

**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

2020

Редактор Коршенко А.Н.

Москва 2020

АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2020 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2020 г. Ежегодник содержит 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" Росгидромета (г. Санкт-Петербург), институтов Российской Академии Наук и других специализированных организаций. Работа по подготовке Ежегодника выполнена в лаборатории мониторинга загрязнения морской среды Государственного океанографического института Росгидромета (ЛМЗ ГОИН, г. Москва, www.oceanography.ru, раздел «Загрязнение морей»).

Ежегодник содержит средние и максимальные за год или сезон значения отдельных гидролого-гидрохимических показателей морских вод контролируемых прибрежных районов, а также характеристику уровня загрязнения вод и 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 отдельных районов с достаточной длительностью рядов накопленной информации выявлены многолетние тренды концентрации загрязняющих веществ в морской среде или характеристиках качества вод.

Ежегодник-20120 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. 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 2020. – Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2021, 230 с.

ISBN 978-5-6045347-0-0

© Коршенко А.Н.

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

ABSTRACT

The Annual Report 2020 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2020. 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 and international sources.

The Report contains annual and/or seasonal/monthly averages and maximum values of individual hydrochemical parameters of the seawaters for 2020. 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 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 2020 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 researches and for planning of environment protection activities.

This Annual Report 2020 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 2020. – Editor Alexander Korshenko, Moscow, “Nauka”, 2021, 230 p.
ISBN 978-5-6045347-0-0

© Korshenko A.N.

© 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 2019 г. Основой для составления Ежегодника явились исходные постанционные данные и отчетные материалы 16 химических лабораторий территориальных управлений Росгидромета. Данные были получены в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ №156, 2000). К материалам сети относятся региональные выпуски «Ежегодника качества морских вод по гидрохимическим показателям», содержащие обобщенные результаты наблюдений в отдельных районах контроля, «Ежегодные гидрохимические данные о качестве морских вод» (ЕГД) с исходными постанционными гидрохимическими данными и концентрацией загрязняющих веществ, а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала

ФГБУ "НПО "Тайфун" Росгидромета (г. Санкт-Петербург) и других профильных организаций. В Ежегодник частично включены результаты выполнения национальных программ мониторинга морской среды сопредельных стран, а также информация российских и зарубежных научно-исследовательских учреждений, 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, г. Москва) под общей редакцией А.Н. Коршенко (адрес: 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 (см. ниже). 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 с целью изучения их сезонной и межгодовой изменчивости, а также для определения элементов баланса химических веществ. Они располагаются на акваториях 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 концентрации 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 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 (поверхность, дно); до 50 м – три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м - четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии скачка плотности отбор проб проводится и на горизонте скачка. 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. Все методики измерений основаны на последних достижениях аналитической химии, предусматривают использование высокоточного современного оборудования, соответствуют новым требованиям к содержанию и представлению результатов, рассчитаны на специалистов с достаточно высокой степенью квалификации.

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). 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. 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. Целый ряд хлор- и фосфорорганических инсектицидов и акарицидов не были включены в список ПДК-2016 г.

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	57-13-6	CH ₄ N ₂ O	-	

(карбамид)				
			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

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) $\leq 1 >^*$	7439-97-6	Hg	0,0001	0,1
		Hg	для пресных вод - 0,00001	0,01
Свинец (3) $\leq 1 >^*$	7439-92-1	Pb	0,01	10
		Pb	для пресных вод – 0,006	6
Стронций (4) $\leq 1 >^*$	7440-24-6	Sr	4,14	4140
			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) $\leq 1 >^*$	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 ₆ H ₆ O	фенол – 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана) (1)	319-84-6	HCH, Group HCH with γ -HCH (Lindane), C ₆ H ₆ Cl ₆	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50-29-3	DDT, C ₁₄ H ₉ Cl ₅	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67-64-1	C ₃ H ₆ O	для пресных вод – 0,05	50	
Бензол (4)	71-43-2	Benzen, C ₆ H ₆	для пресных вод – 0,5	500	
Бромбензол (2)	108-86-1	C ₆ H ₅ Br	0,1	100	
			для пресных вод – 0,0001	0,1	

α-Бромнафталин (1)	90-11-9	C ₁₀ H ₇ Br	для пресных вод – 0,000001	0,001	1
Арцерид (1)	-		для пресных вод – 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1). <i>бетабайтرويد</i>	-	C ₂₂ H ₁₈ Cl ₂ F NO ₃	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
2,4-Динитрофенол (2)	51-28-5	C ₆ H ₄ N ₂ O ₅	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Дихлорбензол (2), смесь изомеров	25321-22-6	C ₆ H ₄ Cl ₂	для пресных вод – 0,001	1	
2,4-Дихлорфенол (1)	120-83-2	C ₆ H ₄ OCl ₂	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Додецилбензол (2)	123-01-3	C ₁₈ H ₃₀	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Каратан (1)	-		для пресных вод – 0,00007	0,07	70
Метатион/метилнитро фос/сумитион (1)	-	C ₉ H ₁₂ NO ₅ P S	для пресных вод – 0,0000001	0,0001	0,1
Полихлорпинен (1)	-		для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Тетрабутилолово (1)	1461-25-2	(C ₄ H ₉) ₄ Sn	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Голуол/метилбензол (3)	108-88-3	C ₇ H ₈	для пресных вод – 0,5	500	
Тетрахлорметан (четырёххлористый углерод), (2)	56-23-5	CCl ₄	для пресных вод – 0,001	1	
Трибутиламин (1)	1120-24-7	C ₁₂ H ₂₇ N	для пресных вод – 0,00005	0,05	50
Трибутилоловохлорид (2), (ТВТ)	1461-22-9	C ₁₂ H ₂₇ SnCl	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Трифенилоловохлорид (1)	639-58-7	C ₁₈ H ₁₅ ClSn	для пресных вод – 0,00001	0,01	10
Трихлорбензол (2), смесь изомеров	87-61-6, 120-82-1	C ₆ H ₃ Cl ₃	для пресных вод – 0,001	1	
Трихлорфенол (1)	88-06-2	C ₆ H ₃ Cl ₃ O	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Формалин 35-40% (3)	50-00-0	CH ₂ O	0,1 (0,05 по формальдегиду)	100	
			для пресных вод – 0,25	250	
Фталевые кислоты (орто-, мета-, пара-),(4)	-	-	2,0 (морские воды)		
Хлорбензол (3)	108-90-7	C ₆ H ₅ Cl	для пресных вод - 0,001	1	
2-Хлорфенол (1)	95-57-8	C ₆ H ₅ OCl	для пресных вод – 0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	110-82-7	C ₆ H ₁₂	для пресных вод – 0,01	10	
Этиленгликоль (3)	107-21-1	C ₂ H ₆ O ₂	0,5		
			для пресных вод – 0,25		
Этиловый спирт (3)	64-17-5	C ₂ H ₆ O	для пресных вод – 0,01		

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории		
Растворенный кислород O ₂	Dissolved oxygen O ₂	Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм ³ под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод). - Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный) 6,0 мг/дм ³ . - В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мг/дм ³ .
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-2016 приводится номер CAS:

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

В третьей графе приводится лимитирующий показатель вредности (ЛПВ):

"токс" - токсикологический (прямое токсическое действие веществ на водные биологические ресурсы);

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

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

"орг" - органолептический (образование в воде водных объектов

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

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

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

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	$ИЗВ \leq 0,25$
Чистые	II	$0,25 < ИЗВ \leq 0,75$
Умеренно загрязненные	III	$0,75 < ИЗВ \leq 1,25$
Загрязненные	IV	$1,25 < ИЗВ \leq 1,75$
Грязные	V	$1,75 < ИЗВ \leq 3,00$
Очень грязные	VI	$3,00 < ИЗВ \leq 5,00$
Чрезвычайно грязные	VII	$ИЗВ > 5,00$

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

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

где C_i – концентрация трех наиболее значительных загрязнителей, среднее содержание которых в воде исследуемой акватории в наибольшей степени превышало ПДК. Четвертым обязательным параметром является содержание растворенного в воде кислорода, для которого значение в формуле рассчитывается делением норматива ПДК = 6 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 нормируемых параметров морских вод, перечисленных в списке предельно допустимых концентраций (см. выше), рассчитывается концентрация в единицах ПДК; 3) из

полученного списка средней концентрации веществ в ПДК выбираются три наиболее высоких значения для загрязняющих веществ, которые могут считаться «приоритетными» для рассматриваемой акватории в анализируемый период времени; значения складываются; 4) норматив для кислорода $6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ разделить на среднее значение концентрации кислорода в $\text{мг}/\text{дм}^3$; полученный результат добавить к сумме трех загрязнителей; 5) полученное 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 в морской воде были определены критерии **высокого (ВЗ)** и **экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)** морской водной среды. 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 $\text{мг}/\text{л}$;
- 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 км^2 ;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади 2 км^2 и более при его обозримой площади более 6 км^2 ;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения 2 $\text{мг}/\text{л}$ и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК₅) свыше 40 $\text{мг O}_2/\text{л}$;
- 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 2, 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 уровня качества морских вод, по аналогии с расчетами показателей пресных вод, могут использоваться три дополнительных критерия загрязненности вод:

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 загрязненности по отдельным ингредиентам) - количество 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.

Методико-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. Описанный в МУ коэффициент донной аккумуляции (КДА), показывающий кратность загрязнения д.о. по сравнению с водной толщей. В целом МУ поддерживают европейский подход, предлагающий для целей мониторинга долговременных тенденций рассматривать наиболее подходящими матрицами для многих веществ донные отложения, взвешенные вещества или организмы биоты, поскольку они интегрируют во времени и пространстве загрязнение в конкретном водном объекте, а изменение загрязнения в этих объектах происходит не так быстро, как в толще воды (Guidance Document №25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive. European Union, 2010).

Для морских донных отложений в российских территориальных водах в настоящее время не существует нормативно закреплённых характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ аналогично ПДК в водной толще. Однако существует возможность оценивать степень загрязнения донных отложений в контролируемом районе моря на основе соответствия уровня содержания отдельных ЗВ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по принятым в других странах нормативным показателям, например по «голландским листам» (табл. А.4). Полученные единицы превышения установленных верхних допустимых границ загрязнения («Допустимая Концентрация», ДК) не являются юридическим нормативным значением ни в европейских странах, ни в Российской Федерации. Эти величины только наглядно представляют насколько реальное содержание вещества в пробе превышает некий относительно разумный предел. Они могут быть использованы для упрощённой сравнительной характеристики различных участков акватории, или для оценки межгодовой изменчивости. Кроме «Голландских листов» существуют и иные системы оценки качества донных отложений в различных странах мира.

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

Загрязняющие вещества	ДК	Загрязняющие вещества	ДК
Кадмий, мкг/г	0,8	Сумма 10 ПАУ, нг/г	1000
Ртуть, мкг/г	0,3	Бенз(а)пирен, нг/г	25
Медь, мкг/г	35	Бензол, нг/г	50
Никель, мкг/г	35	Толуол, нг/г	50
Свинец, мкг/г	85	Ксилол, нг/г	50
Цинк, мкг/г	140	Этилбензол, нг/г	50
Хром, мкг/г	100	Сумма ДДТ, ДДД и ДДЭ, нг/г	2,5
Мышьяк, мкг/г	29	γ -ГХЦГ (линдан) (γ -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 (TRNs), 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; $\mu\text{mol/L}$ 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 и удержании загрязняющих веществ в эстуарных районах (дельтовый фильтр), как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий является судоходство, инженерные работы на шельфе, атмосферный перенос и выпадение различных веществ (atmospheric deposition). Атмосферные выпадения на акваторию морей или на водосборную территорию могут быть весьма существенными. Существуют расчетные оценки концентрации осадков на территории Восточной Европы 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 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 2020 г.

В 2020 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды осуществлялись 16 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а также НИИ и НПО Росгидромета на 248 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. На стандартных гидрологических вековых разрезах пробы воды были отобраны на семи станциях на Северном Каспии, которые пересекают устьевое взморье Волги. Большинство станций относятся к постоянно действующей сети ГСН и обследуются ежегодно. 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).

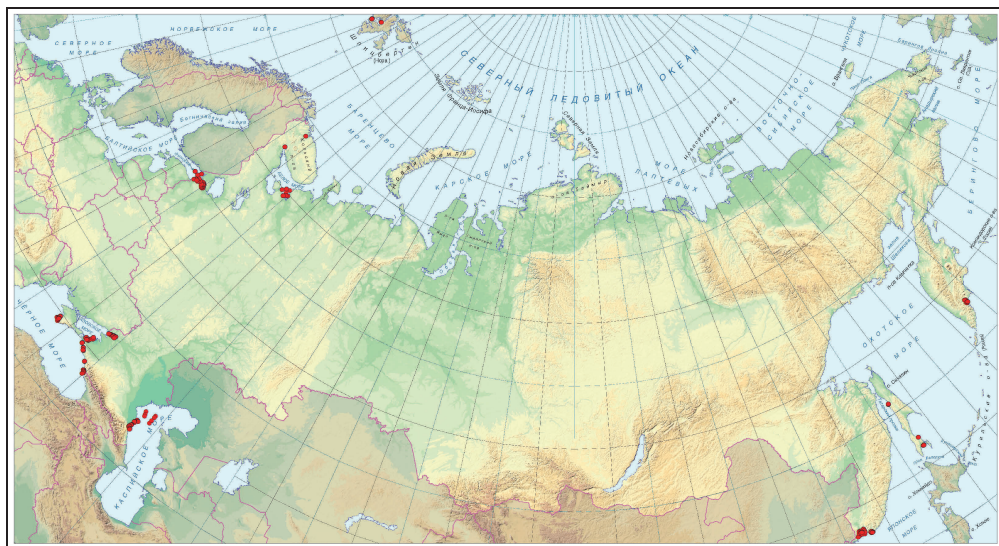


Рис. А1. Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2020 г.

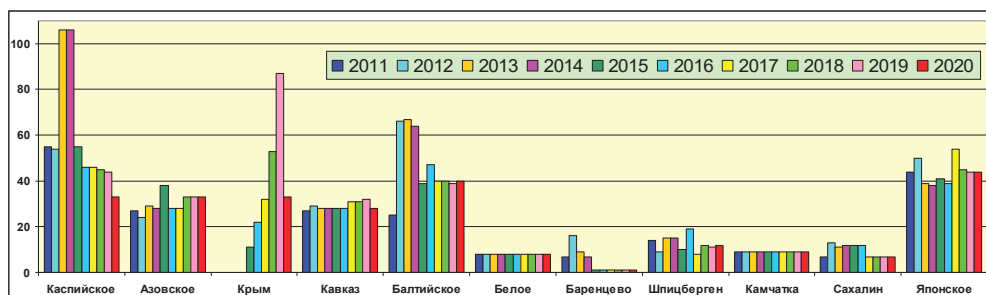


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011-2020 гг.

В течение 2020 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 1964 пробы 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 42002 измерений (на 5371 меньше), а в донных отложениях 1525 (на 283 больше), из которых 1321 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 анализов и определений. Это гидрологические параметры морской воды, стандартная гидрохимия, концентрация различных форм биогенных элементов (азот, фосфор и кремний) и 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 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 2020 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

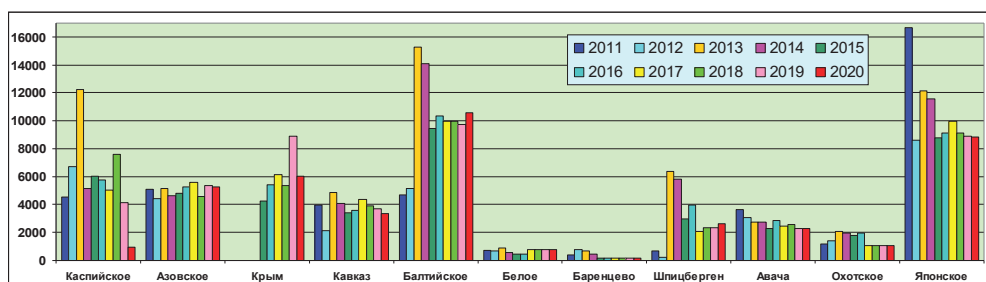


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2011-2020 гг.

Государственный мониторинг состояния и уровня загрязнения морской среды вод в 2020 г., как и в предыдущие годы, главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (14804 анализа из общего количества 42002), а также измерение концентрации биогенных веществ (10821 анализ) и растворенного в воде кислорода (1884), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов тяжелых металлов (6887) и стойких органических загрязнителей (4694 анализа). 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 спектроскопии, была проанализирована 1659 проба.

