$. В придонных водах средняя величина БПК_5 составила 1,36 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ (0,6 ПДК) при диапазоне среднемесячных значений 0,98-1,59 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$.

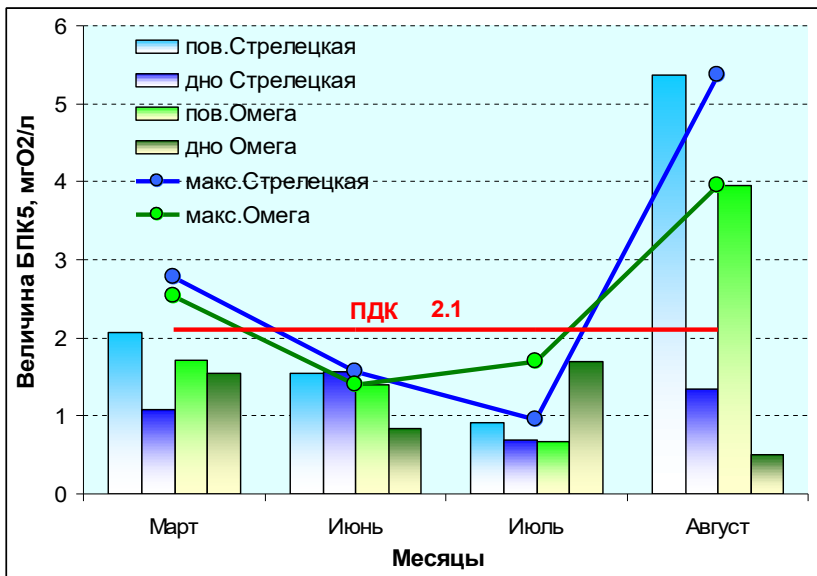


Рис. 3.13. Сезонное изменение среднего и максимального значения величины БПК_5 ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$) в поверхностных и придонных водах акватории бухт Стрелецкая и Омега в 2021 г.

3.3.3. Прибрежные воды ЮБК и Восточного Крыма (СО ГОИН), порт Ялта

В 2021 г. в акватории порта Ялта ежедекадный мониторинг состояния морских вод выполнялся ЛМЗОС г.Ялты. Изучение качества прибрежных вод ЮБК и Восточного Крыма проводилось СО ГОИН в мае (сокращенная съемка, Феодосийский залив) и августе полная съемка на 32 станциях с глубинами от 4,7 до 83 м. Всего отобрано и обработано из поверхностного и придонного слоев воды 72 проба-комплекса ЛМЗОС г.Ялты и 64 проба-комплекса СО ГОИН.

Концентрация **взвешенных веществ** (ВВ) изменялась в диапазонах 1,7-2,8 мг/дм³ в районе выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза (район III-1), 2,1-3,5 мг/дм³ в Ялтинском заливе (район III-2), 1,6-2,9 мг/дм³ в Алуштинском заливе (район III-3), 1,7-4,8 мг/дм³ в Феодосийском заливе (район III-4) и 1,6-4,3 мг/дм³ на траверзе горы Опук (район III-5).

На взморье ЮБК в мае в районе Карадага (район III-4) 90 % отобранных проб содержали **НУ** в концентрации превышавшей ПДК в 1-5 раз. Среднее содержание составило 0,09 мг/дм³ (1,8 ПДК). В августе загрязнение вод в Феодосийском заливе (район III-4) снизилось до 0,04 мг/дм³ (0,8 ПДК), уровня ПДК достигали только 25 % отобранных проб. Также в летний период в районе выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза (район III-1) половина отобранных проб имела нефтяное загрязнение до 0,05 мг/дм³ (1 ПДК), в Ялтинском заливе (район III-2) загрязнение поверхностных вод достигало 0,14 мг/дм³ (2,8 ПДК), а загрязнение придонных вод в районе выпуска КОС Гурзуфа – 0,20 мг/дм³ (4,0 ПДК). Воды поверхностного горизонта на всех станциях в Алуштинском заливе (район III-3) содержали НУ в концентрации 0,08-0,12 мг/дм³ (до 2,4 ПДК). Среднее содержание НУ в Ялтинском и Алуштинском заливах составило 0,07 мг/дм³ (1,4 ПДК) Загрязнение вод на траверзе горы Опук (район III-5) было незначительным, максимальная концентрация не превышала 0,03 мг/дм³. Загрязнение вод акватории п. Ялта (район III-2) НУ, как и в предыдущие годы, было незначительным. В январе и апреле содержание их в поверхностных водах достигало 0,09 и 0,35 мг/дм³ (1,8 и 7,0 ПДК) соответственно, в феврале фиксировалось нефтяное загрязнение придонных вод до 0,13 мг/дм³ (2,6 ПДК). В остальной период уровень загрязнения вод не превышал нижнего предела количественного определения (0,02 мг/дм³).

В прибрежных районах ЮБК среднее содержание **АПАВ** было менее ПДК за исключением района выпусков КОС Фороса и КОС Симеиза (район III-1), где большая часть отобранных проб содержала детергенты 120-140 мкг/дм³ (Рис. 3.4). В остальных прибрежных акваториях ЮБК превышение ПДК по АПАВ встречалось в единичных пробах в концентрации до 120-160 мкг/дм³ и среднее содержание составило в Ялтинском и Алуштинском заливах (районы III-2 и III-3) 90 мкг/дм³, в Феодосийском заливе и на траверзе горы Опук (районы III-4 и III-5) 68 мкг/дм³. Загрязнение вод акватории порта Ялта (район III-2) АПАВ на

протяжении года было ниже ПДК (100 мкг/дм³). Максимальная концентрация не превышала 14 мкг/дм³, за исключением января, когда в придонных водах было зафиксировано 21 мкг/дм³, и августа, когда в поверхностных водах уровень загрязнения вод детергентами достигал 94 мкг/дм³. В целом среднее за год содержание АПАВ в портовых водах немного возросло (до 10 мкг/дм), вернувшись к уровню 2017 г.

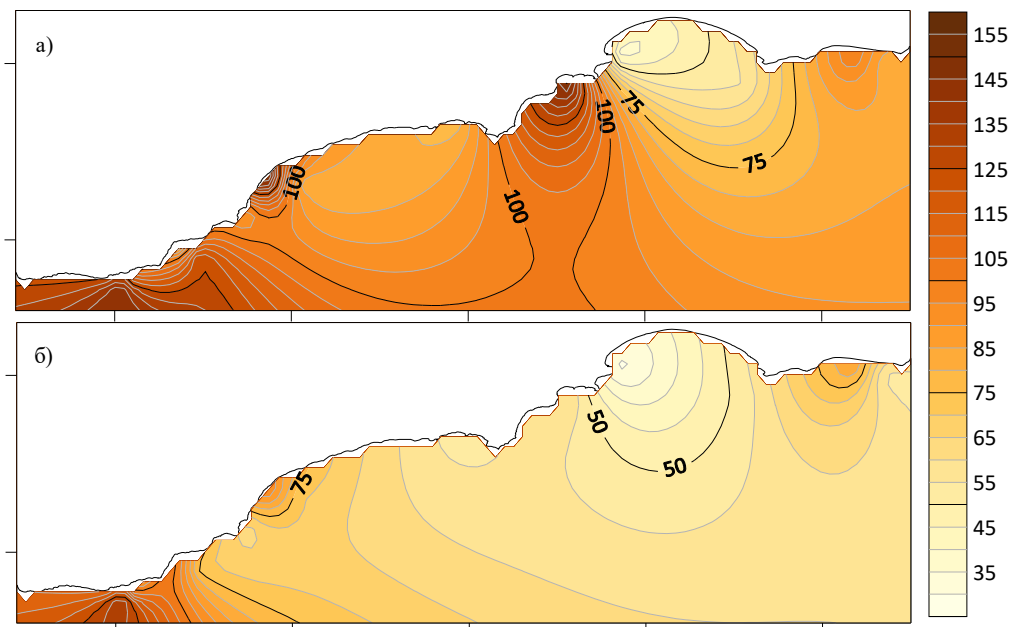


Рис. 3.4. Распределение концентрации АПАВ (мкг/дм³) у побережья ЮБК на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в августе 2021 г.

Концентрация **фенолов** (сумма), как и в предыдущие годы, была ниже предела количественного определения.

Мониторинг уровня загрязнения морских вод **ХОП** проводился только в акватории порта Ялта (район III-2). Присутствие таких соединений, как α - и γ -ГХЦГ, ДДТ, ДДД, ДДЭ и ГПХ в водах указанной акватории отмечалось в течение года. Как и в предыдущие годы, все пробы содержали ГПХ в концентрации от 0,6 до 4,0 нг/дм³ (ПДК_{ХОП}=10 нг/дм³). Среднегодовое содержание показателя снизилось до 2,14 нг/дм³ в сравнении с 2019 и 2020 гг. (4,96 нг/дм³ и 6,66 нг/дм³ соответственно). Возросло присутствие ДДТ и его метаболитов. Так 75 % отобранных проб были загрязнены ДДД и 58 % отобранных проб были загрязнены ДДЭ. Максимальная концентрация их соответственно достигала 12,6 и 3,4 нг/дм³ (1,3 и 0,3 ПДК). Присутствие ДДТ зафиксировано в трех пробах (до 0,9 нг/дм³). Среднее за год содержание возросло до 0,1 нг/дм³ для ДДТ, 0,8 нг/дм³ для ДДЭ и 2,4 нг/дм³ для ДДД. С января по май фиксировалось загрязнение вод α -ГХЦГ, максимальная концентрация достигала 1,8 нг/дм³ (0,2 ПДК). γ -ГХЦГ и альдрин обнаружены только в

июле, но концентрация их в придонных водах достигала 20,7 и 19,2 нг/дм³ соответственно, что вдвое выше ПДК. Динамика максимальных значений концентрации для наиболее часто выявляемых пестицидов показана на рисунке 3.5.

Присутствие **ПХБ** не зафиксировано.

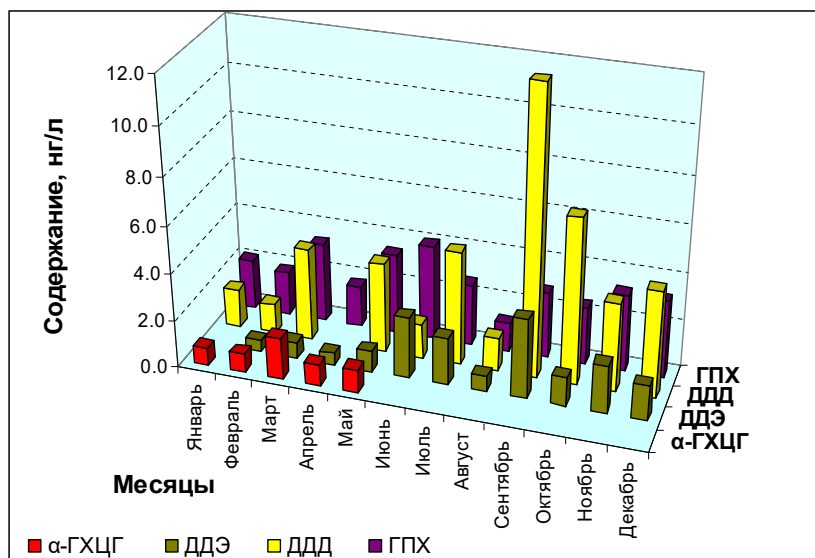


Рис. 3.5. Сезонное изменение максимального содержания пестицидов в водах акватории порта Ялта в 2021 г.

Содержание всех форм **азота** было значительно ниже соответствующих ПДК. Поверхностные воды в основном содержали азота больше, чем придонные (Рис. 3.6.). На взморье ЮБК максимальная концентрация **общего азота** (1070 мкг/дм³) была зафиксирована в августе в поверхностных водах района выпуска КОС Симеиза (район III-1). В остальных районах содержание его распределялось достаточно равномерно, изменяясь от 250 до 770 мкг/дм³. Концентрация общего азота в водах акватории порта Ялта (район III-2) изменялась в пределах от 430 до 1960 мкг/дм³ в поверхностном слое и от 190 до 1530 мкг/дм³ в придонном (Рис. 3.7). Внутригодовая динамика среднего содержания общего азота в портовых водах в слое поверхность-дно характеризовалась некоторым ростом от 1130 мкг/дм³ в январе до 1400 – 1600 мкг/дм³ в апреле, июне – августе с последующим значительным снижением к декабрю до 310 мкг/дм³. Резкое снижение концентрации в мае и сентябре (до 520 и 410 мкг/дм³ соответственно) связано с ростом потребления азота в процессе сезонной вегетации. Среднее за год содержание в водах порта (1060 мкг/дм³) возросло в сравнении с 2019 г. в 1,7 раза.

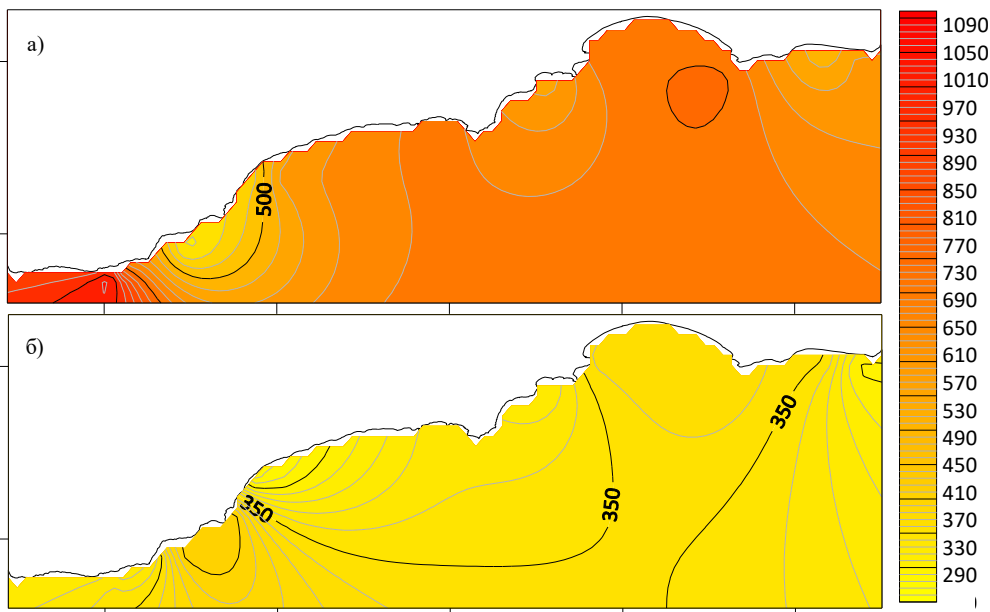


Рис. 3.6. Распределение концентрации общего азота ($\mu\text{кг}/\text{дм}^3$) у побережья ЮБК на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в августе 2021 г.

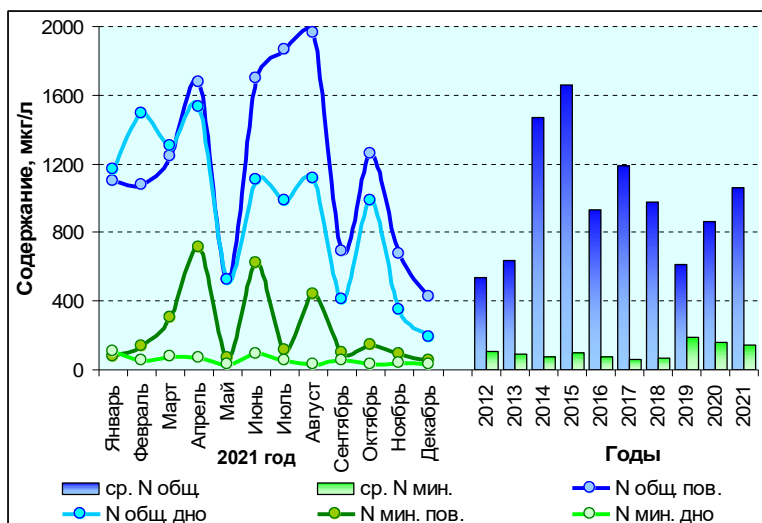


Рис. 3.7. Сезонное (2021 г.) и межгодовое изменение среднего содержания общего и суммы минерального азота в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта.

В прибрежных водах ЮБК концентрация **нитритного азота** не превышала $6 \mu\text{кг}/\text{дм}^3$. Содержание **нитратного азота** в мае на взморье Карадага (район III-4) достигало $45 \mu\text{кг}/\text{дм}^3$ в поверхностных водах и $69 \mu\text{кг}/\text{дм}^3$ у дна, а в августе во всех районах было ниже $17 \mu\text{кг}/\text{дм}^3$. Максимальная концентрация **аммонийного азота** ($190 \mu\text{кг}/\text{дм}^3$) зафиксирована в августе в поверхностных водах района выпуска КОС Симеиза (район III-1). В Ялтинском заливе (район III-2) содержание его

изменялось в диапазоне от 10 до 68 мкг/дм³, в Алуштинском заливе (район III-3) – от 13 до 73 мкг/дм³, в Феодосийском заливе (район III-4) – от 11 до 115 мкг/дм³, на траверзе горы Опук (район III-5) – от 18 до 80 мкг/дм³. Концентрация неорганического азота в акватории порта Ялта (район III-2) изменялась в диапазонах: 1 – 12 мкг/дм³ для нитритного, 1 – 16 мкг/дм³ для аммонийного и 8 – 690 мкг/дм³ для нитратного азота. Среднегодовое содержание минеральных форм в портовых водах соответственно составило 4, 9 и 130 мкг/дм³ и в сравнении с предыдущим периодом для нитратного и нитритного азота осталось на прежнем уровне, а для аммонийного азота снизилось почти втрое.

Общее содержание **фосфора** на взморье ЮБК в среднем составляло 5-12 мкг/дм³, максимальная концентрация не превышала 11-19 мкг/дм³. И только в акватории порта Ялта (район III-2) общее содержание фосфора достигало максимальных значений 170 и 90 мкг/дм³ соответственно в августе в поверхностных водах и в октябре в придонных водах. В портовых водах, как показано на рисунке 3.8, содержание общего фосфора в отличие от содержания общего азота имело тенденцию роста, увеличиваясь по средним за месяц значениям от 32 мкг/л в январе до 100-120 мкг/дм³ в августе, октябре и ноябре. Концентрация **фосфатного фосфора** в прибрежных водах ЮБК не превышала 5 мкг/дм³. В Ялтинском заливе и акватории порта Ялта (район III-2) максимальное содержание достигало соответственно 32 и 48 мкг/дм³, что меньше ПДК (50 мкг/дм³). Среднегодовое содержание общего и фосфатного фосфора в портовых водах продолжило тенденцию роста и в слое поверхность-дно составило 78 и 16 мкг/дм³ соответственно.

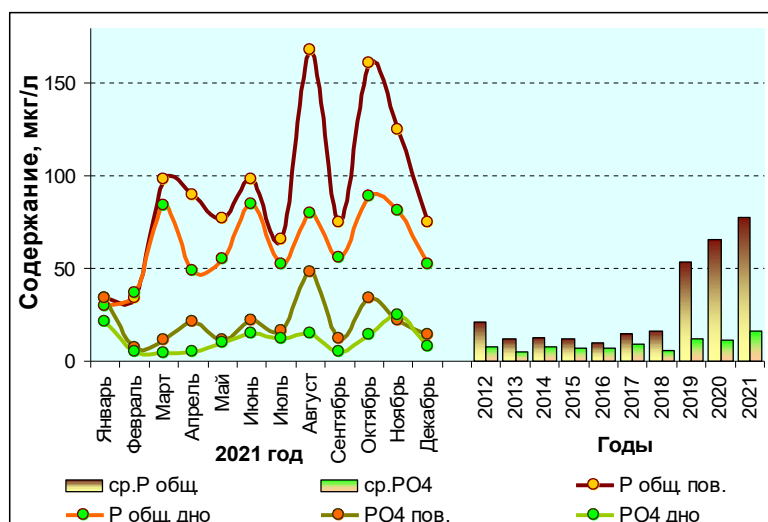


Рис. 3.8. Сезонное (2021 г.) и межгодовое изменение содержания фосфора в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта.

В прибрежных водах ЮБК среднее содержание **кремния** на поверхностном горизонте составило 2-6 мкг/дм³, у дна – от до 9-37 мкг/дм³, достигая по максимальным значениям концентрации 68 мкг/дм³ в районе выпуска КОС Симеиза (район III-1) и 100 мкг/дм³ в Ялтинском заливе (район III-2). В акватории порта Ялта (район III-2) поверхностные воды содержали значительно больше кремния, чем придонные. Концентрация его изменялась в диапазонах 49-1220 мкг/дм³ у поверхности и 33-190 мкг/дм³ у дна (Рис. 3.9.). Внутригодовая динамика среднемесячного содержания в слое поверхность-дно характеризовалась увеличением от 150 мкг/дм³ в январе до 640 мкг/дм³ в августе с последующим снижением до 78 мкг/дм³ в декабре. Среднее за год содержание кремния в водах порта (200 мкг/дм³) оставаясь на уровне прошлого года, было минимальным за последнее десятилетие.

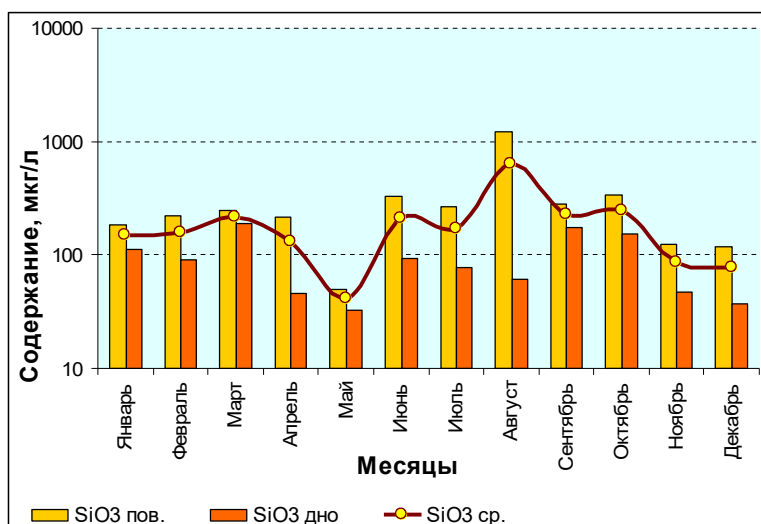


Рис. 3.9. Сезонное изменение содержания кремния в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта в 2021 г.

Аэрация прибрежных вод ЮБК соответствовала сезонным нормам. Содержание растворенного кислорода в поверхностных водах превышало величину теоретической растворимости газа на 2-21 % насыщения. В придонных водах содержание кислорода также было достаточно высоким, снижаясь до 80-85 % насыщения только в глубоководных районах (Рис. 3.10). Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной (Рис. 3.11). Насыщение поверхностных вод **растворенным кислородом** достигало или незначительно превышало 100 % рубеж (до 109 % насыщения) только в единичных пробах в сентябре и ноябре. Придонные воды достигали насыщения растворенным кислородом с февраля по июнь и в октябре. По среднемесячным значениям в слое поверхность-дно дефицит кислорода достигал 14 % насыщения. По абсолютным значениям содержание его

варьировало в пределах 5,29 - 9,69 мгО₂/дм³ на поверхности и 6,59 – 10,76 мгО₂/дм³ у дна. Как показано на рисунке 3.11, дефицит растворенного кислорода в акватории порта Ялта был более выражен в поверхностном слое. Среднегодовое содержание его в 2021 г. немного возросло, достигнув 8,38 мгО₂/дм³ или 92 % насыщения.

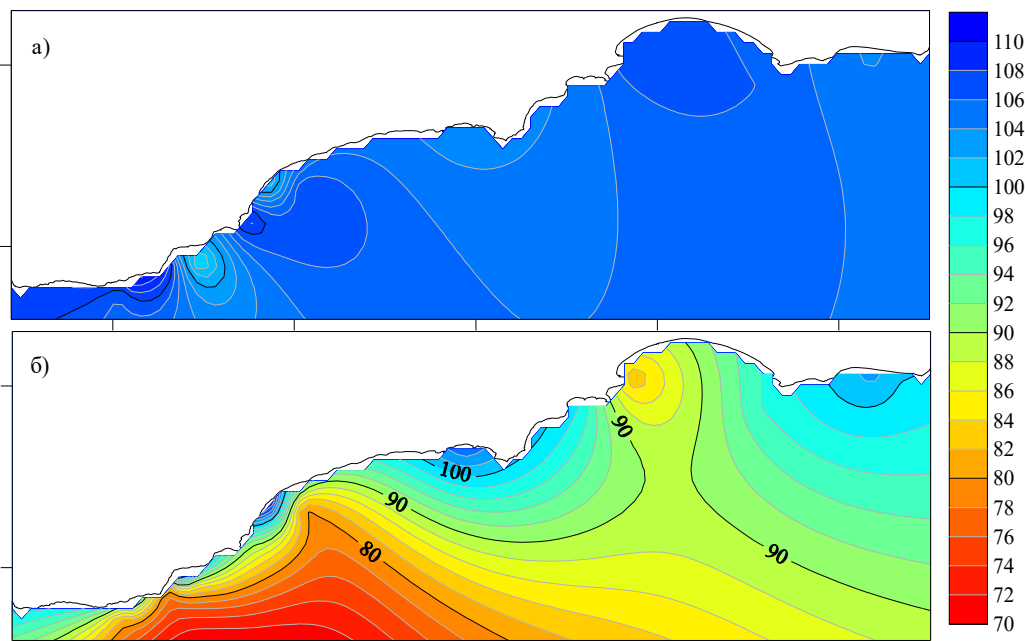


Рис. 3.10. Распределение концентрации растворенного кислорода (% нас.) у побережья ЮБК на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в августе 2021 г.

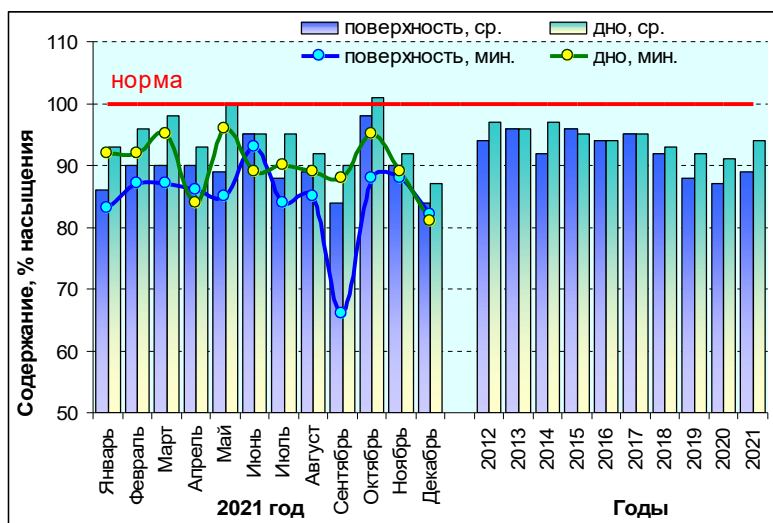


Рис. 3.11. Сезонное (2021 г.) и межгодовое изменение среднего и минимального содержания растворенного кислорода в водах акватории порта Ялта.

Величина БПК_5 фиксировалась в пределах $0,12-3,19 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Среднее по выделенным районам значение БПК_5 в поверхностных водах у берегов Крыма изменялось от $1,48 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ($0,7 \text{ ПДК}$) в Ялтинском заливе (район III-2) до $2,52 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ($1,2 \text{ ПДК}$) у южной оконечности Крымского полуострова (район III-1). Как показано на рисунке 3.12, превышение допустимого уровня по показателю ($\text{ПДК}=2,1 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) отмечено в августе в районе выпуска КОС Симеиза ($3,15 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) и в Феодосийском заливе ($3,19 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$). В придонных водах значение БПК_5 в мае не превышало $1,57-1,59 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, в августе – $1,43 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Максимум наблюдался на трассе горы Карадаг.

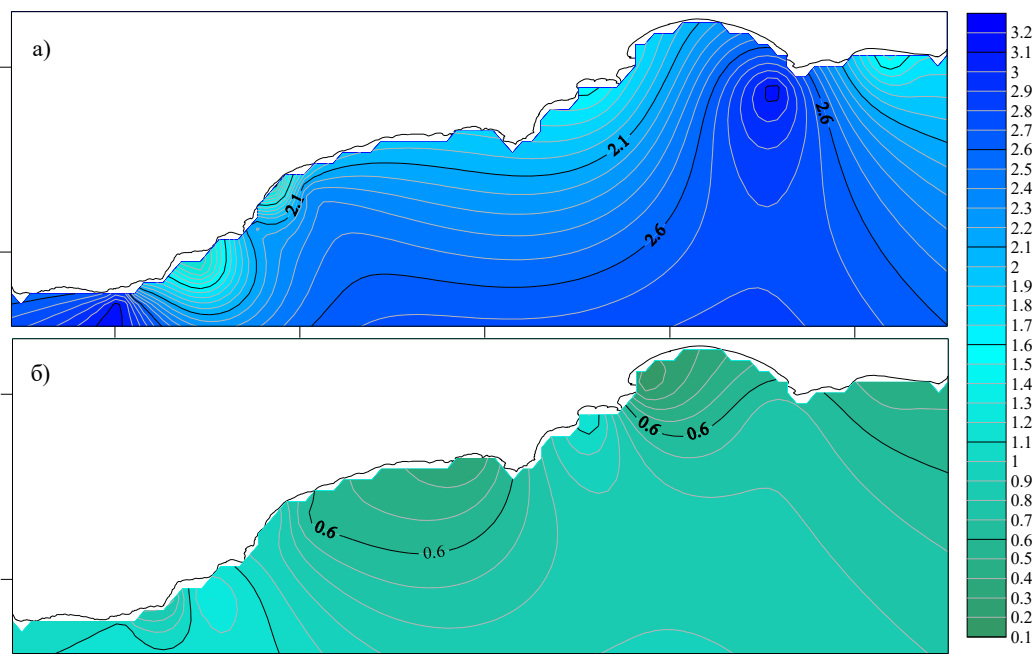


Рис. 3.12. Распределение величин БПК_5 ($\text{мгО}_2/\text{дм}^3$) у побережья ЮБК на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах в августе 2021 г.

Таблица 3.3. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Севастопольская бухта	НУ	0,021	0,42	0,061	1,22	0,04	0,80
		0,10	2,00	0,40	8,00	0,60	12,00
	СПАВ	15,4	0,15	28,8	0,29	44	0,44
		44	0,44	53	0,53	120	1,20
	Аммонийный Азот N-NH ₄	59	0,03	96,1	0,04	42	0,01
		103	0,05	260	0,12	120	0,04
Нитритный Азот N-NO ₂	0,9	0,04	4,3	0,18	5	0,21	
	16,6	0,69	9,3	0,39	13	0,54	

	Фосфаты P-PO ₄	2	0,04	13	0,26	9	0,18	
		9	0,18	62	1,24	30	0,60	
	БПК ₅	1,71	0,81	2,06	0,98	1,94	0,92	
		3,33	1,59	4,20	2,00	7,09	3,38	
	Растворенный кислород	9,08		8,71		9,57		
		5,68	0,95	4,34	0,72	8,01		
	Севастопольс кое взморье	НУ	0,006	0,12	0,035	0,70	0,04	0,08
			0,10	2,00	0,300	6,00	0,13	2,6
		СПАВ	15	0,15	30,9	0,31	75	0,75
			48	0,48	108	1,08	202	2,02
Аммонийный Азот N-NH ₄		52	0,02	90,7	0,04	28		
		272	0,12	296	0,13	163		
Нитритный Азот N-NO ₂		0,52	0,02	3,31	0,14	1	0,04	
		12	0,50	21,2	0,88	7	0,29	
Фосфаты P-PO ₄						6	0,12	
						69	1,38	
БПК ₅			1,34	0,64	1,66	0,79		
			5,49	2,61	6,91	3,29		
Растворенный кислород	9,14		9,37		9,51			
	6,64		5,37	0,90	6,14			
Акватория п. Ялта	НУ	0,015	0,30	0,003	0,06	<0,05	<1	
		0,19	3,80	0,08	1,60	0,35	7,00	
	СПАВ	2	0,02	3,4	0,03	10	0,10	
		12	0,12	17	0,17	94	0,94	
	Фенол	0		0		0		
		0		0		0		
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,14	0,01	0,08	<0,01	0,86	<0,09	
		1,33	0,13	0,73	0,07	20,74	2,07	
	α-ГХЦГ	0,06	<0,0 1	0		0,33	0,03	
		0,65	0,07	0		1,75	0,18	
ДДТ	0,11	0,01	0		0,10	0,01		
	2,06	0,21	0		0,92	0,09		
ДДЭ	0,18	0,02	0,20	0,02	0,84	0,08		
	2,85	0,29	1,16	0,12	3,37	0,34		
ДДД	1,92	0,19	1,34	0,13	2,44	0,24		
	11,06	1,11	4,82	0,48	12,61	1,26		
Альдрин	0		0		1,44	0,14		
	0		0		19,20	1,92		
Гептахлор	4,96	0,50	6,70	0,67	2,14	0,21		
	12,92	1,29	18,34	1,83	4,02	0,40		
ПХБ	0		1,51	0,15	0			
	0		7,19	0,72	0			
Аммонийный азот N-NH ₄	24	0,01	24,8	0,01	9	<0,01		
	104	0,05	69	0,03	16	<0,01		
Нитритный азот N-NO ₂	4	0,17	2,4	0,10	4	0,17		
	15	0,63	5,3	0,22	12	0,50		

	Фосфаты	11,7	0,23	10,9	0,22	16	0,32
	P-PO ₄	27,0	0,54	24,0	0,48	48	0,96
	Растворенный	8,20		7,99		8,38	
	кислород	5,44	0,91	5,87	0,98	5,29	0,88

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

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

3.3. Качество черноморских вод у берегов Крыма

Результаты расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученные на основе осредненных за сопоставимые периоды наблюдений и приведенных к ПДК величин концентрации приоритетных для каждого из районов мониторинга загрязняющих веществ и растворенного в воде кислорода, позволяют сравнить качество вод различных участков побережья Крыма. Как показано в таблице 3.2, в 2021 г. черноморские воды в акватории п. Ялта оставались «чистыми» (II ККВ), в Севастопольской бухте классифицировались как «грязные» (IV ККВ). Межгодовое изменение величины ИЗВ показано на рисунке 3.13.

Кислородный режим бухты в целом был в пределах нормы. Дефицит растворенного кислорода в поверхностных водах не превышал 10 %, в придонных – 11 % насыщения. В восточной части Севастопольской бухты (район Инкермана) и в бухты Южная дефицит кислорода достигал 2-8 %, и среднее содержание соответственно составило 9,96 и 8,79 мгО₂/дм³ (99-98 % насыщения) при диапазоне концентрации 8,43-11,78 мгО₂/дм³. Воды остальной части акватории были достаточно хорошо насыщены кислородом (103 % насыщения), концентрация которого составила 8,01-10,54 мгО₂/дм³. Аэрация вод акватории порта Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной. Дефицит растворенного кислорода в акватории порта Ялта был более выражен в поверхностном слое. По среднемесячным значениям в слое поверхность-дно дефицит кислорода достигал 14 % насыщения. Среднегодовое содержание его в 2021 г. немного возросло, достигнув 92 % насыщения. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали ПДК. Ухудшение качества вод Севастопольской бухты обусловлено ростом величины БПК₅ и концентрации микроэлементов (табл. 3.2).

Таблица 3.2. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2019-2021 гг.

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	ККВ	ИЗВ	ККВ	ИЗВ	ККВ	
Севастопольская бухта	0,48	II	1,26	IV	1,33	IV	свинец 2,6; цинк 1,18; БПК ₅ 0,92; O ₂ 0,63
Севастопольское взморье	0,44	II	0,85	III	1,12	III	медь 2,22; железо 0,82; НУ 0,8; O ₂ 0,63
Севастопольское взморье (без бухт)					0,77	III	БПК ₅ 1,03; СПАВ 0,76; НУ 0,6; O ₂ 0,68
Бухты южного взморья Севастополя					1,11	III	медь 2,22; железо 0,82; БПК ₅ 0,81; O ₂ 0,60
Акватория п. Ялта	0,44	II	0,45	II	0,37	II	P-PO ₄ 0,32; ДДД 0,24; ГПХ 0,21; O ₂ 0,72

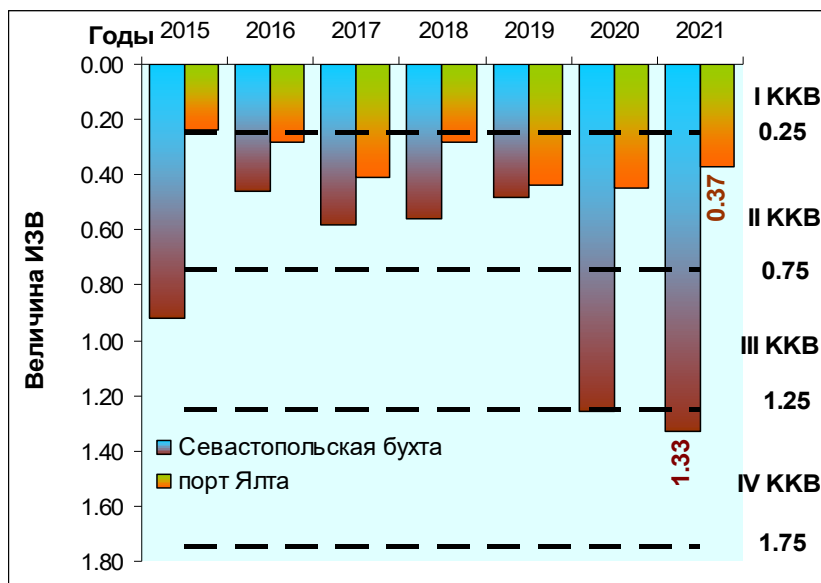


Рис. 3.13. Многолетнее изменение величины индекса загрязненности вод (ИЗВ) морских акваторий у берегов Крыма.

3.4. Загрязнение прибрежных вод Кавказа

В рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГСН) мониторинг водной среды на прибрежных участках шельфа в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе осуществлялся Устьевой ГМС Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк) (рис. 3.11). Всего в период с марта по сентябрь было выполнено 4 съемки

и отобрано 96 проб. Пробы воды отбирались из приповерхностного слоя на прибрежных станциях с использованием маломерного НИС «Росгидромет-17» (проект NS18 RGM, длина 18 м, грузоподъемность 3,5 т). В состав наблюдений входило определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S‰, хлорность, водородный показатель pH, растворенный кислород O₂ методом Винклера, щелочность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO₄, аммонийного азота, нитритов NO₂ и силикатов SiO₃) и загрязняющих веществ - НУ, СПАВ, пестицидов и растворенной в воде ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производилась четырёххлористым углеродом. Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом на приборе КН-2 (концентратомер). Определение концентрации ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

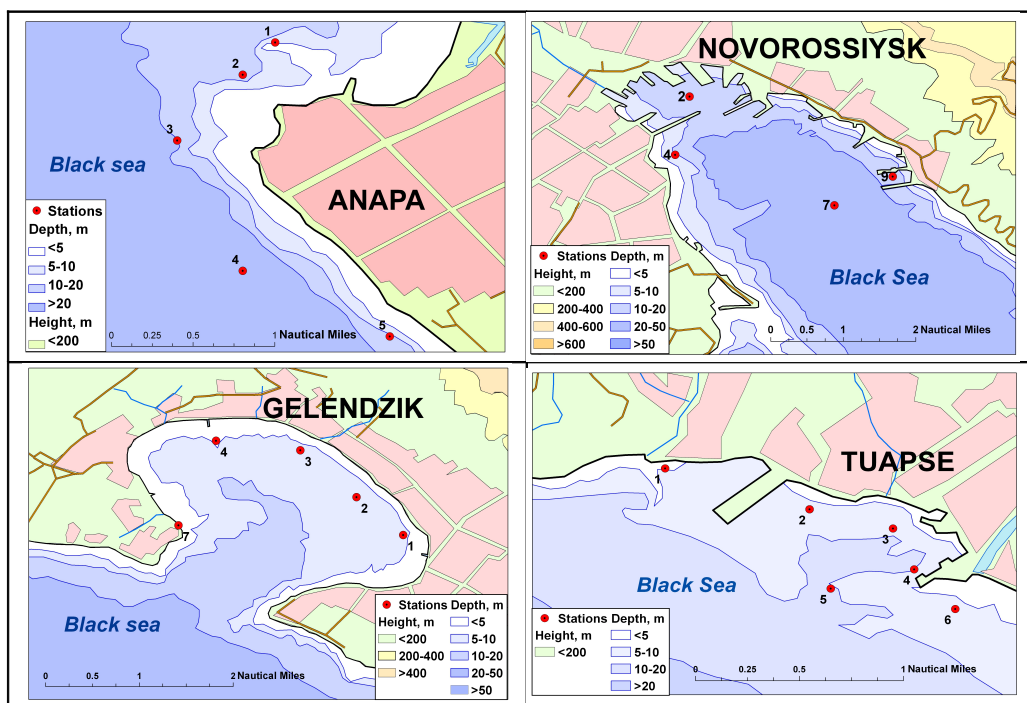


Рис. 3.11. Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2021 г. (У Кубанская).

Анапа. В 2021 г. в районе г. Анапа исследования проводилась на 5 станциях с глубинами 6–22 м. Всего в период с марта по сентябрь было отобрано и проанализировано из поверхностного слоя 24 пробы воды. В период наблюдений соленость изменялась в широком диапазоне 16,80–19,11‰. Минимальная соленость была отмечена в сентябре, максимальная - в апреле. Средняя за год величина была несколько выше прошлогодней и составила 17,93‰ (17,63‰ - в 2020 г.); хлорность изменялась в пределах 9,93–10,58‰. Температура воды варьировала от

8,0°С в апреле до 24,0°С в середине сентября. Значение водородного показателя рН изменялось в диапазоне 8,13–8,60, общей щелочности – 2,905–3,468 мг-экв/дм³. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2021 г.

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

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

В течение года содержание минерального **фосфора** варьировало от аналитического нуля до 3,60 мкг/дм³. Для прибрежной акватории г. Анапы среднегодовая концентрация неорганического фосфора осталась практически на уровне прошлого года. Для всех других районов северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация фосфатов оказалась ниже прошлогодней (рис. 3.12). В районе Туапсе концентрация P-PO₄ уменьшилась с 11,04 до 2,80 мкг/дм³, в акватории Новороссийска уменьшилась с 2,65 до 1,60 мкг/дм³, и с 2,83 до 1,80 мкг/дм³ в районе Геленджика. Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию повышения среднего содержания фосфатов в прибрежных водах. До некоторой степени это обусловлено значительным (в 3–4 раза) скачком значений у Анапы, Новороссийска и Геленджика в 2015 г. Спад в следующем году продолжился увеличением среднегодовой и максимальной концентрации в 2017-2018 гг., что в целом соответствовало многолетней тенденции накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья. Однако последние три года показывают существенное снижение уровня содержания минерального фосфора в прибрежных водах Кавказа.

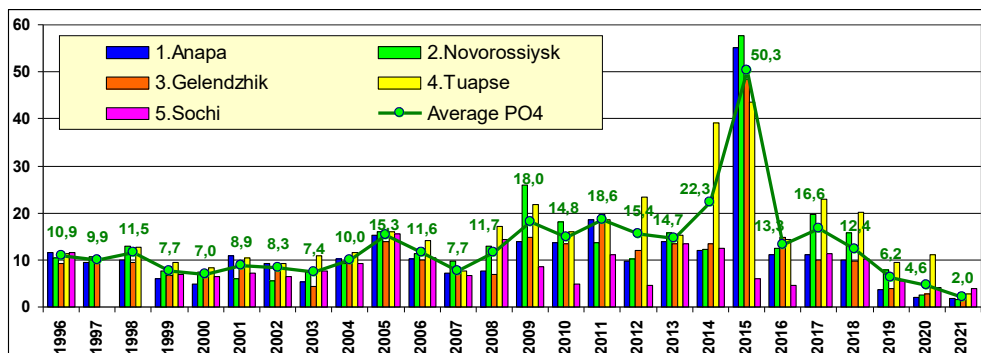


Рис. 3.12. Средняя концентрация неорганического фосфора P-PO₄ (фосфаты, мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996-2021 гг.

Максимальная концентрация фосфатов в районе г. Анапы оказалась ниже прошлогодней и составила 3,6 мкг/дм³, что ниже величины ПДК (рис. 3.13). Также ниже уровня ПДК оказалась величина максимальной концентрации фосфатов в прибрежной акватории Геленджика и Новороссийска - 3,6 и 4,4 мкг/дм³ соответственно. По сравнению с 2020 г. существенно, в 4,0 раза, снизилась максимальная концентрация минерального фосфора в прибрежных районах Туапсе - с 49,2 мкг/дм³ до 12,4 мкг/дм³. Многолетняя динамика демонстрирует практически экспоненциальный рост максимального содержания минерального фосфора на Кавказском побережье Черного моря за последние десять лет. Однако с 2019 г. отмечено существенное снижение значений в северной части побережья.

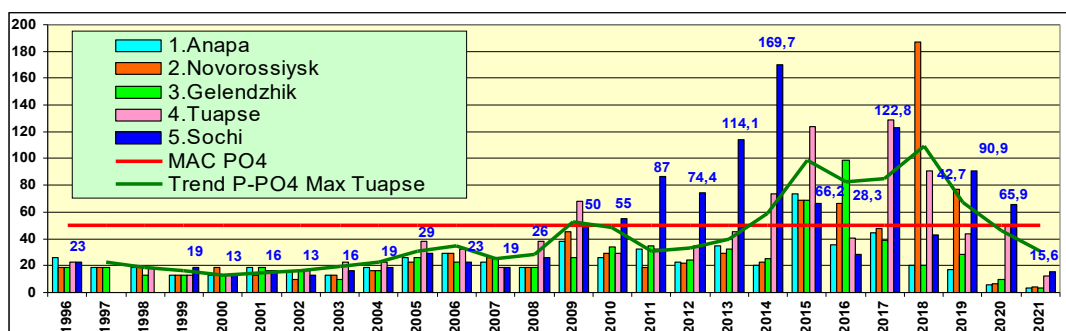


Рис. 3.13. Максимальная концентрация неорганического фосфора P-PO₄ (фосфаты, мкг/дм³) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996-2021 гг.

Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация кремния изменялась от 29,5 мкг/дм³ в апреле до 297,0 мкг/дм³ в июле. Содержание аммонийного азота варьировало в диапазоне 90,0-131,0 мкг/дм³. Величина содержания нитритного азота изменялась от 1,40 мкг/дм³ до 5,20 мкг/дм³ и в среднем составляла 3,56 мкг/дм³ (0,15 ПДК).

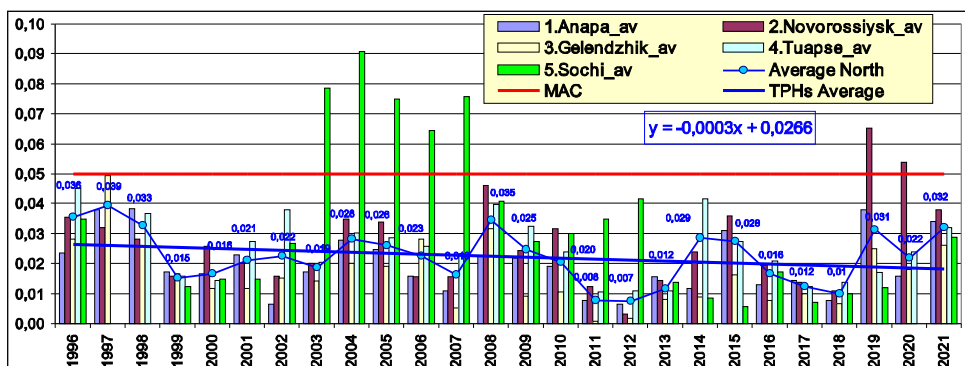


Рис. 3.14. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Кавказа в 1996-2021 гг. Сокращения: Average North – средняя величина в северной части Кавказского побережья; MAC – предельно допустимая концентрация; Trend Average North – тренд концентрации НУ в северной части побережья.

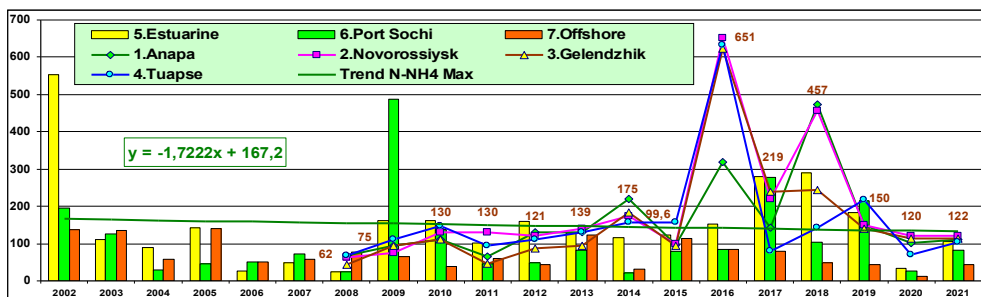
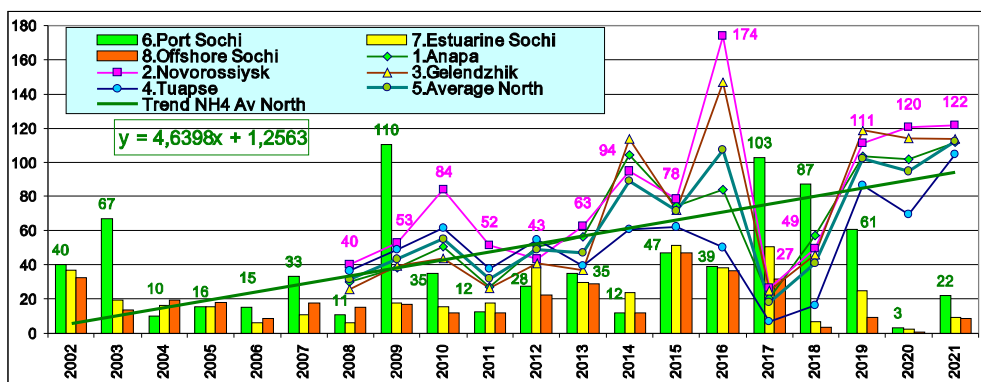


Рис. 3.15. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация аммонийного азота N-NH_4 ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2021 гг.

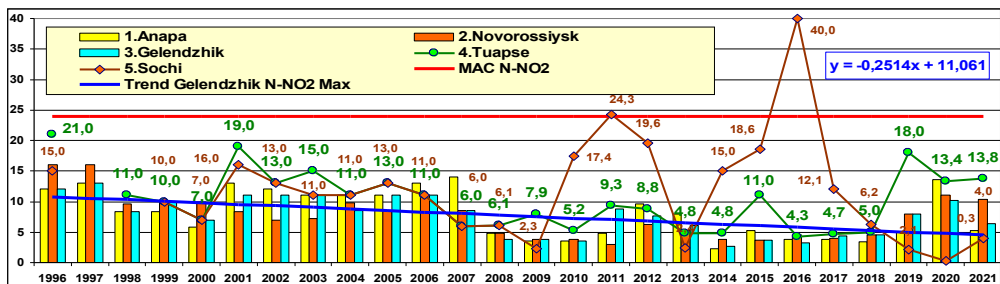
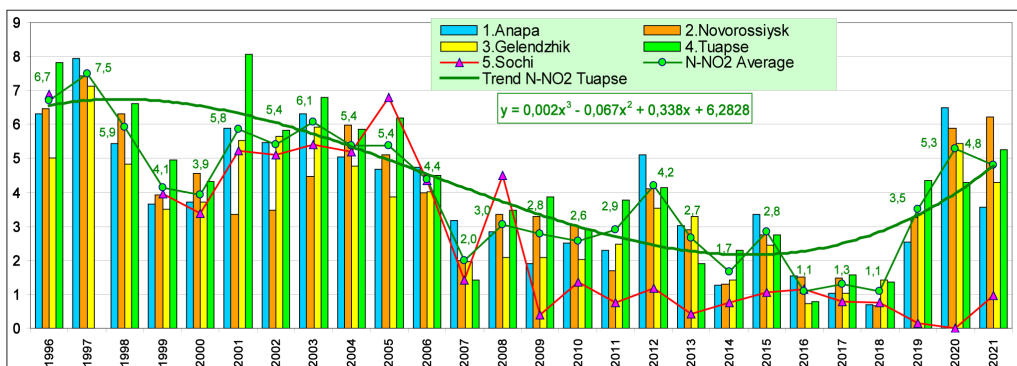


Рис. 3.16. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота N-NO₂ (мкг/дм³) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2021 гг.

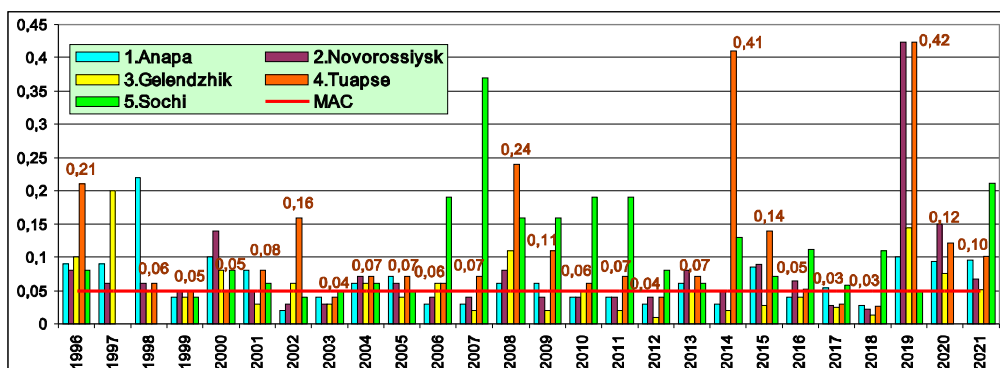


Рис. 3.17. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм³) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996-2021 гг. Сокращения: MAC – предельно допустимая концентрация.

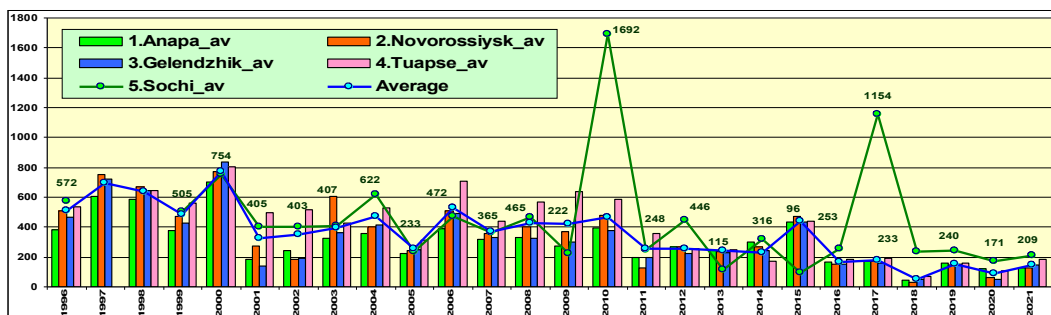


Рис. 3.18а. Средняя концентрация кремния ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996-2021 гг.

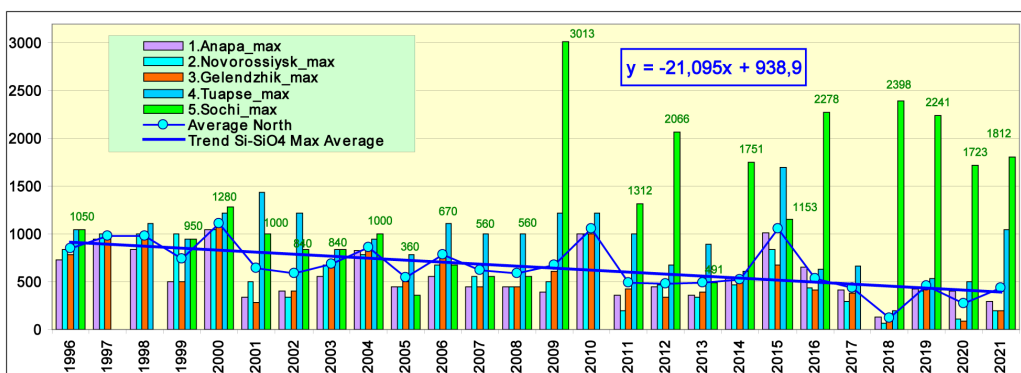


Рис. 3.18б. Максимальная концентрация кремния ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996-2021 гг. Экстремальные значения 2010 и 2017 гг. в районе Адлер-Сочи – 11264 и 9540 $\mu\text{г}/\text{дм}^3$ соответственно, вынесены за рамки рисунка.

Район Сочи-Адлер. В 2021 г. Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗС) специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ, г. Сочи) в прибрежной зоне Сочи – Адлер были проведены 4 гидрохимические съемки 15 января, 27 мая, 23 июля и 23 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 прибрежные станции в устье ручья Малый (IV) и устье реки Хоста (V) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р. Хоста

(VI). В районе Адлера одна станция (VII) также расположена на мелководье (глубина 6 м) немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 370 м).

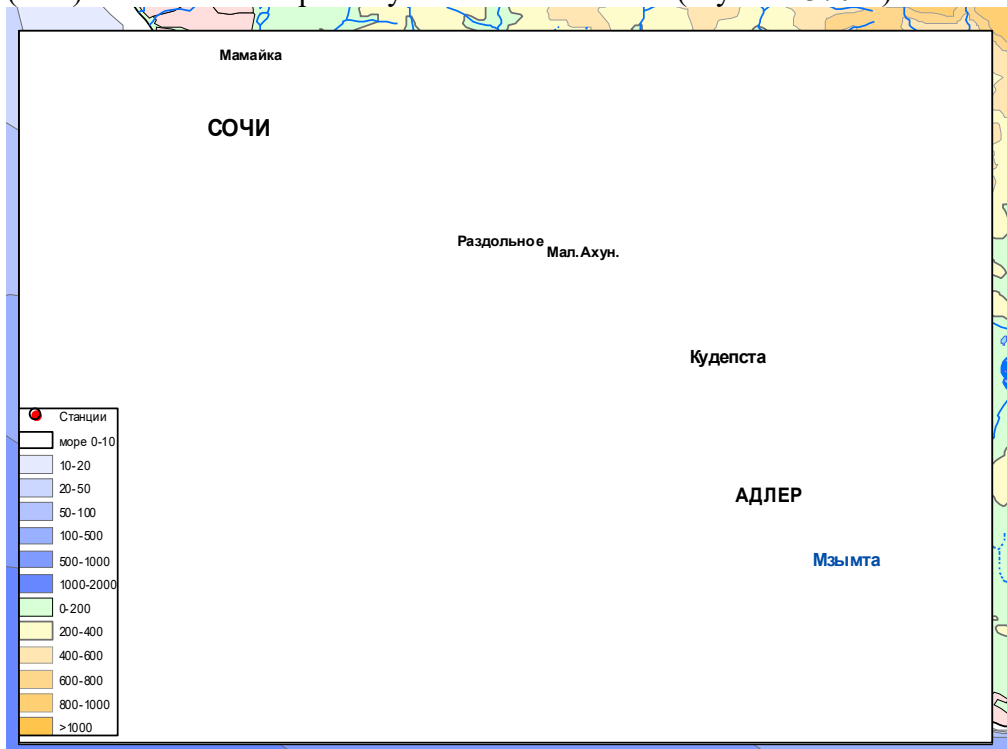


Рис. 3.19. Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи – Адлер в 2021 г. Станция VIII расположена на траверсе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

Пробы воды отбирались батометрами на мелководных станциях из поверхностного и придонного слоев, на глубоких станциях – со стандартных гидрологических горизонтов 0, 10, 25 и 50 м. Максимальная глубина отбора проб составила 70 м. В комплекс гидрохимических наблюдений вошло определение следующих параметров: температура, соленость, хлорность, щелочность, рН, окислительно-восстановительный потенциал морской воды, электропроводность, концентрация взвешенных веществ, растворенного в воде кислорода, аммонийного, нитритного, нитратного и общего азота, фосфатов и общего фосфора, силикатов. На борту судна производилась экстракция нефтяных углеводородов четырёххлористым углеродом и СПАВ хлороформом, консервация проб на определение металлов – свинца, ртути, железа. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2020 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера - 24 пробы, у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 816 анализов.

Таблица 3.8. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в

Сочи – Адлер	НУ	0,012 0,047	0,25 0,94	0,012 0,077	0,23 1,54	0,0265 0,212	0,53 4,24
	СПАВ	0,0 0,0	0,0 0,0	0,0 0,0	0,132 0,480	4,80	1,32
	Аммонийный азот*	23,5 213,8	<0,1 0,1	1,69 32,78	<0,01 0,01	10,88 106,28	<0,01 0,05
	Нитритный азот	0,14 2,06	<0,01 0,1	0,01 0,27	<0,01 0,01	0,96 4,03	0,04 0,17
	Фосфаты	5,57 90,94	0,11 1,82	4,28 65,86	0,09 1,35	3,83 15,58	0,08 0,31
	Железо	16,8 47,0	0,34 0,94	12,1 65,3	0,24 1,31	17,5 40,0	0,35 0,80
	Свинец	3,2 16,8	0,32 1,68	2,42 13,3	0,24 1,33	0,91 21,2	0,09 2,12
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	1,78 3,50	0,85 1,67	1,27 4,20	0,60 2,00	1,88 4,60	0,90 2,19
	Взвешенные вещества	1,75 7,90	0,18 0,79	0,83 7,5	0,08 0,75	1,93 35,00	0,19 3,50
	Кислород	7,69 5,00	0,83	7,37 4,80	0,80	7,92 6,10	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фосфатов, аммонийного и нитритного азота, АПАВ, 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.
3. Аммонийный азот* - использовано значение ПДК в пересчете на азот (2256 мкгN/дм³).

Таблица 3.7. Оценка качества вод Кавказского побережья Черного моря в 2018-2021 гг.

Районы и подрайоны	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Среднее значение ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,38	II	0,31	II	0,54	II	НУ 0,69; Hg 0,13; Fe 0,71; O ₂ 0,64
2. Новороссийск	0,54	II	0,51	II	0,61	II	НУ 0,76; NO ₂ 0,26; Fe 0,77; O ₂ 0,65
3. Геленджик	0,35	II	0,32	II	0,50	II	НУ 0,52; Hg 0,12; Fe 0,68; O ₂ 0,66
4. Туапсе	0,32	II	0,24	II	0,53	II	НУ 0,64; Hg 0,12; Fe 0,71; O ₂ 0,67
5. Район Сочи – Адлер	0,57	II	0,47	II	0,88	III	НУ 0,53; Det 1,32; БПК ₅ 0,90; O ₂ 0,76
5.1. Акватория порта Сочи	0,56	II	0,54	II	0,95	III	НУ 0,64; Det 1,51; БПК ₅ 0,88; O ₂ 0,77
5.2. Устья рек Сочи, Хоста,	0,52	II	0,49	II	0,84	III	НУ 0,61; Det 1,18; БПК ₅ 0,83; O ₂ 0,75

Мзымта и ручья Малый							
5.3. Открытое море	0,49	II	0,46	II	0,91	III	НУ 0,39; Det 1,44; БПК ₅ 1,04; O ₂ 0,76

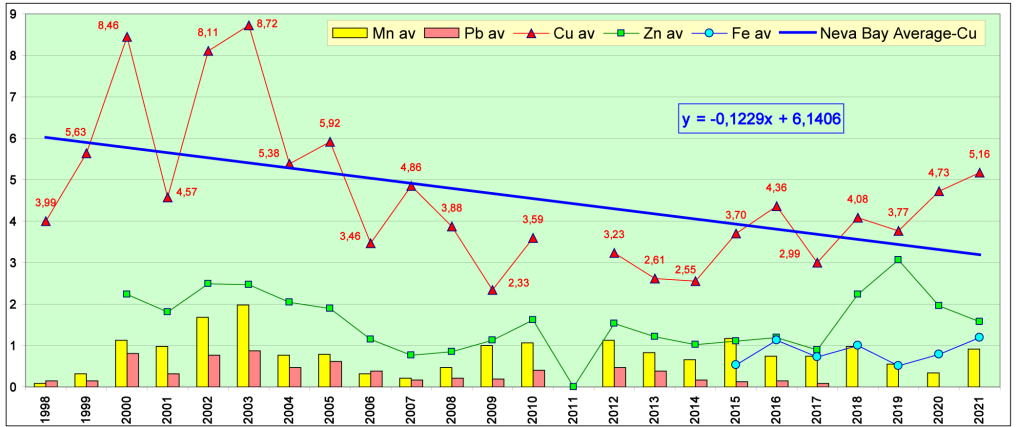


Рис. 3.22. Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2007-2021 гг.

Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

Плакуева М.В., Красавина А.С., Устинова А.А., Ступак К.В., Жохова Н.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, проведённая от мыса Святой Нос (Кольский полуостров) до мыса Канин Нос (полуостров Канин). Площадь моря составляет 90,8 тыс.км² (вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова), объем воды 4,4 тыс.км³ (Люция Белого моря, 1995). Белое море имеет довольно сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами, с сильно изрезанной береговой линией. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский (рис. 5.1). Акваторию Белого моря принято делить на несколько районов — Воронка, Горло, Бассейн и заливы. Берега Белого моря имеют собственные названия и традиционно разделяются в порядке перечисления против часовой стрелки от побережья Кольского полуострова на Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний, Мезенский и Канинский берега; иногда Мезенский разделяют на Абрамовский и Конушинский, а часть Онежского называют Лямецким берегом. Берега северной части Белого моря мало изрезаны, преимущественно обрывисты и безлесны. Береговая линия Горла также мало изрезана и образует лишь несколько небольших губ. Берега Бассейна и его заливов на всем протяжении покрыты лесом и отличаются большой изрезанностью (Люция, 1995). Северо-западные берега высокие и скалистые, юго-восточные - пологие и низкие; длина сильно изрезанной береговой линии не менее 2000 км (в скандинавской мифологии Белое море известно под названием «Гандвик», а также как «Väu of Serpents» из-за изогнутой береговой линии). Белое море представляет собой сравнительно неглубокий водоём. Рельеф дна сложный. Большая отмель в южной части моря с глубинами до 50 м в Двинском и Онежском заливах переходит в склон, а потом во впадину в центральной части моря с глубинами 100-200 м. В северо-западной части Бассейна моря и юго-восточной части Кандалакшского залива наблюдаются глубины свыше 250 м; для Горла моря характерны глубины свыше 50 м. Средняя глубина моря 67 м, а максимальная глубина 340 м. Центральную часть моря занимает замкнутая котловина, отделяемая от Баренцева моря порогом с малыми глубинами, препятствующими обмену глубинными водами. Донные осадки на мелководье и в Горле состоят из гравия, гальки, песка и иногда

ракушечника, а в центре моря дно покрыто мелкозернистым глинистым илом коричневого цвета.

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

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

Общий характер горизонтальной циркуляции вод моря — циклонический. Вдоль западных берегов в Белое море поступают более солёные баренцевоморские воды, а вдоль восточных берегов моря опреснённые поверхностные воды продвигаются и поступают в Горло и далее на север. Скорости течений составляет 10–15 см/с. Хорошо выражены приливы, которые имеют правильный полусуточный характер. Средняя высота сизигийных приливов колеблется от 0,6 (Зимняя Золотица) до 3 метров, в некоторых узких заливах достигает 7 метров (7,7 метров в Мезенской губе, устье реки Семжа). Приливная

волна проникает вверх по течению впадающих в море рек, например на Северной Двине, на расстояние до 120 километров. Несмотря на небольшую площадь поверхности моря на нём развита штормовая деятельность, особенно осенью, когда во время штормов высота волн достигает 6 метров. Сгонно-нагонные явления в холодное время года достигают на море величины 75–90 сантиметров.

Акватория Белого моря ежегодно покрывается льдом. Обычно лед наблюдается с ноября по май, но иногда он появляется в начале октября и исчезает в первой половине июля (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.ascr.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 рыболовный завод ФГБУ «Мурманрыбвод», АО «Апатитыводоканал».

5.3. Двинский залив

Две гидрохимические съёмки в центральной части залива на семи стандартных станциях были выполнены 8-9 августа и 8 ноября 2021 г.

(рис. 5.1). Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного слоев на мелководных станциях и дополнительно со стандартных гидрологических горизонтов на глубоководных. Всего отобрано и проанализировано 56 проб. В состав наблюдений вошло определение температуры, солености, рН, 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, рН и кислород. Определение остальных показателей проводилось в лаборатории мониторинга за загрязнением поверхностных вод ЦМС.

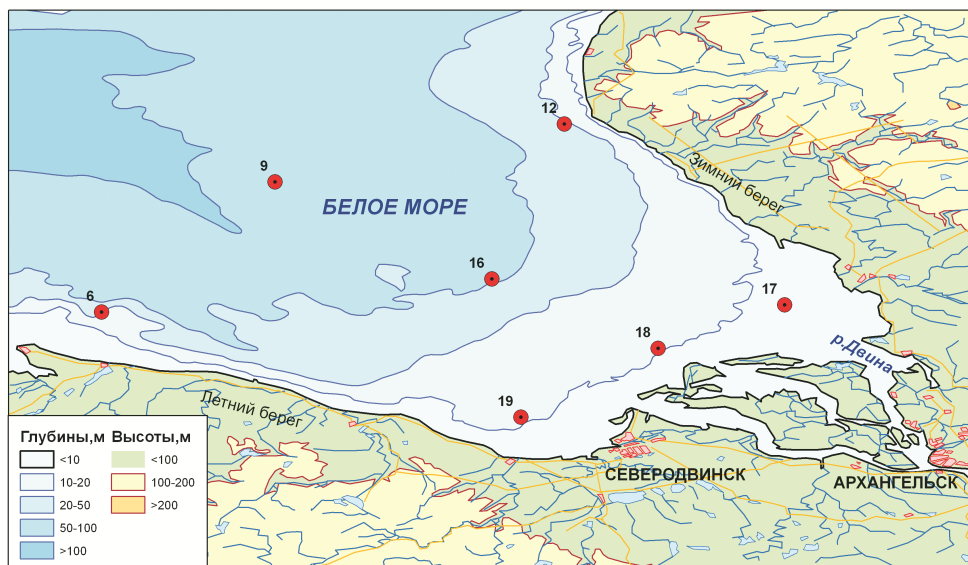


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2021 г.

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

Содержание **нефтяных углеводородов** изменялось от аналитического нуля (предел обнаружения $0,005\text{ мг/дм}^3$) до $0,052\text{ мг/дм}^3$

(1,04 ПДК), при среднем значении $0,014 \text{ мг/дм}^3$, что ниже прошлогоднего, при этом незначительное превышение ПДК было обнаружено только в 1 пробе, в августе на ст.№18 в поверхностном слое.

В период 1978-2000 гг. средние значения содержания нефтяных углеводородов почти постоянно достигали или превышали 1 ПДК (рис. 5.2). Начиная с 2008 г. концентрация НУ в водах Двинского залива существенно снизилась. В этот период за счет большого количества проб, в которых содержание НУ не достигало предела обнаружения используемого метода химического анализа, средняя величина обычно составляла менее половины норматива. Однако экстремальные «выбросы» в отдельных пробах достигали значений порядка 1-2 ПДК в половине годов рассматриваемого периода, включая 2019-2020 гг. (рис. 5.3). В 2021 г. максимальное значение опустилось до 1,04 ПДК, среднегодовое значение продолжило тенденцию к понижению.