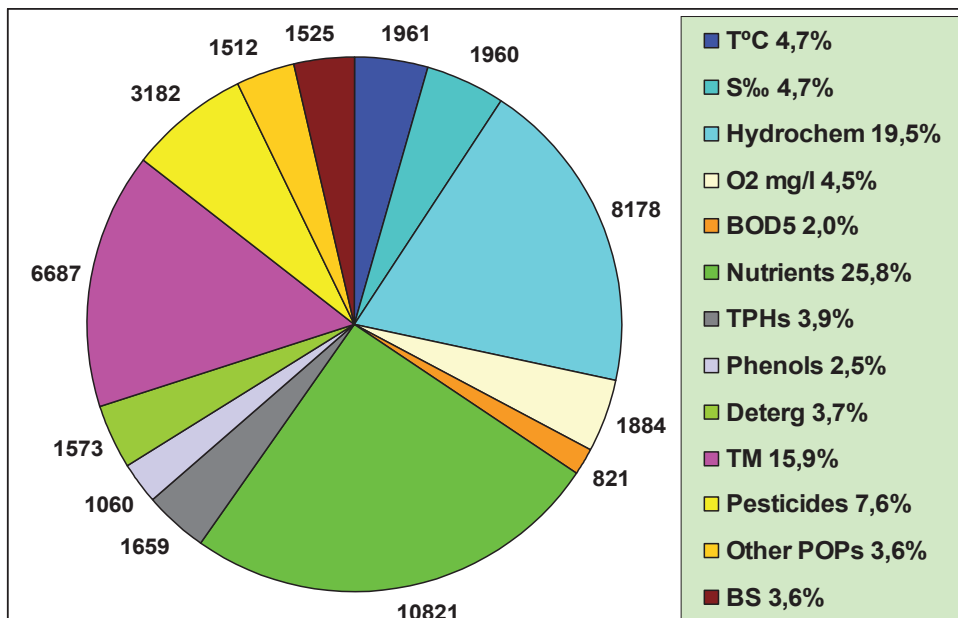


Рис. А.4. Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2020 г.

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

Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Постнов А.А., Дошахова Д.Г., Османова С.Ш.

1.1. Общая характеристика

Каспийское море является уникальным природным водоемом нашей планеты, расположенным на крайнем юго-востоке Европейской территории России на границе двух крупных частей единого материка Евразии. Каспий не имеет связи с Мировым океаном. Уровень моря подвержен резким колебаниям и в настоящее время находится примерно на 27-28 м ниже балтийского стандарта (уровня океана). Изменения уровня моря обусловлены определяемой климатом степенью увлажненности водосборного бассейна, площадь которого составляет 3,5 млн. км². По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км², что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км²). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км²), Адриатического (139,0 тыс. км²) и Белого морей (87,0 тыс. км²). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по батиметрической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень - мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием - по линии о. Жилой - мыс Ган-Гулу. Протяжённость в основном низменной и гладкой береговой линии оценивается примерно в 6500-6700 километров, а с островами до 7000 километров. В северной части берега изрезаны водными протоками 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, 530 тыс. жителей в 2020 г.) расположен на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км²; на Дагестанском побережье Махачкала (604 тыс.), Дербент (126 тыс.) и Каспийск (124 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 или с морскими водами из Среднего Каспия. Практически 90% общего объема загрязняющих веществ поступает в Каспийское море с речным стоком.

Кроме речного стока имеет значение также эоловый вынос, атмосферные осадки, сбросы воды из оросительных систем, судовые сбросы, эксплуатация и разведка морских нефтепромыслов, предприятия нефтяной и нефтехимической промышленности, транспортировка нефти морским путем, коммунальные стоки городов и сброс вод с сельхозугодий, а также газовые и жидкие выделения со дна

моря. В зависимости от уровня загрязнения речных и морских вод их вклад в загрязнение северной части моря меняется. Например, в связи с уменьшением поступления хлорорганических пестицидов (ХОП) с речным стоком, основным источником загрязнения ими акватории Северного Каспия в последние годы выступает адвекция морских вод. В связи с этим при уменьшении стока и увеличении водообмена уровень загрязнения Северного Каспия может повышаться. Хотя в морскую среду поступает более 1000 химических соединений, включая токсичные, однако сырая нефть и нефтепродукты остаются приоритетными загрязнителями моря. Основными источниками поступления углеводородных соединений в воды Северного Каспия является транспортировка нефти и водный транспорт (утечка топлива или сброс нефтесодержащих промывных и балластных вод), просачивание углеводородов со дна моря, промышленные сбросы и нефтеперерабатывающая индустрия, а также утечки с прибрежных нефтяных разработок и при эксплуатации нефтяных и газовых скважин у берегов России, Азербайджана и Туркменистана. Опыт освоения нефтегазоносных месторождений на морской акватории показывает, что даже при нормативном режиме добычи нефти каждая буровая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты. В среднем при освоении морских месторождений в водную среду поступает от одной скважины от 30 до 120 тонн нефти в год (Тарасова Р.А. и др., 2008).

1.3. Состояние вод Северного Каспия

Из-за капитального ремонта научно-исследовательского судна «Тантал» наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод были проведены только один раз 17-30 апреля 2020 г. на 7 станциях вековых разрезов III и IIIa в западной и центральной частях мелководного Северного Каспия (рис. 1.1). Отбор проб на разрезе IV на границе Северного и Среднего Каспия не выполнялся. Всего было отобрано 7 проб только из поверхностного слоя на станциях с глубинами 4,3-23,0 м. 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 в водах района принималось, что они могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные.

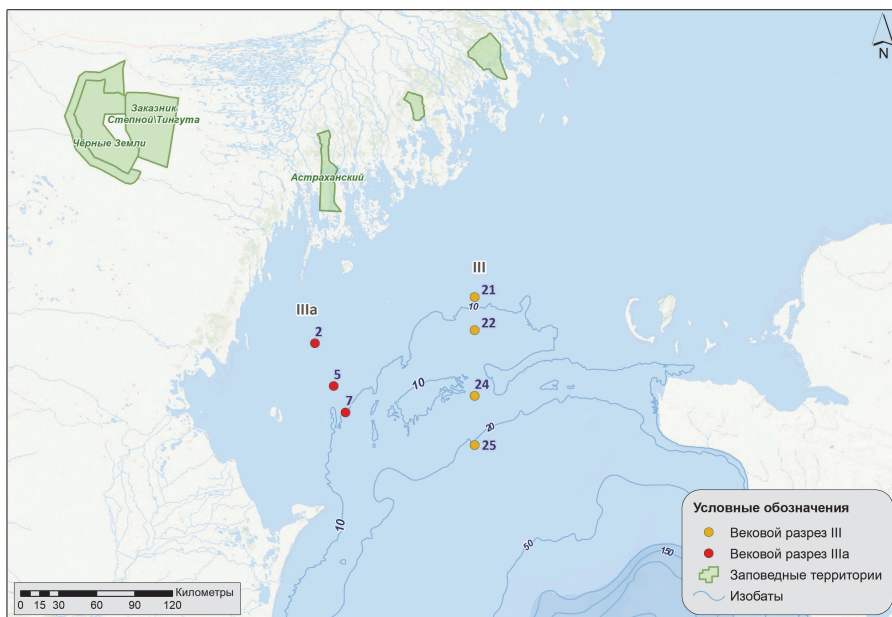


Рис. 1.1. Станции отбора проб на акватории Северного Каспия в 2020 г.

1.3.1. Северо-западная и центральная части Северного Каспия (разрезы III и IIIa)

Диапазон изменений солёности вод Северного Каспия 17-30 апреля 2020 г. на разрезах был относительно небольшим и составлял примерно 2‰ (табл. 1.1). Однако между районами разница очень существенная – около 2‰. Как и ранее, различие в средних значениях солёности было вызвано географическим положением разрезов, поскольку западный IIIa в гораздо большей степени находился под влиянием стока р. Волга. Кислородный режим в водах Северного Каспия нарушен не был. Его содержание более, чем в 1,5 раза превышало норматив - в среднем 10,38 и 10,69 мгО₂/дм³ на разрезах III и IIIa, соответственно.

Таблица 1.1 Средние и максимальные значения гидрохимических параметров вод Северного Каспия 17-30 апреля 2020 г.

Параметр	Разрез III			Разрез IIIa		
	Среднее	Мин.	Макс.	Среднее	Мин.	Макс.
Температура, °С	10,7	10,1	11,2	11,2	11,1	11,2
Солёность, ‰	10,31	9,35	11,20	4,07	3,20	5,40
О ₂ , мгО ₂ /дм ³	10,38	10,22	10,60	10,69	10,62	10,74
рН	8,50	8,41	8,56	8,42	8,34	8,52
Фосфаты*	14,26	12,91	15,62	13,21	12,31	14,11
Нитриты	1,10	0,82	1,27	1,02	0,75	1,27
Нитраты	4,60	3,1	5,9	3,90	2,7	5,5
Аммоний азот	9,30	7,49	11,59	9,36	6,82	12,68
Кремний	1214,3	1050,0	1350,0	1266,7	1200	1350

* единица измерений всех биогенных элементов - мкг/дм³.

Как и в предыдущие годы, как средняя, так и максимальная концентрация **фосфатов** не превышала 14-15 мкг/дм³ (табл. 1.1), что соответствовала нескольким десятым долям ПДК. Какой-либо систематической изменчивости концентрации фосфатов за последние годы не обнаруживалось. В отличие от прошлого года, когда на западном разрезе Ша концентрация нитритов, нитратов, аммонийного азота и кремния была несколько большей, в 2020 г. значения концентрации в этих географических областях существенно не различались. В целом, как и ранее, угроза эвтрофикации Северного Каспия отсутствовала.

Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами (**НУ**) на разрезах III и Ша вновь понизился по сравнению с 2019 г., а на разрезе Ша в среднем уменьшился до 1,0 ПДК. Ранее после кратковременного уменьшения в 2018 г. содержание нефтяных углеводородов в водах западной и центральной частей акватории Северного Каспия существенно превысило ПДК и приблизилось к уровню 2017 г. Очевидно что уровень загрязнения Северного Каспия нефтяными углеводородами заметно изменяется от года к году, что в значительной степени зависит от объема их поступления в море со стоком Волги.

Степень загрязнения **фенолами** составляла в среднем 1,2-1,3 ПДК (табл. 1.2) на обоих разрезах и в целом соответствовала уровню предыдущих лет. Концентрация СПАВ составила в среднем 0,6-0,8 ПДК, что соответствует уровню 2019 г. и подтверждает тенденцию к увеличению СПАВ в водах Северного Каспия.

Таблица 1.2. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного Каспия в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Разрез III 4 ст. 4 пробы	НУ	0,05	1,0	0,18	3,60	0,10	2,00
		0,09	1,8	0,24	4,80	0,17	3,40
	Фенолы	1,7	1,7	2,0	2,00	1,2	1,20
		3	3,0	2,0	2,00	2,0	2,00
	СПАВ	27,5	0,28	80	0,80	80	0,80
		40	0,40	100	1,00	90	0,90
	Азот аммонийный	6,6	<0,1	1,7	<0,01	9,3	0,02
		13,9	<0,1	7,0	0,02	11,6	0,03
	Азот нитритный	2,8	0,12	1,4	0,06	1,10	0,05
		6,1	0,25	2,5	0,10	1,27	0,05
	Фосфаты	7,6	0,15	6,1	0,12	14,26	0,28
		13,5	0,27	12,7	0,25	15,62	0,30
	Fe	130	2,6	120	2,4	120	2,40
		230	4,6	240	4,8	160	3,20
	Cu	5,9	1,18	5,5	1,1	3,1	0,62

		20,0	4,0	17,2	3,4	4,8	0,96
	Zn	123,2	2,46	51,5	1,0	59,1	1,18
		310,0	6,2	116,8	2,3	70,5	1,41
	Ni	40,3	4,0	17,6	1,8	2,5	0,25
		163,4	16,3	40,5	4,6	3,5	0,35
	Кислород мг O ₂ /дм ³	11,39		9,31		10,38	
8,49			7,55		10,27		
Разрез III 3 ст., 3 пробы	НУ	0,06	1,4	0,14	2,8	0,05	1,00
		0,10	2,0	0,20	4,0	0,06	1,2
	Фенолы мкг/л	1,8	1,8	1,0	1,0	1,3	1,3
		4	4	2	2	2	2
	СПАВ мкг/л	25,1	0,25	90	0,9	60	0,60
		30	0,3	100	1,0	80	0,8
	Азот аммонийный	8,5	<0,1	3,93	<0,1	9,4	<0,1
		15,0	<0,1	11,37	<0,1	12,7	<0,1
	Азот нитритный	3,2	0,13	2,3	0,10	1,02	0,04
		7,3	0,30	6,9	0,29	1,27	0,05
	Фосфаты	8,8	0,18	7,4	0,15	13,21	0,26
		14,6	0,30	12,7	0,25	14,11	0,28
	Fe	120	2,4	100	2,0	100	2,00
		170	3,4	180	3,6	110	2,2
	Cu	4,0	0,8	4,3	0,8	3,8	0,76
		5,9	1,2	6,7	1,3	4,2	0,84
	Zn	37,2	0,74	92,6	1,8	59,7	1,19
		135,2	2,7	249,3	5,0	73,6	1,47
	Кислород мгO ₂ /дм ³	8,13		9,63		10,69	
		6,17		8,00		10,62	
Разрез IV 4 ст., нет проб	НУ	0,040	0,8	0,041	0,82	-	-
		0,06	1,2	0,06	1,2	-	-
	Фенолы	2,4	2,4	2,4	2,4	-	-
		4	4	3,0	3,0	-	-
	Азот аммонийный	180	0,47	237	0,61	-	-
		286	0,73	284	0,73	-	-
	Азот нитритный	1,6	0,07	1,7	0,07	-	-
		2,4	0,10	2,0	0,08	-	-
	Фосфаты	11,4	0,23	11,8	0,24	-	-
		14,9	0,30	15,3	0,31	-	-
	Кислород мгO ₂ /дм ³	9,14	0,66	10,22	0,56	-	-
		7,10		9,16		-	-

Примечания:

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

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

3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.

4. Для распресненных вод Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.

Наиболее опасные металлы – ртуть и кадмий, относящиеся к первому и второму классу опасности, соответственно, как и ранее, присутствовали в водах Северного Каспия в незначительной концентрации.

Что касается металлов третьей группы опасности, то средняя концентрация **железа и меди** в пробах на разрезах III и IIIa в 2020 г. превышала ПДК 2,4 и 2,0 раза, 3,1 и 3,8 раза, соответственно (табл. 1.3). Никель, кобальт, свинец присутствовали в средней концентрации, не превышавшей половины ПДК, а средняя концентрация цинка превышала ПДК незначительно (в 1,2 раза).

Многолетняя изменчивость средней концентрации железа и цинка на обоих разрезах за последние 7 лет (табл. 1,4) характеризовалась отсутствием заметных тенденций, тогда как средняя годовая концентрация меди и свинца в период с 2015-2017 гг. по 2020 г. уменьшилась в 4-5 раз для меди (разрезы IIIa и III, соответственно) и в 10 раз для свинца (разрез III) .

Вопрос о том, в какой степени высокое содержание в водах Северного Каспия железа и меди является следствием загрязнения вод в ходе антропогенной деятельности, а в какой – вызвано естественным геохимическим фоном остается невыясненным. Поэтому, как и ранее, при расчете ИЗВ концентрация металлов не учитывалась.

Таблица 1.3. Концентрация металлов (мкг/дм³ и доли ПДК) в водах Северного Каспия в 2020 г.

Металл (класс опасности)	Вековой разрез III			Вековой разрез IIIa		
	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.
Hg (1)	0,01/ 0,1	0,01/ 0,1	0,02/ 0,2	0,02/ 0,2	0,01/ 0,1	0,02/ 0,2
Cd (2)	0,6/ 0,1	0,3/ 0,1	0,8/ 0,2	0,6/ 0,1	0,4/ 0,1	0,8/ 0,3
Fe (3)	120/ 2,4	80/ 1,6	160/ 3,2	100/ 2,0	100/ 2,0	110/ 2,2
Cu (3)	3,1/ 0,62	2,2/ 0,4	4,8/ 0,96	3,8/ 0,76	3,2 / 0,6	4,2/ 0,84
Zn (3)	59,1/ 1,18	49,7/ 1,0	70,5/ 1,41	59,7/ 1,19	48,9/ 1,0	73,6/ 1,47
Ni (3)	2,5/ 0,25	1,7/ 0,2	3,5/ 0,35	2,0/ 0,2	1,8/ 0,2	2,3/ 0,2
Co (3)	2,7/ 0,54	1,9/ 0,4	3,4/ 0,6	3,3/ 0,7	2,7/ 0,6	4,2/ 0,84
Pb (3)	2,7/ 2,7	2,2/ 2,2	3,0/ 3,0	2,4/ 2,4	2,1/ 2,1	2,6/ 2,6

	0,27	0,2	0,3	0,24	0,21	0,26
Mn (4)	1,9/ 0,2	1,8/ <0,1	2,2/ 0,5	1,9/ 0,3	1,7/ <0,1	2,0/ 1,1

Таблица 1.4 Динамика средней годовой концентрации металлов (мкг/дм³ /единицы ПДК) на акватории Северного Каспия в 2013-2020 гг.

2013г.	2014г.	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
Разрез III							
Кобальт							
39,8/ 8,0	39,3/ 7,7	26,1/ 5,2	14,2/ 2,8	48,6/ 9,7	28,8/ 5,8	9,6/ 1,9	2,7/ 0,54
Никель							
41,7/ 4,2	19,7/ 2,0	50,7/ 5,1	15,8/ 1,6	41,0/ 4,1	40,3/ 4,0	17,6/ 1,8	2,5/ 0,25
Железо							
121,8/ 2,4	131,0/ 2,6	121,0/ 2,4	185,2/ 3,7	290,0/ 5,8	130,0/ 2,6	120,0/ 2,2	120/ 2,4
Цинк							
20,2/ 0,4	19,4/ 0,4	129,0/ 2,6	25,3/ 0,5	94,4/ 1,9	123,2/ 2,5	51,5/ 1,0	59,1/ 1,18
Свинец							
10,6/ 1,1	9,5/ 0,9	25,6/ 2,6	11,4/ 1,1	26,1/ 2,6	13,9/ 1,4	6,6/ 0,7	2,7/ 0,27
Медь							
7,5/ 1,5	5,0/ 1,0	15,9/ 3,2	8,4/ 1,7	7,1/ 1,4	5,9/ 1,1	5,5/ 1,1	3,1/ 0,62
Разрез IIIа							
Железо							
131,4/ 2,6	106,0/ 2,1	164,0/ 3,3	172,1/ 3,4	220,0/ 4,4	130,0/ 2,6	100,0/ 2,0	100/ 2,0
Никель							
39,7/ 4,0	17,6/ 1,8	50,3/ 5,0	11,4/ 1,1	35,7/ 3,6	16,3/ 1,6	23,0/ 2,3	2,0/ 0,2
Медь							
7,3/ 1,5	3,4/ 0,7	17,6/ 3,5	7,5/ 1,5	6,9/ 1,4	4,9/ 1,0	4,3/ 0,8	3,8/ 0,76

В связи с уменьшением концентрации нефтяных углеводородов в 2020 г. по сравнению с 2019 г. состояние вод Северного Каспия заметно улучшилось (табл. 1.5) и воды оценивались как умеренно загрязненные (в западной части Северного Каспия) и загрязненные (центральная часть Северного Каспия).

Таблица 1.5. Оценка качества морских вод Северного Каспия по ИЗВ в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Кл.	ИЗВ	Кл.	ИЗВ	Кл.	
Разрез III	0,87	III	1,76	V	1,15	IV	НУ 2,00; фенолы 1,20; СПАВ 0,80; O ₂ 0,58
Разрез IIIa	1,05	III	1,33	IV	0,87	III	НУ 1,00; фенолы 1,30; СПАВ 0,60; O ₂ 0,56
Разрез IV	1,08	III	1,11	III	-	-	-

1.3.2. Южная граница Северного Каспия (разрез IV)

По ряду технических и организационных причин наблюдения на разрезе IV в 2020 г. не выполнялись.

1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

В связи с упомянутыми организационно-техническими трудностями наблюдения за загрязнением морских вод Дагестанского взморья в 2020 г. выполнялись только в весенний период 16-24 апреля на 26 станциях в районе Лопатина, Махачкалы, Каспийска и на устьевых взморьях рек Терек и Сулак (рис. 1.2). Наблюдения в районах Избербаша, Дербента и взморья р. Самур не проводились. Всего обработано 52 пробы воды с поверхностного и промежуточного горизонтов. Станции расположены вблизи берега на мелководье, их глубина варьирует от 3,3 до 22,0 м.

Как и в предыдущие годы, средняя соленость прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг – от 9,79‰ у Лопатина до 10,84‰ у Каспийска (табл. 1.6). При этом, поскольку наблюдения проводились только в апреле, до пика половодья на Нижней Волге, влияние притока речных пресных вод на соленость минимальна.

Кислородный режим Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя концентрация растворенного кислорода изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 9,31 мгО₂/дм³ у Лопатина до 10,28 мгО₂/дм³ у Каспийска (на более южной части акватории наблюдения не проводились).

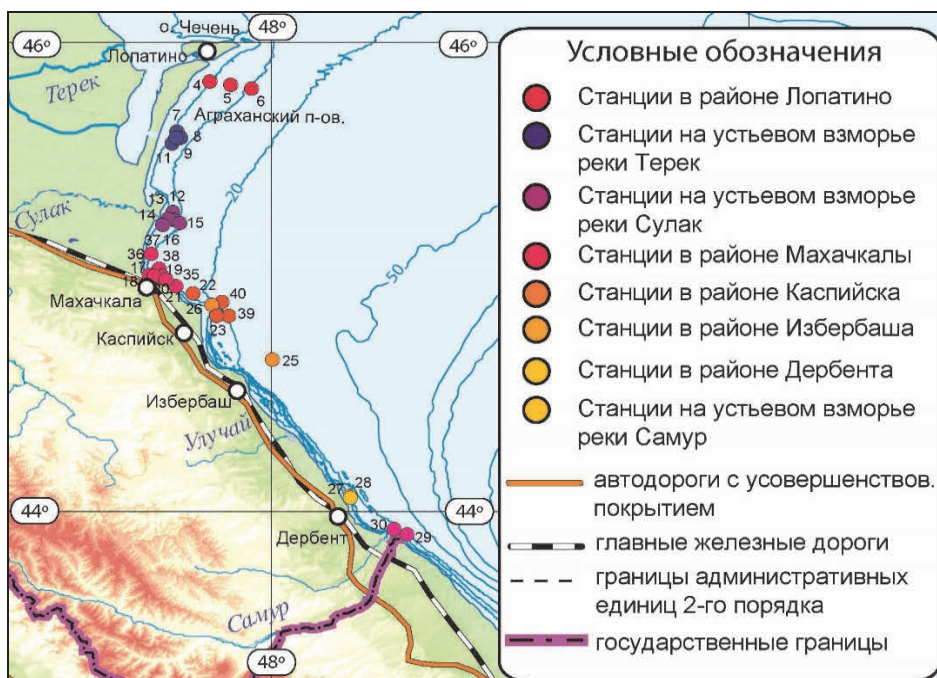


Рис. 1.2. Станции отбора проб на Дагестанском взморье

Сравнение значений гидрохимических параметров (табл. 1.6) с предыдущим периодом нецелесообразно, поскольку известно, что эти параметры испытывают заметный годовой ход, тогда как в 2020 г. наблюдения проводились только в весенний период.

Таблица 1. 6 Средние и максимальные значения гидрохимических параметров вод Дагестанского побережья в 2020 г.

Район	T	S	O ₂	pH	PO ₄	P tot	NO ₂	NO ₃	NH ₄	N tot	Si
Лопатин	9,3	9,79	9,31	8,67	6,2	14,8	1,43	12,9	99	319	309
	9,5	10,20	8,87	8,70	7,8	18,4	1,66	16,1	111	378	350
Взморье р. Терек	9,7	8,08	9,34	8,62	7,6	14,1	1,41	15,8	114	311	318
	9,8	9,29	8,87	8,64	8,8	16,4	1,58	18,0	148	368	360
Взморье р. Сулак	9,6	10,21	9,34	8,59	9,41	15,7	1,41	13,2	122	324	400
	10,2	10,40	8,87	8,61	10,3	17,5	1,58	16,3	146	384	451
Махачкала	10,7	10,56	10,09	8,61	9,5	16,4	1,77	14,4	131,8	343	382
	11,8	11,10	9,49	8,63	10,6	20,4	2,20	17,8	161	390	444
Каспийск	10,5	10,84	10,28	8,61	9,3	17,7	1,80	15,1	9,3	338	381
	11,0	11,10	9,99	8,62	10,7	19,8	2,09	18,0	10,7	381	439

Примечание. Температура (T) и соленость (S) приведены в °С и промилле, соответственно; растворенный кислород (O₂) – в мг/дм³, pH – в единицах pH, остальные параметры – в мкг/дм³. Для каждого параметра в верхней строке указано его среднее годовое значение, в нижней – максимальное (для растворенного кислорода - минимальное) значение.

Средняя годовая концентрация фосфатов не превышала 0,19 ПДК и мало изменялась от района к району. Средние значения концентрации аммонийного азота составляли 0,6–0,8 ПДК, а максимальные значения – 0,8–1,0 ПДК. Таким образом, угроза эвтрофикации вод на Дагестанском шельфе отсутствовала.

Приоритетным загрязняющим веществом в водах Дагестанского побережья оставались фенолы. Их средняя концентрация изменялась от 2,1 ПДК у Каспийска до 3,7 ПДК у Махачкалы, а максимальное значение достигало 5 ПДК у Махачкалы (табл. 1.7). Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами и соответствовали уровню предыдущих лет – средняя годовая концентрация во всех районах была близка к нормативу, а максимальная составляла 1,2 ПДК во всех районах мониторинга. В целом, как концентрация фенолов, так и нефтяных углеводородов оставалась в 2020 г. на уровне предыдущих лет, какой-либо значимой тенденции в ее многолетней изменчивости выявлено не было.

Таблица 1.7. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах в водах Дагестанского побережья в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Лопатин 3 ст., 6 проб	НУ	0,046	0,92	0,045	0,90	0,048	0,96
		0,07	1,4	0,06	1,2	0,06	1,2
	Фенолы	3,3	3,3	3,17	3,17	2,67	2,67
		5,0	5,0	5,0	5,0	3	3
	СПАВ	3,22	0,03	2,89	0,03	16,0	0,16
		7	0,07	4,0	0,04	19,0	0,19
	Cu	2,61	0,52	2,57	0,51	3,7	0,74
		3,2	0,64	2,9	0,59	4,9	0,98
	Zn	1,44	0,02	1,23	0,02	3,0	0,06
		1,80	0,03	1,5	0,03	3,8	0,07
	Азот аммонийный	195	0,48	277	0,71	99	0,25
		361	0,93	374	0,96	111	0,29
	Азот нитритный	1,69	0,07	1,66	0,07	1,43	0,06
		2,54	0,11	2,3	0,096	1,66	0,07
	Фосфор фосфатный	10,25	0,21	14,22	0,28	6,2	0,12
		17,60	0,35	24,2	0,48	7,8	0,15
	Кислород	9,64		8,87		9,31	
		8,08		7,31		8,87	
Взморье р. Терек 5 ст., 10 проб	НУ	0,051	1,02	0,049	0,98	0,042	0,84
		0,07	1,4	0,07	1,4	0,06	1,2
	Фенолы	3,33	3,33	3,13	3,13	2,70	2,70
		5	5	5	5	3	3

	СПАВ	3,78	0,04	3,13	0,03	19	0,19	
		10	0,10	5	0,05	23	0,23	
	Cu	2,19	0,44	1,967	0,393	3,85	0,77	
		3,2	0,64	2,6	0,520	4,8	0,96	
	Zn	1,77	0,035	1,617	0,032	5,8	0,11	
		2,7	0,054	1,9	0,038	6,0	0,12	
	Азот аммонийный	201,32	0,517	274,32	0,704	114,96	0,30	
		351	0,902	376	0,967	148	0,38	
	Азот нитритный	1,62	0,068	1,63	0,068	1,41	0,06	
		2,6	0,108	2,21	0,092	1,58	0,07	
	Фосфор фосфатный	11,42	0,228	14,30	0,286	7,6	0,15	
		18,3	0,366	24,0	0,48	8,8	0,17	
	Кислород	9,95		8,93		9,34		
		7,81		7,53		8,87		
Взморье р. Сулак 5 ст., 10 проб	НУ	0,048	0,98	0,049	0,98	0,048	0,96	
		0,07	1,4	0,06	1,2	0,06	1,2	
	Фенолы	2,8	2,8	2,7	2,7	3,0	3,0	
		5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
	СПАВ	3,2	<0,1	2,4	0,02	35	0,35	
		9,0	<0,1	5,0	0,05	44	0,44	
	Cu	1,49	0,30	3,50	0,70	3,67	0,73	
		2,40	0,48	4,20	0,84	4,80	0,96	
	Zn	3,20	0,06	1,43	0,03	3,96	0,72	
		9,00	0,18	1,70	0,03	5,3	0,16	
	Азот аммонийный	212	0,54	261	0,67	122,78	0,31	
		340	0,87	388	1,0	146,2	0,38	
	Азот нитритный	1,67	0,07	1,75	0,07	1,41	0,06	
		2,61	0,11	2,20	0,09	1,58	0,07	
	Фосфор фосфатный	11,4	0,23	15,6	0,31	9,41	0,19	
		18,0	0,36	28,2	0,56	10,3	0,21	
	Кислород	9,60		9,01		9,34		
		7,71		7,48		8,87		
	Махачкала 9 ст., 18 проб	НУ	0,045	0,88	0,045	0,90	0,046	0,92
			0,07	1,4	0,06	1,2	0,06	1,2
		Фенолы	2,9	2,9	2,9	2,9	3,66	3,66
			5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
		СПАВ	5,2	<0,1	3,7	0,04	32	0,38
			9,0	<0,1	9,0	0,09	38	0,38
Азот аммонийный		205	0,52	281	0,72	131,8	0,34	
		351	0,90	348	0,89	161	0,41	
Азот нитритный		1,67	0,07	1,79	0,08	1,77	0,07	
		2,31	0,10	2,21	0,09	2,20	0,09	
Фосфор фосфатный		11,67	0,23	9,59	0,19	9,5	0,19	
		20,5	0,41	17,5	0,35	10,6	0,21	
Кислород		9,41		8,72		10,09		
		7,59		7,37		9,49		
Каспийск		НУ	0,044	0,88	0,047	0,94	0,046	0,92

4 ст., 8 проб		0,06	1,2	0,06	1,2	0,06	1,2
	Фенолы	3,6	3,6	3,1	3,1	2,1	2,10
		6,0	6,0	4,0	4,0	3,0	3,0
	СПАВ	8,3	<0,1	6,2	0,06	31	0,31
		80	0,8	10,0	0,10	37	0,37
	Азот аммонийный	233	0,59	320	0,82	182	0,47
		390	1,0	401	1,03	222	0,57
	Азот нитритный	1,62	0,07	1,64	0,07	1,80	0,08
		2,40	0,10	2,19	0,09	2,09	0,09
	Фосфор фосфатный	10,87	0,22	10,3	0,21	9,3	0,19
		17,3	0,35	13,8	0,28	10,7	0,21
	Кислород	9,54		8,57		10,28	
		8,24		7,20		9,99	
	Избербаш 3 ст., 18 проб	НУ	0,039	0,78	0,044	0,88	-
0,06			1,4	0,07	1,4	-	-
Фенолы		2,91	2,91	2,6	2,6	-	-
		6,0	6,0	4,0	4,0	-	-
СПАВ		9,3	0,09	-	-	-	-
		90	0,90	-	-	-	-
Азот аммонийный		244	0,62	238	0,61	-	-
		373	0,96	295	0,76	-	-
Азот нитритный		1,55	0,07	1,69	0,07	-	-
		2,20	0,09	2,19	0,09	-	-
Фосфор фосфатный		10,08	0,22	10,33	0,21	-	-
		15,9	0,32	14,1	0,28	-	-
Кислород		9,55		8,57		-	-
		8,11		7,40		-	-
Дербент 2 ст., 8 проб	НУ	0,047	0,91	0,048	0,96	-	-
		0,06	1,2	0,06	1,2	-	-
	Фенолы	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-
		5,0	5,0	4,0	4,0	-	-
	СПАВ	9,3		8,5	0,09	-	-
		18,0	0,09	9,0	0,09	-	-
	Азот аммонийный	247	0,63	308	0,79	-	-
		361	0,92	359	0,92	-	-
	Азот нитритный	1,64	0,07	1,76	0,07	-	-
		2,68	0,11	2,11	0,09	-	-
	Фосфор фосфатный	11,5	0,23	9,89	0,20	-	-
		17,8	0,35	12,3	0,24	-	-
	Кислород	9,53		8,42		-	-
		8,05		7,25		-	-
Взморье р. Самур 2 ст., 4 пробы	НУ	0,047	0,90	0,053	1,06	-	-
		0,06	1,2	0,06	1,2	-	-
	Фенолы	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-

		4,0	4,0	4,0	4,0	-	-
	СПАВ	7,2	<0,1	-	-	-	-
		18,0	0,18	-	-	-	-
	Азот аммонийный	219	0,56	280	0,72	-	-
		317	0,81	325	0,83	-	-
	Азот нитритный	1,60	0,07	1,58	0,07	-	-
		2,44	0,10	1,74	0,07	-	-
	Фосфор фосфатный	12,21	0,24	10,57	0,21	-	-
		18,4	0,36	12,10	0,24	-	-
	Кислород	9,44		9,36		-	-
		8,19		9,12		-	-

Примечания:

1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного азота, 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. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.
4. Для распресненных вод Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389 мкг/дм³.

Качество вод взморья в 2020 г. изменялись в широких пределах от 1,02 до 1,38, что соответствует умеренно загрязненным и загрязненным водам (табл. 1.8). При этом по сравнению с 2019 г. в районах Махачкалы и на взморье реки Сулак значения ИЗВ незначительно повысились, а на взморье р. Терек и в районах Лопатина и Каспийска – понизились.