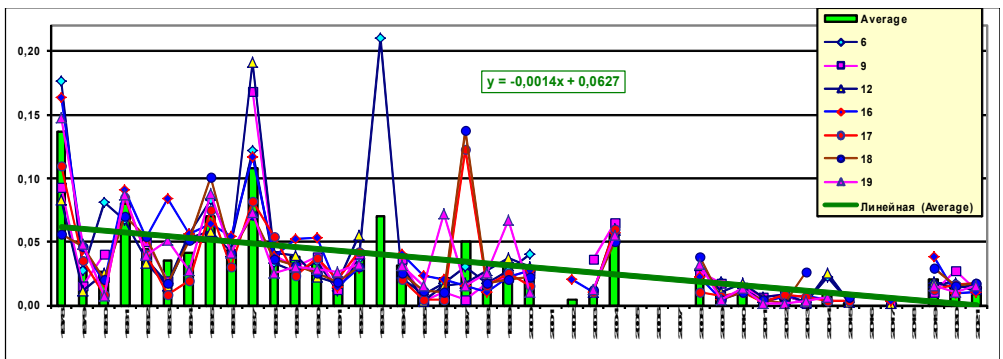


Рис. 5.2. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) на станциях Двинского залива Белого моря в 1978-2021 гг.

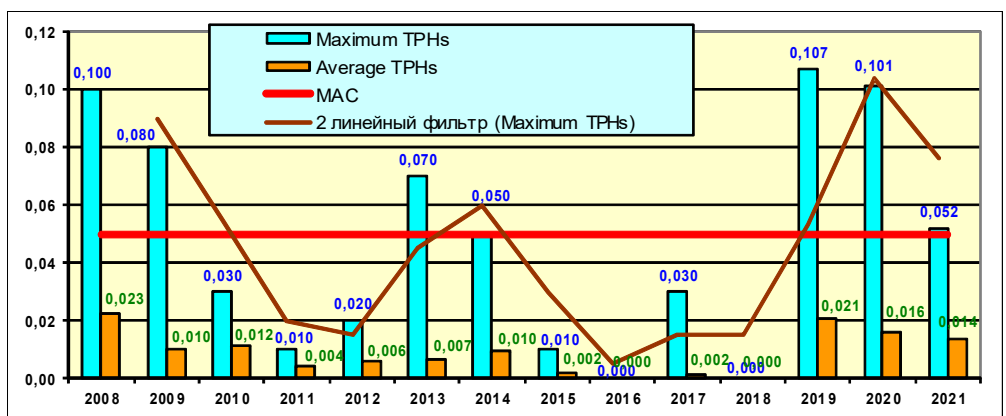


Рис. 5.3. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в 2008-2021 гг.

Хлорорганические пестициды в водах Двинского залива не выявлены. В 28 пробах были измерены СПАВ и в тринадцати они были ненулевыми. Максимальное значение $0,75 \text{ мг/дм}^3$ (7,5 ПДК) было зафиксировано в ноябре на ст.№12 на горизонте 20 м. В среднем содержание СПАВ составило $0,074 \text{ мг/дм}^3$ (0,74 ПДК). Содержание меди в среднем составило $0,93 \text{ мкг/дм}^3$ (0,2 ПДК), что немного меньше уровня 2020 г., и изменялось в диапазоне $0,34\text{--}10,7 \text{ мкг/дм}^3$. Максимум (2,14 ПДК) отмечен в ноябре на ст.№17 на глубине 10 м и был существенно выше, чем в прошлом году (0,9 ПДК). Содержание свинца было значительно ниже ПДК в диапазоне $0,02\text{--}0,37 \text{ ПДК}$, при средней концентрации $0,083 \text{ мкг/дм}^3$. Среднее значение немного повысилось по сравнению с $0,07 \text{ мкг/дм}^3$ в 2020 г.

Концентрация биогенных элементов в водах залива была примерно на уровне средних многолетних значений. Содержание нитратного азота было в диапазоне $0\text{--}115/37,6 \text{ мкг/дм}^3$; нитритного азота $0,85\text{--}4,7/2,0 \text{ мкг/дм}^3$; На протяжении многих лет максимальные значения нитратов на дне были обычно выше, чем на поверхности или в среднем слое (рис. 5.4). Наибольшие среднегодовые и максимальные значения содержания нитратов практически всегда наблюдались в придонном слое. Самая высокая концентрация (274 мкг/дм^3) была зафиксирована в 2012 г. и составила всего 0,03 ПДК. За весь сорокалетний период наблюдений среднегодовая концентрация нитратного азота практически не изменилась и линейный тренд этого показателя не выявлен. В то же время наблюдаются существенная межгодовая изменчивость и средних, и экстремальных значений, возможно связанная с сезонной динамикой нитратов и нерегулярным отбором проб в разные сезоны. Так, после понижения в 2020 г. произошло вновь некоторое повышение значений в 2021 г.

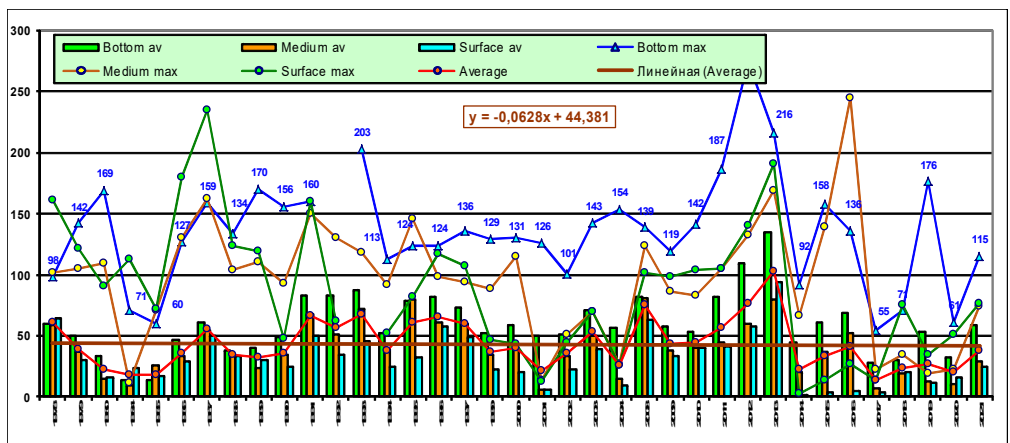


Рис. 5.4. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов (мкг/дм^3) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978-2021 гг.

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

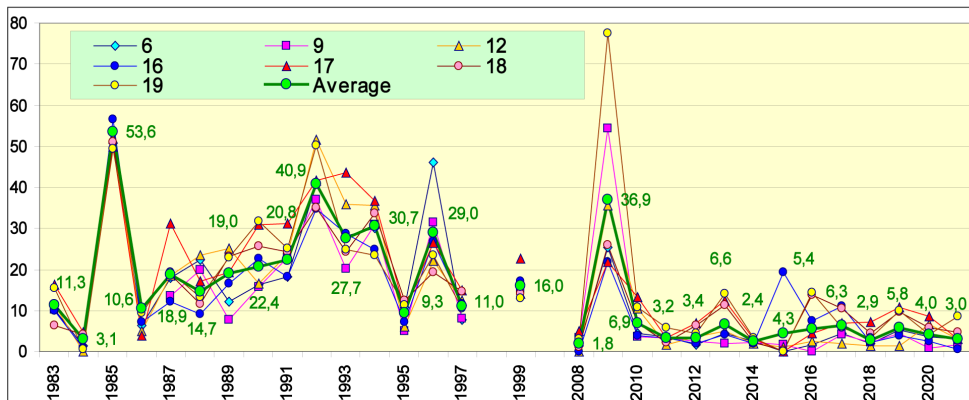


Рис. 5.5. Многолетняя динамика среднего значения содержания аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в 1983-2021 гг.

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

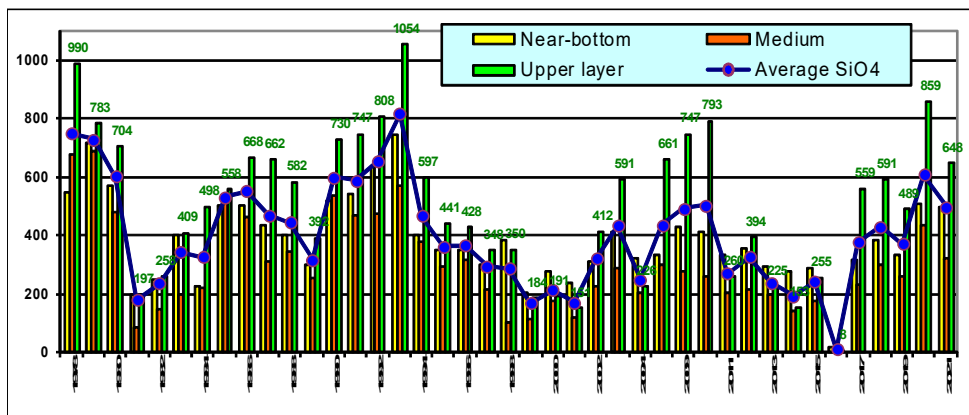


Рис. 5.6. Динамика средней и максимальной концентрации силикатов ($\mu\text{кг}/\text{дм}^3$) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях в водах Двинского залива Белого моря в 1978-2021 гг.

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

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

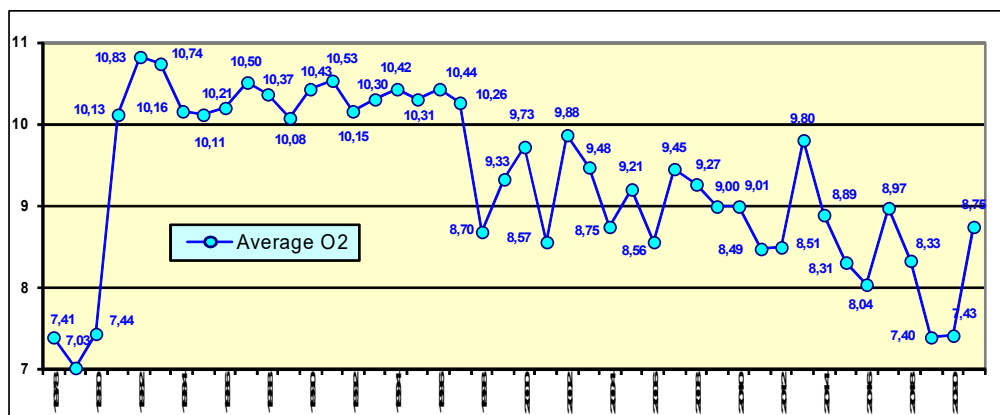


Рис. 5.7. Динамика среднего содержания кислорода ($\text{мг}\text{O}_2/\text{дм}^3$) в водах Двинского залива Белого моря в период 1978-2021 гг.

5.4. Кандалакшский залив

В 2021 г. на водпосту на акватории Кандалакшского морского торгового порта было отобрано 6 проб из приповерхностного слоя. Значения температуры были в диапазоне от минус $-0,2^\circ\text{C}$ (в марте) до

13⁰С (в августе). Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 5,7‰ до 23,9‰ при среднегодовом значении 13,6‰, что выше прошлогодних значений. Водородный показатель в пробах воды варьировал в пределах 7,16–8,01 ед.рН, среднее значение 7,57 ед.рН. Содержание кислорода менялось в диапазоне 9,35–13,73 мгО₂/дм³, составив в среднем 11,53 мгО₂/дм³. В сравнении с прошлым годом снизилось содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅: только один раз было зафиксировано значение 1,1 мгО₂/дм³.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне 0,006–0,019 мг/дм³, в среднем составило 0,012 мг/дм³, т.е чуть ниже прошлогоднего уровня (рис.5.8).

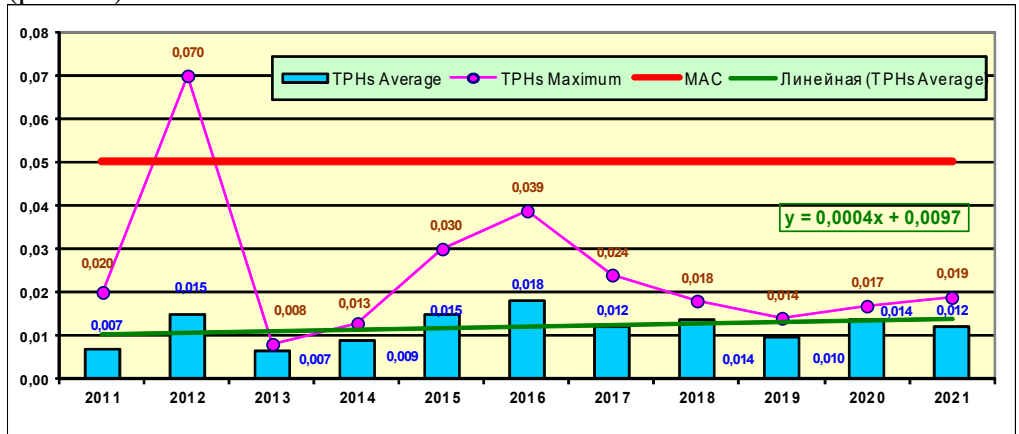


Рис. 5.8. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Кандалакшского залива Белого моря в 2011–2021 гг.

Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения. Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь 0–8,1 мг/дм³, при среднем значении 3,4 мг/дм³ (0,68 ПДК, ниже прошлого года); никель 0–4,0/1,2 мг/дм³; марганец 0–13,8/7,6 мг/дм³; кадмий 0–0,7/0,2 мг/дм³; железо 11–140/43 мг/дм³, максимум отмечен в мае и составляет 2,8 ПДК. Содержание ртути было выше предела обнаружения только в одной пробе в марте – 0,015 мг/дм³. Содержание свинца было ниже предела обнаружения во всех пробах, а концентрация хрома возросла и составила 0–3,2 мг/дм³.

Значения концентрации аммонийного азота превысили ПДК (при солености <13‰) в 1 пробе в мае - 493 мг/дм³ (1,3 ПДК), в среднем составив 156 мг/дм³. Содержание фосфатов в этой же пробе воды достигало 61,2 мгР/дм (1,2 ПДК) и в среднем составило 29 мгР/дм³ (0,58 ПДК). Нитриты были в диапазоне 0–3,9 мгN/дм³, при среднем значении 1,9 мгN/дм³; нитраты – 0–47,8/20,2 мгN/дм³; силикаты – 92,2–1297/862,1 мг/дм³. Для расчета комплексного индекса

загрязненности вод ИЗВ использовались средняя концентрация железа, меди, фосфатов и растворенного в воде кислорода. Качество морских вод по ИЗВ (0,66, «чистые») осталось практически на прошлогоднем уровне.

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0,021	0,42	0,016	0,32	0,014	0,28
		0,107	2,14	0,101	2,02	0,052	1,04
	Нитриты	2,9	0,12	2,7	0,11	2,0	0,08
		7,32	0,31	5,45	0,23	4,7	0,20
	Аммонийный азот	5,8	<0,1	4	0,01	3	<0,01
		21,96	<0,1	26,6	0,06	28	0,07
	Медь	2,12	0,42	1,02	0,20	0,93	0,19
		29,27	5,9	4,68	0,94	10,7	2,14
	Свинец	0,28	<0,1	0,072	0,01	0,083	<0,1
		8,9	0,89	0,33	0,07	0,37	<0,1
	Растворенный кислород	7,40		7,43		8,75	
		6,55		4,60	0,77	7,92	
	% насыщения	68,1		69,8		86,5	
54,9			41,7		70,2		
Кандалакшский залив: порт Кандалакша	НУ	0,01	0,20	0,014	0,28	0,012	0,24
		0,014	0,28	0,017	0,34	0,019	0,38
	СПАВ	0,0				0,0	
		0,0				0,0	
	Медь	8,4	1,68	4,1	0,82	3,4	0,68
		16,5	3,30	11,6	2,32	8,1	1,62
	Никель	4,8	0,48	1,5	0,15	1,2	0,12
		9,9	0,99	3,6	0,36	4	0,40
	Свинец	0		0		0	
		0		0		0	
	Марганец	9,2	0,18	8,4	0,17	7,6	0,15
		20	0,40	24	0,48	13,8	0,28
	Железо	38,6	0,77	42,5	0,85	43	0,86
		64	1,28	86	1,72	140	2,80
	Ртуть	0,004	<0,1	0,002	0,02	0,0025	0,03
		0,026	0,26	0,013	0,13	0,015	0,15
	Азот аммонийный	25,7	<0,1	2449,4	6,30	156	0,40
		56,7	<0,1	10813	27,80	493	1,27
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	0		0,68	0,32	0,18	0,09
		0		2,5	1,19	1,1	0,52
	Растворенный кислород	7,93		10,59		11,53	
		6,85		7,80		9,35	

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

Таблица 5.2. Качество вод в Двинском и Кандалакшском заливах Белого моря в 2019-2021 гг.

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

Выводы

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

Загрязнение вод Кандалакшского залива в 2021 г. нефтяными углеводородами было незначительным и ниже уровня прошлого года. Как и в прошлом году содержание СПАВ было ниже уровня аналитического определения. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅ выше аналитического нуля было лишь в одной пробе, поэтому средняя величина почти в 4 раза ниже прошлого года. Содержание тяжелых металлов в общем снизилось, лишь по железу максимальное значение было больше прошлогоднего в одной пробе (2,8 ПДК). Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и выше прошлогодних значений.

Приоритетными загрязняющими веществами в 2021 г. являлись железо, медь и фосфаты (в прошлом году вместо фосфатов были НУ). Индекс загрязненности вод ИЗВ=0,66, что немного больше прошлогоднего значения, однако существенно меньше оценки предыдущего. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Кандалакшского залива в период наблюдений не отмечалось. Воды залива соответствуют II классу качества вод, «чистые» (табл. 5.2).

Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

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

6.1. Общая характеристика

Баренцево море – окраинное море Северного Ледовитого океана, расположенное между северным берегом Европы и островами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. В южной части сообщается с Карским морем проливом Карские ворота, с Белым проливами Горло и Воронка. Берега преимущественно фьордовые, высокие, скалистые, сильно изрезанные, восточнее п-ова Канин низкие и слабо изрезанные. Площадь моря составляет 1424 млн.км², объем 316 тыс. км³, средняя глубина 222 м, наибольшая 600 м. Годовой речной сток равен около 163 км³/год. Климат полярный морской.

Море находится под сильным влиянием теплых вод течения Гольфстрим, поэтому южная и западная его части не замерзают. Температура воды на поверхности зимой составляет 0-5^oC, летом на юге 8-9^oC, в центральной части 3-5^oC, на севере 0^oC. 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^oC). В слое 50-100 м температура повышается до -1^oC, а затем ко дну - до +1^oC. 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 стонно-нагонные колебания уровня моря у Кольского побережья (до 3 м) и у Шпицбергена (порядка 1 м).

Водообмен с соседними морями имеет большое значение в водном балансе Баренцева моря. В течение года в море через проливы поступает (и столько же выходит из него) примерно $\frac{1}{4}$ часть общего объема воды моря. Наибольшее количество воды несет теплое Нордкапское течение, оказывающее исключительно большое влияние на гидрометеорологический режим моря. Общий речной сток в море составляет в среднем 200 км^3 в год (Арктическая энциклопедия, 2017).

Баренцево море ледовитое, но никогда полностью не замерзает. Наблюдаются льды местного происхождения. Ледообразование начинается в сентябре, а к концу лета ото льда очищается все море за исключением районов, прилегающих к Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и Шпицбергену. Мощность ледяного покрова не превышает 1 м. Припай в море развит слабо, преобладают плавучие льды, в том числе айсберги. Ледовитость Баренцева моря изменяется от года к году, что связано с различной интенсивностью Нордкапского течения, характером крупномасштабной атмосферной циркуляции, общим потеплением или похолоданием Арктики в целом (Баренцево море, 1990).

6.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Антропогенное загрязнение Баренцева моря в основном происходит вследствие выноса загрязняющих веществ в результате водообмена из губ и заливов, куда производят сброс промышленных и муниципальных сточных вод предприятия и коммунальные организации Мурманской области. Имеет значение также перенос ЗВ морскими течениями из сопредельных морей. В Кольский залив осуществляется сброс производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод муниципальными организациями, флотами и береговыми предприятиями различных ведомств, расположенными на его берегах. Основными сбрасывающими сточные воды предприятиями являются: ГОУП «Мурманскводоканал», МУП «Североморскводоканал», АО «Главное управление жилищно-коммунального хозяйства, ПАО «Мурманский морской торговый порт», АО «Мурманский морской рыбный порт».

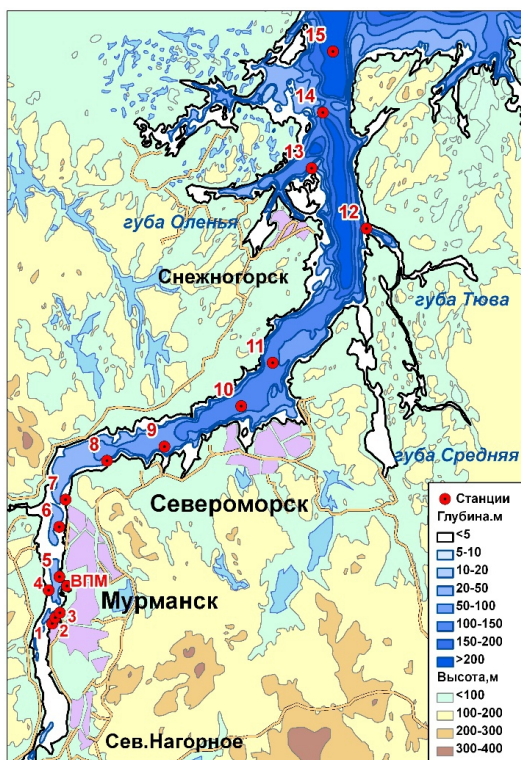
Кольский залив, рыбохозяйственный водоем высшей категории, характеризуется высоким уровнем загрязнения. Это закономерный результат непрекращающегося сброса в залив неочищенных сточных вод. В водах и донных отложениях залива постоянно отмечается повышенное содержание нефтепродуктов, фенолов и тяжелых металлов. С точки зрения радиационного загрязнения особую опасность представляют собой суда и хранилища отходов ФГУП «Атомфлот» и Северного флота. Дополнительным источником поступления ЗВ является индустриальная деятельность непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку месторождений, захоронение (дампинг), прямой сброс, аварийные ситуации. В

настоящее время вследствие предполагаемого освоения нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличиться поступление нефтепродуктов, как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. Для северных морей разработка нефтяных месторождений представляет особую опасность, что связано с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления нефтепродуктов вследствие низких температур воды и воздуха.

6.3. Загрязнение вод Кольского залива

В период с января по ноябрь 2021 г., один раз в два месяца, Мурманское УГМС 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, рН, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК₅, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

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



Температура воды за весь период наблюдений варьировала в пределах от 1,6 до 11,4⁰С (в июле), при среднем значении 5,5⁰С, в 2020 г. среднее значение было равным 5,2⁰С. В 2021 г. температура воды продолжила повышаться, как и в 2018-2019 гг. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 10,9-25,4‰, минимум отмечен в ноябре, а максимум в марте. Величина рН была в диапазоне 7,6-8,3; максимум наблюдался в январе. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от 0,856 до 1,456 мг-экв/дм³; среднегодовая составила 1,2312 мг-экв/дм³. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ во всех месяцах, кроме марта, было на уровне аналитического нуля, а в марте составило 1,3 мгО₂/дм³. Это незначительно выше значения в январе прошлого года (1,0 мгО₂/дм³). В 2020-2021 гг. наблюдается тенденция уменьшения значений БПК₅. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде, также как и в предыдущие годы, было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. Пестициды групп ГХЦГ и ДДТ также не были обнаружены, фенолы не определялись.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в 2020 г. было значительно ниже прошлогодних и вернулось к значениям 2017-2018 гг. Концентрация была в диапазоне от 0,015 до 0,064 мг/дм³. Максимальное значение отмечено в мае и составило 1,3 ПДК, против прошлогоднего превышения – 1,9 ПДК. Значение выше ПДК было отмечено однажды против двух в прошлом году. Тенденция снижения содержания нефтяных углеводородов с 2016 г. сохраняется в торговом порту г. Мурманск. Анализ многолетней динамики показал, что в 2021 г. средняя концентрация была на уровне значений ниже ПДК и составила 0,034 мг/дм³. Это ниже уровня прошлого года, когда средняя концентрация впервые была на уровне ПДК (рис. 6.2).

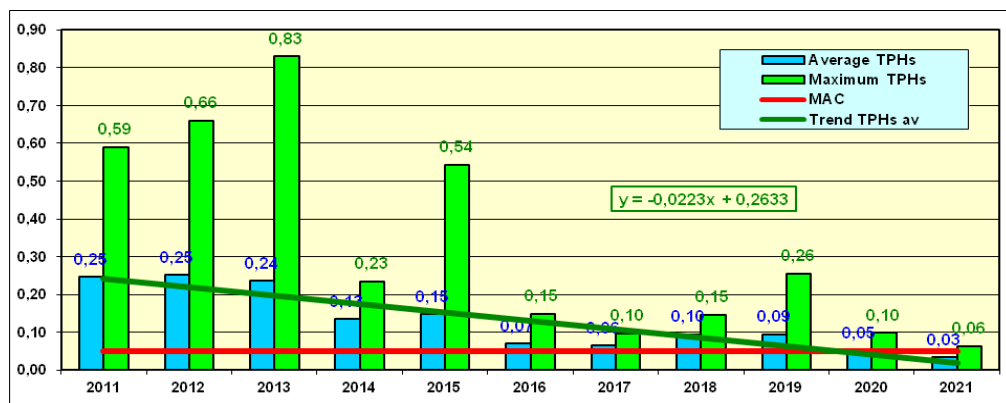


Рис. 6.2. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов в торговом порту Мурманска в 2011-2021 гг.

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

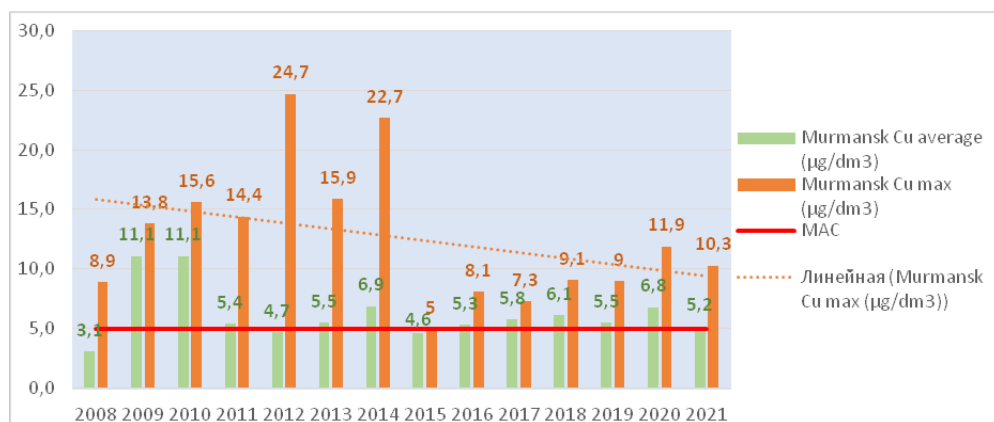


Рис. 6.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2021 гг.

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

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

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от 59,0 (в сентябре) до 270,8 мкг/дм³ (в марте), при среднем значении

136 мкг/дм³ (0,2 ПДК). Содержание нитритного азота изменялось в диапазоне 4,65-151,7 мкг/дм³ (0,01-0,4 ПДК), в среднем 52,8 мкг/дм³ (0,1 ПДК); нитраты определялись в диапазоне 6,7-39,8 мкг/дм³, среднее значение составило 18,4 мкг/дм³. Силикаты варьировали в диапазоне 865-15711 мкг/дм³ при среднем значении 3833,6 мкг/дм³. Значения силикатов по сравнению с прошлым годом повысились в среднем в 2,6 раза. В 2021 г. содержание фосфатов снизилось и было в пределах 0-4,4 мкг/дм³, в среднем 1,3 мкг/дм³ (0,3 ПДК). Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста снизилось примерно на четверть по сравнению с прошлым годом (рис. 6.4). В целом, в 2021 г. наблюдается снижение концентрации биогенных элементов в воде вблизи водпоста в торговом порту г. Мурманска.

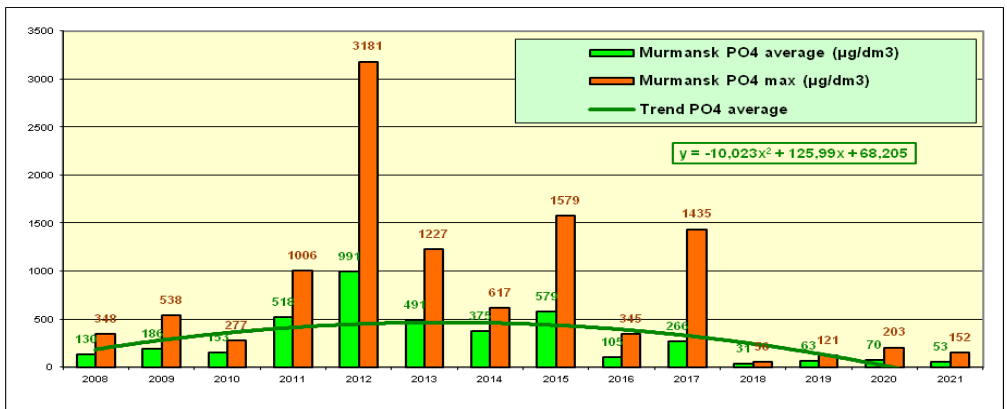


Рис. 6.4. Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO₄ (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2021 гг.

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

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2018-2021 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,095	1,90	0,094	1,88	0,05	1,00	0,034	0,68
	0,146	2,92	0,256	5,12	0,099	1,98	0,064	1,28
Медь	6,1	1,22	5,48	1,10	6,8	1,36	5,20	1,02
	9,1	1,82	9,0	1,80	11,9	2,38	10,3	2,06
Никель	0		2,63	0,26	1,9	0,19	1,0	0,10
	0		6,4	0,64	3,8	0,38	3,0	0,30
Свинец	0,35	0,04	0		0		0	
	2,1	0,21	0		0		0	
Ртуть	0,003	0,03	0		0,002	0,02	0,002	0,02
	0,017	0,17	0		0,013	0,13	0,012	0,12
Кадмий	0,07	<0,1	0		0,15	0,02	0,10	0,01
	0,1	<0,1	0		0,5	0,05	0,4	0,04
Марганец	6,13	0,12	4,25	0,09	8,63	0,17	1,9	0,04
	7,0	0,14	8,0	0,16	19,3	0,39	6,4	0,13
Железо	29,3	0,59	41,5	0,83	35	0,70	22,8	0,46
	60	1,20	71	1,42	87	1,74	37	0,74
Азот аммонийный	74,9	0,04	123,7	0,05	121	0,04	136	0,06
	113,1	0,05	218,3	0,097	205	0,09	270,8	0,12
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	0,30	0,14	0,98	0,47	0,17	0,08	0,22	0,10
	1,8	0,86	1,8	0,86	1,0	0,48	1,3	0,62
Растворенный кислород	10,4		8,44		10,06		9,32	
	8,0		5,10	0,85	9,00		8,56	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ, аммонийного азота и металлов - в мкг/дм³, пестицидов – в нг/дм³.

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

Таблица 6.3. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2016-2018 гг.

Район моря	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	1,07	III	1,13	III	0,93	III	0,70	II	НУ 0,68; Cu 1,02; Fe 0,46; O ₂ 0,64

Выводы

В 2021 г. качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск значительно улучшилось. Индекс загрязненности вод (ИЗВ=0,70) существенно снизился до значений II класса, «чистые». Содержание фосфатов в 2021 г. снизилось в среднем почти в 1,5 раза по сравнению с прошлым годом. Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Концентрация нефтяных углеводородов в 2021 г. впервые была ниже значения уровня ПДК и составила 0,034 мг/дм³. Максимальное значение выше ПДК было зафиксировано в мае и составило 1,3 ПДК. Средняя концентрация меди стала меньше и немного превысила норматив (5,2 мкг/дм³); среднегодовое содержание железа также стало ниже по сравнению с прошлогодним и составило 0,46 ПДК. Содержание кислорода уменьшилось: среднегодовая концентрация составила 9,3 мгО₂/дм³ против 11,8 мгО₂/дм³ в 2020 г.

Глава 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

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

7.1 Общая характеристика

Гренландское море – часть Северного Ледовитого океана, расположенная между островами Гренландия, Исландия, архипелагом Шпицберген и островом Ян-Майен. В южной части сообщается с Норвежским морем и Атлантическим океаном через Датский пролив, на востоке – с Баренцевым морем. Дно моря представляет собой обширную котловину с подъёмами и впадинами, ограниченную подводными хребтами Мона и Книповича, Гренландско-Исландским порогом. Побережья Гренландского моря представляют собой скалистые бухты, заливы и фьорды. Приливы здесь полусуточные, достигающие более 4 метров высоты. Площадь моря составляет 1 195 тыс.км², средняя глубина 1444 м, наибольшая 5527 м.

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

Средняя температура поверхностных вод составляет около -1°C и ниже на севере и $1-2^{\circ}\text{C}$ на юге; соответствующие летние температуры составляют около 0 и 6°C . Соленость поверхностных вод составляет 3,30-3,45‰ в восточной части и ниже 3,20‰ в западной части, увеличиваясь до 3,49‰ к дну. Холодные воды Северо-Атлантического течения погружаются в Северном Ледовитом океане и возвращаются на юг в виде холодного Восточно-Гренландского течения, которое являются важной части Атлантического конвейерного пояса, текущего вдоль западной части Гренландского моря. Вдоль восточной части протекает теплое течение Шпицбергена, часть Гольфстрима. Сочетание этих течений создает против часовой стрелки поток воды в центральной части моря. Несмотря на арктический климат и круглогодичное присутствие ледяного покрова, в Гренландском море хорошо представлен планктон и бентос, благодаря чему оно обеспечивает питанием разнообразную морскую фауну (Советская энциклопедия, 1972).

7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В июне 2021 г. в прибрежных водах поселка Баренцбург на акватории залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген, Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» был выполнен отбор 20 проб морской воды из поверхностного и придонного горизонтов. Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного горизонтов на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории п. Баренцбург, и на двух станциях в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории п. Пирамида (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель (рН), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), общая щелочность, растворенный кислород, БПК₅), содержания в воде биогенных элементов (нитриты, нитраты, аммоний, общий азот, фосфаты, общий фосфор, кремнекислоты), а также загрязняющие вещества – тяжелые металлы и мышьяк, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальные фенолы (алкилфенолы, хлорфенолы и нитрофенолы), синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ). Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей.

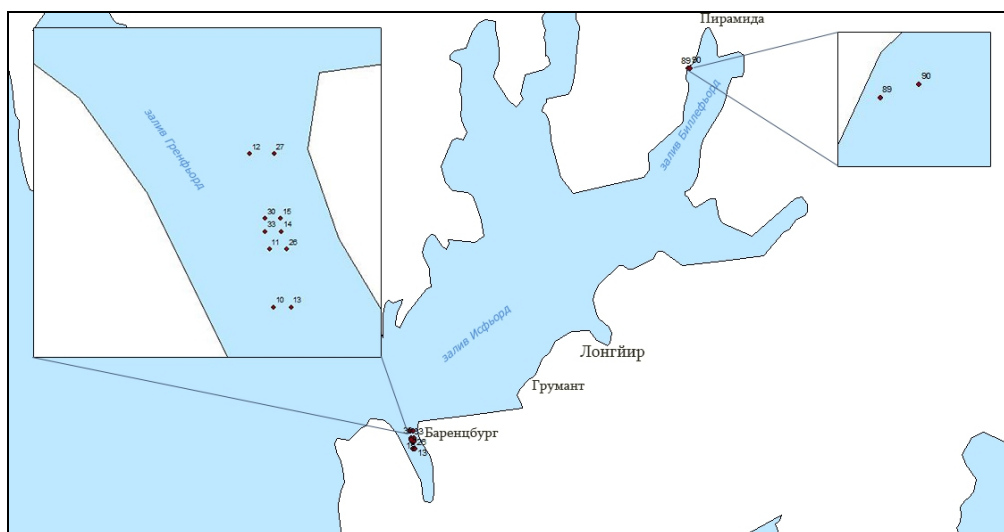


Рис. 7.1. Район наблюдений на акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд архипелага Шпицберген в 2021 г.

7.3. Гидрохимические показатели

Значения водородного показателя (рН) морских вод находились в интервале 7,66-8,40 ед. рН и были сдвинуты с сторону чуть более щелочной среды в сравнении со значениями 2020 г. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) морских вод обследованной

акватории варьировал в диапазоне от 200 до 280 мВ, составляя в среднем 245,25 мВ. Это немного ниже значений 2020 г., и в целом наблюдается уменьшение показателя последние три года. Значение электропроводности морской воды восточной части залива Гренфьорд в сентябре 2020 г. изменялось от 37,1 до 51,1 мС/см при средней величине 47,7 мС/см.

Значения концентрации **общего азота** в водах восточной части залива Гренфьорд изменялись от 87 до 353 мкг/дм³, при среднем значении 164,9 мкг/дм³. На станциях в акватории залива Биллефьорд значения данного показателя были в целом ниже и варьировали от 102 до 123 мкг/дм³. Впервые, начиная с 2017 г., снова было зафиксировано содержание **минерального фосфора** в водах заливов. Значения были в заливе Гренфьорд в диапазоне от 8,93 до 19,1 мкг/дм³, в заливе Биллефьорд ниже – от 5,22 до 9,91 мкг/дм³. В период 2017 – 2020 гг. содержание было ниже значений анализа определяемой методики – <0,01 мкг/дм³. Концентрация **силикатов** была в диапазоне от 24,3 до 240 мкг/дм³, при среднем значении 87,6 мкгSi/дм³, что несколько выше значений 2020 г. На станциях залива Биллефьорд минимальная концентрация составила 22,7 мкгSi/дм³, максимальная – 173 мкгSi/дм³.

Содержание растворенного **кислорода** на всех станциях находилось в пределах от 12,40 до 14,90 мг/дм³ (98–104,3 % насыщения), стоит отметить, что в 2021 г., в придонном горизонте значения были в среднем на 0,5-2 мг/дм³ выше, чем в поверхностном. Значения биохимического потребления кислорода (БПК₅) морских вод на всех станциях в июне варьировали в узком диапазоне 1,18-1,95 мгО₂/дм³, при среднем значении 1,46 мгО₂/дм³, что значительно ниже значений последних трёх лет (рис. 7.2).

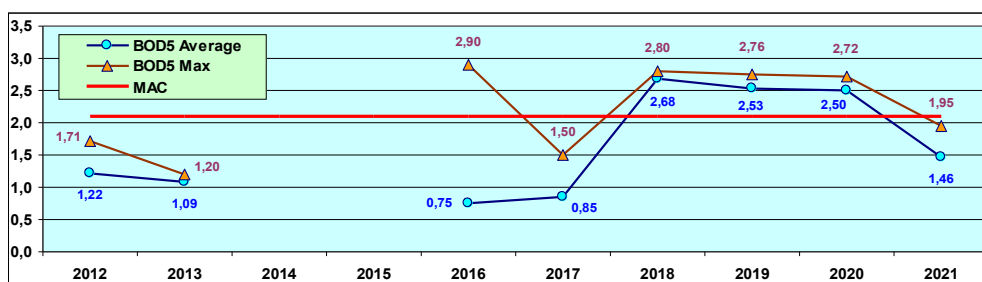


Рис. 7.2. Динамика изменения средних и максимальных значений показателя БПК₅ в акватории заливов Гренфьорд и Биллефьорд в период 2012-2021 гг.

7.4. Загрязняющие вещества

Концентрация СПАВ на всех станциях, как и в предыдущие два года, была ниже предела обнаружения методики – <10 мкг/дм³. Концентрация фенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ, бензол, толуол, сумма пара- и мета-ксилолов, орто-ксилол и др.) в водах, как залива Гренфьорд, так и

Биллефьорд, в 2021 г. (как и в предыдущие несколько лет) также была ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа, менее 0,5, 0,1 и 0,1 мкг/л соответственно.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в водах залива Гренфьорд было зафиксировано наличие всех соединений, кроме пяти: аценафтилена, индено(123cd)пирена, флуорена и аценафтена. В прошлом, 2020 г. флуорен и аценафтен присутствовали в концентрации 9,26 и 1,50 нг/дм³ соответственно. Максимальная концентрация для остальных соединений ПАУ составила (нг/дм³): для нафталина – 20,5, фенантрена – 12,2, антрацена – 2,13, флуорантена – 13,2, пирена – 11,3, хризена – 3,11, бенз(к)флуорантена – 1,80, бенз(б)флуорантен – 1,98, бенз(а)пирена – 1,21, а также дибенз(аh)антрацена – 1,01 нг/дм³ и бенз(г,h,i)перилена – 2 нг/дм³. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ в водах в июне 2021 г. составило 24,20 нг/дм³, максимальное – 44,76 нг/дм³, что **в 1,3 раза ниже** максимального содержания суммарного ПАУ в 2020 г. Содержание ПАУ понизилось в основном из-за снижения бенз(а)пирена, дибенз(аh)антрацена и флуорена и аценафтена, которые были ниже предела обнаружения методики анализа. На станциях в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории п. Пирамида максимальное значение суммарного ПАУ составило 34,48 нг/дм³, среднее – 21,08 нг/дм³, что, также ниже значений 2020 года.

В 2021 году, как и в предыдущие годы, было зафиксировано содержание хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ). Содержание ДДТ **сильно повысилось**, максимальная концентрация в заливе Гренфьорд составила – 19,79 нг/л (против значения 0,62 нг/л), в заливе Биллефьорд – 1,18 нг/л против прошлогоднего значения 0,35 нг/л. Сохранилась тенденция снижения концентрации для суммы ПХБ в водах двух заливов. И в 2021 г. данный показатель стал самым низким за последние пять лет, начиная с 2017 г. Максимальное значение суммы ПХБ в заливе Гренфьорд составило – 0,3 нг/л, в заливе Биллефьорд – 0,22 нг/л, что почти в 12 раз ниже прошлогодних значений в водах двух заливов. Из всех конгенов полихлорированных бифенилов ПХБ в морской воде были зафиксированы только: #156, #101 и #99, но в очень невысоких концентрациях, чуть превышающих предел обнаружения методик анализов. Максимальное значение для суммы ГХЦГ в заливе Гренфьорд составило 0,49 нг/л, среднее – 0,14 нг/л, в заливе Биллефьорд максимальная концентрация составила – 0,34 нг/л, средняя – 0,15 нг/л. Содержание хлороорганических пестицидов группы ГХЦГ стало фиксироваться каждый год в водах заливов, начиная с 2019 г., до этого значения были невысокими, а в некоторые годы ниже предела

обнаружения. Остальные хлорорганические пестициды в 2021 г. не были обнаружены.

Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (Тихий океан)

Погожева М.П., Копаница М.В.

9.1. Общая характеристика

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

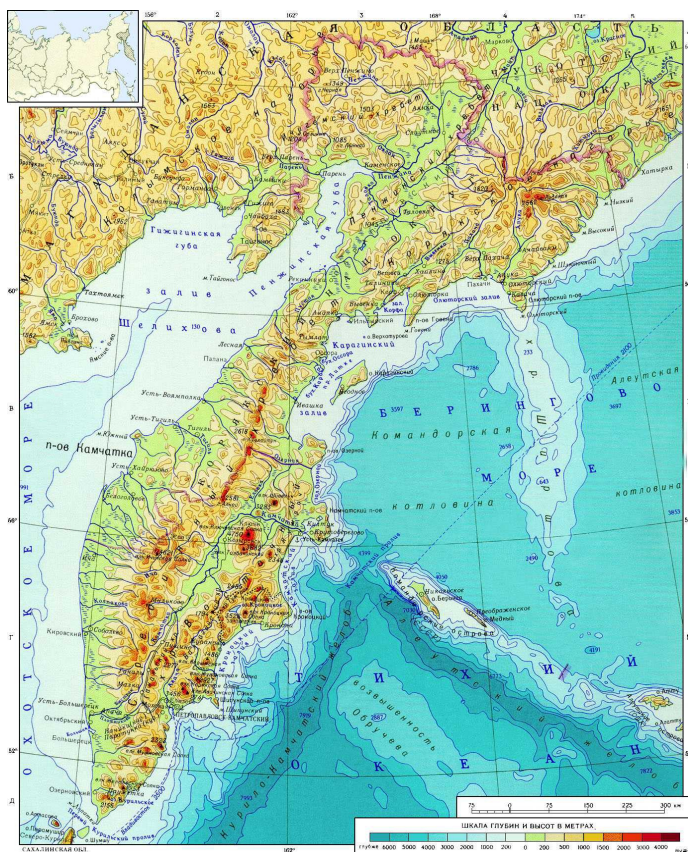


Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.

9.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Основными источниками загрязнения морских вод Авачинской губы

являются предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыбопромыслового и транспортного флотов, а также хозяйственно-бытовые стоки города Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов. Впадающие в губу реки приносят в своих водах загрязняющие вещества с полей, ферм и от расположенных по их берегам населенных пунктов. Сведения о количественном и качественном составе сточных вод, сбрасываемых в исследуемую акваторию предприятиями, предоставляются Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ (табл. 9.1). В 2019 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 32,7 млн.м³ сточных вод. Из них без очистки – 5,7 млн.м³, недостаточно очищенных – 0,8 млн.м³, нормативно очищенных – 5,0 млн.м³, нормативно чистых – 27,1 млн.м³. По сравнению с 2018 г. все приведённые выше параметры снизились. Уменьшилось количество и всех сбрасываемых загрязняющих веществ, кроме соединений азота (аммонийного, нитратного и нитритного) и хлоридов. Особенно следует отметить нефтепродукты, их поступление снизилось в 2,3 раза.

Основными источниками загрязнения морских вод Авачинской губы являются реки, предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыбопромыслового и транспортного флотов, а также хозяйственно-бытовые стоки города Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов. Сведения о количественном и качественном составе сбрасываемых сточных вод предоставляются Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ (табл. 9.1). В 2021 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 41,0 млн.м³ сточных вод, что на 1,4 млн.м³ больше прошлого года (39,6 млн.м³). Из них без очистки – 5,3 млн.м³, недостаточно очищенных – 1,4 млн.м³, нормативно очищенных – 6,3 млн.м³, нормативно чистых – 28,2 млн.м³. Общий объем производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод по сравнению с 2020 годом вырос на 4%. Количество всех сбрасываемых загрязняющих веществ, за исключением ионов аммония, возросло.

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

Предприятие	Отведено всего (тыс.м ³)	без очистки	недостаточно очищенной	чистой нормативно	Всего нормативно-очищенной/	Аммоний-ион (т)	вещества (т) Взвешенные	СПАВ (кг)	(нефть), (т) Нефтепродукты	(т) Сульфат-анион (сульфаты),	(по фосфору), (т) Фосфаты	(хлориды), (т) Хлорид-анион
АО "Петропавловск-Камчатский морской торговый порт"	8,92	8,92				0,221	0,282	3,6	0	0,146	0,032	0,45
АО "ПСРЗ"	216,14	6,14	0,00	210,00	0,00	0,003	0,102	0,294	0,002	0,104	0,004	0,09
ООО "Жестяно-баночная фабрика и Ко"	135,23	0,00	135,23	0,00	0,00	0,442	2,631	28,99	0,048	1,92	0,054	1,80
ООО "Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод"	78,03	0,00	78,30			0,118	0,121	1,948	1,948	45,279	0,058	286,2
ООО "Экология"	2,00		2,00			0,000	0	41,3500	0,022	3,6	0,007	4,0
АО "Судоремсервис"	367,29	0	307,29	60	0	5,8	7,07	69,585	0,051	8,788	0,72	10,6
Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина	788,17	0,00	788,17			0,026	5,241	50,35	0,01	8,33	0,055	6,45
ООО "Аквафиш"	6,73	0,00	0,84		5,89	0	0,369	6,075	0	0,096	0,06	0,90

Краевое ГУП "Камчатский водоканал"	9621,84	3344,9		6276,94	232,4	886,36	12434,71	2,61	424,79	89,26	551,4
ООО "Терминал "Сероглазка"	17		17		0	0,003	0,838	0	0,113	0	0,08
ООО "УКР" ООО	254,40 0	254,40		0	0,021	0,594 0	7,123 0	0,002	0	0 0	0 0
"Камчаттралфлот" ПАО	27469,00	71,56	37,87	27469,00	0,041	0,694	896,54	0,006	28,87	0,019	219,4
"Камчатскэнерго"											
				г. Вилючинск							
"Вилючинский водоканал"	1580,43	1580,43			39,31	168,47	896,54	1,059	110,7	376,407	70,9
АО "СВРЦ"	472,15	1,79		456,76	1,60	0,265	1,49	3,23	0,01	1,791	0,006
Отделение Вилючинск "ДальРАО"	0,27		0,27		0,001	0,002	0,008	0	0,016	0	0,00

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

Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2020 г.

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

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

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

проводились визуальные наблюдения за загрязнением водной поверхности прилегающих районов моря нефтяной пленкой.

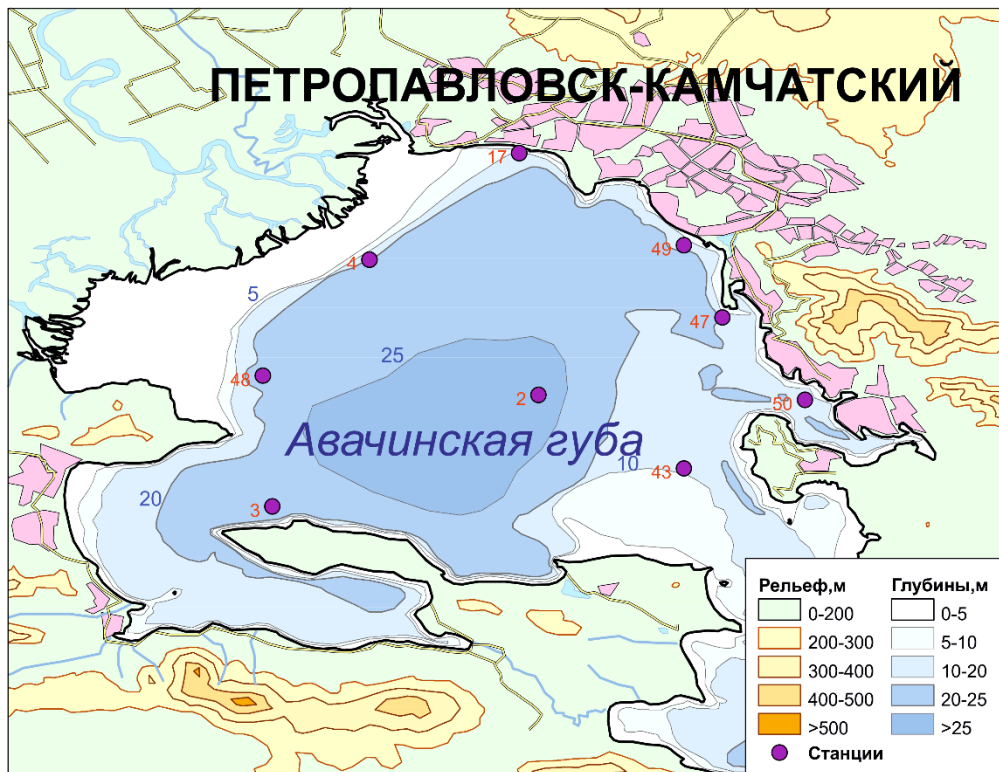


Рис. 9.2. Карта-схема расположения станций наблюдений за качеством вод в Авачинской губе

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

Мутность воды варьировала от 10 мг/дм³ в приустьевой зоне р. Паратунка до 114 мг/дм³ в Раковой бухте; среднегодовой показатель 75,25 мг/дм³.

Повышенные значения концентрации растворенных **нефтяных углеводов** наблюдалось в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий, а также в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию губы способствовали приливо-отливные, сгонно-нагонные явления и течения, поэтому их повышенная концентрация фиксировалась практически повсеместно на различных горизонтах. Поступив в морскую среду, часть нефтяных углеводов распределялась в виде пленки, отдельные пятна которой ежедневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводов в водах Авачинской губы уменьшилось в 2 раза по сравнению с 2020 г. и составило 0,6 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 18,8% всех отобранных проб; в 2020 г. этот показатель составил 54%. Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р. Паратунка (8,2 ПДК).

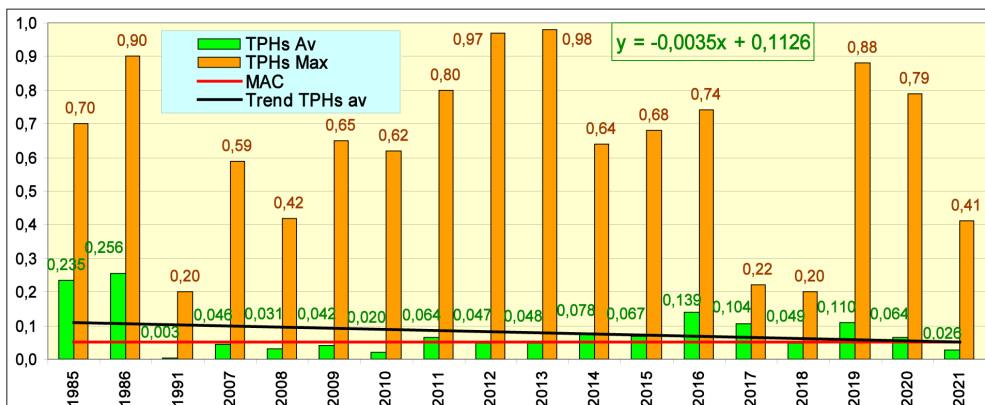


Рис. 9.3. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводов (мг/дм³) в водах Авачинской губы в 1985–2021 гг.

Визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих морских акваторий проводились на пяти гидрометеорологических станциях ФГБУ «Камчатское УГМС»: МГ-1 Петропавловск-Камчатский, ОГМС Никольское, МГ-2 Озерная, МГ-2 Петропавловский Маяк и МГ-2 Оссора. В бухте Оссора на побережье Берингова моря нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС Никольское (о. Беринга, Тихий океан) с мая по декабрь и в январе у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов

отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности с повторяемостью 1-25 дней. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка регистрировалась с сентября по октябрь (25 дней) слабой интенсивности – 1 балл с покрытием 10%. В период с января по февраль и в апреле загрязнение акватории нефтепродуктами не фиксировалось, в остальное время нефтяные следы были видны в течение 1-16 дней. Наиболее загрязнена нефтепродуктами поверхность Авачинской губы. При отсутствии льда на МГ-1 Петропавловск-Камчатский ежедневно отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности (1 балл). На западном побережье Камчатки (район поселка Озерновский, Охотское море) в январе-феврале и ноябре-декабре нефтяная пленка отсутствовала. Пленка слабой интенсивности, покрывавшая 10% видимой акватории моря, наблюдалась в марте (до 3 дней), в апреле (8 дней), в октябре (3 дня), а с мая по сентябрь отмечалась большую часть месяца. Туманы и частые морозящие дожди на западном побережье Камчатки и в районе Петропавловского маяка приводили к существенному ухудшению видимости, что препятствовало проводить визуальные наблюдения за загрязнением поверхности морских вод.

Среднегодовая концентрация детергентов (АСПАВ), поступающих в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми, промышленными стоками и с речной водой составила $6,23 \text{ мкг/дм}^3$. Максимум 130 мкг/дм^3 отмечен в поверхностном слое в приустьевой зоне р. Авача в августе. В 94% проб концентрация находилась ниже предела обнаружения ($DL=50 \text{ мкг/дм}^3$).

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

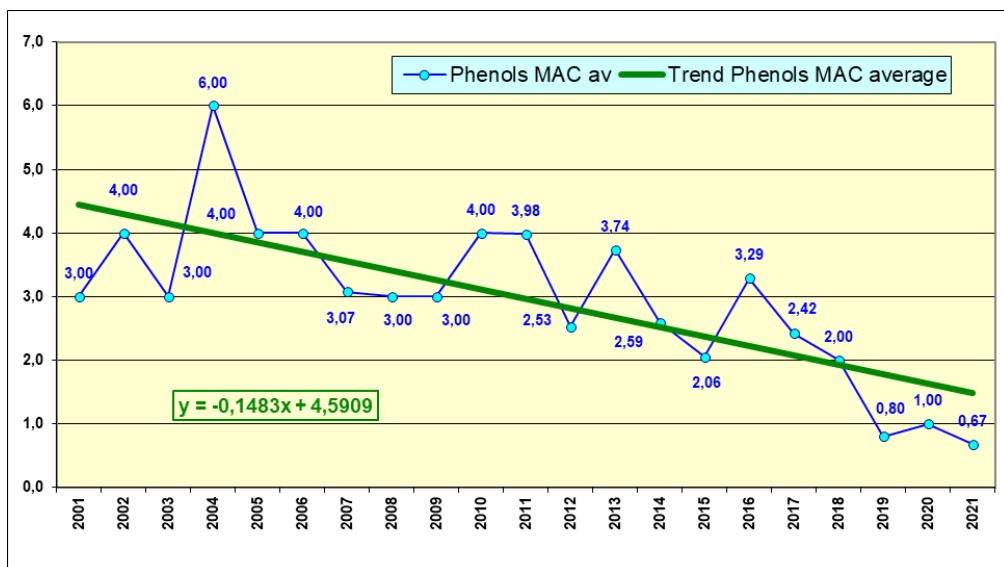


Рис. 9.4. Многолетняя динамика среднегодовой концентрации фенолов в единицах ПДК в Авачинской губе в период 2001-2021 гг.

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

По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация нитритного **азота** в водах Авачинской губы осталась на том же уровне, а максимальная снизилась в 2 раза. В 2021 г. случаев превышения ПДК по нитритам не отмечалось. Нитриты являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до нитратов, которые преобладают в морской воде как конечный продукт минерализации. Содержание нитратов в среднем по толще было ниже прошлогоднего и составляло 96,2 мкг/дм³. Наибольшие величины в

среднем по толще отмечались в июне-июле, с максимумом в придонном слое в центре Авачинской губы (581,66 мкг/дм³). Среднее содержание аммонийного азота (59,47 мкг/дм³) осталось практически на прошлогоднем уровне. Его концентрация во всех отобранных пробах была значительно ниже ПДК. С мая по октябрь в среднем по толще вод отмечена тенденция к снижению с 76 до 53 мкг/дм³. По-прежнему, наибольшее количество аммонийного азота (249,1 мкг/дм³) было сосредоточено в центральной части Авачинской губы. Максимальная разовая концентрация была зарегистрирована на придонном горизонте в июле и составила 278,6 мкг/дм³.

В 2021 г. концентрация **силикатов** в водах губы варьировала в широком диапазоне 143-6788 мкг/дм³; среднегодовая величина незначительно увеличилась до 1421 мкг/дм³. Поскольку основным источником поступления кремния в Авачинскую губу является речной и термальный сток, поэтому среднее содержание кремния на поверхности обычно в несколько раз превышает его концентрацию у дна. По данным многолетних наблюдений повышенная концентрация силикатов отмечается в периоды половодья и дождевых паводков. В 2021 г. такие высокие значения (более 3000 мкг/дм³ – 11 проб) отмечались в поверхностном горизонте на входе в бухту Крашенинникова и в эстуариях рек Авача и Паратунка. Наибольшие величины были отмечены в мае (6788 мкг/дм³) в бухте Крашенинникова и июне (5196 мкг/дм³) в акватории морского порта. Разница между содержанием кремния в поверхностном и придонном слое заметна на всех станциях, особенно в теплый период года. В это время слабое ветровое перемешивание и устойчивая стратификация водных масс препятствуют вертикальному перемешиванию морской воды, с началом осенне-зимней конвекции она уменьшается.

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

Авачинской губы, в бухте Крашенинникова и морском порту. Концентрация ниже $3,0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, соответствующая уровню высокого загрязнения (ВЗ), в 2021 г. отмечена не была (рис. 9.5).

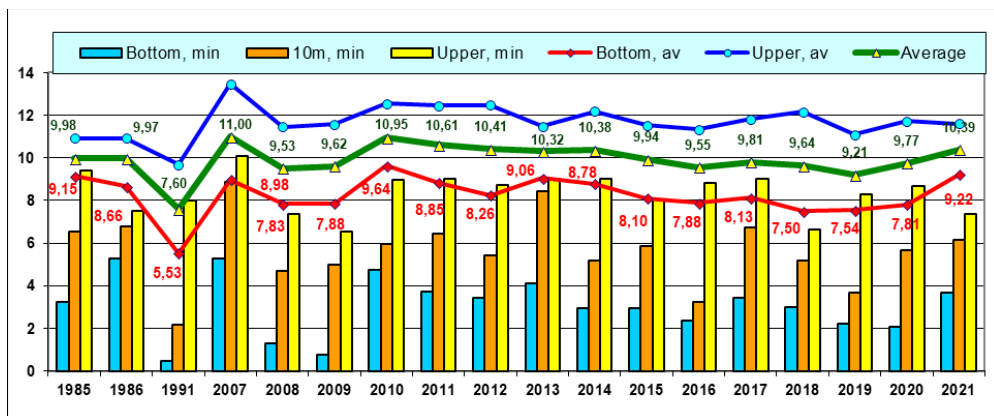


Рис. 9.5. Многолетняя динамика минимальных и средних значений растворенного кислорода ($\text{мг}/\text{дм}^3$) в Авачинской губе в 1985-2021 гг. Примечания: Bottom, min – минимальное значение на придонном горизонте; 10 m, min – на глубине 10 м; Upper, min – в поверхностном слое; Bottom, av – среднее значение в придонном слое; Upper, av – в поверхностном слое.

Таблица 9.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2019-2021 гг.

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,110	2,20	0,064	1,28	0,026	0,52
		0,88	17,60	0,79	15,80	0,41	8,20
	Фенолы	0,79	0,79	0,56	0,56	0,67	0,67
		3,1	3,10	2,0	2,00	2,0	2,00
	СПАВ	51,3	0,51	0		6,23	0,06
		160	1,60	0		130	1,30
	Азот аммонийный	59,4	0,03	54,0	0,02	59,47	0,03
		434	0,19	298	0,13	278,60	0,12
	Азот нитритный	10,68	0,45	6,65	0,28	6,92	0,29
		164,2	6,84	47,3	1,97	22,38	0,93
Растворенный кислород	9,21		9,77		10,39		
	2,23	0,37	2,09	0,35	3,69	0,62	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в $\text{мг}/\text{дм}^3$; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фенолов - в $\text{мкг}/\text{дм}^3$.

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

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

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

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

Выводы

Наибольший вклад в загрязнение морских вод Авачинской бухты по-прежнему вносят нефтяные углеводороды и фенолы. По сравнению с 2020 г. среднегодовое содержание НУ в водах уменьшилось в 2 раза и составило 0,52 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 18,8% всех отобранных проб (в 2020 г. этот показатель составил 54%). Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р. Паратунка (8,2 ПДК). Содержание фенолов в целом по толще и на каждой станции составило менее 1,0 ПДК. Наибольшее значения (2,0 ПДК) были выявлены в июльских пробах в толще воды в морском порту. Повторяемость превышений ПДК за год составила 26% против 12% в 2020 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 3,0 до 0,67 ПДК. В течение последних пяти лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была низкой, а в 2020 г. во всех отобранных пробах их содержание находилось ниже предела обнаружения. В 2021 г. значения ниже предела обнаружения были в 94% проб, среднегодовая концентрация составила 6,23 мкг/дм³. Максимум 130 мкг/дм³ отмечен в поверхностном слое в приустьевой зоне р. Авача в августе. По сравнению с предыдущим годом средняя и максимальная концентрация нитритного азота в водах Авачинской губы снизилась в 2 раза. Случаев превышения ПДК по нитритам не отмечалось, а нитритный азот был включен в расчёт индекса загрязненности вод этой акватории. Содержание нитратов в среднем по толще было ниже прошлогоднего и составляло

96,2 мкг/дм³. Наибольшие величины (в среднем по толще) отмечались в июне-июле, с максимумом в придонном слое в центре Авачинской губы. Содержание минерального фосфора было немного выше прошлогодних значений и не превышало пороговых значений. Остальные биогенные элементы (азот нитратный, аммонийный и фосфор общий) также находились в пределах допустимых величин концентрации. За 2021 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 101,5% при норме 70%. Дефицит кислорода на дне Авачинской губы наблюдался в августе (38,9%) и сентябре (49,3%). Концентрация ниже 3,0 мг/дм³, соответствующая уровню высокого загрязнения (ВЗ), в 2021 г. отмечена не была. Согласно расчету индекса загрязненности наблюдается улучшение качества вод Авачинской губы. В 2021 г. за счет уменьшения содержания НУ значение индекса (ИЗВ=0,52, II класс качества вод, «чистые».) снизилось в 1,3 раза по сравнению с предыдущим годом.

Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

Щербаков К.А., Артамонова Е.М.

10.1. Общая характеристика

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

Проливы Невельского и Лаперуза сравнительно узки и мелководны. Ширина пролива Невельского всего около 7 км. Ширина пролива Лаперуза – 43-186 км, глубина - 53-118 м. Суммарная ширина Курильских проливов около 500 км, а максимальная глубина самого глубокого из них – пролива Буссоль – превышает 2300 м. Таким образом, возможность водообмена между Японским и Охотским морями несравненно меньшая, чем между Охотским морем и Тихим океаном. Рельеф дна северной части представляет собой материковую отмель (22% поверхности моря). Большая часть (70%) находится в пределах материкового склона (от 200 до 1500 м); остальная часть представляет собой участок ложа (Залогин, 1999).

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

Зимой в северной части моря температура воды составляет -1,5⁰С-1,7⁰С. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой -1,7⁰С. 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 солености в Охотском море сравнительно мало изменяется по сезонам. Соленость повышается в восточной части, находящейся под воздействием тихоокеанских вод, и понижается в западной части, опресняемой материковым стоком. В западной части соленость на поверхности 28–31‰, а в восточной — 31–32‰ и более до 33‰ вблизи Курильской гряды. Вследствие опреснения в северо-западной части моря соленость на поверхности равна 25‰ и менее, а толщина опресненного слоя — около 30–40 м. С глубиной в Охотском море происходит увеличение солености. На горизонтах 300–400 м в западной части моря соленость равна 33,5‰, а в восточной — около 33,8‰. На горизонте 1000 м соленость равна 34‰ и далее к дну возрастает незначительно, всего на 0,5–0,6‰. В отдельных заливах и проливах величина солености, ее стратификация могут значительно отличаться от вод открытого моря в зависимости от местных условий (Охотское море, 1998, Залогин, 1999).

В Охотское море впадает довольно много преимущественно небольших рек, поэтому при столь значительном объеме его вод материковый сток относительно невелик. Он равен примерно $600 \text{ км}^3/\text{год}$, 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 достигать до 20 м при периоде 30-95 с, скорости распространения от 400 до 800 км/час и длине в несколько километров (Охотское море, 1992).

Растительность и животный мир отличаются большим разнообразием. По запасам промыслового краба море занимает первое место в мире. Большую ценность представляют лососевые рыбы: кета, горбуша, кижуч, чавыча, нерка — источники красной икры. Ведется интенсивный лов сельди, минтая, камбалы, трески, наваги, мойвы и других рыб. В море обитают киты, тюлени, сивучи, морские котики. Все большое интерес приобретает промысел моллюсков и морских ежей. На литорали повсеместно распространены различные водоросли. В связи со слабой освоенностью прилегающих территорий морской транспорт приобрел основное значение. Важные морские пути ведут к Корсакову на острове Сахалин, Магадану, Охотску и другим населенным пунктам (<http://geographyofrussia.com>). С целью охраны прибрежных экосистем Охотского моря на различных участках побережья созданы участки ООПТ федерального уровня — Курильского, Магаданского, Поронайского, Джугдзурского заповедников. Также природоохранные задачи выполняют ООПТ регионального уровня.

10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин

На шельфе о. Сахалин Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь 2021 г. выполнялись наблюдения в районе села Стародубское Долинского городского округа Сахалинской области на одной фоновой станции; в заливе Анива в районе порта Пригородное Корсаковского городского округа и в акватории порта Корсаков наблюдения проводились в прибрежной зоне на шести станциях, а также на акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский на 5 станциях (рис. 10.1). Шельфовая

зона острова традиционно загрязняется добывающими предприятиями, муниципальными сточными водами коммунально-бытовых объектов, рыбопромысловыми и перерабатывающими судами и предприятиями. Значительную роль в загрязнении морских вод играет речной сток. В последние годы стремительно возросла нагрузка на этот район, связанная с разведкой и разработкой нефтегазовых месторождений. Освоение шельфа сопровождается интенсивным строительством трубопроводов, нефте- и газоналивных терминалов, портов, платформ для бурения скважин и прочей обеспечивающей широкое развитие данной отрасли инфраструктуры.

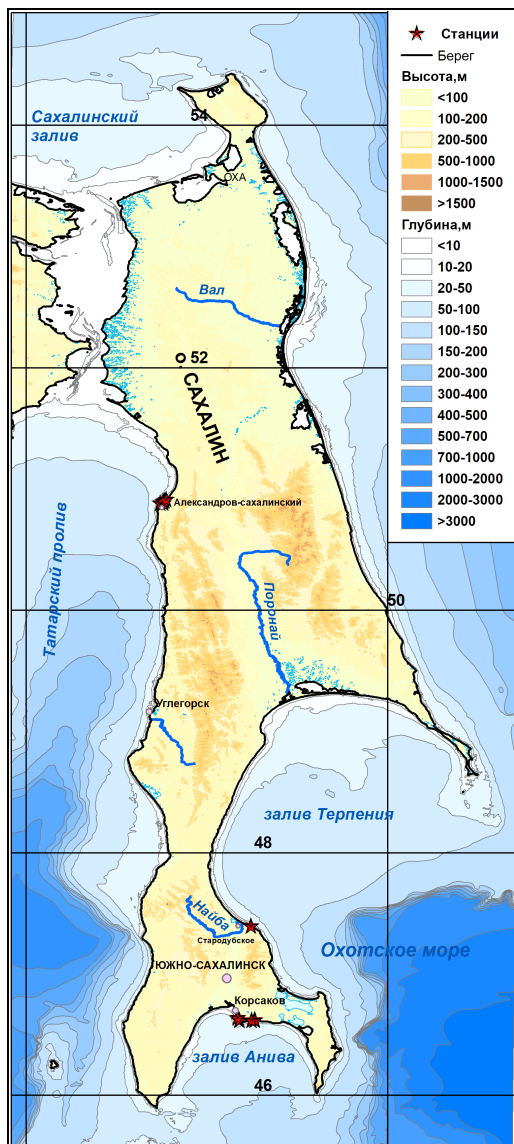


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2021 г.