Таблица 1.8. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Лопатин	1,33	IV	1,35	IV	1,25	III	Фенолы 2,67; НУ 0,96; Си 0,74; О ₂ 0,64
Взморье р. Терек	1,38	IV	1,37	IV	1,24	III	Фенолы 2,70; НУ 0,84; Си 0,77; О ₂ 0,64
Взморье р. Сулак	1,23	III	1,26	IV	1,33	IV	Фенолы 3,0; НУ 0,96; Си 0,73; О ₂ 0,64
Махачкала	1,23	III	1,30	IV	1,38	IV	Фенолы 3,66; НУ 0,92; NH ₄ 0,34; О ₂ 0,60

Кас- пийск	1,41	IV	1,39	IV	1,02	III	Фенолы 2,10; НУ 0,92; NH ₄ 0,47; O ₂ 0,58
Избер- баш	1,24	III	1,20	III	-	-	-
Дербент	1,29	IV	1,36	IV	-	-	-
Взморье р. Самур	1,28	IV	1,35	IV	-	-	-

Выводы

В течение 2020 г. в Северном Каспии и на Дагестанском побережье наблюдения проводились только один раз в апреле. В связи с этим необходимо иметь в виду, что средние значения параметров за 2020 г. (особенно подверженных влиянию годового хода) не в полной мере отражают состояние морской среды.

В Северном Каспии уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами понизился по сравнению с 2019 г., причем на разрезе IIIа в среднем концентрация уменьшилась до 1,0 ПДК. Степень загрязнения фенолами составляла в среднем 1,2-1,3 ПДК и в целом соответствовала уровню предыдущих лет. Концентрация СПАВ составила в среднем 0,6-0,8 ПДК, что соответствует уровню 2019 г. и подтверждает тенденцию к увеличению СПАВ по сравнению с 2018 г.

В связи с уменьшением концентрации нефтяных углеводородов в 2020 г. по сравнению с 2019 г., состояние вод Северного Каспия заметно улучшилось и воды оценивались как умеренно загрязненные в западной части Северного Каспия и загрязненные - в его центральной части.

Приоритетным загрязняющим веществом в водах Дагестанского побережья оставались фенолы. Их средняя концентрация изменялась от 2,1 до 3,7 ПДК при максимальном значении 5 ПДК у Махачкалы. Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами и соответствовали уровню предыдущих лет – средняя годовая концентрация во всех районах была близка к нормативу, а максимальная составляла 1,2 ПДК во всех районах мониторинга. Качество вод взморья в 2020 г. соответствовало в разных районах мониторинга умеренно загрязненным и загрязненным водам. При этом по сравнению с 2019 г. в районах Махачкалы и на взморье реки Сулак значения ИЗВ незначительно повысились, а на взморье р. Терек и в районах Лопатина и Каспийска – понизились.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

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

2.1. Общая характеристика

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

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

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

Юго-западная часть моря представляет собой обширные заливы Арабатский и Казантипский, разделенные мысом Казантип, площадью 0,74 и 0,24 тыс.км², при средней глубине 8 и 9 м соответственно. На юго-востоке расположена эстуарная область р. Кубань - Темрюкский залив площадью 1,22 тыс.км² при средней глубине 9 м. Рельеф дна Азовского моря отличается выравненностью и плавным увеличением глубины от берега к центру моря. Системы подводных возвышений (банки, сложенные преимущественно ракушей) расположены у западного (банки Морская и Арабатская) и восточного побережий моря (банка Железинская). Для подводного берегового склона на севере моря характерно обширное мелководье (20-30 км) с глубинами 6-7 м. Южное побережье отличается крутым береговым склоном до глубин 11-12 м. Изобата 5 м расположена примерно в 2 км от берега. В центральной части моря расположена обширная подводная равнина Панова протяженностью 120-140 км, в современных отложениях которой преобладают глинистые и мелкоалевритовые илы с примесью песчаных частиц (Матишов, 2006).

Северное побережье моря характеризуется обрывистыми берегами (средняя высота обрывов 7-15 м), а также системой песчано-ракушечных кос, увеличивающихся в размерах к западу моря. Вдоль всего западного берега моря расположена крупнейшая аккумулятивная форма Азовского моря – песчано-ракушечная коса Арабатская стрелка длиной 110 км и шириной 0,27-7 км. Восточные берега от г. Темрюк до г. Приморско-Ахтарск представляют собой обширную дельту реки Кубань с системой лиманов, 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 км³,

Кубани - 11,8 км³, малых рек северного Приазовья - 2,1 км³. По характеру внутригодового распределения стока Дон относится к рекам с весенним половодьем и низкой меженью в остальную часть года. Кубань имеет более сложное внутригодовое распределение стока с продолжительным весенне-летним половодьем и кратковременными мощными зимними паводками. В настоящее время сток обеих рек зарегулирован вследствие хозяйственной деятельности человека (сооружение водохранилищ, изъятие вод на орошение и др.). Общая площадь водосборного бассейна Дона составляет 422 тыс.км², а Кубани – 58-59 тыс.км² (Бронфман, 1985). При впадении в море реки образуют обширные 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 врезаются 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°С/м отмечаются в мае-июне вблизи Керченского пролива (Ильин, 2009).

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

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

Азовское море бесприливное, но хорошо выражены 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 Геничск (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 р.Дон и Таганрогский залив

В 2020 г. гидрохимические наблюдения проводились в устьевой области р. Дон, 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 апреля по октябрь (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы, а в Таганрогском заливе - 145. Пробы отбирались батометром Молчанова ГР-18 из поверхностного и придонного слоев с борта мотолодки «Русбот-47», а на акватории Таганрогского залива с борта НИС «Росгидромет-10». В химической лаборатории на борту судна выполнены определения температуры, pH, растворенного кислорода и фиксация проб на аммонийный азот и ртуть, а также экстракция нефтепродуктов четырёххлористым углеродом и пестицидов – гексаном. Окончание определения нефтяных углеводородов (ИКС-метод), хлорорганических пестицидов (газо-жидкостная хроматография) и растворённой ртути (атомно-абсорбционный метод) производилось в группе МЗВП КЛМЗ ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». В устьевой области реки и на трех станциях в восточной части залива дночерпателем ДЧ-0,025 была отобрано 12 проб донных

отложений, в которых определена концентрация нефтяных углеводородов.

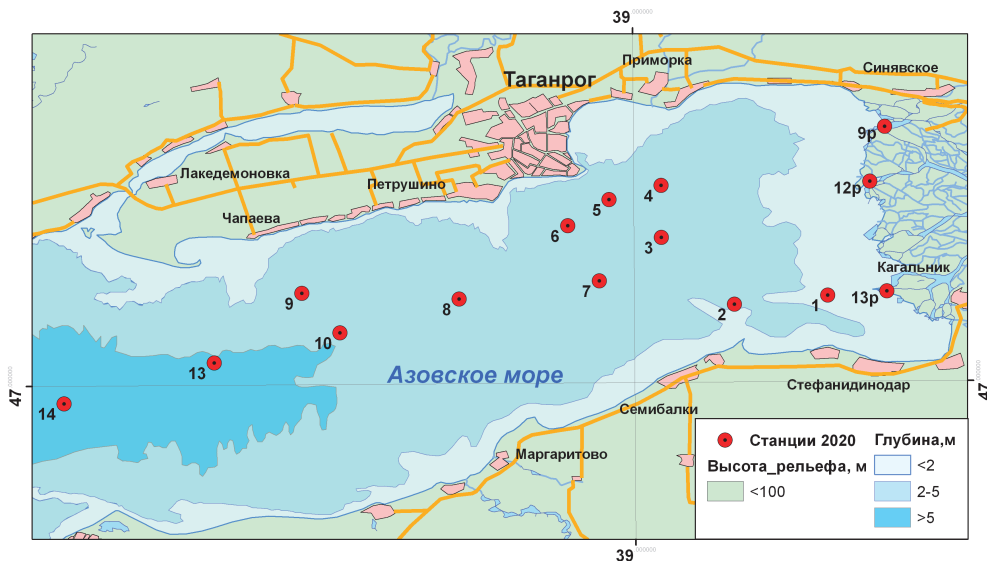


Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2020 г.

Устьевая область р.Дон. Соленость речного стока в устьях рукавов р. Дон изменялась в пределах от 0,44‰ до 0,721‰ . За последние 3 десятилетия наблюдается небольшое повышение солености в устьевых водах Дона.

Температура воды в период проведения наблюдений изменялась от 11,3°С до 26,9°С. Значения рН в устьях рукавов Дона были в диапазоне 8,16-8,82, составив в среднем 8,48. Щелочность изменялась в пределах 3,366-5,023 мг-экв/дм³, в среднем за год составила 4,039 мг-экв/дм³.

Во всех трех водотоках в дельте Дона приоритетным загрязнителем оставались нефтяные углеводороды. В двух рукавах дельты средняя концентрация составила 0,09 мг/дм³ (1,8 ПДК), а в устье рукава Мертвый Донец 0,13 мг/дм³ (2,6 ПДК). Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (7,0 ПДК) отмечено в конце мая в поверхностном слое протоки Мертвый Донец

Концентрация нефтяных углеводородов в водах устьевых протоков реки Дон хотя и снизилась по сравнению с 2019г., тем не менее, остается повышенной. В 2020 г. среднегодовая концентрация в устье рукавов Песчаный, Переволока и Мертвый Донец составила 0,08; 0,09 и 0,13 мг/дм³ (1,6-2,6 ПДК), а максимальные величины достигали 0,11; 0,14 и 0,35 мг/дм³. Во всех 24 проанализированных пробах концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в мае в поверхностном слое протоки Мертвый Донец (7,0 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.

В устьях рукавов дельты Дона растворенная ртуть была обнаружена во всех 12 отобранных пробах, причем во всех 12 пробах содержание ртути превышало ПДК, а средняя концентрация составила 0,024 мкг/дм³. Максимальное содержание (4,1 ПДК) было зафиксировано в рукаве Переволока на поверхности в июле и в рукаве Мертвый Донец (4,1 ПДК). Содержание СПАВ было ниже аналитического нуля в 18 из 24 отобранных в дельте р. Дон проб; средняя составила 6,7, а максимальная 20,8 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

Биогенные элементы. В 2020 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась в диапазоне 22-265 мкгN/дм³; среднегодовая составила 102,0 мкгN/дм³ (рис. 2.2). Максимум (0,68 ПДК) отмечен в пробе, отобранной с поверхности рукава Переволока в середине апреля. 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 и в текущем году отмечено более чем четырехкратное снижение среднегодовой по сравнению с предыдущим годом.

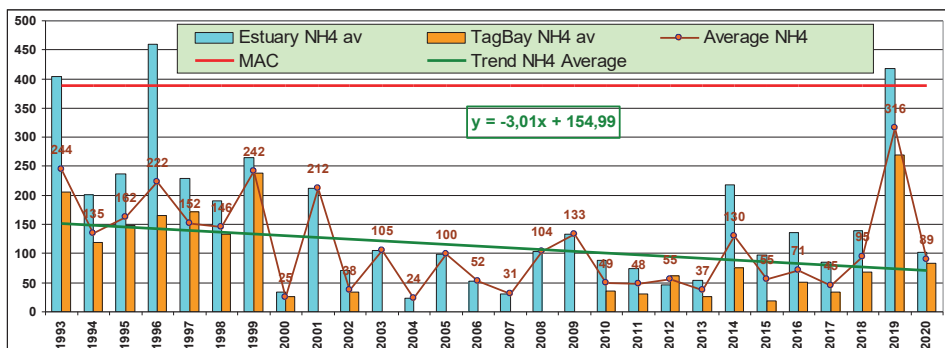


Рис. 2.2. Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993-2020 гг.

Содержание нитритов в 24 отобранных пробах было в пределах 8,8-63,1 мкгN/дм³, средняя 31,0 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный в начале июля в пробе, отобранной с поверхности. 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 16,2 ПДК, а в 2001 г. – 8,2 ПДК. Концентрация нитратов в рукавах изменялась в диапазоне 24-2086 мкгN/дм³; средняя составила 373,4 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Переволока у поверхности в середине апреля.

Концентрация фосфатов в 2020 г. изменялась в пределах 21,5-159,5 мкгР/дм³; максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в июле в пробе, отобранной у дна; среднегодовая концентрация составила 78,1 мкгР/дм³ (1,9 ПДК). Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась в узком диапазоне около 80 мкгР/дм³. Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона изменялась в диапазоне 46,2-406,2 мкгР/дм³ (максимум зафиксирован у дна в устье рукава Песчаный в конце мая у дна). Среднегодовая составила 135,6 мкгР/дм³, что на 12% больше прошлогодней (112,8 мкгР/дм³). В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 3603 мкг/дм³; минимальная - 1291 мкг/дм³, отмечена в середине апреля в поверхностном слое, а максимальная - 6530 мкг/дм³ была зафиксирована в начале июля в устье рукава Мертвый Донец также в поверхностном слое.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде кислорода изменялась в пределах 5,60-11,74 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,44 мгО₂/дм³. Минимальное содержание, которое было ниже норматива на 10%, было отмечено в водах Мертвого Донца в начале июля как в придонном, так и в поверхностном слое. В устьях других рукавов также было зафиксировано несколько случаев пониженного содержания кислорода. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировалась от 91% в рукаве Мертвый Донец до 90% в рукаве Переволока, до 88% в рукаве Песчаный. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в устьевой области р. Дон остается достаточно стабильной. За последние 10 лет среднегодовая величина имеет тенденцию к увеличению и за 10-летие составила 8,91 мгО₂/дм³.

В 2020 г. качество воды в устьевых протоках реки Дон несколько улучшилось по сравнению с предыдущим годом. Численное значение индекса загрязненности вод (1,66) уменьшилось в основном за счет уменьшения средних значений содержания в воде принятых к расчету ингредиентов - нефтяных углеводородов, ртути и фосфатов (табл. 2.2).

Таганрогский залив. В 2020 г. температура вод залива в период наблюдений с апреля по октябрь изменялась в пределах 12,8–29,90С. Залив мелководен, поэтому его соленость в значительной мере определяется речным стоком. В отчетном году соленость изменялась в диапазоне 0,51-12,18‰, составив в среднем 6,07‰, что почти в два раза больше, чем в прошлом году (3,79‰). Значения меньше 1‰ фиксировалась только на станции №1, что связано с ее расположением вблизи дельты р. Дон и значительным влиянием пресного речного стока. В западной части залива соленость больше 6‰ была зафиксирована на всех станциях как на поверхности, так и у дна. Повышенная соленость в Таганрогском заливе скорее всего связана с вторжением более соленых морских вод при юго-западных и западных

ветрах. Хлорность в водах залива изменялась в диапазоне 0,148-6, 607‰ при средней за год 3,286‰; щелочность варьировала в широких пределах от 3,138 до 4,860 мг-экв/дм³ и в среднем за год составила 3,933 мг-экв/дм³; значения рН были в диапазоне 7,91–9,36, среднее (8,71) очень близкое к прошлогоднему (8,75).

Нефтяные углеводороды. Концентрация нефтяных углеводородов, которые традиционно определяют уровень загрязненности вод Таганрогского залива, варьировала от аналитического нуля до 0,28 мг/дм³ (5,6 ПДК); средняя составила 2,0 ПДК, что выше прошлогоднего (1,6 ПДК) и близко к среднему за последние 5 лет (рис. 2.3). Повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 84%, что выше уровня предыдущего года (67%). 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. Среднегодовая концентрация с 2008 по 2013 г. была 0,05 мг/дм³, с 2014 по 2019 – 0,08 мг/дм³.

Концентрация СПАВ изменялась от аналитического нуля до 21 мкг/дм³; средняя по всем отобраным пробам составила 4,6 мкг/дм³ (0,05 ПДК). Концентрация растворенной ртути была выше предела обнаружения в 11 пробах воды из 12 обработанных. Максимальное значение достигало 0,024 мкг/дм³ (2,4 ПДК), среднее составило 0,015 мкг/дм³. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были, все значения были ниже предела обнаружения DL=2-5 нг/дм³.

Биогенные элементы. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 232 мкгN/дм³, что в 2,5 раза меньше прошлогодней (578 мкгN/дм³); а средняя по всем отобраным пробам была 83,4 мкгN/дм³. Содержание нитритов в заливе изменялась в пределах, близких к прошлогоднему: 7,5-29,2 мкгN/дм³. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 13,8 мкгN/дм³ (рис. 2.2).

В восточной части Таганрогского залива концентрация нитратов изменялась в пределах 14,1-145,5 мкгN/дм³. Максимальное значение зафиксировано 16 октября на ст.№5 на поверхности. Средняя концентрация нитратов по всем отобраным пробам составила 29,8 мкгN/дм³ и оказалась в 1,8 раза меньше прошлогодней (53,6 мкгN/дм³). В водах залива концентрация фосфора фосфатов изменялась в пределах 1,8 - 81,5 мкгP/дм³. Средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 14,5 мкгP/дм³ (0,3 ПДК). Максимум был отмечен в начале июля на поверхности в водах ст.№3. Содержание общего фосфора изменялось от 29,6 мкгP/дм³ до 84,8 мкгP/дм³, составив в среднем 18,8 мкгP/дм³. Максимальная концентрация зафиксирована в конце апреля у поверхности на ст. №14. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива изменялась в пределах 741-4541 мкг/дм³,

средняя концентрация по всем отобраным пробам составила 3029 мкг/дм³, что больше прошлогодней величины (2734 мкг/дм³).