10.2.1. Район поселка Стародубское

Температура поверхностного слоя воды в 2021 г. находилась в пределах 8,7-23,0°C, соленость 28,44-31,34‰, хлорность морской воды 15,74-17,35‰, концентрация ионов водорода (рН) менялась в пределах 7,85-8,27, значения щелочности варьировали от 1,907 до 2,356 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 7,6 до 80 мг/дм³ (15 октября 2021 г.), в среднем 36,3 мг/дм³ (3,6 ПДК), а легко окисляемого органического вещества по БПК₅ от 1,1 до 5,5 мгО₂/дм³ (2,6 ПДК).

Загрязнение акватории у села Стародубское **нефтяными углеводородами** в 2021 г. снизилось по сравнению с предыдущими годами. Содержание НУ в пяти пробах из 6 было ниже предела обнаружения (DL=0,020 мг/дм³), а в одной составило 0,027 мг/дм³ (0,5 ПДК, 4 июня). В целом район села Стародубское из всех районов мониторинга шельфовой зоны о. Сахалин наименее загрязнен нефтяными углеводородами (рис. 10.2). Фенолы на исследуемой акватории зафиксированы однажды 15 октября (2,9 мкг/дм³, 2,9 ПДК); в предыдущий год они были отмечены в конце августа со значением 4,0 мкг/дм³.

Концентрация **металлов** (цинк, кадмий и свинец) в течение 2021 г. изменялась незначительно, как и в 2020 г. Медь является одним из основных загрязнителей морских вод у села Стародубское. Ее содержание варьировало от 1,0 в мае до 3,0 мкг/дм³ в августе, в среднем 2,1 мкг/дм³. Минимальное значение концентрации цинка составило в августе 3,1 мкг/дм³, максимум в сентябре – 8,4 мкг/дм³. Свинец в 2021 г. отмечен во всех пробах в концентрации 0,6-1,8 мкг/дм³; содержание кадмия, как и в 2020 г., было ниже предела обнаружения методики (DL=0,3 мкг/дм³).

Концентрация растворенного в воде **кислорода** в 2021 г. восстановилась после снижения в 2020 г. и была в диапазоне 8,1-9,6 мгО₂/дм³. Уровень загрязненности морских вод района у села Стародубское по ИЗВ (0,73) по сравнению с прошлым годом немного улучшился и находится близко к границе классов «чистые» и «умеренно загрязненные». В целом в 2021 г. в прибрежных водах отмечено снижение содержания нефтяных углеводородов, меди, СПАВ и фенолов. Концентрация органических веществ по БПК₅ остается на уровне предыдущих лет. Концентрация различных форм азота была ниже установленных нормативов ПДК.

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе села Стародубское значительно снизилась по сравнению с предыдущим годом, в среднем примерно на 2,3 ДК до 0,5 ДК, а максимум достигал 0,8 ДК при 5,2 ДК в 2020 году (табл. 10.3). Концентрация цинка, кадмия, свинца, меди и фенолов от предыдущих лет отличалась незначительно.

10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова

В районе порта г. Корсакова в 2021 г. мониторинг состояния морской среды проводился с мая по октябрь на трех станциях. На исследуемой акватории за период наблюдений температура поверхностного слоя воды была в диапазоне 8,5-16,6°С, соленость 18,08-31,72‰, хлорность морской воды 10,56-17,56‰, концентрация ионов водорода (рН) менялась в пределах 7,55-8,20, значения щелочности варьировали от 1,832 до 2,333 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля до 53 мг/дм³ (4 августа), в среднем 11,7 мг/дм³ (1,2 ПДК), а легко окисляемого органического вещества по БПК₅ в диапазоне 1,2-5,3/3,4 мгО₂/дм³ (max 2,5 ПДК).

Концентрация **нефтяных углеводородов** в прибрежных водах залива в районе порта Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм³, две пробы из 18) до 0,303 мг/дм³ (6 ПДК, 4 августа). Это является значительным превышением допустимых параметров качества воды и может говорить о существенном экологическом ущербе, наносимом акватории залива портовым хозяйством. В последующих пробах с данной станции такая высокая концентрация НУ отсутствовала, что может свидетельствовать о кратковременном действии источника загрязнения. Средняя за год величина НУ составила 0,06 мг/дм³ (1,2 ПДК), это сопоставимо с уровнем прошлого года. Содержание фенолов в водах залива было ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм³) во всех пробах на всех станциях за весь год наблюдений. Концентрация СПАВ в семи пробах была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм³), а в остальных достигала 46 мкг/дм³ (0,5 ПДК); в среднем 13 мкг/дм³, что примерно в два раза ниже прошлогоднего значения.

Концентрация **меди** в морской воде в районе порта Корсаков изменялась в диапазоне 1,2-7,8 мкг/дм³ (1,56 ПДК); максимальное и среднее значение были немного больше прошлогодних. Уровень содержания свинца и цинка в морских водах повысился практически в два раза, однако не достиг значений выше ПДК. Концентрация кадмия была ниже предела обнаружения во всех пробах.

Концентрация различных форм **азота** в водах залива в районе порта Корсаков была в пределах естественной межгодовой изменчивости: средняя концентрация аммонийного азота составила 31,5 мкг/дм³ (примерно в 2 раза ниже прошлогодней), максимальная – 97,4 мкг/дм³, при этом в 7 пробах из 18 значения были ниже предела обнаружения (DL=20 мкг/дм³); нитритов – 3,25/11,36 мкг/дм³; нитратов – 72,3/404 мкг/дм³. Концентрация фосфатов изменялась в пределах 0-118 мкг/дм³, средняя величина была ниже прошлогодней и составила 40,9 мкг/дм³ (0,82 ПДК). Содержание силикатов в водах района изменялось в диапазоне 66-3085 мкг/дм³, составив в среднем 586 мкг/дм³; значения выше 1000 мкг/дм³ отмечены трижды в мае и июле.

Кислородный режим в водах порта Корсаков в целом был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного **кислорода** в период проведения наблюдений составило 7,80 мгО₂/дм³ (в прошлом году 6,87); диапазон концентрации 4,50-9,88 мгО₂/дм³. Ниже норматива содержание растворенного кислорода было в трех поверхностных пробах на одной станции в августе-октябре. По ИЗВ (1,07) воды залива Анива в районе порта Корсаков в 2021 г. относятся к III классу, "умеренно загрязненные" (табл. 10.2). По сравнению с предыдущим годом показатель качества вод в районе порта практически не изменился. Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества по БПК₅ и медь.

В шести пробах **донных отложений** из прибрежной зоны залива Анива в районе порта Корсаков, отбираемых на одной станции, содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 182-2453 мкг/г с максимумом в июле, в среднем 717 мкг/г (14,3 ДК). В 2019 г. концентрация НУ составляла 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 два года. Таким образом, отмечен существенный рост загрязнения акватории порта нефтяными углеводородами. Значения концентрации фенолов варьировали в пределах 0,38-1,67 мкг/г, в среднем 0,93 мкг/г, что немного больше прошлогоднего уровня. Содержание металлов в осадках у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 10,3-25,0 мкг/г (среднее 18,5 мкг/г, 0,53 ДК, что соответствует прошлогоднему); цинк 51-70 мкг/г (среднее 56,8 мкг/г, 0,41 ДК). Концентрация кадмия варьировала в пределах 0,09-0,37 мкг/г, в среднем 0,20 мкг/г, что равно прошлогоднему. Содержание свинца изменялось в диапазоне 3,0-15,9 мкг/г, среднее составило 6,6 мкг/г, соответствует прошлогоднему.

10.2.3. Залив Анива. Район порта Пригородное

В заливе Анива в поселке Пригородное восточнее города Корсаков в 2009 г. был запущен первый в России завод СПГ в рамках проекта [Сахалин-2](#) с проектной производственной мощностью 9,6 млн. тонн сжиженного природного газа. В комплекс построек завода входят портовые сооружения для перевалки продукции в морские суда. Местность расположения завода получила название порт Пригородное. В прибрежных водах акватории порта в 2021 г. было отобрано 18 проб воды и 18 проб донных отложений на трех станциях с мая по октябрь. Температура поверхностного слоя вод в период наблюдений изменялась в диапазоне 8,7-17,5°C; соленость 8,74-31,8/27,96‰; хлорность 4,84-17,56/15,48‰; рН 7,8-8,34/8,1; щелочность 1,164-2,242/2,01 мг-экв/дм³. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от менее <5 до 37,3 мг/дм³ с максимумом в середине августа, как и в 2019 г. Средняя составила 12,4 мг/дм³ (1,24 ПДК), что в три раза ниже показателя прошлого года. Концентрация легко окисляемого органического вещества по БПК₅ изменялась от значений менее <1,0 до 4,5 мгО₂/дм³, в среднем 1,6 мгО₂/дм³ (0,76 ПДК); в прошлом году было 1,97 ПДК. Стандартные параметры морских вод в районе Пригородного в целом были в пределах естественных межгодовых колебаний. Также как и в прошлых годах был отмечен случай сильного (ниже 9,0‰) распреснения поверхностных вод, однако обильное поступление пресных вод наблюдалось в июле, а не в августе.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в поверхностном слое вод изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм³) в 6 пробах из 18, а в остальных достигала 0,101 мг/дм³, составив в среднем 0,027 мг/дм³ (0,54 ПДК). Уровень загрязнения НУ по сравнению с прошлогодними значениями незначительно увеличился (табл. 10.1). Содержание фенолов было ниже предела обнаружения (DL=2 мкг/дм³) во всех пробах; а СПАВ - ниже DL в 12 из 18 проб, а в остальных достигало 20 мкг/дм³ (0,2 ПДК), в среднем 5,0 мкг/дм³. Концентрация меди в морской воде в районе порта Пригородное изменялась в диапазоне 1,2-9,9 мкг/дм³, составив в среднем 3,5 мкг/дм³ (0,7 ПДК); цинка - 3,0-15,4/5,5 мкг/дм³ (0,11 ПДК). Концентрация свинца в 7 пробах из 18 была ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/дм³, средняя составила 0,8 мкг/дм³ (0,08 ПДК), а максимальная достигала 3 мкг/дм³ (0,3 ПДК). Кадмий во всех пробах был в концентрации ниже предела обнаружения (DL=0,3 мкг/дм³).

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива в районе п. Пригородное изменялась от аналитического нуля в 13 пробах из 18 (DL=20 мкг/дм³) до 71,5 и 81,9 мкг/дм³ в июле и августе, среднее значение составило 13,3 мкг/дм³ (в два раза меньше прошлогоднего);

азот нитритов $<0,50-28,05/4,35$ мг/дм³, максимум составил 1,2 ПДК и зафиксирован 27 мая; нитратов $5,98-195,0/52,87$ мг/дм³. Концентрация неорганического фосфора варьировала в диапазоне $<0,50-343$ мг/дм³, средняя величина увеличилась до $61,2$ мг/дм³. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне $72-5990$ мг/дм³, максимум зафиксирован 2 июля, а среднее значение (909 мг/дм³) примерно в полтора раза выше прошлогоднего.

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась в диапазоне $6,62-9,88$ мгО₂/дм³, в среднем $8,05$ мгО₂/дм³. На прибрежной станции №103, расположенной в месте выхода дороги из Корсакова в поселок Пригородное, среднегодовое значение составило $7,59$; восточнее на городском пляже на ст.№102 эта величина была немного ниже ($7,51$), а немного восточнее на ст.№101 составила $9,05$ мгО₂/дм³. Дефицита кислорода зафиксировано не было. По ИЗВ (0,69) прибрежные воды залива Анива вблизи пос. Пригородное в 2020 г. относятся к II классу, "чистые" (табл. 10.2). Приоритетными загрязняющими веществами и в этом году остаются нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК₅) и медь.

Донные отложения. Уровень содержания загрязняющих веществ в донных отложениях оставался стабильным в течение всего периода мониторинга. Концентрация нефтяных углеводородов по сравнению с прошлым годом значительно снизилась до средней $5,9$ мг/г ($0,1$ ДК). Содержание фенолов в донных отложениях варьировало в пределах от аналитического нуля в пяти пробах до $1,6$ мг/г. Среднегодовая концентрация увеличилась практически в три раза до $0,6$ мг/г. В 2020 г. концентрации меди и кадмия остались на уровне 2020 г. Содержание цинка и свинца в донных отложениях исследуемой акватории было ниже предела обнаружения методики. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях находятся в пределах среднемноголетних значений.

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
село Стародубское	НУ	0,017	0,34	0,005	0,10	0,033	0,66
		0,039	0,78	0,027	0,54	0,092	1,84
(6 проб в 2021 г.)	Фенолы	0,67	0,67	0,48	0,48	0	
		4,0	4,00	2,9	2,90	0	
	СПАВ	27,8	0,28	11,8	0,12	10	0,1
		47	0,47	34	0,34	45	0,45

	Кадмий	0 0		0 0		0,1 0,6	0,01 0,06
	Медь	2,58 4,5	0,52 0,90	2,1 3,0	0,42 0,60	4,4 5,8	0,88 1,16
	Цинк	3,20 5,6	0,06 0,11	4,3 8,4	0,09 0,17	7,0 8,4	0,1 0,2
	Свинец	0,36 1,1	0,04 0,11	1,1 1,8	0,11 0,18	0,9 2,8	0,1 0,3
	Аммонийный азот	16,5 39	<0,01 0,02	108,3 330	0,28 0,85	18,1 44,4	0,05 0,11
	Нитритный азот	4,50 9,45	0,19 0,39	2,39 4,37	0,10 0,18	3,09 6,82	0,13 0,28
	БПК ₅	2,78 6,0	1,32 2,86	2,95 5,5	1,40 2,62	2,38 3,4	1,1 1,6
	Кислород	7,90 5,83		9,59 8,12		6,83 5,35	
Залив Анива: порт	НУ	0,050 0,164	1,00 3,28	0,057 0,303	1,14 6,06	0,052 0,146	1,0 2,92
г. Корсакова	Фенолы	0,14 2,6	0,14 2,60	0 0		0 0	
(18 проб в 2021 г.)	СПАВ	22,6 91	0,23 0,91	12,6 46	0,13 0,46	25 75	0,3 0,8
	Кадмий	0 0		0 0		0,13 0,6	0,01 0,06
	Медь	3,23 7,7	0,65 1,54	3,65 7,8	0,74 1,56	4,4 7,4	0,88 1,48
	Цинк	4,67 12,9	0,09 0,26	7,36 20,4	0,15 0,41	6,9 15,1	0,1 0,3
	Свинец	0,51 2,2	0,05 0,22	1,34 4,3	0,13 0,43	0,9 4,0	0,1 0,3
	Аммонийный азот	78,5 390	0,20 1,00	31,5 97,4	0,08 0,25	21,1 130,4	0,05 0,34
	Нитритный азот	3,00 8,98	0,13 0,37	3,25 11,36	0,14 0,47	3,68 16,41	0,15 0,68
	БПК ₅	4,13 9,5	1,97 4,52	3,44 5,3	1,64 2,52	2,4 4,2	1,1 2,0
	Кислород	6,87 4,79		7,80 4,50		7,05 4,24	
Залив Анива:	НУ	0,023 0,076	0,46 1,52	0,027 0,101	0,54 2,02	0,057 0,093	1,14 1,86
поселок Пригородное	Фенолы	0 0		0 0		0 0	
(18 проб в 2021 г.)	СПАВ	11,6 51	0,12 0,51	4,83 20	0,05 0,20	28 167	0,28 1,67

	Кадмий	0 0		0 0		0,2 0,6	0,02 0,06
	Медь	2,48 6,5	0,50 1,30	3,53 9,9	0,71 1,98	4,6 7,2	0,92 1,44
	Цинк	4,16 15,2	0,08 0,24	5,54 15,4	0,11 0,31	6,3 11,1	0,13 0,22
	Свинец	0,12 0,7	0,01 0,07	0,78 3,3	0,08 0,33	0,8 1,8	0,08 0,18
	Аммонийный азот	22,8 164	0,06 0,42	13,3 81,9	0,03 0,21	283 4192	0,73 10,78
	Нитритный азот	2,80 12,97	0,03 0,54	4,35 28,05	0,18 1,17	5,83 51,77	0,24 2,16
	БПК ₅	2,70 5,1	1,29 2,43	1,60 4,5	0,76 2,14	4,7 38,6	2,24 18,38
	Кислород	7,88 5,42		8,05 6,62		6,60 4,45	

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

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

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

Район	2019 г.		2020 г.		2021 г.		Содержание ЗВ в 2021 г. в ПДК
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
село Стародубское	0,82	III	0,73	III	0,88	III	НУ 0,66; Cu 0,88; БПК ₅ 1,1; O ₂ 0,88
порт Корсаков	1,12	III	1,07	III	0,96	III	НУ 1,0; БПК ₅ 1,1; Cu 0,88; O ₂ 0,85
порт Пригородное	0,75	III	0,69	II	1,30	IV	НУ 1,14; БПК ₅ 2,24; Cu 0,92; O ₂ 0,91

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.			
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
село Стародубское	НУ	138	2,8	26,3	0,5	49,5	1,0
		259	5,2	39,8	0,8	103,9	2,1

(6 проб в 2021 г.)	Фенолы	0,31 0,84		0,51 1,59		0 0	
	Медь	4 6,1	0,1 0,2	4,4 6,8	0,1 0,2	4,83 10,2	0,1 0,3
	Цинк	9,7 58	0,07 0,41	0 0		0 0	
	Кадмий	0,08 0,10	0,10 0,13	0,06 0,09	0,1 0,1	0 0,08	0 0,1
	Свинец	0 0		0 0		0 0	
порт г. Корсакова	НУ	474 634	9,5 12,7	717 2453	14,3 49,1	182,25 298	3,6 6,0
(6 проб в 2021 г.)	Фенолы	0,41 1,26		0,93 1,7		0,02 0,1	
	Медь	24,7 32,5	0,71 0,93	18,5 25,0	0,5 0,7	7,7 9,7	0,2 0,3
	Цинк	60 69	0,4 0,5	57 70	0,4 0,5	87 104	0,6 0,7
	Кадмий	0,27 0,55	0,3 0,7	0,2 0,37	0,3 0,5	0,09 0,14	0,1 0,2
	Свинец	5,9 6,4	<0,1 <0,1	6,6 15,9	0,1 0,2	4,2 4,5	0,05 0,05
порт Пригородное	НУ	49,1 77	0,98 1,5	5,9 17,9	0,1 0,4	10,0 43,7	0,2 0,9
(18 проб в 2021 г.)	Фенолы	0,19 0,71		0,6 1,6		0,01 0,22	
	Медь	4,7 6,1	0,1 0,2	4,7 6,2	0,1 0,2	3,9 6,4	0,1 0,2
	Цинк	0 0		0 0		19 66	0,14 0,47
	Кадмий	0,05 0,10	0,06 0,13	0,05 0,09	0,1 0,1	0,01 0,04	0 0,05
	Свинец	0 0		0 0		0 0	

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

10.3. Выводы

По данным мониторинга уровень загрязнения вод в трех прибрежных участках шельфа острова Сахалин в 2021 г. оставался незначительным. Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, фенолы, медь и легко окисляемые органические вещества по БПК₅. Органическое загрязнение достигало 2,1-2,6 ПДК в

трех контролируемых районах и было наибольшим у города Корсаков и села Стародубское. В порту Корсаков также было очень высоким содержание в морской воде нефтяных углеводородов, среднее содержание которых превышало норматив; максимальная концентрация достигала 6,1 ПДК, а восточнее у завода СПГ в поселке Пригородное – 2,0 ПДК. Эти значения существенно выше прошлогодних. В донных отложениях шельфа Сахалина у порта Корсаков содержание НУ традиционно было чрезвычайно высоким и составляло в среднем 14,3 ДК, а максимум достигал 49,1 ДК. В двух других контролируемых районах острова морские осадки относительно чистые. Из тяжелых металлов в наибольшей концентрации в воде встречается медь, хотя в среднем ее содержание на разных участках составляло примерно половину норматива, а максимальное значение почти достигало 2 ПДК у пос. Пригородное. Динамика средней и наибольшей концентрации меди в последние годы не показывает значительных изменений. В 2020 г., как и в предыдущие годы, в донных отложениях изучаемых районов шельфа Сахалина среднегодовое содержание металлов (меди, цинка, кадмия и свинца) было меньше норматива и обычно составляло небольшую долю ДК. Исключением является медь в донных отложениях акватории порта Корсаков, где ее концентрации выше, чем на других участках (в среднем 0,5 ДК). В 2020 г. в прибрежных морских водах значение индекса ИЗВ составило 0,73; 1,07 и 0,69 у пос. Стародубское, в районе порта Корсаков и пос. Пригородное соответственно. Существенных изменений по сравнению с прошлым годом не отмечено. Воды у порта Корсаков и села Стародубское оцениваются как «умеренно загрязненные» (III класс качества). На акватории порта Пригородное морские воды оцениваются как «чистые» (II класс качества), однако значение очень близко к границе класса «умеренно загрязненные». По результатам регулярного гидрохимического мониторинга прибрежные воды и донные отложения близ порта Корсаков в 2021 г. остаются наиболее загрязненными на шельфе о. Сахалин.

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

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

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 сгонно-нагонных колебаний у западных берегов Японии уровень может повышаться на 20-25 см, а у материкового берега на столько же понижаться. Летом наблюдается обратное явление.

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

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

11.2. Источники загрязнения

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и бухты вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные (предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот) и муниципальные (коммунальные сбросы жилых массивов) сточные воды, 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, Уссурийск, Дальнегорск и Большой Камень. Нефтяное загрязнение прибрежной зоны моря происходит за счет сброса балластных и льяльных вод с судов в связи с отсутствием береговых нефтеемиссионных 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

Объяснение. Дополнительную нагрузку на морскую среду оказывает масштабное строительство различных объектов и трубопроводных систем сибирско-тихоокеанского региона.

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 загрязненные 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 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. В течение последних 50 лет в бухту Золотой Рог сливались стоки с различными нефтепродуктами, вследствие чего на дне бухты образовался осадочный «нефтебитумный» слой, который местами достигает толщины 0,7-1,5 м.

В Амурском заливе основными источниками загрязнения являются города Владивосток (606,6 тыс. жителей в 2020 г.) и Уссурийск (173,6 тыс.): значительная часть стоков западной части первого сбрасывается непосредственно в залив, а сточные воды второго выносятся р. Раздольной. В Уссурийский залив сбрасываются сточные воды г. Владивостока (северо-западное побережье залива), г. Артема (105,7 тыс.) - в бухту Муравьиную (через реки Шкотовка и Артемовка). Сточные воды населенных пунктов восточного побережья залива поступают в бухту Суходол (через реки Суходол, Петровка, Смолянинка), а также в бухты Андреева и Большой Камень. Кроме того, к источникам загрязнения морской среды Уссурийского залива относятся районы возможного паводкового смыва, сельскохозяйственные угодья, а также сточные воды и поверхностный сток с территорий военных ведомств. Основным источником загрязнения залива Находка являются городские и промышленные стоки города и порта Находка, а также сток р. Партизанская.

В 2021 г. систематические наблюдения за гидрохимическим режимом и качеством вод прибрежной зоны Японского моря проводились лабораторией мониторинга загрязнения морских вод

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

11.3. Бухта Золотой Рог

Бухта Золотой Рог – длинная узкая бухта к северу от пролива Босфор Восточный Японского моря. Она защищена от всех ветров, кроме штормовых и волнения, вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый (43°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 они постепенно уменьшаются. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает чрезвычайно загрязненная речка Объяснения. С северо-запада бухта Золотой Рог ограничена полуостровом Шкота с холмистыми берегами, а в южной части они обрывистые и на всем протяжении приглубые. Северный, южный и восточный берега возвышенные, кое-где обрывистые и окаймлены узкой низкой прибрежной полосой, искусственно выровненной и местами расширенной для портовых сооружений. Они почти на всем протяжении укреплены стенками, оборудованы причалами и пирсами. На берегах бухты Золотой Рог расположен город Владивосток (605 тыс. жителей) 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 бухте Золотой Рог преобладают южные и юго-восточные ветра, часты дожди и туманы. Осенью и зимой дуют преимущественно северные и северо-западные

ветра, сопровождающиеся сухой и ясной погодой, значительным понижением температуры и повышением атмосферного давления. Зимние и осенние ветра бывают продолжительными и достигают скорости 6-8 м/с и более. Весной и летом скорость ветра несколько меньше. Туманы в бухте Золотой Рог наблюдаются с апреля по август и наиболее часто они бывают в июне-июле. Обычно туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива, а при штиле туманы бывают реже. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамёрзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.

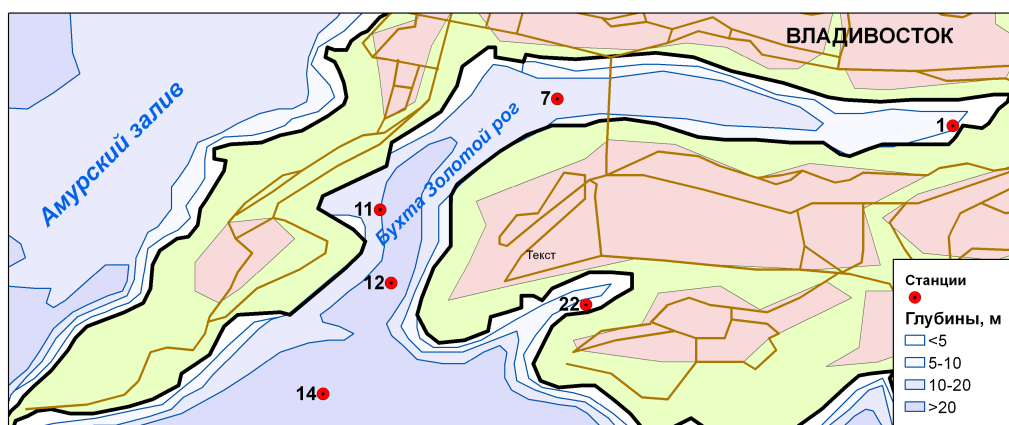


Рис. 11.1. Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид

В 2021 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в июне, августе и октябре на 5 постоянных станциях мониторинга (рис. 11.1). В 39 пробах воды из бухты Золотой Рог значения **температуры** морской воды изменялись в период наблюдений от 5,64°C (в придонном слое в июне на ст.№14 на выходе из бухты) до 30,20°C (в поверхностном слое в августе в вершине бухты на ст.№1). Среднегодовой показатель составил 19,48°C.

Среднегодовой показатель **солености** в 2021 году составил 30,984‰. Соленость изменялась от 27,930‰ в поверхностном слое в августе на станции №1 до 33,550‰ в придонном слое в июне на станции №14. Значения водородного показателя рН изменялись от 7,54 на поверхностном горизонте (ст.№1 в августе) до 8,31 в придонном слое (ст. №14 в июне); среднегодовое значение составило 8,06. Средняя концентрация взвешенных частиц в водах бухты Золотой Рог уменьшилась по сравнению с 2019 г. и составила 5,55 мг/дм³, что меньше значений

2019 г. (11,35 мг/дм³) и 2020 г. (7,40 мг/дм³). Максимум (8,90 мг/дм³, 0,89 ПДК) был зафиксирован в октябре на ст.№12 на промежуточном горизонте. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) в толще воды бухты изменялось в диапазоне 1,00–6,00 мгО₂/дм³; максимум (2,86 ПДК) отмечен в августе на ст.№14 на поверхностном горизонте. Среднегодовое значение БПК₅ составило 2,71 мгО₂/дм³ (1,29 ПДК), что практически соответствует уровню 2020 г. (1,29 ПДК). Прозрачность вод бухты не превышала 4 м.

В 2021 г. среднее содержание **нефтяных углеводородов** (НУ) в водах бухты Золотой Рог повысилось по сравнению с прошлогодним уровнем и составило 1,20 ПДК (табл. 11.1). Концентрация НУ превысила норматив в 35,8% проб. В период проведения наблюдений содержание НУ изменялось в диапазоне 0,01–0,35 мг/дм³. Максимальное значение (7 ПДК) зарегистрировано в октябре на ст.№11 в придонном слое. В 2021 г. среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшее значение средней концентрации нефтяных углеводородов было зафиксировано в бухте Золотой Рог (рис. 11.10). Высокие максимальные значения НУ в морской воде были отмечены в заливе Находка (4,6 ПДК) и в бухте Диомид (5 ПДК).

По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Золотой Рог местами наблюдался плавающий мусор. В июне 2021 года в районе станций №1, №7 и №11, №12 была зафиксирована пленка нефтепродуктов со степенью покрытия 91-100%, с густой 10 баллов и интенсивностью 1 балла. Так же в августе на станции №12 и №1 была зафиксирована пленка нефтепродуктов со степенью покрытия 71-80% и 91-100%, с густой 8 и 10 баллов соответственно и интенсивностью 1 балл.

Концентрация **фенолов** в бухте Золотой Рог в 2021 г. в течение безледного периода изменялась в диапазоне 0,07–1,80 мкг/дм³; максимальное значение (1,8 ПДК) зарегистрировано в августе на ст.№1 а придонном слое. Среднегодовое содержание фенолов снизилось в 1,8 раза и составило 1,17 ПДК. Концентрация превышала норматив в 79,5% проб воды против 100% в прошлом году.

Среднегодовое содержание АПАВ в водах бухты снизилось в 1,1 раза с 0,95 до 0,86 ПДК. Диапазон концентрации составил 4,00–243,00 мкг/дм³. Максимальное значение (2,43 ПДК) было отмечено в августе на ст.№14 на придонном горизонте. Концентрация АПАВ превысила предельно допустимое значение в 33,3% проб, а в 2020 г. превышение ПДК было зафиксировано в 41,7% проб воды.

В 2021 г. среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах бухты Золотой Рог не превышала предельно допустимых значений (табл. 11.2). Наибольшие значения концентрации

всех определяемых в морской воде тяжелых металлов были ниже допустимого норматива.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах бухты Золотой Рог в 2012-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg		
Средняя	1,2/ 0,8/ 1,5/ 1,6/ 1,8/ 1,6/ 1,6/ 0,7/ 1,9/ 1,11	0,2/ 0,2/ 0,5/ 0,2/ 0,6/ 0,3/ 2,2/ 0,03/ 0,1/ 0,20	0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 1,3/ 0,8/ 0,3/ 0,01/ 0,0/ 0,05	-/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,3/ 0,3/ 1,6/ 0,7/ 0,5/ 0,8/ 0,6/ 0,4/ 1,2/ 0,53	7,1/ 6,0/ 21,4/ 19,1/ 9,1/ 17,0/ 13,9/ 3,6/ 11,4/ 4,43	19,0/ 5,4/ 10,5/ 5,7/ 6,0/ 2,0/ 0,9/ 1,6/ 6,2/ 3,42	76,6/ 27,7/ 32,6/ 33,9/ 24,7/ 55,6/ 36,5/ 25,5/ 22,6	0,3/ 0,3/ 0,6/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,01/ 0,00/ 0,023/ 0,026/ 0,041/ 0,04/ 0,03/ 0,03/ 0,015/ 0,015		
	Максимальная	6,3/ 2,3/ 4,9/ 6,1/ 4,7/ 3,9/ 4,2/ 2,1/ 5,6/ 1,19	1,2/ 0,7/ 7,9/ 2,1/ 2,3/ 3,2/ 9,9/ 0,3/ 0,4/ 0,80	5,5/ 1,9/ 2,2/ 0,7/ 16,0/ 3,5/ 0,8/ 0,1/ 0,5/ 1,40	0,1/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,9/ 0,5/ 7,3/ 6,0/ 2,3/ 1,5/ 1,7/ 2,0/ 5,5/ 5,80	31/ 55/ 100/ 61,0/ 23,0/ 112/ 37,5/ 9,6/ 27,2/ 12,80	73,0/ 29,0/ 103,/ 33,0/ 36,0/ 12,0/ 3,3/ 35,5/ 59,6/ 32,70	624/ 220/ 181/ 99,0/ 47,0/ 214/ 193/ 142,6/ 221,6	1,5/ 1,2/ 4,3/ -/ -/ -/ -/ -/ -/ -	0,12/ 0,01/ 0,34/ 0,09/ 0,16/ 0,10/ 0,09/ 0,06/ 0,04/ 0,06	
		ПДК средняя	0,24/ 0,16/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,1/ 0,4/ 0,22	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ <0,1/ 0,02	<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/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	<0,1/ <0,1/ <0,16/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,06	0,14/ 0,12/ 0,4/ 0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,28/ <0,1/ 0,2/ 0,09	0,38/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,07	1,5/ 0,5/ 0,65/ 0,7/ 0,5/ 1,1 / 0,7/ 0,5/ 0,45	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,1/ <0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,15/ 0,15

ПДК max.	1,26/	0,12/	0,55/	<0,1/	<0,1/	0,6/	1,46/	12,5/	<0,1/	1,2/
	0,46/	<0,1/	0,2/	<0,1/	<0,1/	1,1/	0,6/	4,4/	<0,1/	0,1/
	1,0/	0,8/	0,2/	<0,1/	0,7/	2,0/	2,0/	3,6/	<0,1/	3,4/
	1,2/	0,2/	0,1/	-/	0,6/	1,2/	0,7/	2,0/	-/	0,9/
	0,9/	0,2/	1,6/	-/	0,2/	0,5/	0,7/	0,9/	-/	1,6/
	0,8/	0,3/	0,35/	-/	0,15/	2,2/	0,2/	4,3/	-/	1,0/
	0/8/	1,0/	<0,1/	-/	0,17/	0,75/	<0,1/	3,9/	-/	0,9/
	0,4/	<0,1/	<0,1/	-/	0,2/	0,2/	0,7/	2,9/	-/	0,6/
	1,1/	<0,1/	<0,1/	-	0,55/	0,5/	1,2/	4,4	-	0,4/
	0,38	0,08	0,14		0,58	0,26	0,65			0,60

Концентрация аммонийного азота в толще вод бухты Золотой Рог изменялась в диапазоне 14–958 мкг/дм³, составив в среднем 136,87 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в августе в вершине бухты вблизи устья реки Обьяснение на ст.№1 в поверхностном слое. Среднегодовое содержание аммонийного азота не превысило 0,1 ПДК; по сравнению с 2020 г. оно практически не изменилось. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще вод не изменилась по сравнению с 2020 годом и составила в 2021 г. 19,69 мкг/дм³ (в 2020 г. - 19,0 мкг/дм³, 0,95 ПДК). Максимальная концентрация составила 84,5 мкг/дм³ (4,23 ПДК) и была зафиксирована в августе на ст.№11 в промежуточном 10-метровом слое. Среднее содержание нитратов повысилось в 1,3 раза и составило 42,41 мкг/дм³ (в 2020 г. – 32,22 мкг/дм³); максимум – 110,60 мкг/дм³ был отмечен в октябре на ст. №11 в придонном слое. Среднегодовая концентрация общего азота практически не изменилась по сравнению с прошлым годом и составила 799,03 мкг/дм³; содержание общего азота изменялось в пределах 345,0 – 2332,0 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация органического азота составила 562,0 мкг/дм³; значения варьировали в диапазоне 237,0–1337,0 мкг/дм³.

В 2021 г. среднегодовая концентрация минерального (фосфатов) и общего фосфора в бухте Золотой Рог составила 22,71 (2020 г. - 43,5) и 34,46 (48,06) мкг/дм³ соответственно. Максимальное содержание фосфатов (90,80 мкг/дм³) было зафиксировано в августе на ст.№1 в вершине бухты; там же в июне было отмечено наибольшее значение общего фосфора (123,80 мкг/дм³). Среднегодовая концентрация минерального фосфора снизилась в 1,9 раза, а общего фосфора - в 1,4 раза по сравнению с 2020 годом.

Средняя концентрация кремния снизилась с 465,09 до 408,59 мкг/дм³; в течение периода наблюдений значения изменялись в диапазоне 135–1044 мкг/дм³. Максимальная концентрация была зафиксирована в июне на ст.№7 в поверхностном слое.