Концентрация растворенного кислорода в водах залива изменялась в широком диапазоне 2,83-15,73 мгО₂/дм³, в среднем 9,01 мгО₂/дм³. Как и в прошлом году, минимальное значение было зафиксировано на самой западной станции №14 на глубине 6 м в начале июля. Минимальное значение насыщения воды кислородом составило 37%. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям.

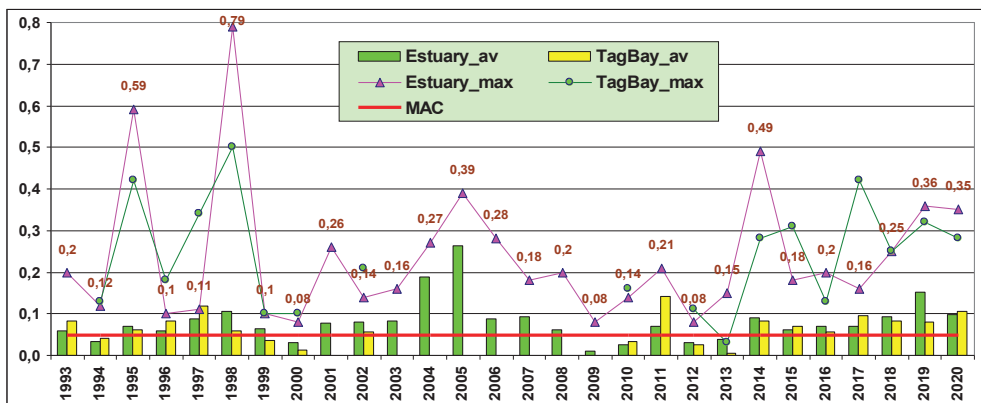


Рис. 2.3. Многолетняя динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в устьевых протоках р. Дон и водах восточной части Таганрогского залива в период 1993-2020 гг.

В донных отложениях концентрация нефтяных углеводородов в рукавах р. Дон изменялась от 0,04 до 0,13 мг/г. Максимум отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 90 мкг/г (1,8 ДК). В Таганрогском заливе концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне от 5 до 100 мкг/г (max 2 ДК), а средняя концентрация равнялась 76 мкг/г (1,5 ДК), что незначительно отличается от значений прошлого года (1,4 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод, а именно по нефтяным углеводородам, ртути, нитритам. В целом по индексу ИЗВ воды устьевой области р. Дон (1,66) относятся к IV классу, «загрязненные», а воды Таганрогского залива (1,09) в 2020 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл.2.1).

Таблица 2.2. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2018-2020 гг.

Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,093	1,86	0,153	3,06	0,099	1,98
	0,25	5,0	0,36	7,20	0,35	7,00
СПАВ	15	0,2	7,5	0,08	6,7	0,07
	46	0,5	34	0,34	20,8	0,21
Ртуть	0,021	2,1	0,0194	1,94	0,024	2,40
	0,047	4,7	0,034	3,40	0,042	4,20
Азот аммонийный	139	0,3	417	1,07	102	0,26
	328	0,8	665	1,71	265	0,68
Нитриты	27,6	1,15	30,6	1,28	31,1	1,30
	57,9	2,4	84,2	3,51	63,1	2,63
Фосфаты	216,8	4,34	93,6	1,87	78,1	1,56
	365,3	7,31	156,0	3,12	159,5	3,19
Растворенный кислород	10,07		113		8,44	
	8,08		178		5,60	0,93
% насыщения	110		6,01		89,5	
	92		4,66	0,78	70	
Таганрогский залив						
НУ	0,082	1,64	0,08	1,60	0,10	2,00
	0,25	5,0	0,32	6,40	0,28	5,60
СПАВ	5,0	<0,10	18	0,18	4,6	<0,10
	34	0,34	35	0,35	21	0,21
Ртуть	0,01	1,0	0,015	1,50	0,015	1,50
	0,04	4,0	0,034	3,40	0,024	2,40
Азот аммонийный	68	0,17	269	0,69	83,4	0,21
	186	0,48	578	1,48	232	0,60
Нитриты	15,1	0,63	15,9	0,66	13,8	0,58
	31,1	1,30	33,2	1,38	29,2	1,22
Фосфаты	63,9	1,28	18,5	0,37	14,5	0,29
	192,7	3,85	44,7	0,89	81,5	1,63
Растворенный кислород	10,26		9,76		9,01	
	5,99	< 1,0	6,54		2,83	2,12
% насыщения	119				103	
	77				37	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; СПАВ и ртути в мкг/дм³; аммонийного азота в мкгN/дм³, общего фосфора в мкгP/дм³. Концентрация α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ была ниже предела обнаружения во всех проанализированных пробах.

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

3. Для всех ингредиентов использованы значения ПДК для пресных вод.

Таблица 2.1. Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2018–2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	1,46	IV	1,75	V	1,66	IV	НУ 1,98; PO ₄ 1,56; Hg 2,40; O ₂ 0,71
Таганрогский залив	0,96	III	1,25	III	1,09	III	НУ 1,60; NO ₂ 0,66; Hg 1,50; O ₂ 0,61

2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

В 2020 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. 2.4). Всего в 2020 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 новыми 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.

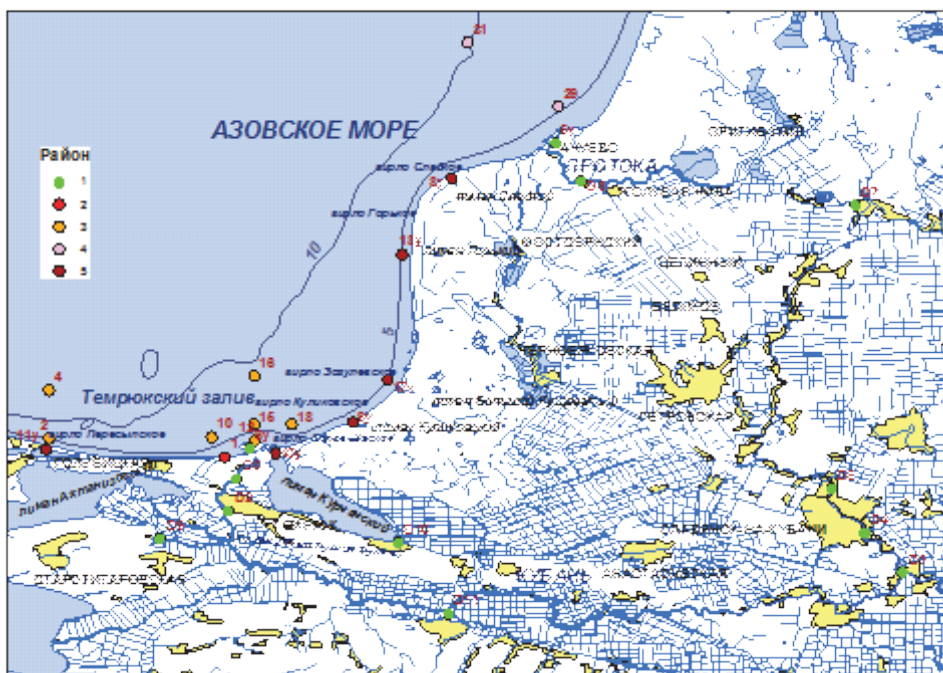


Рис. 2.4. Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань. Районы: 1 - дельта Кубани; 2 - порт Темрюк; 3 - взморье Кубани; 4 - взморье Протоки; 5 - протоки лиманов.

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 8,3°C в начале апреля до 26,1°C в середине августа. В Петрушином рукаве температура изменялась от 11,3°C в конце апреля до 25,6°C в конце августа.

Среднегодовая соленость в рукаве Протока составила 0,27‰, а в Петрушином рукаве – 0,42‰. Такой диапазон солености характерен для пресных речных вод. Среднее значение хлорности в рукаве Протока составило 0,04‰, а в Петрушином рукаве – 0,12‰ при максимальном значении – 0,41‰, отмеченном в октябре в придонном слое. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод, в рукаве Протока изменялся в пределах 8,08-8,35‰ составив в среднем 8,25‰; а в Петрушином рукаве изменялся в пределах 8,10-8,43‰ составив в среднем 8,28‰. Щелочность в рукаве Протока изменялась в пределах - от 2,002 до 2,551 мг-экв/дм³ составив в среднем 2,276 мг-экв/дм³, а в Петрушином рукаве от 1,908 до 2,716 мг-экв/дм³ составив в среднем 2,233 мг-экв/дм³.

В 12 отобранных пробах концентрация ионов аммония в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 10 до 193 мкг/дм³ (табл. 2.3). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока в начале

июня в поверхностном слое, а Петрушином рукаве (149 мкг/дм³) в начале августа в придонном слое. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 128 мкг/дм³ (0,33 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 141 мкг/дм³ (0,36 ПДК). Среднегодовое содержание нитритов в водах рукава Протока составило 15,8 мкгN/дм³ (0,66 ПДК), нитратов - 828 мкгN/дм³ (0,09 ПДК); фосфатов - 58,9 мкгP/дм³; общего фосфора 65,5 мкгP/дм³; силикатов – 2111 мкг/дм³. Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило 14,1 мкгN/дм³ (0,59 ПДК), нитратов - 809 мкгN/дм³ (0,09 ПДК); фосфатов – 50,1 мкгP/дм³; общего фосфора 57,6 мкгP/дм³; силикатов – 2611 мг/дм³. Наибольшее содержание кремния (5023 мг/дм³) было зафиксировано в Петрушином рукаве в конце августа.

Концентрация нефтяных углеводородов на обеих станциях изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода (0,02 мг/дм³) до максимальной 0,113 мг/дм³ (2,26 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в середине октября (табл. 2.4), а среднегодовая 0,048 мг/дм³ (1,0 ПДК). Средняя многолетняя концентрация НУ за период с 2007 по 2020 гг. составила 0,042 мг/дм³ (рис. 2.5). 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 достаточным и не опускалось ниже 7,46 мгO₂/дм³ (94% насыщения, в Петрушином рукаве в начале июня в поверхностном слое). Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 8,98, в рукаве Протока - 9,38 мгO₂/дм³. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,88) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились к III классу качества вод, «умеренно загрязненные» (табл. 2.4).

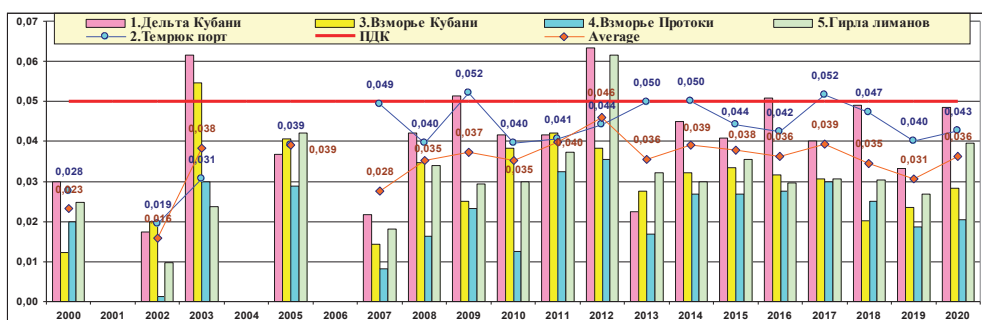


Рис. 2.5. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 2000-2020 гг.

Порт Темрюк – район 2. В 2020 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 2020 г. в канале порта изменялась от 12,09‰ до 14,51‰. Среднегодовая соленость составила 13,45‰. Начиная с 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености вод в устьевой области реки Кубань. Температура воды в течение 2020 года изменялась от 1,9⁰С в середине декабря до 29,0⁰С в начале июля. Хлорность изменялась в диапазоне 6,62-7,97‰, среднегодовая составила 7,38‰; щелочность изменялась в пределах 1,703-2,857 мг-экв/дм³, а средняя за год составила 2,368 мг-экв/дм³; показатель рН изменялся в пределах от 7,80 до 8,61, среднегодовое значение составило 8,25. Прозрачность воды была в пределах 0,6-0,9 м.

В девяти из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация НУ была ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм³); максимальное значение составило 0,181 мг/дм³ (3,62 ПДК) и было отмечено в конце июня в поверхностном слое воды (табл. 2.4). Средняя концентрация НУ составила 0,043 мг/дм³ (0,86 ПДК). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние 10 лет стабильно укладываются в небольшой диапазон чуть менее 1 ПДК без заметного долговременного тренда (рис. 2.11). Загрязнение вод в канале порта стабильно выше среднего уровня для всего Темрюкского залива.

Во всех 24 проанализированных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³). Концентрация хлорорганических пестицидов (α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаружения применяемого метода во всех пробах начиная с 2000 г., кроме одной пробы 3 апреля 2002 г. с содержанием ДДЕ 13 нг/дм³ (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев проб сероводород обнаружен не был. В шести из 12 отобранных проб была обнаружена растворенная ртуть в концентрации 0,01-0,014 мкг/дм³; среднегодовая составила 0,006 мкг/дм³ (0,01 ПДК).

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от 82 мкгN/дм³ до 204 мкгN/дм³; максимум зафиксирован в начале июля у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 124 мкгN/дм³ (0,32 ПДК).

Концентрация нитритов изменялась 5 мкгN/дм^3 до $36,9 \text{ мкгN/дм}^3$; максимум составил 1,54 ПДК и был отмечен в самом начале декабря как на поверхности, так и в придонном слое. Среднегодовая концентрация составила $13,0 \text{ мкгN/дм}^3$ или 0,54 ПДК. Содержание нитратов изменялась от 10 мкгN/дм^3 до 636 мкгN/дм^3 (сотые доли ПДК). Наибольшая величина зафиксирована в начале января в придонном слое. Среднегодовая концентрация нитратов составила 174 мкгN/дм^3 . Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах $330\text{--}1728 \text{ мкгN/дм}^3$; среднегодовая концентрация составила 771 мкгN/дм^3 . За время наблюдений с 1990 по 2019 гг. концентрация общего азота в водах Темрюкского залива имеет выраженную тенденцию к снижению, среднегодовая за этот период снизилась более чем на 1000 мкгN/дм^3 . Наибольшее содержание фосфатов ($35,7 \text{ мкгP/дм}^3$, 0,71 ПДК для мезотрофных водоемов) было отмечено в начале октября в придонном слое, а средняя за год составила $16,8 \text{ мкгP/дм}^3$. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах $7,6\text{--}44,8 \text{ мкгP/дм}^3$, а средняя равнялась $29,6 \text{ мкгP/дм}^3$. Количество силикатов изменялось от 116 мкг/дм^3 в начале сентября до 949 мкг/дм^3 в середине июля; среднегодовая - 629 мкг/дм^3 (рис.2.6).

Концентрация растворенного кислорода была определена в 72 отобранных пробах воды. В одной пробе, отобранной из придонного слоя на глубине 5 м в конце августа, концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива ($6,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$) и составила $5,64 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (0,94 ПДК). Среднегодовая концентрация составила $9,37 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 75-120%. В 2020 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,68), рассчитанному по средней концентрации НУ, NH_4 , NO_2 и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые».

Взморье реки Кубань – район 3. В 2020 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение года от $9,7^\circ\text{C}$ в конце апреля до $24,6^\circ\text{C}$ в конце августа на ст.№4 в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское. Соленость вод взморья Кубани в 56 отобранных пробах изменялась в диапазоне 9,06-15,74‰. Максимальная соленость была отмечена в конце октября на ст.№16 в придонном слое на глубине 9 м в море в 9,8 км от устья р. Кубань, рукав Средний. Минимум зафиксирован конце апреля в поверхностном слое в море в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 13,32‰. Хлорность изменялась от 4,93-8,66‰. Показатель рН менялся в диапазоне 7,70-8,37. Минимум был зарегистрирован на ст.№10 в море в 4,8 км от края дельты, в 2 км от приемного буя п. Темрюк у дна на глубине 7 м в конце августа. Щелочность изменялась от $1,948 \text{ мг-экв/дм}^3$ до $2,686 \text{ мг-экв/дм}^3$. Минимум был зафиксирован на ст.№12 в поверхностном слое в море, в 600 м от устья рукава Средний в в конце апреля, а максимум - на ст.№16

в море в 9,8 км от устья р. Кубань, рукав Средний в середине июня. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,6 до 0,9 м.

За период наблюдений в 2020 г. концентрация НУ изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода ($DL=0,02$ мг/дм³) в 11 пробах из 56 до 0,122 мг/дм³ (3,44 ПДК). Максимальная концентрация была зарегистрирована на ст.№16 в море в 9,8 км от устья р. Кубань, рукав Средний в середине октября на поверхности. Среднегодовая концентрация составила 0,028 мг/дм³ (0,56 ПДК). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 13 случаях (23%). Средняя годовая величина в водах взморья за последние 7 лет, начиная с 2013 г., колеблется около 0,6 ПДК (рис. 2.5).

Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации 100 и более мкг/дм³ (1 ПДК) не наблюдалось за последние 20 лет. В 2020 г. Концентрация СПАВ, превышающая предел обнаружения применяемым методом ($DL=10$ мкг/дм³), не была обнаружена ни в одной из 56 отобранных проб. Растворенная ртуть была обнаружена в шести из восьми проанализированных проб. Максимальная концентрация составила 0,012 мкг/дм³ (0,12 ПДК), средняя - 0,008 мкг/дм³. Хлорорганические (γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) пестициды в водах взморья обнаружены не были.

Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани изменялась в диапазоне 110-148 мкгN/дм³. Максимум был отмечен в море, в 4,8 км от края дельты, 2 км от приемного буя п. Темрюк в конце августа у дна на глубине 7 м. Среднегодовая концентрация составила 0,32 ПДК (126 мкгN/дм³).

Концентрация нитритов изменялась от 0,8 до 11,7 мкгN/дм³. Среднегодовая составила 5,75 мкгN/дм³ (0,24 ПДК). Содержание нитратов изменялась от 9,1 до 600,0 мкгN/дм³ (максимум составил 0,07 ПДК). Среднегодовая величина составила 131,4 мкгN/дм³. Содержание общего азота изменялось в пределах от 262-1314 мкгN/дм³, среднегодовая 571,9 мкгN/дм³

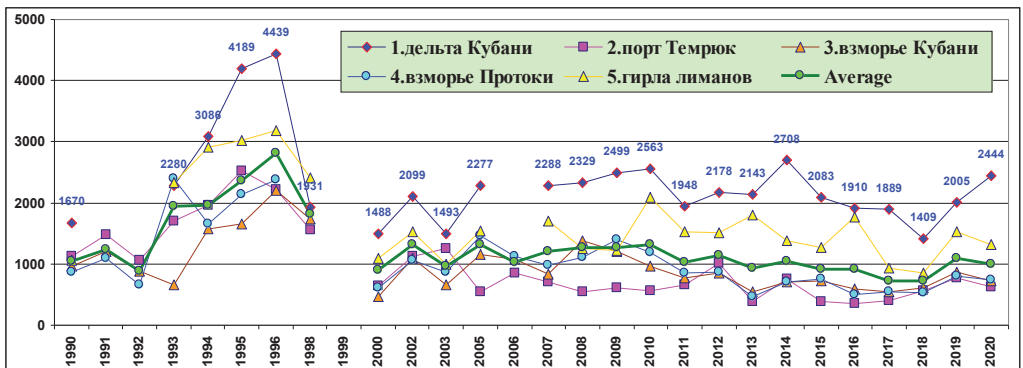


Рис. 2.6. Многолетняя динамика среднегодовой концентрации силикатов (мкг/дм³) в водах различных районов Темрюкского залива в период 1990-2020 гг.

Концентрация растворенного кислорода изменялась от 5,56 мгО₂/дм³ до 10,82 мгО₂/дм³. Значение ниже норматива было отмечено в конце августа на ст. 10 в придонном слое. Среднегодовая концентрация составила 8,78 мгО₂/дм³. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,48) воды взморья Кубани в 2020 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 2020 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 22 апреля, 9 июня, 12 августа и 5 октября на станциях №29 и №31 с глубинами 6 и 10 м соответственно. Температура воды на станции №29 колебалась в пределах 10,8-26,2⁰С. Максимальная температура была зафиксирована в поверхностном слое 12 августа. На станции №31 температура колебалась в пределах 10,2-26,3⁰С. Максимальная температура также как и на станции №29 была зафиксирована 12 августа в поверхностном слое. Соленость вод взморья Протоки в шестнадцати пробах изменялась в пределах 10,25-13,71‰, среднегодовая составила 12,57‰, а за последние 5 лет - 11,98‰. Хлорность изменялась в диапазоне 5,59-7,52‰, средняя за год составила 6,88‰. Водородный показатель (рН) изменялся в пределах 8,08-8,54, среднегодовое значение составило 8,22. Щелочность изменялась в пределах 2,135 мг-экв/дм³-2,950 мг-экв/дм³, при среднегодовом значении 2,641 мг-экв/дм³.

Концентрация аммонийного азота в водах взморья Протоки в 2020 г. была близкой к прошлогодней (64-180 мкг/дм³) и изменялась в узком диапазоне 106-135 мкг/дм³. Максимальное значение (0,35 ПДК) зафиксировано на ст. №29 в поверхностном слое 9 июня. Средняя за год концентрация составила 120 мкг/дм³, что практически совпадает с прошлогодним значением и меньше, чем концентрация ионов аммония за последние 10 лет (165 мкг/дм³). Содержание нитритов изменялось в пределах 1,6-9,4 мкг/дм³, составив в среднем за год 6,2 мкг/дм³ (0,26 ПДК); при средней за последние 10 лет 8,92 мкг/дм³. Концентрация нитратов изменялась в диапазоне от 22-477 мкг/дм³, средняя за год составила 142 мкг/дм³) и была меньше и прошлогодней (207 мкг/дм³), и меньше средней за последние 10 лет (218 мкг/дм³). Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 288 мкг/дм³ до 984 мкг/дм³. Концентрация фосфатов в 16 отобранных в 2020 г. пробах изменялась в пределах 2,6-11,3 мкг/дм³; что практически совпадает с прошлогодними значениями, средняя концентрация составила 5,09 мкг/дм³ (0,10 ПДК). Содержание общего фосфора: изменялось от предела ипределения применяемым методом (DL<5,0 мкг/дм³) до 24,4 мкг/дм³, а среднегодовая концентрация составила 17,2 мкг/дм³, что практически совпадает с прошлогодним значением. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 268-1109 мкг/дм³, максимум отмечен 12 августа в поверхностном слое воды на ст.№29 в

море в 4,4 км от устья рукава Протока; среднегодовая концентрация составила 739 мкг/дм³, что незначительно меньше прошлогоднего значения (800 мкг/дм³). В целом уровень содержания силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии стабилизировался в районе 1000 мкг/дм³ и был выше, чем в дельте реки Кубань (рис. 2.6).

Содержание нефтяных углеводородов в 2020 г. было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 3 пробах. Максимум 0,041 мг/дм³ (0,8 ПДК) был зарегистрирован на ст.№29 в начале октября в придонном слое. Средняя за год концентрация составила 0,02 мг/дм³. В целом в последние годы взморье Протоки было наименее загрязненным НУ, что особенно заметно на фоне высоких значений в речных водах дельты реки и входного канала порта Темрюк (рис. 2.5). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах было ниже предела определения применяемого метода (DL=10 мкг/дм³). Хлорорганические пестициды (γ -ГХЦГ, α -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) в водах взморья Протоки обнаружены не были. Растворенная ртуть была отмечена в одной из четырех исследованных проб в концентрации 0,01 мкг/дм³ (0,1 ПДК).

Содержание растворенного в воде кислорода на взморье Протоки в 2020 г. было высоким и изменялось в диапазоне 7,39-10,22 мгО₂/дм³, составив в среднем 8,75 мгО₂/дм³. Минимальное содержание кислорода соответствовало 96% насыщения, а среднее 101%. Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июне и августе пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,32), рассчитанному по среднегодовым значениям НУ, NH₄, NO₂ и кислорода воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод немного улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) – район 5. Наблюдения в устьевой области реки в 2020 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 0,35‰ до 13,49‰. Средняя за год соленость составила 4,92‰, что несколько больше прошлогоднего значения (3,43‰). Хлорность вблизи гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,08-7,40‰. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от 10,7°С в апреле до 26,1°С в июне. Водородный показатель рН в течение периода наблюдений изменялся в пределах 8,01-8,85, в среднем 8,46, что очень близко к прошлогодним значениям (8,48). Общая щелочность

изменялась в пределах 2,503-4,220 мг-экв/дм³, а средняя величина 3,103 мг-экв/дм³ несколько больше прошлогодней (2,908 мг-экв/дм³).

Концентрация аммонийного азота в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 96-226 мкг/дм³, среднегодовая (154 мкг/дм³, 0,40 ПДК) несколько меньше прошлогодней (165 мкг/дм³, 0,42 ПДК). Концентрация нитритов варьировала от 0,5 до 16,3 мкг/дм³ (0,68 ПДК), среднегодовая составила 6,5 мкг/дм³ (0,27 ПДК). Содержание нитратов изменялось в широком диапазоне 35-751 мкг/дм³, среднегодовая величина составила 263 мкг/дм³.

Концентрация фосфатов в 32 отобранных в 2020 г. пробах изменялась от аналитического нуля в четырех пробах до 24,1 мкг/дм³ (0,48 ПДК), что меньше прошлогоднего значения (31 мкг/дм³). Средняя за год концентрация составила 6,1 мкг/дм³ была на треть ниже прошлогодней (9,1 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. Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 12-31,9 мкг/дм³; среднегодовая концентрация составила 21,4 мкг/дм³ и незначительно изменилась по сравнению с тремя последними годами (23,8/26,8/28,2 мкг/дм³). Концентрация кремния колебалась в пределах от 322 мкг/дм³ до 3432 мкг/дм³. Максимум содержания кремния 1534 мкг/дм³ отмечен 12 августа на ст. №18у в море в 500 м от устья гирла Горькое в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация кремния составила 1315 мкг/дм³.

Концентрация НУ была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм³) в 8 из 32 отобранных проб. Максимум (0,211 мг/дм³ – 4,22 ПДК) был отмечен 11 августа на ст. №11у на поверхности в море в 500 м от устья гирла Пересыпское. Средняя величина в 2020 г. составила 0,040 мг/дм³ (0,80 ПДК). Динамика концентрации нефтяных углеводородов показана на рис. 2.11. Ни в одной из 32 отобранных проб содержание СПАВ не было обнаружено (не было выше предела обнаружения 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 2019 г. изменялось в диапазоне 6,43-12,95 мгО₂/дм³. Среднегодовая концентрация составил 8,98 мгО₂/дм³. Относительное насыщение вод кислородом изменялось в пределах 78-143%, а среднее составило 99%. . В целом уровень аэрации вод района можно считать удовлетворительным. Наличие сероводорода в 16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2020 г. по ИЗВ (0,49) 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.

Таблица 2.3. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2020 г.

Район	T °C	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, 6у)	19,6	0,37	9,11	99	8,27	53	60,3	14,6	815	132	-	2044
	26,1	0,95	7,46	89	8,41	149	158	29,0	1389	193	-	5023
2. Порт Темрюк – район 2 (ст. 1)	14,2	13,45	9,37	97	8,25	16,8	29,6	13,3	174	148	771	629
	29,0	14,41	5,64	75	8,61	35,7	44,8	36,9	636	204	1728	949
3. Взморье реки Кубань – район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	18,9	13,3	8,78	101	8,07	4,0	18,1	5,8	131	126	572	717
	24,6	15,7	5,56	71	8,37	14,3	25,2	11,7	600	148	1314	1244
4. Взморье рукава Протока – район 4 (ст. 29,31)	19,0	12,6	8,75	101	8,22	5,1	17,2	6,2	142	120	571	739
	26,3	13,7	7,39	96	8,54	11,3	24,4	9,4	477	135	984	1109
5. Гирла лиманов – район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	18,9	4,9	8,98	99	8,46	6,1	21,4	6,5	586	154	-	1315
	26,1	13,5	6,43	78	8,85	24,1	31,9	13,3	5606	226	-	3442

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

Таблица 2.4. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.		
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК	
1. Дельта реки Кубань – район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,049	0,98	0,03	0,66	0,048	0,96	
		0,07	1,40	0,09	1,80	0,113	2,26	
	СПАВ	1,0	<0,1	1,0	0,01	0,0	-	
		11	0,1	12	0,12	0,0	-	
	Аммонийный азот NH ₄	207	0,53	159	0,41	132	0,34	
		300	0,8	190	0,49	193	0,50	
	Нитриты NO ₂	14,25	0,59	9,8	0,41	14,6	0,61	
		46	1,92	21,0	0,88	29,0	1,21	
	Фосфаты	14,4	0,29	21,8	0,44	53,0	1,06	
		37	0,74	58,0	1,16	149,0	2,98	
	Растворенный кислород	8,34		8,60		9,11		
		6,06		6,26		7,46		
	% насыщения	90		92		99		
		76		77		89		
2. Темрюкский залив: п. Темрюк – район 2 (станция №1)	НУ	0,047	0,94	0,04	0,80	0,043	0,86	
		0,18	3,60	0,11	2,20	0,181	3,62	
	СПАВ	8,2	<0,1	6,8	0,07	0,0	<0,1	
		18	0,2	14	0,14	0,0	<0,1	
	Ртуть	0,0097	<0,1	0,00975	0,01	0,0066	<0,1	
		0,047	0,47	0,02	0,20	0,0140	0,14	
	Фосфаты	24	0,48	17,2	0,34	16,76	0,34	
		200	4,00	38	0,76	35,7	0,71	
	Аммонийный азот NH ₄	207	0,53	180	0,46	148	0,38	
		360	0,9	270	0,69	204	0,52	
	Нитриты NO ₂	12	0,5	13,2	0,51	13,31	0,55	
		30	1,25	59	2,46	36,9	1,54	
	Растворенный кислород	8,96		9,13		9,37		
		3,76	0,63	5,93	0,99	5,64	0,94	
	% насыщения	90		93,4		97		
		48		126		75		
	3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань – район 3 (станции №№ 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,02	0,40	0,023	0,46	0,028	0,56
			0,06	1,20	0,06	1,20	0,122	2,44
СПАВ		0,6	<0,1	0,60	<0,01	0,0	-	
		13	0,1	11	0,01	0,0	-	
Ртуть		0,008	<0,1	0,004	0,04	0,008	<0,1	
		0,014	0,14	0,013	0,13	0,012	0,12	
Фосфаты				4,11	0,08	4,0	<0,1	
				21	0,42	14,3	0,29	
Аммонийный азот NH ₄		177	0,46	128,1	0,33	126	0,32	
		230	0,6	200	0,51	148	0,38	
Нитриты NO ₂		6	0,25	5,39	0,22	5,8	0,24	

		12	0,5	12,0	0,50	11,7	0,49
	Растворенный кислород	8,46		8,61		8,78	
		5,17	0,86	5,14	0,86	5,56	0,93
	% насыщения	96		100		101	
		62		67		71	
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока – район 4 (станции №№ 29, 31)	НУ	0,025	0,5	0,019	0,38	0,020	0,40
		0,05	1,00	0,040	0,80	0,041	0,82
	СПАВ	0		0		0,0	
		0		0		0,0	
	Ртуть	0,0025	<0,1	0,0025	0,03	0,003	<0,1
		0,01	0,1	0,01	0,1	0,010	0,1
	Фосфаты	6	0,1	6,13	0,12	5,1	0,1
		17	0,3	12	0,24	11,3	0,23
	Аммонийный азот NH ₄	174	0,45	128,9	0,33	120	0,31
		220	0,6	180	0,46	135	0,35
	Нитриты NO ₂	7	0,3	4,1	0,17	6,2	0,26
		11	0,4	7	0,29	9,4	0,39
	Растворенный кислород	8,71		8,60		8,75	
		6,24		7,16		7,39	
	% насыщения	95		99,3		101	
		83		88		96	
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов – район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,03	0,60	0,027	0,54	0,040	0,80
		0,09	1,8	0,13	2,60	0,211	4,22
	СПАВ	3	<0,1	1,41	0,01	0,0	
		12	0,1	12	0,12	0,0	
	Фосфаты			9,06	0,18	6,1	0,12
				31	0,62	24,1	0,48
	Аммонийный азот NH ₄	230	0,59	165,2	0,42	154	0,40
		430	1,1	240	0,62	226	0,58
	Нитриты NO ₂	15	0,63	10,1	0,42	6,5	0,27
		80	3,3	68	2,83	16,3	0,68
	Растворенный кислород	7,91		8,75		8,98	
		4,16	0,69	6,90		6,43	
% насыщения	88		97,3		99		
	48		77		78		

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 2.5. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	кл асс	ИЗВ	клас с	ИЗВ	клас с	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта – район 1	0,71	II	0,50	II	0,88	III	НУ 0,96; PO ₄ 1,06; NO ₂ 0,61
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк – район 2	0,66	II	0,69	II	0,68	II	НУ 0,86; NO ₂ 0,55; NH ₄ 0,38; O ₂ 0,94
3. Взморье рукава Кубань – район 3	0,46	II	0,47	II	0,48	II	НУ 0,56; NH ₄ 0,32; NO ₂ 0,24; O ₂ 0,93
4. Взморье рукава Протока – район 4	0,49	II	0,29	II	0,32	II	НУ 0,40; NH ₄ 0,31; NO ₂ 0,26
Устьевая область реки Кубань – гирла лиманов							
5. Гирла лиманов – район 5	0,65	II	0,46	II	0,49	II	НУ 0,80; NH ₄ 0,40; NO ₂ 0,27

Качество воды, поступающей со стоком р. Кубань, постоянно ухудшалось начиная с 2007 г. в рамках II класса (чистые), достигнув наихудшего значения ИЗВ (0,78, III класс, умеренно загрязненные) в 2016 г. (рис. 2.6). Ситуация начала выправляться в 2017 г., когда качество воды в дельте несколько улучшилось. Качество воды взморья р. Кубань тесно зависит от качества ее стока и, соответственно, значение ИЗВ было наибольшим в 2016 г. и немного снизилось позднее. Аналогичная ситуация была характерна для вод в рукаве Протока. Качество воды эстуарных районов лиманов, хотя и в меньшей мере чем качество воды дельты р. Кубань, также зависит от речного стока. В особенности это касается Ахтанизовского лимана и в меньшей мере Курчанского, Куликовского и Горького. В целом здесь наблюдается постепенное ухудшение состояния вод, за исключением резкого снижения индекса в 2014 г. Качество воды в подходном канале порта Темрюк также постепенно снижалось в рамках класса «чистые». В целом во всех районах контроля Темрюкского залива в последние 13 лет качество вод ухудшалось до 2016-2018 гг., а в последние несколько лет на разных участках отмечено снижение уровня загрязненности вод.