Содержание растворенного в воде **кислорода** во время наблюдений изменялось в пределах 4,61-8,79 мгО₂/дм³, в среднем составило 7,37 мгО₂/дм³. Абсолютный минимум 4,61 мгО₂/дм³ (71,5% насыщения - ниже норматива в 1,3 раза) был зафиксирован в августе на ст.№1 в устье реки Объяснения в поверхностном слое. По сравнению с 2020 г. кислородный режим в бухте ухудшился.

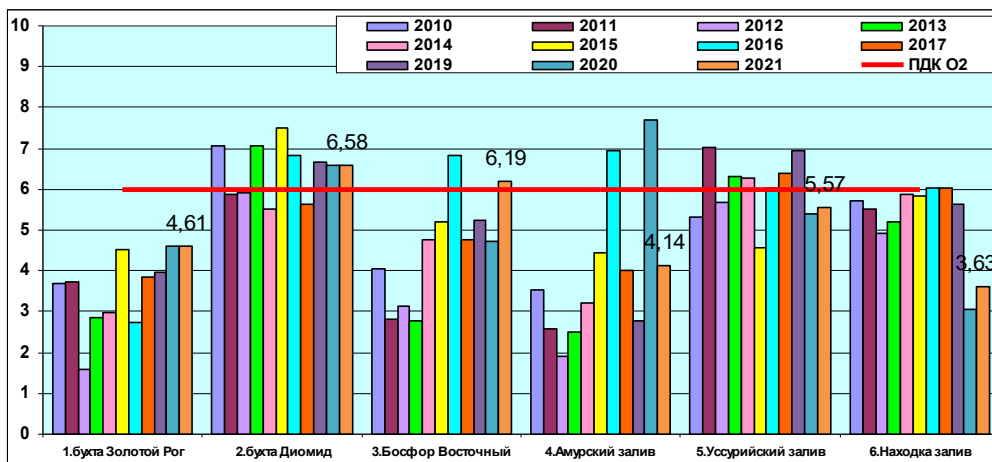


Рис. 11.2. Динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода (мгО₂/дм³) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

Кислородный режим характеризуется средним содержанием растворенного кислорода и, так называемыми, кислородными минимумами (дефицит кислорода). Нарушение кислородного режима (как правило, в летнее время) наблюдается во всех прибрежных районах. На рис. 11.2 видно, что в бухте Золотой Рог, проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе ситуация с нарушением кислородного режима наиболее напряженная: дефицит кислорода наблюдается практически ежегодно. В бухте Диомид, Уссурийском заливе и в заливе Находка ситуация относительно благополучная, т.к. случаи резкого дефицита кислорода отмечаются лишь периодически.

В 2021 году кислородный режим в прибрежных районах залива Петра Великого ухудшился в большинстве районов: в бухте Золотой Рог среднее содержание растворенного кислорода снизилось в 1,2 раза, в бухте Диомид - в 1,3 раза, в проливе Босфор Восточный - в 1,12 раза, в Амурском заливе оно снизилось с 10,06 до 7,89 мгО₂/дм³, т.е. в 1,3 раза, в заливе Находка – с 7,99 до 7,65 мгО₂/дм³. В Уссурийском заливе кислородный режим в 2021 году практически не изменился по сравнению с 2020 годом. В заливе Находка в течение периода

наблюдений было зафиксировано 20 случаев резкого уменьшения содержания растворенного кислорода

В 2021 г. качество вод бухты Золотой Рог по индексу **ИЗВ** не изменилось по сравнению с прошлым годом (1,26) и по-прежнему соответствовало IV классу, «загрязненные» (табл. 11.14, рис. 11.3). Несмотря на очень значительные межгодовые вариации значения индекса, общий линейный тренд отсутствует. Последние три года качество вод бухты постепенно улучшается. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, растворенное органическое вещество по БПК₅, железо, медь, цинк и ртуть. Воды бухты также весьма мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода в целом пониженное. Качество вод отдельных районов залива Петра Великого в последние годы в целом стабилизировалось на уровне III класса качества (умеренно-загрязненные). Исключением является бухта Золотой Рог, воды которой стабильно относятся к классу IV, «загрязненные», хотя и здесь наблюдается некоторый тренд в сторону улучшения качества вод.

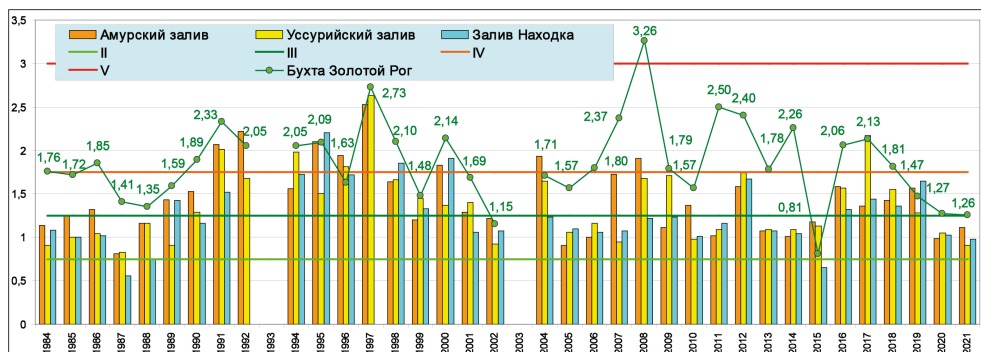


Рис. 11.3. Динамика индекса загрязненности вод (ИЗВ) в различных частях залива Петра Великого и бухте Золотой Рог в 1984–2021 годах.

В 2021 г. в бухте Золотой Рог наблюдения за **донными отложениями** проводились в июне, августе и октябре на всех пяти станциях в бухте; всего было отобрано 15 проб. Грунты в бухте почти на всех станциях илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Летом гранулометрический состав донных отложений бухты был представлен частицами размером от 0,001 мм до 10,0 мм, а преобладали фракции 1,0-2,0 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001 -0,005 мм составило 0,22%, размером 0,005-0,01 мм составило 9,5%, размером 0,01-0,05 мм составило 20,64%, размером 0,050,1 мм составило 18,02%, размером 0,1

-0,2 мм составило 23,20%, размером 0,2-0,5 мм составило 20,02%, размером 0,5-1,0 мм составило 6,71%, размером 1,0-2,0 мм составило 0,73% и размером 2,0-5,0 мм составило 0,18%. Осенью гранулометрический состав донных отложений бухты Золотой Рог был составлен частицами размером 0,001 мм до 2,0 мм. Преобладают фракции с размером частиц от 0,1 мм до 0,2 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001-0,005 мм составило 0,36 %, размером 0,005-0,01 мм составило 13,54%, размером 0,01-0,05 мм составило 22,86%, размером 0,050,1 мм составило 19,42%, размером 0,1 -0,2 мм составило 26,50%, размером 0,2-0,5 мм составило 13,60%, размером 0,5-1,0 мм составило 3,06% и размером 1,0-2,0 мм составило 0,66%.

Содержание **НУ** в пробах изменялось в пределах 650-26670 мкг/г, составив в среднем 9755 мкг/г, что примерно в 1,3 раза ниже прошлогодней величины. Динамика средней концентрации НУ по годам: 2005 г. – 1440 мкг/г; 2006 - 12850; 2007 - 15447; 2008 - 3322; 2009 - 8147; 2010 - 8346; 2011 – 8928; 2012 – 6966; 2013 – 6136; 2014 -10524; 2015 – 13089; 2016 – 10084, 2017 – 12856; 2018 – 16728; 2019 – 14788; 2020 - 12790 мкг/г. В 2021 г. средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов (ДК) в **195,1** раз (табл. А.4). Максимальное значение (**533,4 ДК**) было отмечено в октябре в районе ст.№1. Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб.

Содержание фенолов в пробах изменялось в пределах 2,6–12,0 мкг/г, в среднем составило 6,74 мкг/г. По сравнению с 2020 годом оно очень незначительно снизилось (с 7,4 до 6,74 мкг/г). Максимум отмечен в июне на станции №11.

Концентрация **α-ГХЦГ** в отобранных пробах изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 0,1 нг/г сухого вещества; в среднем – 0,02 нг/г. Концентрация **γ-ГХЦГ** (линдан) - в диапазоне 0,10–0,30 нг/г, среднее содержание составило 0,20 нг/г (4 ДК). Максимум (6 ДК) был зафиксирован в июне на ст.№14.

Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог составила: ДДТ – 0,52 и 1,30 нг/г; ДДЭ – 12,96 и 41,50 нг/г; ДДД – 9,80 и 16,30 нг/г. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила в 2021 г. 23,28 нг/г (93,1 ДК). По сравнению с 2020 г. этот показатель снизился незначительно: в 1,14 раза.

Средняя концентрация альдрина составила 1,46 нг/г сухого остатка, что выше уровня прошлого года (1,10 нг/г) в 1,3 раза. В период наблюдений концентрация варьировала от 0,2 до 5,40 нг/г. Максимум зафиксирован в июне в районе ст.№14.

Среднегодовая концентрация полихлорбифенилов (ПХБ) в донных отложениях бухты составила 525,22 нг/г с.о. (26,26 ДК), что в 2,4 раза выше уровня 2020 года; диапазон значений 128,3-1692,4 нг/г сухого остатка. Максимум (84,62 ДК) был зафиксирован в июне на ст.№14.

В 2021 г. среднегодовое содержание всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях бухты Золотой Рог снизилось (табл.11.3): марганец и кадмий – в 1,3 раза, цинк и ртуть – в 1,25 раза, медь и железо – в 1,2 раза, кобальт, свинец и хром – в 1,1 раза. Среднегодовая концентрация меди превысила ДК в 3,09 раза, кадмия – в 2,39 раза, цинка – в 1,95 раза, ртути – 3,47 раза. В 2021 году максимальные значения меди (7,39 ДК), кадмия (5,13), свинца (3,25), цинка (4,0) и ртути (7,43 ДК) были отмечены на ст.№1, в вершине бухты. (В 2020 году максимальное содержание меди, кадмия, свинца и цинка было зарегистрировано в центре бухты на ст.№7.)

Таблица 11.3. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2011-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg**
Средняя	122,3/	155,9/	1,5/	5,3/	12,3/	321/	177/	29632/	39,7/	0,65/
	128,0/	118,4/	1,6/	5,3/	12,8/	335/	227/	33106/	41,6/	0,81/
	132,8/	142,2/	1,9/	4,5/	15,2/	339,4/	189,8/	32871/	39,4/	0,46/
	131,4/	121,2/	1,8/	3,4/	13,4/	299,3/	93,0/	27872/	37,9/	0,69/
	149,9/	195,3/	3,7/	6,1/	20,9/	380,5/	199,5/	28742/	76,0/	1,54/
	89,8/	92,4/	1,9/	4,1/	11,5/	285,3/	199,6/	25609/	37,6/	0,68/
	145,8/	168,1/	2,8/	4,2/	12,6/	382,7/	185,4/	25024/	16,6/	1,07/
	212,4/	211,3/	2,4/	5,1/	13/	548,98/	213,8/	26996/	39,88/	1,13/
	178,9/	181,1/	2,8/	4,5/	16,4/	592,3/	205,6/	27359/	34/	0,28/
	132,4/	147,2/	2,5/	5,2/	14,1/	345,0/	171,8/	25724/	37/	1,30/
	108,0	129,73	1,91	4,57	14,77	272,69	127,59	20850	32,75	1,04
Максимальная	249/	340/	3,5/	7,7/	19/	603/	357/	51076/	58/	1,74/
	275/	265/	3,9/	7,2/	15/	559/	458/	35317/	59/	1,32/
	242/	368/	3,7/	5,8/	20/	612/	388/	35957/	68/	1,84/
	310/	273/	3,9/	6,1/	21/	678/	207/	34982/	59/	1,21/
	280,0/	439/	6,2/	14,0/	32,0/	611,0/	321,0/	35161/	130,0/	5,27/
	161,0/	181/	3,6/	6,8/	18,0/	441/	522,0/	30735/	87,0/	1,84/
	416/	351/	9,3/	6,0/	16/	832/	294,0/	27690/	25/	2,1/
	493,2/	519,9/	4,4/	6,9/	16,7	977,2/	389,3/	27907/	61,5/	2,69/
	355/	267,1/	5,1/	5,4/	20,4/	808/	349,2/	31555/	48,4/	0,6/
	322,6/	276,6/	5,6/	7,8/	27,2/	648,5/	273,9/	31985/	62/	2,90/
	258,8	276,40	4,10	6,10	21,10	560,30	208,50	35708	50,90	2,23

ДК* средняя	3,5/	1,8/	1,9/	0,3/	0,4/	2,3/	-	-	0,4/	2,2/
	3,7/	1,4/	2,0/	0,3/	0,4/	2,4/			0,4/	2,7/
	3,8/	1,7/	2,4/	0,2/	0,4/	2,4/			0,39/	1,5/
	3,7/	1,4/	2,3/	0,2/	0,4/	2,1/			0,38/	2,3/
	4,3/	2,3/	4,6/	0,3/	0,6/	2,7/			0,76/	5,1/
	2,6/	1,1/	2,4/	0,2/	0,3/	2,0/			0,4/	2,3/
	4,1/	2/	3,5/	0,2/	0,36/	2,7/			0,17/	3,7/
	6,0/	2,5/	3,0/	0,25/	0,4/	4,0/			0,4/	3,8/
	5,1/	2,1/	3,5/	0,2/	0,5/	4,2/			0,3/	0,9/
	3,8/	1,7/	3,1/	0,3/	0,4/	2,5/			0,4/	4,3/
	3,09	1,53	2,39	0,23	0,42	1,95			0,33	3,47
	ДК* max	7,1/	4,0/	4,4/	0,4/	0,5/	4,3/	-	-	0,6/
7,9/		3,1/	4,9/	0,4/	0,4/	4,0/			0,6/	4,0/
6,9/		4,3/	4,6/	0,3/	0,6/	4,4/			0,68/	6,1/
8,9/		3,2/	4,9/	0,3/	0,6/	4,8/			0,6/	4,0/
8,0/		5,2/	7,75/	0,7/	0,9/	4,4/			1,3/	17,6/
4,6/		2,1/	4,5/	0,3/	0,5/	3,1/			0,9/	6,1/
11,9/		4,1/	11,6/	0,3/	0,46/	5,9/			0,25/	7,0/
14,0/		6,0/	5,5/	0,35/	0,5/	7,0/			0,6/	9,0/
10,1/		3,1/	6,4/	0,3/	0,6/	5,8/			0,5/	2,0/
9,2/		3,3/	7/	0,4/	0,8/	4,6/			0,6/	9,7/
7,39		3,25	5,13	0,31	0,60	4,0			0,51	7,43

* выделенные значения выше ДК.

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

11.4. Бухта Диомид

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

В 2021 г. гидрохимические наблюдения в бухте Диомид проводились в июне, августе и октябре на ст.№22, всего отобрано 6

проб воды и 2 пробы грунта (рис.11.1). Среднегодовой показатель **температуры** воды в бухте Диомид составил $19,06^{\circ}\text{C}$. Значения варьировали в интервале $12,02-23,80^{\circ}\text{C}$. **Соленость** изменялась от $28,92\%$ в августе на поверхности до $32,79\%$ в июне на глубине 7 м; среднее значение составило $30,755\%$ (2016 г. - $32,053\%$; 2017 - $29,625\%$; 2018 - $31,64\%$; 2019 - $28,98\%$; 2020 - $29,21\%$). Показатель **pH** варьировал от 7,97 в августе до 8,26 в июне; в среднем – 8,09 (в 2016 г. – 8,16; 2017 – 8,15; 2018 – 8,13; 2019 - 8,23; 2020 – 8,01). Содержание взвешенных в воде частиц изменялось в диапазоне $2,30-8,10$ мг/дм³, в среднем - 4,67 (0,45 ПДК). Максимум (0,81 ПДК) отмечен в октябре в придонном слое. По сравнению с прошлым годом средняя величина снизилась в 1,3 раза – 0,47 ПДК, (в 2020 г. – $6,30$ мг/дм³, 0,63 ПДК). В 2021 г. средний показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (**БПК₅**) снизился с 2,67 (1,27 ПДК) до $2,00$ мгО₂/дм³ (0,95 ПДК); максимальное значение ($4,0$ мгО₂/дм³, 1,90 ПДК) зарегистрировано в июне на поверхностном горизонте и на горизонте 7 м. Прозрачность воды бухты была не более 2 м.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводов** в 2021 г. составило $0,07$ мг/дм³, а диапазон изменений - $0,00-0,25$ мг/дм³ (табл. 11.1). По сравнению с 2020 г. среднегодовое содержание НУ в исследуемом районе повысилось в 2,3 раза (с 0,6 до 1,4 ПДК). Максимальная концентрация (5 ПДК) зарегистрирована в октябре в придонном слое.

По **визуальным наблюдениям** за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

Концентрация фенолов изменялась в пределах $0,8-1,4$ мкг/дм³; среднее содержание составило 1,16 ПДК. Максимум зафиксирован в августе в поверхностном слое. В 2021 г. в период наблюдений норматив не был превышен ни в одной из проб. Уровень загрязненности морских вод фенолами снизился по сравнению с прошлым годом в 1,6 раза (рис. 11.4).

Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне $16-120$ мкг/дм³, максимум отмечен в июне в придонном слое. Среднегодовая величина (0,61 ПДК) снизилась по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза (в 2020 г. – 0,88 ПДК). Превышение предельно допустимой концентрации отмечено в одной пробе.

Среднегодовая и максимальная концентрация исследуемых тяжелых металлов в водах бухты не превышала предельно допустимых значений. Среднее и наибольшее значения составили для свинца $0,17/0,40$; меди

0,87/1,10; кадмия 0,07/0,10; никеля 0,57/2,40; ртути 0,015/0,04; цинка 3,98/6,30 и марганца 1,97/4,50 мкг/дм³.

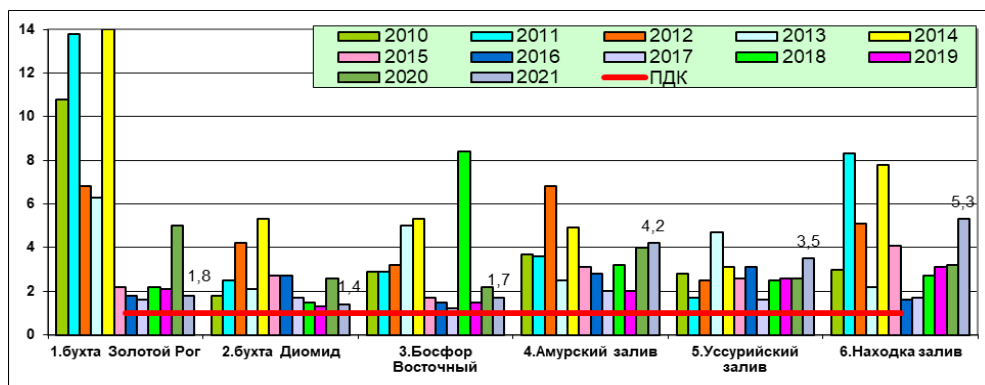


Рис. 11.4. Динамика максимальной концентрации фенолов (мкг/дм³) в водах отдельных районов залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

Максимальные показатели содержания фенолов в водах отдельных районов залива Петра Великого не имеют четкого тренда (табл. 11.4). Можно сказать, что за последний год максимумы по фенолам снизились в бухте Золотой Рог, бухте Диомид и проливе Босфор Восточный. В Амурском заливе изменений не произошло, а в Уссурийском заливе и заливе Находка произошел резкий рост этого показателя.

Содержание аммонийного азота в водах бухты изменялось в пределах 22-152 мкг/дм³; среднегодовая концентрация составила 48,17 мкг/дм³ (0,02 ПДК), что соответствует уровню 2020 г. Концентрация нитритов в морской воде снизилась в 1,9 раза и составила в среднем 12,58 мкг/дм³; среднее содержание нитратов снизилось в 1,5 раза и составило в 2021 г. 31,98 мкг/дм³. Среднее содержание общего азота снизилось до 609,0 мкг/дм³ с 690,5 мкг/дм³. Максимальная концентрация достигала: нитритов - 29,8; нитратов – 53,5 и общего азота – 752,0 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация органического азота снизилась с 555,0 до 516,0 мкг/дм³, максимальная – 655,0 мкг/дм³.

В период проведения работ концентрация **фосфатов** была в диапазоне 9,4 -14,0 мкг/дм³, средняя – 11,95 мкг/дм³ (в 2020 г. - 55,4 мкг/дм³); максимум отмечен дважды: в августе и в октябре в придонном слое. По сравнению с прошлым годом среднее содержание фосфатов снизилось в 2,6 раза. Количество общего фосфора изменялось в диапазоне 12,4-22,7 мкг/дм³, среднее - 19,13 мкг/дм³ (в 2020 г. - 41,63 мкг/дм³); максимум отмечен в октябре в придонном слое.

Содержание кремния изменялось в пределах 193-591 мкг/дм³, составив в среднем за год 322,5 мкг/дм³ (в 2020 г. - 413,5 мкг/дм³);

максимум зафиксирован в августе в придонном слое. По сравнению с 2020 г. среднее содержание кремния снизилось в 1,28 раза.

В 2021 году кислородный режим в водах бухты Диомид ухудшился: среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** снизилась и составила 7,46 мгО₂/дм³ или 96,3% насыщения; в 2020 - 9,51 мгО₂/дм³ (118,8% насыщения), т.е. примерно в 1,3 раза. Минимальное значение (6,58 мгО₂/дм³) было отмечено в августе в придонном слое.

По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (1,08 - III класс, «умеренно-загрязненные») качество вод бухты Диомид практически осталось на уровне 2020 года (1,13 - III класс, "умеренно-загрязненные"). По сравнению с 2020 годом повысилась концентрация НУ в морской воде и снизилась концентрация фенолов. Концентрация тяжелых металлов в водах бухты по-прежнему не превышает норматива.

В бухте Диомид в июне и октябре были отобраны две пробы **донных отложений**, в которых проводилось определение содержания нефтяных углеводородов, фенолов и тяжелых металлов; пробы на пестициды отбирали только в июне. Летом в гранулометрическом составе донных отложений бухты преобладали фракции с размером частиц от 1,0 мм до 2,0 мм. Содержание частиц размером 0,005-0,01 мм составило 4,2%; 0,01-0,05 мм - 10,7%; 0,05-0,1 мм - 12,50%; 0,1-0,2 мм - 16,60%; 0,2-0,5 мм - 13,60%; 0,5-1,0 мм - 19,40% и размером 1,0-2,0 мм - 23,0%. Осенью преобладали фракции с размером частиц от 0,1 мм до 0,2 мм. Содержание частиц размером 0,001-0,005 мм составило 0,6%; 0,005-0,01 мм - 6,0%; 0,01-0,05 мм - 10,30%; 0,05-0,1 мм - 9,40%; 0,1-0,2 мм - 31,20%; 0,2-0,5 мм - 11,60%; 0,5-1,0 мм - 10,50% и размером 1,0-2,0 мм составило 20,40%.

Содержание **нефтяных углеводородов** в июньской пробе составило 2360 мкг/г сухого остатка (47 ДК), в октябрьской пробе – 6870 (137,4 ДК); среднее – 4615 (92,3 ДК). По сравнению с предыдущим годом среднее содержание ниже в 2,2 раза (рис 11.5). В последние 10 лет уровень загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений бухты Диомид имеет тренд к повышению. До 2014 г. среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид редко превышала 100 ДК: 2006 г. – 108 ДК; 2007 г. – 107 ДК; 2008 г. – 56 ДК; 2009 г. – 133 ДК; 2010 г. – 66 ДК; 2011 г. – 89 ДК; 2012 г. – 57 ДК; 2013 г. – 29 ДК, а в последние шесть лет этот показатель всегда был выше: в 2014 г. – 110 ДК; 2015 г. – 132 ДК; 2016 г. – 129 ДК; 2017 г. - 222 ДК; 2018 г. – 333 ДК, в 2019 г. – 296, в 2020 - 256 ДК.

Среднее содержание фенолов в донных отложениях составило 3,6 6,15 мкг/г, что в 1,7 раза ниже уровня прошлого года (6,20 мкг/г). Максимальное значение (4,4 мкг/г) зафиксировано в октябре.

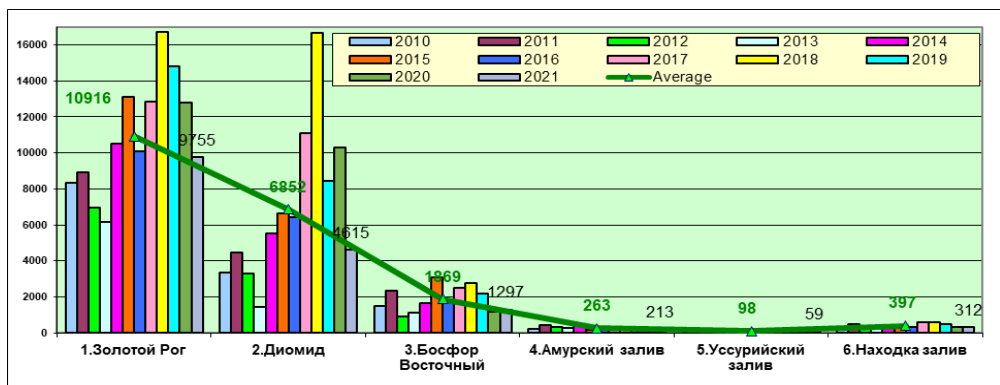


Рис. 11.5. Многолетние изменения средней концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2021 гг.

В заливе Петра Великого два прибрежных района резко выделяются среди других по уровню загрязненности донных отложений нефтяными углеводородами: это бухта Золотой Рог и бухта Диомид (рис. 11.5), где среднее содержание НУ превышает этот показатель в других районах на порядок. Достаточно высок уровень загрязненности донных отложений НУ и в проливе Босфор Восточный. В Амурском и Уссурийском заливах и в заливе Находка ситуация значительно более спокойная: здесь в 2021 г. среднее содержание НУ в этих районах колебалось в диапазоне 1,2 – 6,2 ДК.

Содержание α -ГХЦГ в донных отложениях бухты Диомид в июньской пробе 2020 года было ниже уровня чувствительности метода анализа. Концентрация γ -ГХЦГ в июне составила 0,2 нг/г (4 ДК). Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в июне была 12,3 нг/г (4,92 ДК). Содержание альдрина в июне составило 0,5 нг/г; ПХБ 368,7 нг/г (18,44 ДК). Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми **металлами** было традиционно высоким. Среднее содержание тяжелых металлов в 2021 г. составило: медь - 446,4 мкг/г, кобальт - 6,10, кадмий - 3,90, свинец - 249,45, никель - 20,75, цинк - 334,95, железо - 32818, марганец - 165,35 и хром - 139,55 мкг/г. Среднегодовое содержание меди, кадмия, цинка, хрома, марганца и железа снизилось по сравнению с 2020 годом (табл. 11.4); среднее содержание кобальта и никеля не изменилось и было по-прежнему ниже принятого норматива ДК. Для всех остальных металлов ДК была многократно превышена. Уровень загрязненности донных отложений **ртутью** в среднем повысился в 1,2 раза.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2011-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr		
Средняя	203,3/ 268,7/ 360,5/ 185,0/ 261,0/ 638,5/ 1231,0/ 546,2/ 963,8/ 461,6/ 446,4	142,3/ 240,3/ 245,0/ 111,0/ 169,0/ 350,5/ 224,5/ 324,0/ 251,0/ 260,9/ 249,45	4,1/ 2,6/ 1,5/ 2,2/ 2,6/ 3,8/ 4,3/ 4,9/ 4,2/ 5,05/ 3,9	4,0/ 6,0/ 4,2/ 3,0/ 2,5/ 15,1/ 8,2/ 5,7/ 7,5/ 5,15/ 6,1	12,1/ 11,7/ 15,0/ 11,5/ 12,5/ 42,0/ 77,5/ 19,7/ 54,3/ 20,3/ 20,75	293/ 425/ 877,5/ 324,5/ 490,5/ 2202,0/ 1367,5/ 1115,4/ 1543,8/ 638,5/ 334,95	106/ 133/ 169/ 128/ 55,5/ 860,0/ 337,0/ 205,0/ 393,0/ 185,1/ 165,35	22076/ 22602/ 37401/ 26080/ 26146/ 37838/ 35998/ 31535/ 42373/ 40512/ 32818	153/ 239/ 194,5/ 76,0/ 69,0/ 359,5/ 66,0/ 27,4/ 218,5/ 183,9/ 139,55		
	Максимальная	405/ 457/ 504/ 278/ 402/ 1098/ 1473,0/ 733,7/ 1266,5/ 604,1/ 457,5	259/ 477/ 369/ 150/ 270/ 487/ 249,0/ 364,3/ 258,0/ 299,7/ 282,8	9,5/ 3,7/ 2,7/ 3,4/ 4,4/ 4,2/ 4,8/ 5,3/ 4,3/ 5,1/ 4,3	6,9/ 8,5/ 5,2/ 3,9/ 2,8/ 22,0/ 11,0/ 6,3/ 7,8/ 6,0/ 6,4	19,0/ 14,0/ 19,0/ 13,0/ 14,0/ 49,0/ 135,0/ 22,3/ 68,3/ 26,1/ 24,4	533/ 708/ 1422/ 458/ 800/ 2633/ 1705,0/ 1703,8/ 2056,8/ 837,8/ 646,4	140/ 139/ 211/ 136/ 97/ 1427/ 424,0/ 133,7/ 445,4/ 202,3/ 172,2	34843/ 25233/ 48487/ 30579/ 35324/ 54941/ 39079/ 32447/ 42479/ 48706/ 35425	399/ 428/ 309/ 111/ 84/ 468,0/ 68,0/ 31,7/ 228,5/ 209,6/ 187,1	
		ДК средняя	5,8/ 7,7/ 10,3/ 5,3/ 7,5/ 18,2/ 35,2/ 15,6/ 27,5/ 13/ 12,75	1,7/ 2,8/ 2,9/ 1,3/ 2,0/ 4,1/ 2,6/ 3,8/ 3/ 3/ 2,93	5,1/ 3,3/ 1,9/ 2,75/ 3,25/ 4,75/ 5,4/ 6,1/ 5,3/ 6,4/ 4,88	0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,15/ 0,1/ 0,8/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,31	0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,36/ 1,2/ 2,2/ 0,6/ 0,6/ 0,6/ 0,59	2,1/ 3,0/ 6,3/ 2,3/ 3,5/ 15,7/ 9,8/ 8,0/ 11/ 4,5/ 2,39	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	1,5/ 2,4/ 1,95/ 0,8/ 0,7/ 3,6/ 0,66/ 0,3/ 2,2/ 1,8/ 1,39

ДК max	11,6/	3,0/	11,9/	0,3/	0,5/	3,8/	-	-	4,0/
	13,1/	5,6/	4,6/	0,4/	0,4/	5,1/			4,3/
	14,4/	4,3/	3,4/	0,3/	0,5/	10,2/			3,0/
	7,9/	1,8/	4,25/	0,19/	0,4/	3,3/			1,1/
	11,5/	3,2/	5,5/	0,14/	0,4/	5,7/			0,8/
	31,4/	5,7/	5,25/	1,1/	1,4/	18,8/			4,7/
	42,0/	2,9/	6,0/	0,55/	3,9/	12,2/			0,7/
	21,0/	4,3/	6,6/	0,3/	0,6/	12,0/			0,3/
	36,2/	3/	5,4/	0,4/	1,95/	14,7/			2,3/
	17,3/	3,5/	6,4/	0,3/	0,7/	6,0/			2,1/
	13,07	3,33	4,88	0,32	0,69	4,62			1,87

* выделенные значения выше ДК.

11.5. Пролив Босфор Восточный и бухта Улисс

Босфор Восточный - пролив в заливе Петра Великого Японского моря, соединяет Амурский и Уссурийский заливы и отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русского и Елены. Глубины в средней части пролива Босфор Восточный 26-38 м. По мере приближения к западному проходу пролива они постепенно увеличиваются до 50 м, а к восточному - до 42 м. Грунт в проливе Босфор Восточный преимущественно ил и песок. При свежих юго-восточных и восточных ветрах в пролив заходит крупная зыбь. Для якорной стоянки судов выставляются швартовные бочки. В проливе действуют постоянные поверхностные течения, идущие из Амурского залива в Уссурийский вдоль южного берега и из Уссурийского залива в Амурский вдоль северного берега. Средняя скорость этих течений в 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 ледакольные работы.

В 2021 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод и донных отложений в проливе Босфор Восточный (ст. №18,23) и бухте Улисс (ст.№19) проводились в июне, августе и октябре (рис. 11.6). Всего проанализировано 27 проб морской воды.

В период наблюдений минимальная температура воды была зафиксирована в июне на ст.№23 у мыса Безымянного в придонном слое и составила 5,69°C, максимальная – в августе там же на поверхности (23,50°C); среднегодовое значение 17,14°C. Значения солёности изменялись от 26,08‰ в августе на ст.№19 (бухта Улисс) в поверхностном слое до 33,58‰ в июне в придонном слое.

Среднегодовое значение солености составило 30,68‰. Значения рН варьировали от 7,97, зафиксированных в августе на ст. № 18 в придонном слое, до 8,30 в июне на ст. № 19 (бухта Улисс) на промежуточном горизонте 10 м; среднее значение составило 8,12 ед. рН. Концентрация взвешенных частиц в воде была в диапазоне от 1,8–9,0 мг/дм³; среднее значение составило 4,54 мг/дм³. По сравнению с 2020 г. среднее содержание взвешенных веществ снизилось в 1,8 раза. Среднее значение БПК₅ в 2021 г. не превысило 1 ПДК и составило 1,81 мгО₂/дм³, что несколько ниже, чем в 2020 г. (2,00 мгО₂/дм³). Значения изменялись в диапазоне 1,0 – 4,0 мгО₂/дм³ (1,9 ПДК). Прозрачность морских вод в проливе Босфор Восточный не более 5 м.

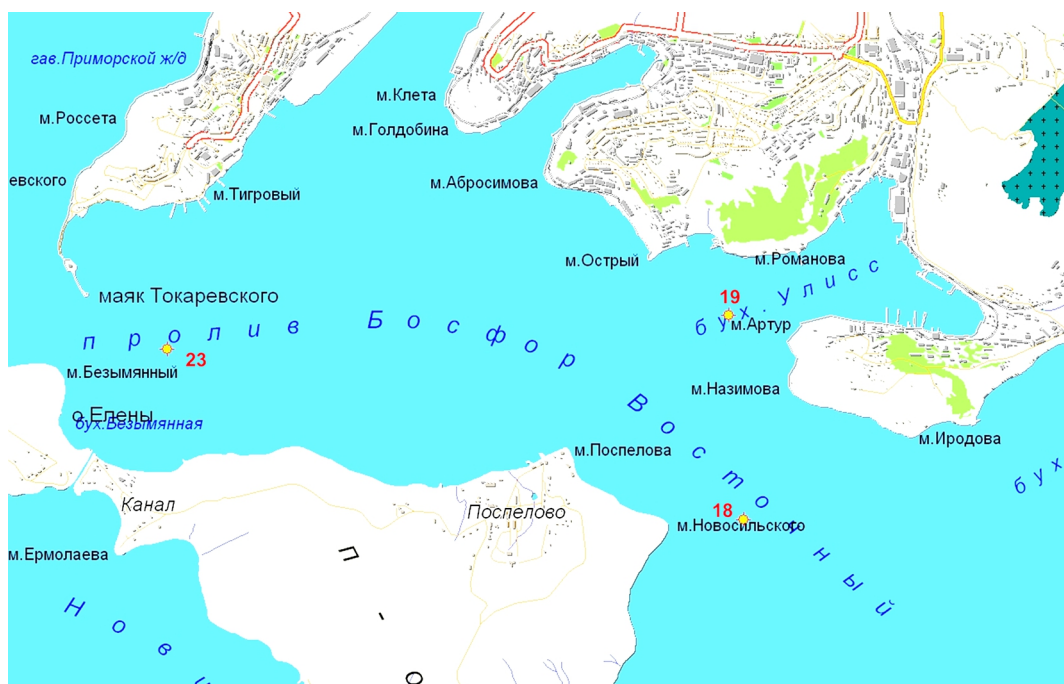


Рис. 11.6. Схема расположения станций мониторинга в проливе Босфор Восточный и бухте Улисс.

Концентрация НУ в морской воде в 2021 г. изменялась в диапазоне 0,00–0,06 мг/дм³ (1,20 ПДК). Среднее содержание не изменилось и составило 0,02 мг/дм³ (0,4 ПДК). Максимальная концентрация была отмечена на ст. №19 (бухта Улисс) в июне в придонном слое. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод пролива Босфор Восточный покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

Концентрация фенолов в пробах воды варьировала от 1,0 до 1,70 мкг/дм³; среднегодовое содержание составило 1,43 ПДК. Максимум отмечен в августе на ст.№19 в придонном слое. Превышение ПДК отмечено в 94,4% проб.

Концентрация АПАВ в морских водах была в пределах 33-255 мкг/дм³; а средняя концентрация повысилась с 0,76 до 0,97 ПДК (рис. 11.7). Концентрация АПАВ превышала ПДК в 38,9% проб.

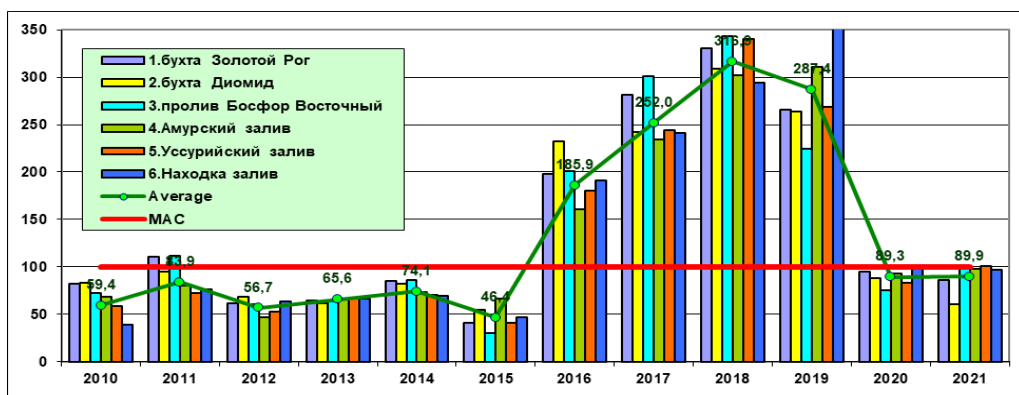


Рис. 11.7 Межгодовая динамика средней концентрации поверхностно-активных веществ (мкг/дм³) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2021 гг.

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого с 2016 по 2019 год наблюдался резкий рост уровня загрязненности морских вод поверхностно-активными веществами по сравнению со всеми предыдущими годами наблюдений (рис. 11.7). В 2020-2021 годах этот процесс остановился во всех районах, и среднегодовой показатель не превысил 1 ПДК.

В 2021 году среднегодовые концентрации всех определяемых **тяжелых металлов** в водах пролива Босфор Восточный не превысили ПДК (табл. 11.5). Максимальная концентрация **ртути** превысила ПДК в 2,9 раза, и была зафиксирована в октябре на станции №23 в придонном горизонте. Максимальные концентрации остальных определяемых **тяжелых металлов** не превысили предельно-допустимых значений.

Таблица 11.5. Среднее и максимальное значение концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах пролива Босфор Восточный в 2012-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Средняя	0,8/ 0,6/ 1,4/ 3,1/ 1,2/ 1,7/ 1,3/ 0,7/ 2,3/ 1,02	0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,1/ 0,6/ 0,3/ 2,01/ 0,19/ 0,2/ 0,21	0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,16/ 0,8/ 0,96/ 0,2/ 0,04/ <0,1/ 0,03	0/ 0 0 -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,3/ 0,3/ 1,0/ 0,69/ 0,7/ 1,1/ 1,0/ 0,5/ 2,7/ 0,4	6,9/ 5,7/ 11,8/ 26,7/ 9,6/ 18,2/ 18,7/ 6,6/ 18,2/ 4,27	16,8/ 4,4/ 5,3/ 3,8/ 5,0/ 4,6/ 2,1/ 2,6/ 9,82/ 2,04	84,1/ 27,6/ 26,6/ 27,0/ 26,9/ 62,3/ 33,1/ 29,7/ 7,6/ -	0,8/ 0,4/ 0,5/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,0/ 0,0/ 0,03/ 0,022/ 0,04/ 0,03/ 0,02/ 0,02/ 0,04/ 0,05			
	Максимальная	2,3/ 1,4/ 3,7/ 55/ 3,3/ 5,2/ 5,1/ 3,7/ 14,5/ 3,40	0,4/ 0,8/ 1,0/ 0,5/ 2,9/ 0,8/ 12,5/ 1,6/ 0,7 0,9	0,5/ 0,56/ 0,4/ 0,4/ 6,6/ 3,8/ 0,4/ 0,5/ 0,2/ 0,60	0,1/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,7/ 0,5/ 2,9/ 6,5/ 1,4/ 2,8/ 3,1/ 2,0/ 18,0/ 0,8	113/ 118/ 38/ 301/ 27/ 89/ 63,7/ 42,1/ 79,2/ 10,5	111/ 46/ 31/ 13/ 23,0/ 43,0/ 17,7/ 20,3/ 49,5/ 10,6	711/ 302/ 91/ 45/ 81/ 155/ 87/ 187,8/ 27,2/ -	12/ 2,9/ 1,1/ -/ -/ -/ -/ -/ - -	0,02/ 0,0/ 0,40/ 0,05/ 0,28/ 0,10/ 0,07/ 0,04/ 0,16/ 0,29		
		ПДК средняя	0,16/ 0,12/ 0,3/ 0,6/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,1/ 0,56/ 0,20	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,02/ 0,02	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,01/ <0,01/ <0,01	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - <0,1/ 0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,04	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,4/ <0,1/ 0,1/ 0,3/ 0,08	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,5/ 0,2/ 0,4/ 0,4/ 0,1/ 0,3/ 0,08	0,3/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,7/ <0,1/ 0,2/ 0,04	1,7 / 0,6/ 0,5/ 0,5/ 0,5/ 1,3 / 0,7/ 0,6/ 0,15 0,04	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - 0,5/ 1,3 / 0,7/ 0,6/ 0,15	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,4/ 0,5	
			ПДК max.	0,5/ 0,28/ 0,7/ 11,0 / 0,7/ 1,0 / 1,0 / 0,7/ 2,9 / 0,68	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,1/ 1,25 / 0,16/ 0,07/ 0,09	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,4/ <0,1/ 0,05/ 0,02/ 0,06	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - 0,65/ 0,1/ 0,3/ 0,2/ 0,5/ 0,08	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,65/ 0,5/ 0,3/ 1,3 / 0,8/ 0,5/ 0,21	2,3 / 2,4 / 0,8/ 6,0 / 0,26/ 0,5/ 1,8 / 1,3 / 0,8/ 0,21	2,2 / 0,9/ 0,6/ 0,26/ 0,5/ 0,9/ 1,6 / 0,4/ 0,4/ 0,21	14,2 / 6,0 / 1,8 / 0,9/ 0,9/ 1,6 / 1,7 / 3,8 / 0,5 0,21	<0,1/ <0,1/ <0,1/ - 0,9/ 0,9/ 1,6 / 0,4/ 0,4/ 0,5	0,2/ <0,1/ 4,0 / 0,5/ 2,8 / 1,0 / 0,7/ 0,4/ 1,6 / 2,9

Концентрация биогенных элементов в водах пролива и бухте Улисс в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного азота изменялось в диапазоне 17-133 мкг/дм³; среднее значение 42,77 мкг/дм³ было очень невысоким

(0,01 ПДК). Среднегодовая концентрация нитритов снизилась в 2 раза: с 11,0 до 5,32 мкг/дм³; максимум (32,7 мкг/дм³, 1,64 ПДК) был отмечен в августе на ст. № 18 в поверхностном слое. Диапазон значений нитратного азота был 2,2-71,0 мкг/дм³; максимальная концентрация была отмечена в августе на ст. № 23 в придонном слое. Среднегодовая концентрация снизилась с 27,6 до 21,07 мкг/дм³. Значения общего азота изменялись в диапазоне 422-819 мкг/дм³, составив в среднем 555,86 мкг/дм³, что в 1,1 раза меньше прошлогодних 614,3 мкг/дм³. Максимум был зарегистрирован в августе на ст. № 23 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического азота составила 473,0 мкг/дм³, что несколько ниже прошлогоднего значения 500,0 мкг/дм³; содержание органического азота изменялось в пределах 349,0-788,0 мкг/дм³.

Среднегодовое содержание минерального фосфора снизилось в 2,9 раза и составило 11,67 мкг/дм³. За наблюдаемый период концентрации в пробах воды изменялись от 5,5 до 23,9 мкг/дм³. Максимальная концентрация фосфатов была отмечена в октябре на ст. №23 на горизонте 10 м. Значения общего фосфора изменялись в пределах 7,4-36,3 мкг/дм³, максимум был зафиксирован в октябре в бухте Улисс в придонном слое. Средняя концентрация общего фосфора снизилась в 2 раза с 38,1 до 18,20 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива повысилась в 2,1 раза и составила в 2021 г. 9,9 мкг/дм³, концентрация в пробах 1,9-32,7 мкг/дм³.

Концентрация кремния изменялась в широком диапазоне 143-980 мкг/дм³; максимум зарегистрирован в августе на ст. № 18 в придонном слое. Средняя концентрация составила 380,48 мкг/дм³, что в 1,75 раза ниже уровня прошлого года 666,28 мкг/дм³.

В 2021 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный и бухты Улисс снизилось с 8,96 до 7,99 мгО₂/дм³ (93,3% насыщения).

По ИЗВ качество вод пролива соответствовало 0,98 - III класс, «умеренно-загрязненные». Качество вод пролива Босфор Восточный и бухты Улисс не изменилось.

Качество морских вод пролива Босфор Восточный в первую очередь связано с содержанием НУ, фенолов, детергентов и органических веществ по БПК₅. Приоритетными ЗВ в этом районе являются нефтяные углеводороды, АПАВ, фенолы, органическое вещество, ртуть, железо, цинк и медь.

В проливе Босфор Восточный и бухте Улисс 9 проб на содержание ЗВ в **донных отложениях** было отобрано в июне, августе и октябре. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 280-

3530 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 1296,67 мкг/г. Максимальная концентрация превысила ДК в 70,6 раза и была зафиксирована в октябре в бухте Улисс. В предыдущие годы средняя концентрация составила: в 2005 – 120; 2006 – 820; 2007 – 2560; 2008 – 1780; 2009 – 2690, 2010 – 1507, 2011 – 2343, 2012 - 902, 2013 – 1143, 2014 – 1625, 2015 - 3107, 2016 – 1842, 2017 – 2523, 2018 – 2800, 2019 – 2190 и в 2020 - 780 мкг/г сухого остатка. В 2021 г. превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб.

Среднее содержание фенолов в донных отложениях пролива фенолами снизился почти в 1,3 раза с 4,8 до 3,6 мкг/г, при диапазоне концентрации 2,5-4,4 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в октябре в бухте Улисс.

Содержание **пестицидов** группы ГХЦГ в трех июньских пробах донных отложений находилось в пределах: α -ГХЦГ – ниже уровня чувствительности метода определения. Концентрация γ -ГХЦГ изменялась в диапазоне 0,2-0,3 нг/г, в среднем 0,23 нг/г (4,6 ДК). В 2021 г. концентрация ДДТ была в диапазоне 0,0-0,9 нг/г, в среднем 0,3 нг/г; ДДЭ - 0,2-1,3/0,7 нг/г; ДДД – 0,5-1,5/0,87 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило 1,87 нг/г (0,75 ДК). Содержание альдрина в трех пробах - 0,1 нг/г. Концентрация ПХБ в донных отложениях изменялась от 32,8 до 72,3 нг/г, составив в среднем 53,4 нг/г (2,67 ДК).

Средняя концентрация большинства **тяжелых металлов** в шести пробах донных отложений пролива Босфор Восточный и бухты Улисс по сравнению с прошлым годом снизилась (табл. 11.6). Повысилось значение меди, свинца и ртути, а кобальта, никеля и хрома осталась на прежнем уровне. Максимальная концентрация меди – 1,49 ДК, свинца – 1,51 ДК и ртути – 3,66 ДК.

Таблица 11.6. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2010-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

средняя	32,8/	47,6/	0,3/	3,6/	11,4/	91,0/	126,4/	25294/	22,3/	0,40/	
	42,8/	66,7/	0,2/	14,0/	12,9/	112,6/	151,6/	28392/	22,2/	0,29/	
	33,0/	44,3/	0,4/	4,1/	11,1/	98,8/	141,2/	29769/	26,3/	1,13/	
	33,2/	43,3/	0,5/	3,2/	13,5/	131,8/	139,3/	29525/	27,7/	0,18/	
	43,0/	68,0/	0,6/	2,5/	15,2/	131,0/	82,9/	31699/	29,3/	0,26/	
	57,0/	73,5/	2,15/	7,97/	20,5/	136,3/	166,6/	28822/	67,2/	0,70/	
	30,5/	42/	0,97/	6,3/	12,5/	116,5/	117,7/	25852/	27,8/	0,23/	
	35,3/	40,7/	2,0/	3,9/	12,5/	125,5/	143,8/	25229/	12,8/	0,48/	
	37,0/	69,1/	0,5/	4,5/	12,1/	128,7/	146,7/	26767/	28,4/	0,43/	
	37,2/	53,9/	0,3/	3,3/	29,4/	126,1/	131,2/	25213/	22,2/	0,19/	
	30,5/	32,4/	0,62/	3,4/	10,4/	96,5/	113,5/	19018/	22,0/	-	
	33,78	64,23	0,37	3,65	10,62	79,05	91,6	12062	20,47	0,67/	
	максимальная	61/	100/	0,8/	4,8/	21/	164/	194,0/	41568/	44/	1,06/
		99/	98/	0,7/	34/	20/	135/	185/	35276/	42/	0,44/
64/		71/	0,8/	5,2/	14/	179/	177/	34324/	37/	7,60/	
54/		55/	0,8/	3,7/	17/	224/	174/	31887/	37/	0,22/	
54/		167/	0,8/	2,9/	20/	218/	184/	49382/	34/	0,51/	
79/		125/	3,4/	14/	27/	200/	194/	36457/	85/	1,53/	
51/		65/	1,3/	11/	17/	170/	161/	29691/	44/	0,29/	
51/		57/	7,4/	4,8/	16/	146/	183/	28060/	15/	1,14/	
59,1/		114,5/	0,8/	4,9/	14/	169,4/	173,3/	34582/	39,9/	0,94/	
56,9/		87,8/	0,6/	3,7/	49,5/	160,0/	163,7/	28187/	27,2/	0,36/	
29,1/		36,8/	1,1/	4,3/	13,1/	136,1/	122,1/	23392/	25,7/	-	
52,1	128,5	0,70	4,6	12,0	113,5	113,2	19086	28,8	1,10/		
ДК средняя	0,9/	0,6/	0,4/	0,2/	0,3/	0,7/	-	-	0,2/	1,3/	
	1,2/	0,8/	0,3/	0,7/	0,4/	0,8/			0,2/	0,96/	
	0,9/	0,5/	0,5/	0,2/	0,3/	0,8/			0,3/	3,8/	
	0,9/	0,5/	0,6/	0,16/	0,4/	0,9/			0,3/	0,6/	
	1,2/	0,8/	0,75/	0,13/	0,4/	0,9/			0,3/	0,9/	
	1,6/	0,9/	2,7/	0,4/	0,6/	0,97/			0,67/	2,3/	
	0,9/	0,5/	1,2/	0,3/	0,4/	0,8/			0,3/	0,8/	
	1,0/	0,5/	2,5/	0,2/	0,4/	0,9/			0,13/	1,6/	
	1,1/	0,6/	0,4/	0,2/	0,8/	0,9			0,2/	0,6/	
	0,87/	0,38/	0,78/	0,17/	0,30/	0,68/			0,22/	0,33/	
	0,97	0,75	0,46	0,18	0,30	0,56			0,20	2,23/	

ДК max	1,7/	3,0/	1,0/	0,2/	0,6/	1,2/	-	-	0,4/	3,5/
	2,8/	5,6/	0,9/	1,7/	0,6/	0,96/			0,4/	1,5/
	1,8/	0,8/	1,0/	0,3/	0,4/	1,3/			0,4/	25,3/
	1,5/	0,6/	1,0/	0,18/	0,5/	1,6/			0,4/	0,7/
	1,5/	1,96/	1,0/	0,15/	0,6/	1,6/			0,3/	1,7/
	2,25/	1,5/	4,25/	0,7/	0,8/	1,4/			0,85/	5,1/
	1,5/	0,8/	1,6/	0,55/	0,5/	1,2/			0,4/	1/
	1,5/	0,7/	9,25/	0,2/	0,45/	1/			0,15/	3,8/
	1,6/	1,0/	0,75/	0,2/	1,4/	1,2			0,3/	1,2/
	0,8/	0,4/	1,38/	0,2/	0,4/	0,97/			0,3/	1,03/
	1,49	1,51	0,88	0,23	0,34	0,81			0,29	3,67

11.7. Уссурийский залив

Уссурийский залив - крупный внутренний залив у северного берега залива Петра Великого Японского моря. Входной на западе мыс Маячный на острове Шкота и мыс Сысоева (Шкотовский район) на востоке. Длина - 51 км, ширина у входа - 42 км, глубина - до 67 м. С декабря по март Уссурийский залив у северных берегов частично замерзает, ледяной покров незначителен. На берегу залива расположены города Владивосток и Большой Камень, посёлки Емар, Шкотово и Подъяпольское. На западном побережье залива имеется большая курортная зона с пансионатами, санаториями и детскими лагерями. В бухте Лазурная (Шамора) расположен самый популярный и крупный пляж Владивостока. Считается более холодным по сравнению с соседним Амурским заливом.

В 2021 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях ГСН (рис. 11.11). Всего было отобрано 72 пробы воды и 18 проб донных отложений в апреле и октябре. В период проведения работ температура воды изменялась от -1⁰С в апреле на выходе из залива в придонном слое до 20,9⁰С в июле в вершине залива в поверхностном слое. Среднее значение составило 11,6⁰С. Значения солёности изменялись от 28,96‰ в июле в вершине залива на поверхности до 34,11‰ в апреле на ст.№117 в придонном слое; средний показатель составил 33,23‰. Значения рН изменялись от 8,07 до 8,4, в среднем - 8,25 ед.рН. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,6-11,7 мг/дм³, составив в среднем 5,66 мг/дм³; максимальное значение (1,7 ПДК) зарегистрировано в июле в куту залива. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК₅ снизилось по сравнению с прошлым годом и составило 1,26 мгО₂/дм³ (2012 - 2,17; 2013 - 1,01; 2014 - 3,73, 2015 - 2,38; 2016 - 1,66; 2017 - 1,88; 2018 - 1,07; 2019 г. - 1,93; 2020 - 2,01 мгО₂/дм³). Максимальное значение (4,00 мгО₂/дм³,

1,9 ПДК) было зарегистрировано в июле в придонном слое около г. Большой Камень. Всего в Уссурийском заливе в 2021 году зафиксировано 5 случаев, когда значение БПК₅ было выше ПДК.



Рис. 11.11. Станции отбора проб в Уссурийском заливе.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от величин ниже предела обнаружения в четырех пробах ($DL=0,01 \text{ мг/дм}^3$) до $0,13 \text{ мг/дм}^3$ (2,6 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в апреле на ст.№105 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация НУ по сравнению с прошлогодней увеличилась в 2 раза, составив $0,8 \text{ ПДК}$ ($0,041 \text{ мг/дм}^3$), (рис. 11.9). Содержание НУ в воде залива превышало ПДК в 39% проб.

Содержание **фенолов** в пробах изменялось в узком диапазоне $0,4\text{--}3,5 \text{ мкг/дм}^3$; средняя концентрация снизилась в 1,5 раза и составила $1,12 \text{ мкг/дм}^3$ (1,1 ПДК). Максимальная концентрация фенолов в морской воде была зафиксирована в апреле на поверхности на ст.№108. Превышение ПДК наблюдалось в 75% проб (2010 г. - 51,4%; 2011 - 40,3%; 2012 - 51,4%; 2013 - 56,9%; 2014 - 86,2%; 2015 - 37,5%; 2016 - 25%; 2017 - 11,1%; 2018 - 34,7%; 2019 - 77,8%, 2020 - 75%). Уровень загрязненности вод залива АПАВ увеличился по сравнению с 2020 г. в 1,2 раза и составил в среднем $100,8 \text{ мкг/дм}^3$ (1 ПДК); диапазон 2-

380 мкг/дм³; максимум (3,8 ПДК) был отмечен в июле в промежуточном слое около Владивостока.

Воды Уссурийского залива относительно бухты Золотой Рог и Амурского залива меньше загрязнены тяжелыми **металлами**, их средняя за период наблюдений концентрация не превышала 0,5 ПДК (табл. 11.9). Максимальная концентрация меди и ртути увеличилась в 1,8 раз, составив 1,4 и 1,6 ПДК соответственно. Максимальная концентрация никеля снизилась в 1,8 раз, 0,8 ПДК. Максимальная концентрация марганца выросла в 9 раз (0,8 ПДК), наблюдалось в октябре на ст.№112 в промежуточном слое.

Таблица 11.9. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах Уссурийского залива в 2010-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg	
Средняя	1,0/ 0,6/	0,1/ 0,04/	1,6/ 0,4/	0,15/ 0/	0,3/ 0,3/	15,0/ 7,4/	0,1/ 0,5/	3,3/ 4,1/	0,2/ 0,4/	0,06/ 0,05/	
	1,0/ 0,5/	0,2/ 0,1/	0,2/ 0,2/	0/ 0/	0,3/ 0,5/	8,1/ 4,4/	6,8/ 2,4/	43,3/ 39,8/	0,7/ 0,4/	0,00/ 0,00/	
	1,1/ 0,85/	0,3/ 0,13/	0,2/ 0,2/	0/ -/	0,6/ 1,07/	12,6/ 10,4/	12,3/ 8,08/	58,3/ 112,7/	0,9/ -/	0,033/ 0,03/	
	1,74/ 0,9/	0,61/ 0,32/	1,02/ 0,27/	-/ -/	0,66/ 0,7/	12,5/ 9,1/	3,2/ 3,7/	53/ 78/	-/ -/	0,045/ 0,02/	
	0,7/ 0,5/	0,5/ 0,2/	0,1/ 0,2/	-/ -/	0,8/ 0,3/	13,4/ 7,9/	2,0/ 0,45/	36,9/ 16,7/	-/ -/	0,03/ 0,03/	
	1,1/ 0,9	0,1/ 0,3	0,1/ 0,02	-/ -	1,1/ 0,8	8,6/ 5,8	1,0/ 2,7	17,8/ -	-/ -	0,01/ 0,048	
	Максимальная	2,2/ 1,6/	1,3/ 0,6/	10,0/ 11,0/	6,4/ 0/	1,7/ 0,9/	378/ 94/	0,9/ 3,9/	39/ 16/	1,7/ 1,7/	0,33/ 0,27/
		8,0/ 1,9/	1,9/ 0,6/	3,2/ 0,5/	0,1/ 0/	3,8/ 1,9/	91,0/ 10,0/	35/ 30/	309/ 569/	1,5/ 8,7/	0,04/ 0,01/
		2,4/ 2,5/	1,4/ 0,6/	0,9/ 1,5/	0/ -/	4,1/ 24/	50,0/ 55/	91,0/ 75/	275/ 505/	6,2/ -/	0,20/ 0,09/
		22,0/ 3,1/	2,8/ 4,2/	12,0/ 1,2/	-/ -/	2,0/ 15/	53/ 26/	21/ 12/	377/ 290/	-/ -/	0,17/ 0,09/
		2,6/ 1,9/	3,8/ 0,6/	1,2/ 0,9/	-/ -/	12,3/ 1,1/	47,7/ 33,1/	8,2/ 2,4/	289,5/ 128,4/	-/ -/	0,31/ 0,09/
		4,1/ 7,2	0,7/ 0,6	1,0/ 0,1	-/ -	14,9/ 8,3	34,9/ 29,6	4,2/ 37,8	63,9/ -	-/ -	0,09/ 0,16

ПДК средняя	0,2/	<0,1/	0,2/	<0,1/	<0,1/	0,3/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,6/	
	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,5/	
	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,16/	0,14/	0,87	<0,1/	<0,1/	
	0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1	<0,1/	0,79/	<0,1	<0,1/	
	0,2/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,25/	0,2/	1,2/	<0,1/	0,3/	
	0,17/	<0,1/	<0,1/	-/	0,1/	0,2/	0,16/	2,25/	-	0,3/	
	0,3/	<0,1/	0,1/	-/	<0,1/	0,25/	<0,1/	1/	-/	0,45/	
	0,2/	<0,1/	<0,1/	-/	<0,1/	0,18/	<0,1/	1,6/	-/	0,2/	
	0,1/	<0,1/	<0,1/	-/	<0,1/	0,3/	<0,1/	0,8/	-/	0,3/	
	0,1/	<0,1/	<0,1/	-/	<0,1/	0,2/	<0,1/	0,3/	-/	0,3/	
	0,2/	<0,1/	<0,1/	-/	0,1/	0,2/	<0,1/	0,4/	-/	0,1/	
	0,2	<0,1	<0,1	-	<0,1	0,1	<0,1	-	-	0,48	
	ПДК max	0,4/	0,1/	1,0/	1,3/	0,2/	7,6/	<0,1/	0,8/	<0,1/	3,3/
		0,3/	<0,1/	1,1/	<0,1/	<0,1/	1,9/	<0,1/	0,3/	<0,1/	2,7/
1,6/		0,2/	0,3/	<0,1/	0,38/	1,8/	0,7/	6,2/	<0,1/	0,4/	
0,4/		<0,1/	<0,1/	<0,1/	0,19/	0,2	0,6/	11,4/	0,1	0,1/	
0,5/		0,1/	0,1/	<0,1/	0,4/	1,0/	1,8/	5,5/	<0,1/	2,0/	
0,5/		<0,1/	0,15/	-/	2,4/	1,1/	1,5/	10,1/	-/	0,9/	
4,4/		0,3/	1,2/	-/	0,2/	1/	0,4/	7,5/	-/	1,7/	
0,6/		0,4/	0,1/	-/	1,5/	0,5/	0,2/	5,8/	-/	0,9/	
0,5/		0,1/	0,1/	-/	1,2/	0,95/	0,16/	5,8/	-/	3,0/	
0,4/		<0,1/	<0,1/	-/	0,1/	0,7/	0,05/	2,6/	-/	0,9/	
0,8/		<0,1/	0,1/	-/	1,5/	0,7/	<0,1/	1,3/	-/	0,9/	
1,4		<0,1	<0,1	-	0,8	0,6	0,8	-	-	1,6	

Содержание биогенных элементов в водах Уссурийского залива в 2021 г. в целом соответствовало многолетней изменчивости. Средняя за период наблюдений концентрация аммонийного азота не превысила 0,1 ПДК, снизилась по сравнению с предыдущем годом в 2,4 раза и составила 23,2 мкг/дм³. Значения изменялись в пределах 10-55 мкг/дм³. Среднегодовое содержание аммония во всех крупных районах залива Петра Великого остается примерно на одном уровне последние годы, при этом существенно уступает уровню загрязненности вод вблизи Владивостока (рис. 11.12). Концентрация нитритов повысилась в 1,1 раза и составила 3,1 мкг/дм³ (в 2020 г. - 2,7 мкг/дм³) при диапазоне значений 0,2-29,2 мкг/дм³. Максимум (1,2 ПДК) зарегистрирован в прибрежной зоне вблизи Большого Камня в конце апреля на ст.№105 в придонном слое на глубине 13 м. Средняя величина нитратов увеличилась в 4,8 раза и составила 22,3 мкг/дм³ при диапазоне значений 2,6-116,1 мкг/дм³; максимум (0,01 ПДК) отмечен в октябре на выходе из залива в придонном слое. Содержание общего азота уменьшилось в 1,4 раза до 606 мкг/дм³ (в 2020 г. – 851,32 мкг/дм³); диапазон значений 320-1882 мкг/дм³.

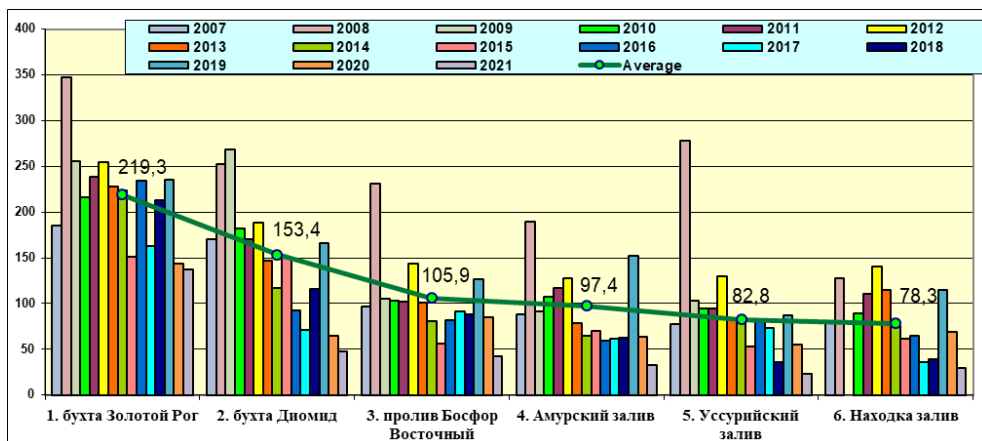


Рис. 11.12. Динамика средней концентрации аммонийного азота $N-NH_4$ ($мкг/дм^3$) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2007–2021 гг.

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось в пределах $5,2-70,1$ $мкг/дм^3$, составив в среднем $13,22$ $мкг/дм^3$. Максимум ($1,4$ ПДК) зарегистрирован в апреле на выходе из залива. Среднее содержание общего фосфора по сравнению предыдущим годом практически не изменилось и составило $20,87$ $мкг/дм^3$ (в 2020 г. - $20,06$ $мкг/дм^3$); диапазон $8,2-49,5$ $мкг/дм^3$. Максимум зарегистрирован в октябре на выходе из залива в придонном слое. Средняя концентрация кремния в воде повысилась с $295,81$ до $369,39$ $мкг/дм^3$; диапазон значений $74-973$ $мкг/дм^3$; максимум отмечен в июле на ст.№106 в придонном слое.

Среднее за период наблюдений содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива ($8,70$ $мгO_2/дм^3$) практически не изменилось по сравнению с прошлым годом ($8,79$ $мгO_2/дм^3$) и соответствовало среднемуголетнему. Содержание кислорода в водах залива изменялось от $5,57$ до $11,73$ $мг/дм^3$. В 2021 году на акватории Уссурийского залива зафиксирован 1 случай, когда концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива в одной придонной пробе ($5,57$ $мгO_2/дм^3$), отобранной на глубине 43 м в апреле в центре залива на ст.№106. Качество вод Уссурийского залива в 2021 г. по **ИЗВ** ($0,91$, III класс, «умеренно загрязненные») незначительно улучшилось по сравнению с прошлым годом. К числу приоритетных загрязняющих веществ в водах залива относятся нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, органическое вещество по БПК₅, а также металлы ртуть и медь. Кислородный режим в целом в период наблюдений был в пределах нормы.

Содержание нефтяных углеводородов в пробах **донных отложений** Уссурийского залива изменялось от 30 до 130 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 59,44 мкг/г (1,2 ДК); максимум (2,6 ДК) отмечен в октябре на ст.№106 в центре залива на глубине 42 м. По сравнению с 2020 г. среднее содержание НУ снизилось в 1,2 раза. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с зарубежными нормативами наблюдалось в 67% проб. Концентрация фенолов в пробах была в диапазоне 1,6-10,1 мкг/г, а в среднем составила 3,4 мкг/г. Максимум отмечен в апреле в кутовой части залива. Концентрация α -ГХЦГ в осадках залива изменялась от аналитического нуля до 0,4 нг/г; среднее значение - 0,09 нг/г; максимум был зафиксирован дважды в июне на ст.№100, ст.№106. В 2021 г. концентрация ДДТ в донных отложениях Уссурийского залива изменялась в диапазоне 0,0-14,9 нг/г, в среднем – 1,14 нг/г; ДДЭ - 0,2-2,1/0,6 нг/г; ДДД – 0,0-5,8/0,97 нг/г. Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 2,7 нг/г (1,1 ДК). Среднее содержание суммы ПХБ (полихлорбифенилы) в донных отложениях составило 21,97 нг/г при диапазоне 6,6-108,8 нг/г (5,4 ДК). Максимальная концентрация была зафиксирована в апреле в кутовой части залива на глубине 6 м.

Уровень загрязнения донных отложениях Уссурийского залива тяжелыми **металлами** в целом невысокий. Средние значения концентрации всех определяемых ТМ варьировали в пределах 0,1-0,5 ДК (табл. 11.10). Максимальное содержание никеля центральной части залива на глубине 43 м было выше ДК в 2,9 раза. Содержание кадмия снизилось (с 1,1 до 0,8 ДК), остальных металлов немного увеличилось по сравнению с предыдущим годом.