2.4. Мониторинг Керченского пролива (ЛМЗОС г.Керчи)

В 2020 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился ЛМЗОС г. Керчи во втором полугодии с июня по ноябрь на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ с глубинами от 3,4 до 7,7 м (рис. 2.7). Всего отобрано и обработано 176 проба-комплексов из поверхностного и придонного слоев воды.

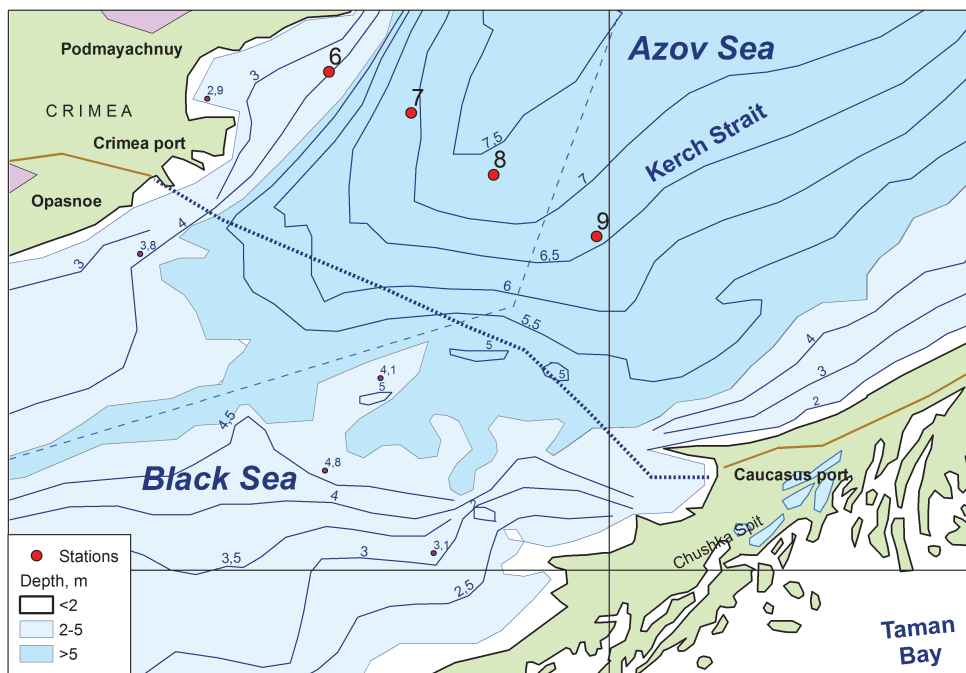


Рис. 2.7. Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2020 г.

Среднее за период наблюдений 2020 г. загрязнение вод пролива НУ, снизившись до $0,02 \text{ мг/дм}^3$, было минимальным с 2014 г. (рис.2.4). Максимальное загрязнение поверхностных ($0,22 \text{ мг/дм}^3$) и придонных ($0,14 \text{ мг/дм}^3$) вод, превышавшее ПДК ($\text{ПДК}_{\text{НУ}} = 0,05 \text{ мг/дм}^3$) в 4,4 и 2,8 раза соответственно, наблюдалось в августе. Несмотря на то, что превышение ПДК фиксировалось ежемесячно, повторяемость концентрации НУ, равной или превышающей ПДК, составила 14% от общего количества определений, продолжив тенденцию снижения с 74% в 2018 г. Среднемесячное содержание НУ в 2020 г. изменялось от $0,02$ до $0,04 \text{ мг/дм}^3$ (рис.2.8).

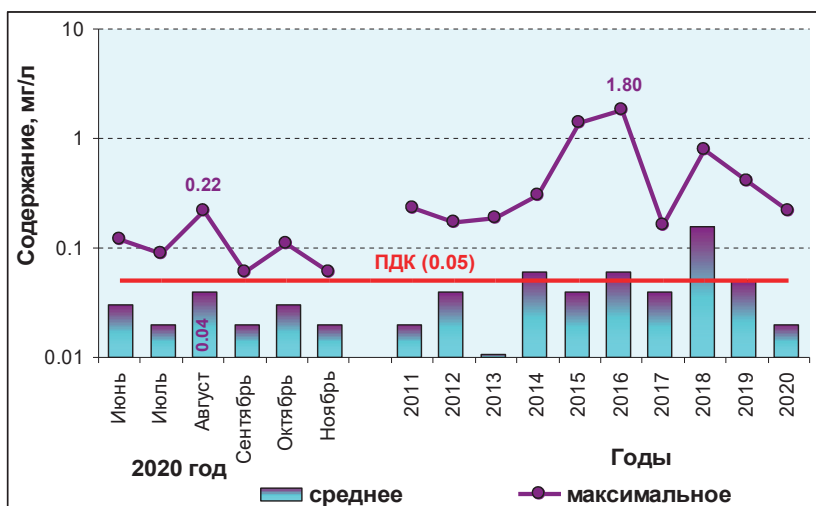


Рис. 2.8. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение содержания нефтяных углеводородов в водах Керченского пролива.

Содержание **СПАВ** (17 мкг/дм^3) оставалось на уровне предыдущих лет. Максимальная концентрация, как и в 2019 г., не превышала 23 мкг/дм^3 ($\text{ПДК}_{\text{спав}}=100 \text{ мкг/дм}^3$).

Концентрация **фенолов** (сумма) была ниже предела количественного определения.

Из **ХОП** в июне, июле и сентябре 2020 г. отмечено загрязнение вод пролива **ДДД**, максимальная концентрация которого в поверхностных водах достигала $1,3 \text{ нг/дм}^3$, в придонных – $3,3 \text{ нг/дм}^3$ ($0,3 \text{ ПДК}$). Присутствие **ГПХ** (до $0,7 \text{ нг/дм}^3$) наблюдалось только в июле. α -**ГХЦГ**, γ -**ГХЦГ**, **ДДТ**, **ДДЭ** и **альдрин** не обнаружены. Загрязнения вод **ПХБ** не зафиксировано.

В северной узости Керченского пролива концентрация общего **азота** изменялась в диапазоне от 200 до 670 мкг/дм^3 . Среднемесечное содержание в слое поверхность-дно в июне-сентябре составляло $430\text{--}480 \text{ мкг/дм}^3$, увеличившись в октябре-ноябре до $540\text{--}550 \text{ мкг/дм}^3$. Среднее за год содержание (490 мкг/дм^3) незначительно снизилось в сравнении с предыдущим годом. Динамика концентрации нитритного, нитратного и аммонийного азота в водах пролива не имела выраженного сезонного хода. Максимальное содержание нитратного и аммонийного азота (32 и 50 мкг/дм^3 соответственно) было значительно ниже соответствующих **ПДК**. Максимальная концентрация нитритного азота приближалась к **ПДК**, достигая $19\text{--}21 \text{ мкг/дм}^3$ ($0,9 \text{ ПДК}$), среднее за год содержание составило 8 мкг/дм^3 ($0,3 \text{ ПДК}$).

Концентрация фосфатного **фосфора** не превышала 9 мкг/дм^3 ($0,2 \text{ ПДК}$), концентрация общего фосфора изменялась от 11 до 47 мкг/дм^3 . Среднее за год содержание фосфатного фосфора (6 мкг/дм^3) в сравнении с предыдущим годом не изменилось, а содержание общего фосфора (26 мкг/дм^3) возросло на 30%.

Концентрация **кремния** изменялась в поверхностных водах от 250 до 930 мкг/дм³, в придонных водах от 110 до 860 мкг/дм³. Среднемесячное содержание возросло от 350 мкг/дм³ в июле до 560 мкг/дм³ в октябре, с последующим понижением к ноябрю до 340 мкг/дм³. Среднее за отчетный период содержание в слое поверхность-дно (440 мкг/дм³) возросло вдвое в сравнении с периодом 2015-2019 гг. (рис.2.9).

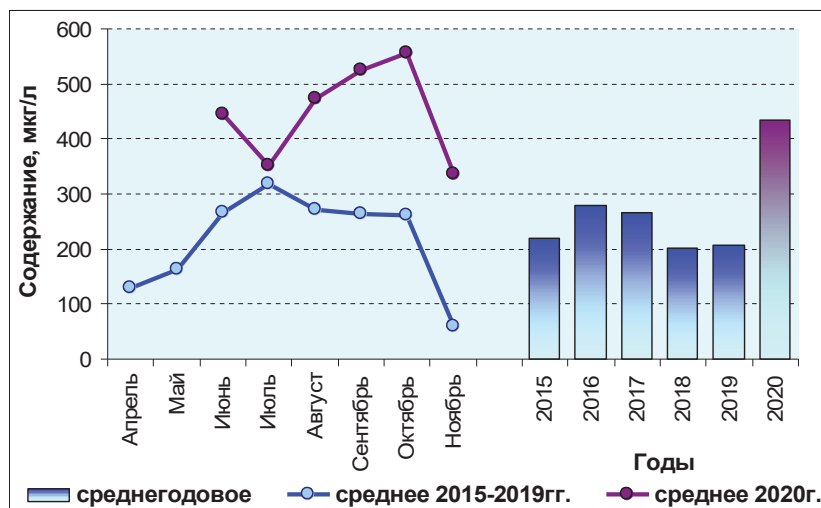


Рис. 2.9. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение содержания кремния в водах Керченского пролива

Аэрация вод пролива в слое поверхность-дно в целом была достаточной, при минимальном насыщении вод дефицит **растворенного кислорода** не превышал 14%. Среднемесячные значения в июле-августе составили 95-97 % насыщения, в остальной период – 102-108% насыщения. По абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 6,23 до 10,13 мгО₂/дм³ в поверхностных водах и от 6,19 до 9,95 мгО₂/дм³ в придонных. В слое поверхность-дно в июне и октябре-ноябре среднемесячное значение его содержания составило 8,80-9,63 мгО₂/дм³, понижаясь в июле-сентябре до 7,25-7,99 мгО₂/дм³. В сравнении с 2019 г. среднегодовое относительное содержание растворенного кислорода незначительно возросло до 101% насыщения, при этом снизившись по абсолютному значению до 8,22 мгО₂/дм³.

Таблица 2.6. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в водах Керченского пролива в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский	НУ	0,16	3,2	0,05	1,0	0,02	0,4

пролив Азовского моря		0,78	15,6	0,41	8,2	0,22	4,4
	СПАВ	19	0,2	16	0,2	17	0,2
		24	0,2	23	0,2	23	0,2
	ДДТ	0,17	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
		1,20	0,1	0,57	<0,1	<0,1	<0,1
	ДДД	0,25	<0,1	0,74	<0,1	0,16	<0,1
		1,10	0,1	6,50	0,6	3,27	0,3
	Аммонийный азот	28	<0,1	22	<0,1	26	<0,1
		94	<0,1	34	<0,1	50	<0,1
	Нитритный азот	10	0,4	7	0,3	8	0,3
		27	1,1	15	0,6	21	0,9
	Фосфатный фосфор	3	0,1	6	0,1	6	0,1
		6	0,1	12	0,2	9	0,2
	Растворенны й кислород	9,86	0,6	8,31	0,7	8,22	0,7
		4,94	4,0	6,19	1,0	6,19	1,0

По результатам расчета индекса загрязненности вод ИЗВ (0,43) качество вод Керченского пролива по сравнению с предыдущими годами улучшилось (рис. 2.10), воды пролива относились ко II классу качества вод с характеристикой «чистые» (табл. 2.7). Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация НУ, СПАВ, нитритов и растворенного кислорода. Улучшение качества вод пролива обусловлено снижением нефтяного загрязнения. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы, только в июле снижаясь до уровня ПДК. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали ПДК.

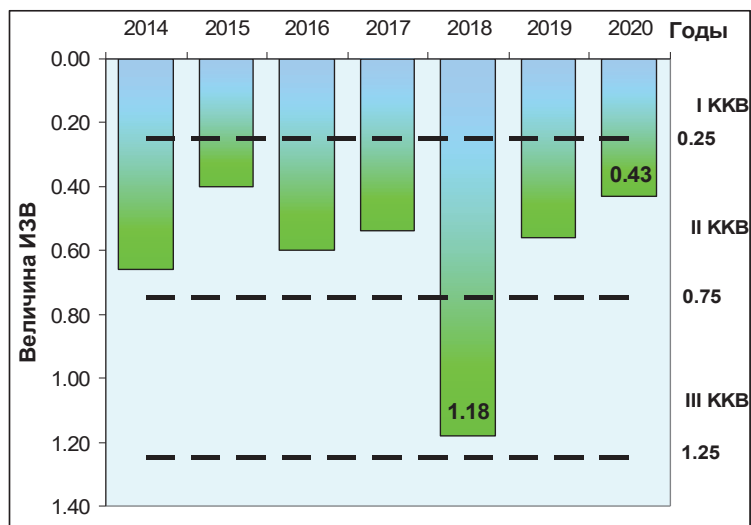


Рис. 2.10. Многолетнее изменение величины индекса загрязненности вод (ИЗВ) Керченского пролива.

Таблица 2.7. Оценка качества вод Керченского пролива в 2017-2019 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Керченский пролив	1,18	III	0,54	II	0,43	II	НУ 0,50; N-NO ₂ 0,33; СПАВ 0,17; O ₂ 0,73

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

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

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

Климатические условия в холодный период года (декабрь-март) определяет сочетание отрога сибирского антициклона с областью низкого давления над Черным морем, что способствует созданию значительных градиентов давления и развитию циклонической деятельности. С циклонами поступает морской воздух Атлантического океана, обуславливая повышение температуры воздуха. Нередко зимой из бассейна Средиземного моря юго-западными ветрами приносится теплый тропический воздух с высоким содержанием влаги. Весной влияние сибирского максимума существенно уменьшается. Вследствие частых вторжений южных и юго-западных ветров, преобладает неустойчивая погода с 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, Фащук, 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°C. Сезонные колебания температуры быстро затухают с глубиной. На глубине 75 м, близкой к глубине максимума вертикального градиента плотности, размах сезонных изменений температуры в сравнении с поверхностью уменьшается в 30 раз. Основным отличием прибрежной зоны от районов открытого моря является опережающий характер годового хода гидрологической структуры вод. Если минимум температуры воды у берега наступает в феврале, то в зоне с глубинами 70-100 м – только в марте (Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991).

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

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

период. Вклад атмосферного давления в сезонные изменения уровня моря еще меньше, чем плотностные изменения уровня, и не превышает 1-3 см. Колебания уровня главным образом проявляются в виде сгонно-нагонных явлений, максимальная амплитуда которых отмечается в СЗЧ моря. Штормовые ветры восточной и южной четверти вызывают нагонные подъемы уровня амплитудой 30-60 см, а при жестоких штормах северо-западных и юго-западных направлений падение уровня может достигать 20-34 см. У Кавказского побережья величины максимальных нагонов невелики и не превышают 10-20 см в районе Новороссийска и до 31-54 см в районе Туапсе. Здесь нагоны отмечаются в течение всего года в основном при западных ветрах. Наибольшее число случаев сгонов приходится на осенне-зимний период, чаще всего при восточных и северо-восточных ветрах. Осенне-зимние штормовые ветры 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 от 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).

3.2. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря

В 2020 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод у Крымских берегов Чёрного моря проводили: 1). СО ГОИН на акватории Севастопольской бухты в сентябре и декабре (42 проба-комплекса), на взморье Севастополя в феврале-мае и августе-сентябре (208 проба-комплексов), на взморье ЮБК в июле и сентябре (37 проба-комплексов); 2). ЛМЗОС «Ялта» на акватории порта Ялта с января по декабрь (72 проба-комплекса).

Отбор проб производился на поверхностном, придонном и промежуточных (для глубоководных районов) горизонтах. Качество воды определялось по следующим показателям: соленость, рН, щелочность, кислород (абсолютный, относительный), БПК₅, фосфор фосфатный, фосфор общий, кремний, азот нитритный, азот

нитратный, азот аммонийный, азот общий, тяжелые металлы (Pb, Cu, Mn, Cr, Hg, Fe), нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ, хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ, альдрин и ПХБ (сумма).