Таблица 11.10. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2010-2021 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	9,4/	15,8/	0,06/	3,4/	5,4/	30,9/	72,7/	15926/	12,2/	0,06/
	9,2/	17,4/	0,07/	3,1/	7,4/	43/	92/	14231/	13,4/	0,05/
	8,9/	12,3/	0,10/	2,1/	5,9/	49,2/	92,9/	16786/	16,7/	0,08/
	7,9/	12,9/	0,60/	3,4/	10,8/	41,3/	93,6/	18000/	12,6/	0,05/
	6,74/	10,4/	0,34/	2,7/	6,1/	37,2/	42,0/	14483/	17,2/	0,04/
	11,4/	11,8/	1,5/	4,6/	8,6/	37,9/	104,6/	14045/	37,7/	0,065/
	9,43/	11,2/	0,7/	3,8/	10,4/	37,6/	77,8/	13246/	13,7/	0,08/
	12,5/	12,0/	0,6/	3,8/	7,9/	18,0/	89,9/	18147/	9,5/	0,10/
	7,9/	11,6/	0,3/	2,3/	6,2/	34,1/	84,2/	13258/	11,5/	0,05/
	7,3/	11,6/	0,2/	2,6/	12,5/	32,4/	59,6/	12231/	11,4/	0,02
	7,3/	11,3/	0,5/	3,8/	14,8/	30,1/	82,2/	11102/	12,3/	0,05/
9,7	18,0	0,3	5,2	16,7	47,1	118,2	14397	16,9	0,07	

Максимальная	34,0/ 48,0/ 40,0/ 23,0/ 24,0/ 40,0/ 27,0/ 58,0/ 25,6/ 20 14,5/ 23	50,0/ 91,0/ 44,0/ 27,0/ 30,0/ 45,0/ 33,0/ 59,0/ 37,9/ 34,8 23,1/ 55,3	0,4/ 0,5/ 0,5/ 1,1/ 0,7/ 2,4/ 1,4/ 2,1/ 0,4/ 0,7/ 0,9/ 0,6	9,9/ 6,7/ 5,4/ 9,0/ 5,6/ 24,0/ 7,4/ 6,9/ 4,8/ 5,7/ 8,4/ 15,8	14,0/ 16,0/ 13,0/ 21,0/ 13,0/ 27,0/ 55,0/ 12,0/ 11,2/ 56,3/ 72,5/ 102,4	71,0/ 151/ 193/ 109/ 66/ 101/ 82,0/ 52,0/ 82,9/ 76,5/ 59,7/ 125,7	186/ 209/ 164/ 228/ 194/ 201/ 228/ 180/ 211,7/ 170,7/ 219,6/ 367,7	32115/ 31886/ 32529/ 39543/ 27776/ 33553/ 25019/ 27398/ 27657/ 26622/ 22954/ 43211	24,0/ 32/ 30/ 38/ 28/ 64/ 35/ 18/ 19,9/ 20,7/ 24,4/ 35,1	0,21/ 0,39/ 0,31/ 0,16/ 0,08/ 0,34/ 0,23/ 0,48/ 0,16/ 0,07 0,10/ 0,19		
	ДК средняя	0,3/ 0,3/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3	0,2/ 0,2/ 0,14/ 0,15/ 0,1/ 0,13/ 0,13/ 0,14/ 0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,2	<0,1/ <0,1/ 0,13/ 0,75/ 0,4/ 1,9 / 0,9/ 0,75/ 0,4/ 0,2/ 0,6/ 0,4	0,2/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,13/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,3	0,2/ 0,2/ 0,17/ 0,3/ 0,3/ 0,24/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,4/ 0,4/ 0,5	0,2/ 0,3/ 0,35/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,13/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -	0,1/ 0,1/ 0,17/ 0,13/ 0,17/ 0,38/ 0,14/ 0,095/ 0,12/ 0,1/ 0,1/ 0,2	0,2/ 0,2/ 0,26/ 0,17/ 0,13/ 0,22/ 0,26/ 0,3/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,2	
		ДК max	0,97/ 1,4 / 1,14 / 0,7/ 0,7/ 1,1 / 0,8/ 1,66 / 0,7/ 0,6/ 0,4/ 0,7	0,6/ 1,1 / 0,5/ 0,3/ 0,4/ 0,5/ 0,4/ 0,7/ 0,45/ 0,4 0,3/ 0,7	0,5/ 0,6/ 0,6/ 1,4 / 0,9/ 3,0 / 1,75 / 0,7/ 2,6 / 0,9/ 1,1 / 0,8	0,5/ 0,3/ 0,3/ 0,45/ 0,3/ 1,2 / 0,4/ 0,35/ 0,2/ 0,3/ 0,4/ 0,8	0,8/ 0,6/ 0,37/ 0,6/ 0,65/ 0,77/ 1,6 / 0,3/ 0,4/ 1,6 / 2,1 / 2,9	0,5/ 1,1 / 1,38 / 0,8/ 0,5/ 0,7/ 0,6/ 0,4/ 0,6/ 0,5/ 0,4/ 0,9	- - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - -	0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,28/ 0,6/ 0,4/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,4	0,7/ 1,3 / 1,0 / 0,53/ 0,27/ 1,1 / 0,8/ 1,6 / 0,5/ 0,2 0,2/ 0,3/ 0,6

11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский являются сбросы загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными загрязнителями являются предприятия коммунально-бытовых служб, нефтебаза и флот из-за неконтролируемого сброса льяльных вод и нефтесодержащего мусора с маломерных судов.

В районе г. Александровска исследования состояния загрязнения морских вод и донных отложений проводился Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-

Сахалинск). В 2021 г. в период с мая по октябрь на 5 станциях было отобрано и обработано 30 проб.

В исследуемый период времени **температура** воды изменялась от 3,6^oC в мае до 20,8^oC в июле, когда наблюдался наибольший прогрев; среднегодовое значение 14,27^oC. Соленость варьировала от 25,66‰ в мае до 31,96‰ тоже в мае, составив в среднем 30,38‰. Хлорность была в диапазоне 14,2-17,69‰, средняя - 16,83‰. Значения рН изменялись в диапазоне 7,92-8,20, среднее - 8,08 ед. рН. Щелочность была в пределах 1,828-2,285 мг-экв/дм³, в среднем за период наблюдений – 2,150 мг-экв/дм³, что равно величине предыдущего года - 2,150 мг-экв/дм³.

Концентрация взвешенных частиц в морской воде изменялась в диапазоне 13,0–275,0 мг/дм³, в среднем –85,7 мг/дм³ (8,57 ДК), что в 1,7 раза больше прошлогоднего значения (5,17 ПДК). Максимум (27,5- ПДК) был зарегистрирован в мае на ст.№5 в поверхностном слое. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК₅ в среднем была 1,94 мгО₂/дм³ (0,92 ПДК, в прошлом году 0,79 ПДК); максимальная величина была зафиксирована в мае и составила 4,2 мгО₂/дм³ (2,0 ПДК).

В 2021 г. содержание **НУ** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от аналитического нуля до 0,152 мг/дм³ (3,04 ПДК). По сравнению с 2020 г. средняя концентрация нефтяных углеводородов снизилась до 1,1 ПДК (табл. 11.15). Максимум был отмечен в октябре в придонном слое. Концентрация фенолов во всех пробах морской воды была ниже аналитического нуля. Уровень загрязненности морских вод СПАВ соответствовал уровню прошлого года – средняя величина составила 14,27 мкг/дм³; максимум – 26,0 мкг/дм³ (0,26 ПДК).

Среднее содержание **меди** в 2021 г. практически не изменилось и составило 3,29 мкг/дм³ (0,66 ПДК). Максимум достиг 7,20 мкг/дм³ (1,44 ПДК) и был зафиксирован в июне. Концентрация цинка и свинца была невысокой и составила в среднем 7,09 и 0,08 мкг/дм³ (0,14 и 0,05 ПДК) соответственно. В период проведения работ содержание кадмия было очень незначительно: кадмий обнаружен в 7 пробах в диапазоне от аналитического нуля до 0,80 мкг/дм³, составив в среднем 0,12 (0,01 ПДК).

Концентрация **биогенных** элементов в исследуемый период была в пределах среднемноголетних значений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения (DL=20 мкг/дм³) в четырех пробах (20,0-31,0 мкг/дм³), среднее – 3,23 мкг/дм³. Концентрация нитритов была ниже DL=0,5 мкг/дм³ в 20 пробах из 30 обработанных, а в остальных пробах не превышала 2,0 мкг/дм³. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений (DL=5 мкг/дм³) в 22 пробах, а в остальных пробах было в диапазоне 5,0–320,0 мкг/дм³, среднее -

28,4 мкг/дм³. Максимум был зафиксирован в майской пробе.

В период проведения наблюдений в 19 проба содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения DL=5 мкг/дм³. Среднее содержание фосфатов в 2021 г. составило 6,83 мкг/дм³ (в 2020 г. - 7,26 мкг/дм³), а максимум был отмечен в мае – 52,12 мкг/дм³.

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

Кислородный режим в водах Татарского пролива соответствовал многолетней норме: содержание растворенного кислорода в воде изменялось в диапазоне от 7,21 до 10,36 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,35 мгО₂/дм³.

По значению индекса **ИЗВ** (0,85) в 2021 г. качество вод Татарского пролива по-прежнему соответствовало III классу "умеренно загрязненные" (табл. 11.14). Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК₅ и медь. Кислородный режим в пределах среднемноголетней нормы.

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Татарский пролив:	НУ	0,074	1,48	0,061	1,20	0,055	1,1
		0,172	3,44	0,199	3,98	0,152	3,04
Александровск	СПАВ	13,2	0,13	13,2	0,13	0,0	0
		30	0,30	25,0	0,25	0,0	
Сахалинский	Кадмий	0		0		0,12	0,01
		0		0		0,80	0,08
	Медь	6,12	1,22	3,06	0,61	3,29	0,66
		22,8	4,56	7,5	1,50	7,20	1,44
	Цинк	4,63	0,09	5,47	0,11	7,09	0,14
		25,2	0,50	18,5	0,37	13,2	0,26
	Свинец	0,23	0,02	0,78	0,08	0,47	0,05
		1,3	0,13	3,00	0,30	1,10	0,11
	Аммонийный азот	1,24	<0,01	4,67	<0,01	3,23	<0,01
		37,3	0,10	48,00	0,017	31,0	0,011
	Нитритный азот	0,2	<0,01	0,30	0,01	0,40	0,02
		1,0	0,05	2,00	0,10	2,00	0,10
	БПК ₅	1,42	0,68	1,66	0,79	1,94	0,92
		3,40	1,62	3,20	1,52	4,20	2,0

	Кислород	8,79 7,55		8,84 7,26		8,35 7,21	
--	----------	--------------	--	--------------	--	--------------	--

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и 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 0,0–123,5 мкг/г, максимум (2,47 ДК) был отмечен в июне; среднее значение (20,42 мкг/г, 0,41 ДК) было в 1,7 раза выше прошлогоднего (табл. 11.16). Содержание фенолов в донных отложениях в 28 пробах из 30 не превысило уровень чувствительности метода определения (DL=0,05 мкг/г); среднегодовая концентрация в 2021 г. была ниже 0,05 мкг/г (0,005 мкг/г).

Среднее и максимальное содержание меди, кадмия и свинца в осадках не превышало 0,1 ДК. Среднее содержание меди повысилось в 1,7 раза, цинка – в 1,3 раза, свинца – в 10 раз по сравнению с прошлым годом и составило 0,11, 0,41 и <0,1 ДК. По сравнению с 2021 г. повысился уровень загрязненности донных отложений кадмием: если в 2020 г. кадмий не был обнаружен ни в одной пробе, то в 2021 г. только в 10 из 30 отобранных проб его содержание было ниже уровня чувствительности метода определения; в 20 же пробах концентрации изменялись в диапазоне 0,03 – 0,11 мкг/г, составив в среднем 0,03 мкг/г, что, впрочем, не превышает 0,1 ДК.

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

Район	Ингредиент	2019 г.		2020 г.		2021 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
Татарский пролив:	НУ	31,13	0,6				
		113	2,3				
г. Александровск -	Фенолы	0,03 0,29					
Сахалинский	Медь	1,61	<0,1				
		4	0,1				
	Цинк	44,90	0,3				
		187	1,3				

	Кадмий	0,04 0,05	<0,1 <0,1				
	Свинец	1,53 10	<0,1 0,1				

Глава 12. Выводы

12.1 Каспийское море

На южной границе акватории Северного Каспия в 2021 г. приоритетными загрязняющими веществами оставались фенолы, нефтяные углеводороды и аммонийный азот. Угроза эвтрофикации вод в настоящее время отсутствует, но выявлена статистически значимая тенденция к росту содержания в воде аммонийного азота. Состояние вод по сравнению с предыдущими годами существенно не изменилось и соответствует умеренно загрязненным водам. Существенной тенденции в многолетней динамике качества вод за последнее десятилетие не отмечалось.

На Дагестанском взморье главным приоритетным загрязнителем оставались фенолы, тогда как средняя концентрация нефтяных углеводородов, аммонийного азота и меди сохранялась в пределах 1 ПДК. При этом концентрация аммонийного азота увеличилась вдвое по сравнению с предыдущим годом. По уровню ИЗВ морские воды характеризовались в разных районах как загрязненные и умеренно загрязненные. Во всех северных прибрежных районах Дагестана качество вод в последние три года немного улучшилось, за исключением морских вод у Махачкалы.

12.5. Белое море

Контроль загрязнения вод Белого моря проводился в Двинском и Кандалакшском заливах. В Двинском заливе в 2021 г. было выполнено две гидрохимических съемки в августе и ноябре. Сравнительная межгодовая оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ (СПАВ, НУ, фосфаты) определили ИЗВ=0,50, что соответствует II классу, «чистые». Загрязнения тяжелыми металлами выше ПДК в течение 2021 г. не наблюдалось, кроме одного случая в ноябре (содержание меди 2,14 ПДК). Превышение норматива НУ отмечено лишь в августе в эстуарной зоне Двины в поверхностном слое; во всех остальных случаях концентрация НУ была значительно ниже ПДК. Кислородный режим был в норме. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось.

Воды Кандалакшского залива в 2021 г. (ИЗВ=0,66) можно отнести также ко II классу качества вод, «чистые». Превышение ПДК было зафиксировано по железу в одной пробе (2,8 ПДК). Приоритетными загрязняющими веществами являлись железо, медь и фосфаты (в прошлом году вместо фосфатов были нефтяные углеводороды). СПАВ

не были обнаружены. Содержание органических веществ по БПК₃ выше аналитического нуля было лишь в одной пробе. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива и выше прошлогодних значений. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод не наблюдалось.

12.6 Баренцево море

Контроль качества вод Баренцева моря в 2021 г. по-прежнему проводился на одной станции в Кольском заливе на водпосту в торговом порту г. Мурманска (ВПМ) в период с января по ноябрь, один раз в два месяца. Впервые за много лет исследований в 2021 г. воды в районе водпоста по индексу загрязненности вод (ИЗВ=0,70) оцениваются II классом, «чистые». Приоритетными загрязняющими веществами для расчета индекса остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Средняя концентрация нефтяных углеводородов впервые была ниже значения уровня ПДК и составила 0,034 мг/дм³, при этом максимум составил 1,3 ПДК и был зафиксирован в мае. Средняя концентрация меди (5,2 мкг/дм³) стала меньше и совсем немного превышала норматив; среднегодовое содержание железа также стало ниже по сравнению с прошлогодним и составило 0,5 ПДК. Содержание растворенного в воде кислорода уменьшилось: среднегодовая концентрация составила 9,3 мгО₂/дм³ против 11,8 мгО₂/дм³ в прошлом году. Содержание фосфатов в 2021 г. снизилось в среднем почти в полтора раза по сравнению с прошлым годом. В целом, в 2021 г. наблюдается снижение содержания различных форм биогенных элементов в воде вблизи водпоста в торговом порту г. Мурманска.

12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

По данным государственного мониторинга, наибольший вклад в загрязнение вод Авачинской губы п-ова Камчатка вносят нефтяные углеводороды, содержание которых увеличилось в 2 раза по сравнению с предыдущим годом. В большей степени воды Авачинской губы были загрязнены в августе (4,0 ПДК), с максимумом на придонном горизонте бухты Раковой – 17,6 ПДК. На протяжении последних пяти лет уровень загрязнения вод губы фенолами оставался стабильно повышенным на уровне 2–4 ПДК, а в последний год среднегодовое содержание не достигло значений ПДК, максимальное составило 3 ПДК. В течение последних шести лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была невысокой. Насыщение морских вод растворенным кислородом в целом по толще в течение года было достаточным – 90% при норме 70%. В июле и сентябре 2019 г. у дна в центральной части губы было определено низкое содержание

кислорода, соответствующее уровню высокого загрязнения (ВЗ). Содержание нитритов в водах Авачинской губы по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 18%, однако в 8% случаев от общего количества проанализированных проб было зарегистрировано превышение допустимого норматива. Средние содержание минерального фосфора в водах Авачинской губы были близкими к прошлогодним значениям. Наибольшее содержание фосфатов отмечено вблизи устьев рек и в центральной части Авачинской губы, где в силу её чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона. Большинство других форм биогенных элементов находились в пределах естественной межгодовой изменчивости. Расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) выполнен по средней концентрации нефтяных углеводородов, фенолов и АПАВ. Значение индекса (1,03) осталось на уровне прошлого года (III класс качества, «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, Гидрометеиздат, Ленинград, 1976, 40 с.
3. **РД 52.04.567-2003.** Положение о государственной наблюдательной сети. - Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, 2003, 50 с.
4. **Приказ 156.** О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды. - Приказ Руководителя Росгидромета №156 от 31.10.2000 г.
5. **РД 52.10.243-92.** Руководство по химическому анализу морских вод. (ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеиздат, 1993, 264 с.)
6. **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.)
7. **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.
8. **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.
9. **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.
10. **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".

11. **МР 1988.** Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. - Москва, Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988, 9 с.

12. **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.

13. **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.

14. **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).

15. **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.

16. **Neue Niederlandische Liste.** Warmer H., van Dokkum R., Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001, RIZA report 2002.009, Lelystad, 2002, 77 p. (Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95).

17. **ПП-РФ_447.** Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 "Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды".

18. Бухарин П.П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. - Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.

19. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. – Москва, МГУ, 1975, 272 с.

20. Крицкий С.К. Колебания уровня Каспийского моря. – Москва, Наука, 1975, с. 149-152.

21. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1962, 853 с.

22. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том III Азовское море. – Л.: Гидрометеиздат, 1986, 218 с.

23. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб: Гидрометеиздат, 1991, 428 с.

24. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море. – СПб: Гидрометеиздат, 1991, 236 с.

25. Геология Азовского моря. – К: «Наукова думка», 1974, 246 с.
26. Закономерности экосистемных процессов Азовского моря. – М: Наука, 2006. – 304 с.
27. Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море. – Севастополь: "Экоси-гидрофизика", 2009, 402 с.
28. Дьяков Н.Н., Белогудов А.А. Водообмен залива Сиваш с Азовским морем через пролив Генический (Тонкий). - Труды ГОИН, 2015, Вып. 216, с. 240-253.
29. Семенова Е.А. Исследование водообмена через мелководный пролив (на примере проливе Тонкого). - Сб. работ ГМО ЧАМ, 1962, Вып. 1, с. 53-63.
30. Слатинский Ю.Г. Водообмен Сиваша с Азовским морем. - Труды ГОИН, 1986, Вып. 176, с. 18-24.
31. Львова Е.А. Равнины Крыма. – Симф.: Крым, 1982, 80 с.
32. Матишов Г.Г. Геоморфологические особенности шельфа Азовского моря. - Вестник Южного научного центра РАН, 2006, Т.2, №1, с. 44-48.
33. Мамыкина В.А., Хрусталеv Ю.П. Береговая зона Азовского моря. – Издательство Ростовского университета, 1980, 172 с.
34. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции. – Л: Гидрометеoиздат, 1985, 270 с.
35. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря. – М.: Гидрометеoиздат, 1989, 326 с.
36. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвeцинский А.С. и др. Современные гидрометеорологические условия формирования ветро-волновых, ледовых и других опасных явлений в Керченском проливе. – М: ООО «Принт», 2020, 365 с.
37. 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.
38. Дьяков Н.Н., Тимошенко Т.Ю., Белогудов А.А. и др. Атлас льдов Черного и Азовского морей. – Севастополь: Экоси-гидрофизика, 2016, 219 с.
39. 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.
40. Боровская Р.В., Ломакин П.Д., Панов Д.Б., Спиридонова Е.О. Современное состояние ледовых условий в Азовском море и

Керченском проливе на базе спутниковой информации. - Препринт, Севастополь, НАН України, МГИ, 2008, 42 с.

41. Суховой В.Ф. Моря Мирового океана. - Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.

42. Mee L., Jettif L. AoA Region: Black Sea. - UNEP, 2010, 9 p.

43. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь, МГИ, 2011, 212 с.

44. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море. – СПб, Гидрометеиздат, 1991, 428 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. Джоашвили Ш. Реки Черного моря. – Европейское агенство по охране окружающей среды, Технический отчет №71, 2003, 58 с.

49. Mikhailov V.N. and Mikhailova M.V. RiverMouths. In: A. Kostianoy and A. Kosarev (Eds). The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 5, Part Q, Springer – Verlag, Berlin Heidelberg, 2008, p. 91–134.

50. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 2. Черное море. – Севастополь: Экокси-гидрофизика, 2012, 421 с.

51. Фащук Д.Я. Черное море: географо-экологический «портрет». – М., ГЕОС, 2019, 310 с.

51. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Том III. Балтийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. – СПб, Гидрометеиздат, 1992, 451 стр.

52. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. - Под ред. Б.Х. Глуховского. - Л.: Гидрометеиздат, 1991, 240 с.

53. 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.

54. Лоция Белого моря. - СПб: Главное Управление Навигации и Океанографии Министерства Обороны Российской Федерации, 2006, 411 с.

55. Филатов Н.Н., Тержевик А.Ю. Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. - Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007, 349 с.

56. Арктическая энциклопедия. - Москва, «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.

57. Баренцево море. - Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, т 1, вып. 1, 1990, 280 с.

58. Советская энциклопедия. - Большая советская энциклопедия в 30 т., гл. ред. А.М.Прохоров, 1969-1978, 1972, т. 7, 608 с.

59. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. – М, Мысль, 1999, 320 с.

60. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. - Издательство Московского университета, 1982, 270 с.

61. Охотское море. - Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»), Гидрометеорологические условия. – Терзиев Ф.С. (ред.), Том 9, Вып. 1, 1992, 318 стр.

62. 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.

63. Гидрометеорология и гидрохимия морей России, Том 3, 1992.

СПИСОК

опубликованных Ежегодников

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1966 г. – А.С.Пахомова, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. - Москва, 1968, 161 с.

Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1967 г. – А.С.Пахомова, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. - Москва, 1969, 282 с.

Обзор состояния химического загрязнения прибрежных вод морей Советского Союза за 1968 год. – А.С.Пахомова, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, Г.В.Лебедева, И.А.Акимова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. - Москва, 1969, 257 с.

Обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1969 г. – Т.А.Бакум, Е.П.Кириллова, Л.К.Лыкова, С.К.Ревина, Н.А.Соловьева, И.А.Акимова, В.В.Мошков, Т.Б.Хороших, А.С.Пахомова, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1970, 650 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1970 год – С.К.Ревина, Н.А.Афанасьева, А.К.Величкевич, Е.П.Кириллова, А.С.Пахомова, Н.А.Соловьева, Т.А.Бакум, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1971, 64 с.

Обзор состояния загрязнения южных морей СССР в 1970 г. - Под ред. д-ра.геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1971.

Обзор состояния загрязненности дальневосточных морей СССР в 1970 г. – А.С.Пахомова, С.К.Ревина, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1971, 87 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1972 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1973.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1973 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1974.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1974 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1975.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1975 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1976.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1976 год. – Н.А.Родионов, Н.А.Афанасьева,

Н.С.Езжалкина, Т.А.Бакум, А.Н.Зубакина, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1977, 120 с.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1977 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1978.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1978 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1979.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1979 г. - Под ред. д-ра геогр.наук А.И.Симонова. - М., 1980.

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1980 г. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Т.А.Иноземцева, Н.А.Казакова, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, Е.Г.Седова, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1981, 166 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1981 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1982, 149 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1982 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, Н.А.Родионов, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1983, 132 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1984 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Б.М.Затучная, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, В.М.Пищальник, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1985, 149 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1985 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Б.М.Затучная, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, В.М.Пищальник, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1986, 177 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1986 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1987, 132 с.

Обзор состояния химического загрязнения вод отдельных районов Мирового океана за период 1986 - 1988 гг. - В.А.Михайлов, В.И.Михайлов, И.Г.Орлова, И.А.Писарева, Е.А.Собченко, А.В.Ткалин, под ред. А.И.Симонова и И.Г.Орловой. - Москва, 1989, 143 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1987 год. - Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова,

Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1988, 179 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1988 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, под ред. А.И.Симонова. - Москва, 1989, 208 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1989 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, И.А.Писарева, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1990, 279 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1990 год. – Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, И.А.Писарева, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1991, 277 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, М.В.Кудряшенко, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1992, 347 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1992 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, М.В.Кудряшенко, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1996, 247 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1993 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, М.В.Кудряшенко, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1996, 230 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1994 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, М.В.Кудряшенко, И.Г.Матвейчук, Ю.Ю.Фомин, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1996, 126 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1995 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1996, 261 с.

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1996 год. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кирьянова. - Москва, 1997, 110 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 1999. – Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, И.Г.Матвейчук, под ред. А.Н.Коршенко. - Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2001, 80 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н.А.Афанасьева, И.Г.Матвейчук, И.Я.Агарова, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко, Санкт-Петербург. - Гидрометеоиздат, 2002, 114 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2002. – И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, под ред. А.Н.Коршенко. - Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 2005, 127 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003. – А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2005, 111 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004. – А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, В.С.Кириянов. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2006, 200 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2005. – Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В., Лучков В.П. – М, Метеоагенство Росгидромета, 2008, 166 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2006. – Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В. - Москва, Обнинск, «Артифекс», 2008, 146 с.

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., 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.

Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2021

Каспийское море

- 1). Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Дошахова Д.Г.
- 2). Дагестанский ЦГМС (ДагЦГМС, г. Махачкала): Османова С.Ш.

Азовское море

- 1). Донская устьевая гидрометеорологическая станция (МЗОС ДУС, г. Азов), ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»: Хорошенькая Е.А., Сулеменко Е.А.,
- 2). Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Дербичева Т.И., Кобец С.В.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения среды г. Керчи ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А.И., Иванько Л.Н., Соколов А.А., Полубинская Е.М., Ковалева Е.М.
- 4). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Дьяков Н.Н.

Черное море

- 1). Отдел биогеохимии моря ФГБУН «Морской гидрофизический институт» (ОБМ МГИ РАН, г. Севастополь): Орехова Н.А., Кондратьев С.И., Видничук А.В., Медведев Е.В., Хоружий Д.С., Вареник А.В.
- 2). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Дьяков Н.Н.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗОС г. Ялта): Парфенова В.А., Зайцева О.И., Брайко О.И.
- 4). Лаборатория мониторинга загрязнения окружающей среды г. Керчи (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А.И., Иванько Л.Н., Соколов А.А., Полубинская Е.М., Ковалева Е.М.
- 5). Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) Устьевой ГМС Кубанская (г. Темрюк): Дербичева Т.И., Кобец С.В.
- 6). Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи): Лысак О.Б.

Балтийское море

- 1). ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (ФГБУ «СЗ УГМС», г. Санкт-Петербург), Отдел информации и методического руководства сетью

(ОМС) Центра мониторинга загрязнения природной среды (ЦМС), Гидрометцентр (ГМЦ): 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.

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

Баренцево море

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

Гренландское море (Шпицберген)

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

Шельф Камчатки, Авачинская губа, Тихий океан

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

Охотское море

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

Японское море

1). Лаборатория мониторинга загрязнения морских вод Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток): Подкопаева В.В., Горлова В.А.

2). Сахалинское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Лаборатория мониторинга загрязнения морских и

поверхностных вод суши (ЛМЗМПВС ФГБУ «Сахалинское УГМС»,
г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

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

Устаревшие нормативные документы

1. **РД 52.10.74-86.** Единые отраслевые нормы времени на работы по анализу морской воды и донных отложений по гидрохимическим показателям.
2. **РД 52.10.243-92.** Руководство по химическому анализу морских вод. (ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеиздат, 1993, 264 с.)
3. **РД 52.10.556-95.** Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси. (ред. С.Г.Орадовский, М, Гидрометеиздат, 1996, 50 с.)

Обновленные нормативные документы

http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282

1. **РД 52.10.728-2010.** Основные требования к компетентности лабораторий при проведении мониторинга состояния и загрязнения морской среды.
2. **РД 52.10.736–2010.** Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Растворенный кислород").
3. **РД 52.10.737–2010.** Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах в присутствии сероводорода. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Растворенный кислород в присутствии сероводорода").
4. **РД 52.10.738–2010.** Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Фосфаты").
5. **РД 52.10.739-2010.** Массовая концентрация общего фосфора в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Общий фосфор").
6. **РД 52.10.740–2010.** Массовая концентрация азота нитритного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Нитриты").
7. **РД 52.10.777-2012.** Внутренний контроль качества информации о состоянии и загрязнении морской среды.
8. **РД 52.10.772-2013.** Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом в виде индофенолового синего (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Аммонийный азот").

9. РД 52.10.773-2013. Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера.
10. РД 52.10.774-2013. Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
11. РД 52.10.775-2013. Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела "Следовые элементы (железо, марганец, хром, никель)").
12. РД 52.10.778-2013. Массовая концентрация растворенных форм железа, марганца и хрома в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
13. РД 52.10.779-2013. Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии.
14. РД 52.10.803-2013. Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 7).
15. РД 52.10.804-2013. Массовая доля анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 6). **Изменение №1** к РД 52.10.804-2013 (*вводится в действие с 1 июля 2017 года*).
16. РД 52.10.805-2013. Массовая концентрация общего азота в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия.
17. РД 52.10.806-2013. Массовая концентрация хлоридов в пробах распресненных морских вод. Методика измерений аргентометрическим методом.
18. РД 52.10.807-2013. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в морских водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом с метиленовым голубым (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 6).
19. РД 52.10.735-2018. Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Водородный показатель (рН)").
20. РД 52.10.742-2018. Объемная доля сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Сероводород").

21. **РД 52.10.743-2020.** Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом (взамен РД 52.10.743-2020 Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом).

22. **РД 52.10.744-2020.** Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдодокремневой кислоты (взамен РД 52.10.744-2010 Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдодокремневой 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.....	
	ABSTRACT.....	
	INTRODUCTION.....	
Chapter A.	Description of monitoring system	
	A.1. Monitoring stations.....	
	A.2. Methods of sampling and data treatment.....	
	A.3. Monitoring of marine environment at 2018.....	
Chapter 1.	Caspian Sea	
	1.1. General information.....	
	1.2. Discharge of the pollutants.....	
	1.3. Water conditions of the Northern Caspian.....	
	1.3.1. North-Western shallow part of the Caspian Sea (century transect III and IIIa).....	
	1.3.2. Southern border of the Northern Caspian (century transect IV)	
	1.4. Waters conditions of the Dagestan coastal area	
Chapter 2.	Azov Sea	
	2.1. General information.....	
	2.2. Taganrog Bay.....	
	2.2.1. Monitoring system of the Don estuarine region and Taganrog Bay.....	
	2.2.2. Water pollution of the Don estuarine area.....	
	2.2.3. Bottom sediments pollution.....	
	2.3. Marine estuarian area and Delta of the Kuban River	
	2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarian area.....	
	.	
	2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay....	
	2.4. Kerch Strait. Northern narrow (transect port Crimea – port Caucasus).....	
Chapter 3.	Black Sea	
	3.1. General information.....	
	3.2. Expeditions in the open sea.....	
	3.3. Marine water pollution of the Crimean coast of the Black Sea.....	
	3.3.1. Eupatory city area (Donuzlav lake).....	

	3.3.2. Sevastopol Bight (MHI).....	
	3.3.2. Sevastopol Bight and sea-side (SB SOI).....	
	3.3.4. Pollution of atmospheric deposits (Sevastopol)...	
	3.3.5. Yalta port.....	
	3.3.6. Water quality of Crimean coastal waters.....	
	3.4. Pollution of the coastal waters in Anapa-Tuapse area.....	
	3.5. Coastal area of Adler-Sochi.....	
Chapter 4.	Baltic Sea	
	4.1. General information.....	
	4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay.....	
	4.3. Hydrometeorological conditions.....	
	4.4. Central part of the Neva Bay.....	
	4.5. Northern resort of the Neva Bay.....	
	4.6. Southern resort of the Neva Bay.....	
	4.7. Marine Trade Port (MTP).....	
	4.8. Northern WWT plant.....	
	4.9. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf.....	
	4.10. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf.....	
	4.11. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf.....	
	4.12. Koporsky Bay.....	
	4.13. Luzsky Bay.....	
Chapter 5.	White Sea	
	5.1. General information.....	
	5.2. Sources of pollution.....	
	5.3. Dvina Bay.....	
	5.4. Kandalaksha Bay.....	
Chapter 6.	Barents Sea	
	6.1. General information.....	
	6.2. Sources of pollution.....	
	6.3. Water pollution of the Kolsky Bay.....	
Chapter 7.	Greenland Sea (Spitsbergen)	
	7.1. General information.....	
	7.2. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters.....	
	7.3. Hydrochemical parameters.....	
	7.4. Pollution.....	

Chapter 8.	Arctic Seas	
Chapter 9	Kamchatka shelf (Pacific ocean)	
	9.1. General information.....	
	9.2. Sources of pollution.....	
	9.3. Water pollution in the Avacha Bay.....	
Chapter 10	Okhotsk Sea	
	10.1. General information.....	
	10.2. Pollution of the Sakhalin shelf.....	
	10.2.1. Area of village Starodubskoe.....	
	10.2.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov.....	
	10.2.3. Aniva Bay. Area near village Prigorodnoe.....	
	10.3. Visual observations.....	
	10.4. Results.....	
Chapter 11	Japan Sea	
	11.1. General information.....	
	11.2. Sources of pollution.....	
	11.3. Golden Horn Bay.....	
	11.4. Diomedea Bay.....	
	11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight...	
	11.6. Amur Bay.....	
	11.7. Ussuri Bay.....	
	11.8. Nakhodka Bay.....	
	11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait.....	
Chapter 12	Conclusions	
	Literature cited	
	Annex 1. The list of the published Annual Repots.....	
	Annex 2. The authors and owners of the data.....	
	Annex 3. Roshydromet Manuals on marine hydrochemistry	
	Annex 4. Order of Ministry of Natural Resources on Bottom Sediments	
	CONTENTS	
	CONTENTS (Russ)	

	3.3.6. Качество черноморских вод у берегов Крыма.....	
	3.4. Загрязнение прибрежных вод Анапа-Туапсе.....	
	3.5. Прибрежный район Сочи-Адлер	
4.	Глава 4. Балтийское море	
	4.1. Общая характеристика.....	
	4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы.....	
	4.3. Характеристика гидрометеорологических условий...	
	4.4. Центральная часть Невской губы.....	
	4.5. Северный курортный район Невской губы.....	
	4.6. Южный курортный район Невской губы.....	
	4.7. Морской торговый порт (МТП).....	
	4.8. Северная станция аэрации.....	
	4.9. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива	
	4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива.....	
	4.11. Глубоководная зона Восточной части Финского залива.....	
	4.12. Копорская губа.....	
	4.13. Лужская губа.....	
5.	Глава 5. Белое море	
	5.1. Общая характеристика.....	
	5.2. Источники поступления загрязняющих веществ.....	
	5.3. Двинский залив.....	
	5.4. Кандалакшский залив.....	
6.	Глава 6. Баренцево море	
	6.1. Общая характеристика.....	
	6.2. Источники поступления загрязняющих веществ.....	
	6.3. Загрязнение вод Кольского залива.....	
7.	Глава 7. Гренландское море (Шпицберген)	
	7.1 Общая характеристика.....	
	7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген.....	
	7.3. Гидрохимические показатели.....	
	7.4. Загрязняющие вещества.....	
8.	Глава 8. Моря Северного ледовитого океана	
9.	Глава 9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)	
	9.1. Общая характеристика.....	
	9.2. Источники поступления загрязняющих веществ.....	

	9.3. Загрязнение вод Авачинской губы.....	
10.	Глава 10. Охотское море	
	10.1. Общая характеристика.....	
	10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин.....	
	10.2.1. Район поселка Стародубское.....	
	10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова.....	
	10.2.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное.....	
	10.3 Визуальные наблюдения.....	
	10.4 Выводы.....	
11.	Глава 11. Японское море	
	11.1. Общая характеристика.....	
	11.2. Источники загрязнения.....	
	11.3. Бухта Золотой Рог.....	
	11.4. Бухта Диомид.....	
	11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс)..	
	11.6. Амурский залив.....	
	11.7. Уссурийский залив.....	
	11.8. Залив Находка.....	
	11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив....	
	Глава 12. Выводы	
	Литература	
	Приложение №1. Список опубликованных Ежегодников	
	Приложение №2. Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2018	
	Приложение №3. РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»	
	Приложение №4. Приказ Минприроды России от 24.02.2014 №112. Донные отложения	
	CONTENTS.....	
	СОДЕРЖАНИЕ.....	

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник
2021. – Москва, «Наука», 2022, 230 с.
ISBN 978-5-6045347-2-4

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

Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 19,5.

Тираж 320 экз. Зак. №

Отпечатано в типографии Издательского Дома «Наука»
121099 Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-6045347-2-4

ISBN 978-5-6045347-2-4