Температура морских вод в период наблюдений в Севастопольской бухте изменялась от 9,60 до 10,18°C, на взморье в зоне ответственности г. Севастополя – от 8,20 до 25,69°C, в прибрежных водах ЮБК и п. Ялта – от 8,70 до 25,53°C. **Соленость** вод в акватории бухты и на Севастопольском взморье соответственно варьировала в диапазонах 17,41-18,45‰ и 18,09-18,87‰, в п. Ялта и у ЮБК – в диапазонах 14,41-19,18‰ и 17,87-18,85‰. **Хлорность** в п. Ялта изменялась от 8,00 до 10,66‰, в остальных районах наблюдения – от 9,60 до 10,41‰. Общая **щелочность** вод Севастопольской бухты и п. Ялта изменялась от 2,984 до 3,601 мг-экв/дм³, в открытых районах – от 2,444 до 4,001 мг-экв/дм³, исключение составили: 1,142 мг-экв/дм³ (июль, 0 м, м. Опук), 4,449 мг-экв/дм³ (март, 75 м, КОС «Южные»), 4,435 мг-экв/дм³ (сентябрь, 10 м, траверз г. Карадаг). **Водородный показатель** вод в зоне ответственности г. Севастополя изменялся в пределах 8,02-8,52 ед.рН. Единичный случай превышения верхней границы допустимого диапазона (6,5-8,5 ед.рН) зафиксирован в сентябре в поверхностных водах севастопольского взморья в районе выпуска КОС «Северные». В прибрежных водах ЮБК превышение допустимого диапазона для водородного показателя наблюдалось только в июле в районе Карадага и в Коктебельской бухте, где значение рН составляло 8,60 ед.рН. В акватории п. Ялта превышение допустимого уровня рН фиксировалось ежемесячно (до 9,07 ед.рН) за исключение декабря (8,27-8,34 ед.рН). Концентрация **взвешенных веществ** в водах Севастопольской бухты не превышала 3,5-3,8 мг/дм³. На взморье среднее содержание их составило 2,7 мг/дм³ у поверхности и 3,1 мг/дм³ у дна, максимальные значения (6,0 и 12,2 мг/дм³ соответственно) были зафиксированы в феврале.

3.2.1. Севастопольская бухта и взморье

В период наблюдений содержание **НУ** в водах Севастопольской бухты и взморья изменялось от «не обнаружено» до 0,10 мг/дм³ (2 ПДК). Исключение составили: август, когда в районе КОС Северные и у побережья пос. Кача (рис. 3.1) нефтяное загрязнение поверхностных вод достигало соответственно 0,30 и 0,24 мг/дм³ (6 и 5 ПДК), а также сентябрь, когда в восточной части Севастопольской бухты был зафиксирован единичный случай 8-микратного превышения ПДК (0,40 мг/дм³). Повторяемость концентрации НУ, равной или превышающей ПДК, составила 28 % от общего количества определений.

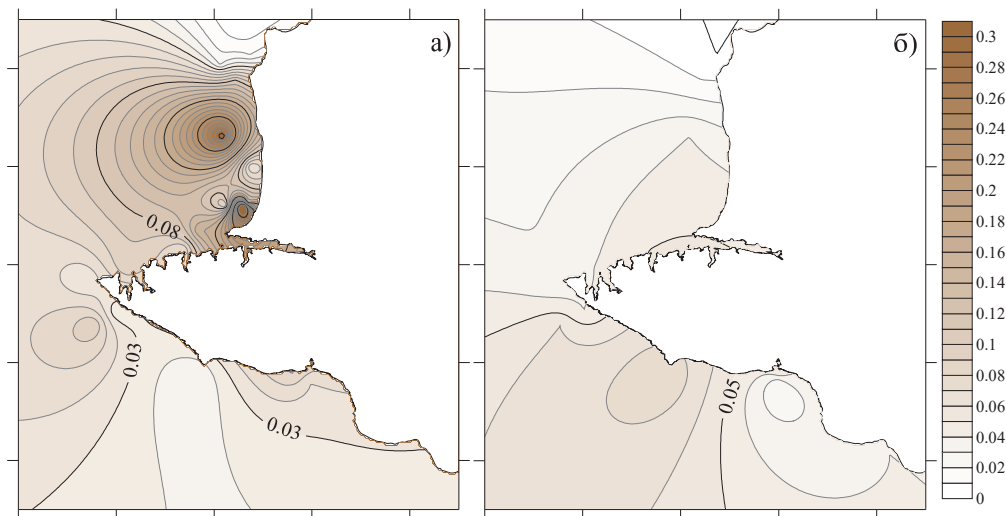


Рис. 3.1. Распределение величин концентрации нефтепродуктов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах взморья Севастополя в августе 2020 г.

Загрязнение морских вод **СПАВ** в целом было ниже ПДК ($\text{ПДК}_{\text{СПАВ}} = 100 \text{ мкг}/\text{дм}^3$), в Севастопольской бухте не превышая $53 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, на взморье – $83 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Единичный случай превышения ПДК ($110 \text{ мкг}/\text{дм}^3$) был зафиксирован в апреле в придонных водах на траверзе м. Маргопуло.

Концентрация общего **фосфора** в водах Севастопольской бухты изменялась от 9 до $98 \text{ мкг}/\text{дм}^3$, на взморье – от «не обнаружено» до $67 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Единичный случай высокого содержания его ($540 \text{ мкг}/\text{дм}^3$) был зафиксирован в марте в придонных водах в районе выпуска КОС «Южные». Содержание фосфатного фосфора в зоне ответственности Севастополя было ниже ПДК, не превышая $35\text{-}39 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. Исключение составила концентрация фосфатного фосфора ($62 \text{ мкг}/\text{дм}^3$; 1,2 ПДК) в декабре в придонных водах восточной оконечности Севастопольской бухты.

Содержание общего **азота** в водах Севастопольской бухты составило $280\text{-}960 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ у поверхности и $120\text{-}650 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ у дна. На севастопольском взморье концентрация варьировала от $100\text{-}110 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ до $1360 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ в поверхностном слое и до $740 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ в придонном. Максимальные значения концентрации зафиксированы в феврале в районах выпусков КОС «Южные» и КОС «Северные» (до $1360 \text{ мкг}/\text{дм}^3$) и в сентябре в устьевой области р. Кача (до $1260 \text{ мкг}/\text{дм}^3$). Сезонное изменение общего содержания азота характеризовалось снижением среднемесячных величин от февраля ($460 \text{ мкг}/\text{дм}^3$) к марту-апрелю ($220\text{-}260 \text{ мкг}/\text{дм}^3$) с последующим повышением до $540 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ в сентябре. Концентрация минеральных форм азота была ниже соответствующих

ПДК. Содержание нитратного азота на взморье не превышало 110 мкг/дм^3 и в среднем за период наблюдения 2020 г. (14 мкг/дм^3) было минимальным за последние пять лет. В акватории Севастопольской бухты максимальная концентрация нитратного азота (160 и 130 мкг/дм^3) фиксировалась в декабре соответственно в поверхностных и придонных водах восточной кутовой части бухты. Содержание аммонийного азота в водах бухты изменялось от $80-90 \text{ мкг/дм}^3$ до 140 мкг/дм^3 в поверхностном слое и до 260 мкг/дм^3 в придонном слое. На севастопольском взморье концентрация его варьировала от $22-24 \text{ мкг/дм}^3$ до 230 мкг/дм^3 в поверхностных водах и до 300 мкг/дм^3 у дна. Среднее за период наблюдений содержание аммонийного азота в слое поверхность-дно на взморье Севастополя продолжило многолетнюю тенденцию роста, увеличившись почти вдвое в сравнении с 2019 г. (рис.3.2). Концентрация нитритного азота оставалась на уровне предыдущих лет. По максимальным значениям в Севастопольской бухте в период наблюдений не превышала 9 мкг/дм^3 , на взморье достигала 21 мкг/дм^3 в поверхностном слое в сентябре и 19 мкг/дм^3 в придонном слое в марте (ПДК_{NO₂}= 24 мкг/дм^3).

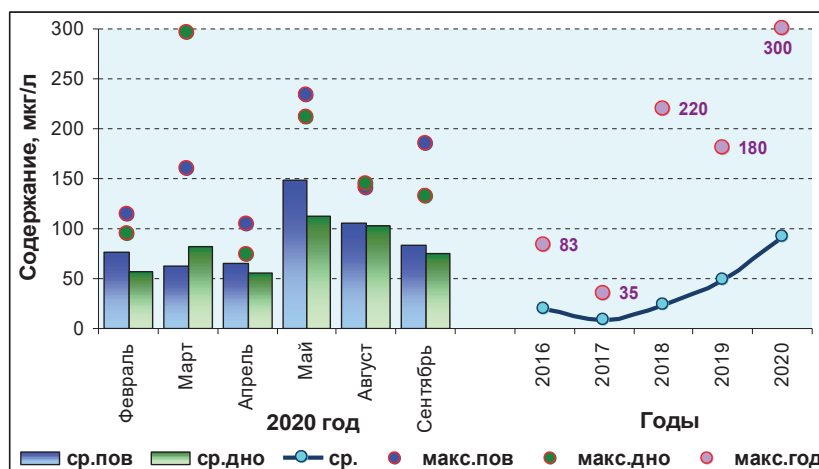


Рис. 3.2. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение содержания аммонийного азота на взморье Севастополя.

Содержание **кремния** в поверхностных водах Севастопольской бухты изменялось от 8 до 280 мкг/дм^3 , в придонных – от 52 до 380 мкг/дм^3 , максимальные значения концентрации были зафиксированы соответственно в устье р.Черной в декабре и в Южной бухте в сентябре. На севастопольском взморье диапазон концентрации кремния составил $2-400 \text{ мкг/дм}^3$. Максимальное для поверхностных вод значение (120 мкг/дм^3) отмечено в феврале в районе выпуска и на фоновой станции КОС «Ласпи», для придонных вод (400 мкг/дм^3) – в мае в зоне выпуска КОС «Южные» и в сентябре у пос.Любимовка. В целом поверхностные воды содержали кремния вдвое меньше, чем придонные.

В слое поверхность-дно среднее содержание за период наблюдений 2020 г. составило 180 мкг/дм³ в Севастопольской бухте и 52 мкг/дм³ на взморье.

Прибрежные воды Крыма в зоне ответственности г. Севастополя в период наблюдений были хорошо аэрированы. Перенасыщение поверхностных вод **растворенным кислородом** достигало 3-36% насыщения. Незначительный дефицит растворенного кислорода в поверхностных водах (1% насыщения) зафиксирован только в декабре в устье р. Кача. Аэрация придонных вод в целом соответствовала природным условиям, но минимум растворенного кислорода (52% насыщения) был зафиксирован в мае в зоне влияния КОС «Южные». Воды Севастопольской бухты в декабре были недостаточно аэрированы, недонасыщение составляло 1-11% насыщения. Однако наибольший дефицит растворенного кислорода был зафиксирован в сентябре, когда в отдельных районах бухты уровень аэрации придонных вод снижался до 58% насыщения (рис. 3.3). Абсолютное содержание растворенного кислорода изменялось в диапазонах 4,34-10,33 и 5,37-11,77 мгО₂/дм³ в водах бухты и взморья соответственно.

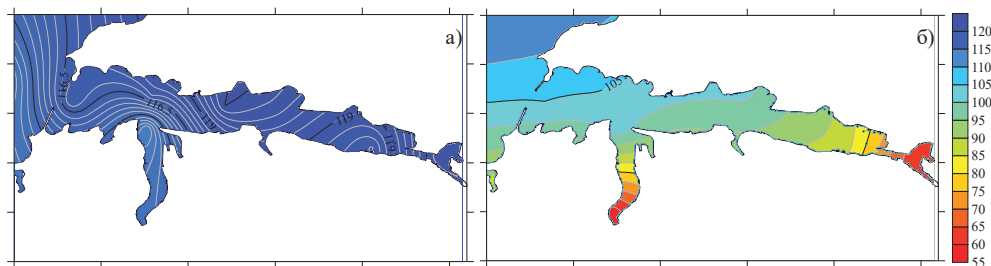


Рис. 3.3. Распределение величин насыщения вод кислородом (% нас.) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах Севастопольской бухты в сентябре 2020 г.

Биологическое потребление кислорода (БПК₅) в поверхностных водах Севастопольской бухты варьировало от 1,30 до 4,20 мгО₂/дм³, в придонных – от 0,21 до 1,47 мгО₂/дм³, на взморье – соответственно в диапазонах 0,24-5,49 и 0,03-2,22 мгО₂/дм³, при нормируемом предельном максимуме 3,0 мгО₂/дм³. В Севастопольской бухте превышение норматива отмечалось в сентябре в восточной ее половине и в кутовой части бухты Южная. На взморье превышающие допустимый уровень значения БПК₅ наблюдались почти ежемесячно в зонах, подверженных влиянию различных КОС. Максимальное (в 1,8 раза) превышение норматива было зафиксировано в апреле над оголовком выпуска КОС пос. Андреевка.

Содержание **микроэлементов** в поверхностных водах Севастопольской бухты изменялось в пределах 10-11 мкг/дм³ для марганца двухвалентного (Mn²⁺) и 8-280 мкг/дм³ для цинка.

Максимальная концентрация последнего в 5,6 раза превышала соответствующую ПДК (ПДК_{Zn}=50 мкг/дм³). На взморье Севастополя содержание ртути было на порядок ниже ПДК и составило 0,01-0,03 мкг/дм³. Превышение ПДК по меди (ПДК_{Cu}=5 мкг/дм³) фиксировалось ежемесячно. Максимальное содержание в мае достигало 28,2 мкг/дм³ (5,6 ПДК) в поверхностных водах и 24,4 мкг/дм³ (4,8 ПДК) в придонных. Повторяемость концентрации меди, превысившей ПДК, составила 61% от общего количества определений. Повышенное содержание железа (ПДК_{Fe}=50 мкг/дм³) в поверхностных водах наблюдалось в марте (до 49,2 мкг/дм³) и апреле (до 50,0 мкг/дм³), в придонных водах превышение ПДК в 1,2-2,1 раза (до 104,5 мкг/дм³) фиксировалось с февраля по апрель. Концентрация свинца варьировала от «не обнаружено» до 7,4 мкг/дм³ в поверхностных водах и до 10,1 мкг/дм³ в придонных (ПДК_{Pb}=10 мкг/дм³), единичный случай превышения ПДК зафиксирован в зоне влияния КОС «Южные». Содержание марганца в основном было ниже ПДК (ПДК_{Mn}=50 мкг/дм³), не превышая 45,7 мкг/дм³ у поверхности и 12,7 мкг/дм³ у дна. Исключение было зафиксировано в марте, когда максимальная концентрация его в поверхностных водах у мыса Херсонес и на траверзе Василевой балки достигала 160 мкг/дм³ (3,2 ПДК) и 545 мкг/дм³ (10,9 ПДК) соответственно. Содержание хрома трехвалентного (Cr³⁺) изменялось в диапазоне 0,2-4,6 мкг/дм³ в поверхностных водах и от аналитического нуля до 9,0 мкг/дм³ в придонных.

3.2.2. Взморье ЮБК, порт Ялта

Загрязнение вод акватории п. Ялта **НУ** было минимальным с 2014 г. 17 февраля наблюдалось их повышенное содержание (до 0,06-0,08 мг/дм³ или 1,2-1,6 ПДК), в остальной период уровень загрязнения вод не превышал нижнего предела количественного определения (0,02 мг/дм³). На взморье ЮБК в июле фиксировалось превышающее ПДК (0,05 мг/дм³) содержание НУ в районе выпуска КОС «Партенит» до 0,56 мг/дм³ (11 ПДК), в прибрежных водах пос. Приветное до 0,20 мг/дм³ (4 ПДК), в Коктебельской бухте до 0,13 мг/дм³ (2,6 ПДК), в районе выпуска КОС «Утес» до 0,06 мг/дм³ (1,2 ПДК). На траверзе Карадага загрязнение вод в июле достигало 0,11 мг/дм³, в сентябре – 0,08 мг/дм³ (2,2 и 1,6 ПДК соответственно).

Загрязнение морских вод **СПАВ** было ниже ПДК (100 мкг/дм³). В акватории п. Ялта нижний предел количественного определения (10 мкг/дм³) был превышен только в феврале у дна и в июне у поверхности, 11 и 17 мкг/дм³ соответственно. Среднегодовое загрязнение (4 мкг/дм³), как и в предыдущие годы, было незначительным. В прибрежных районах ЮБК концентрация СПАВ изменялась от <10 до 62 мкг/дм³. Максимальное загрязнение вод наблюдалось в июле у пос. Симеиз до 58 и 62 мкг/дм³ на поверхностном и придонном горизонтах соответственно. Концентрация **фенолов**

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

В водах акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, было обнаружено присутствие **ХОП** (γ -ГХЦГ, ДДД, ДДЭ и ГПХ). Все пробы содержали ГПХ в концентрации от 1,5 до 18,3 нг/дм³. 88% отобранных проб были загрязнены ДДД, максимальное содержание которого достигало 4,8 нг/дм³ в поверхностных водах и 3,0 нг/дм³ в придонных. Остальные из зафиксированных ХОП присутствовали только в 3-5 пробах в концентрации не превышающей 1,2 нг/дм³. Присутствие α -ГХЦГ, ДДТ и альдрина, а так же **ПХБ** не зафиксировано.

Концентрация всех форм **азота** была значительно ниже соответствующих ПДК. В акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, поверхностные воды содержали его больше, чем придонные (рис. 3.4). Концентрация общего азота изменялась в пределах от 190 до 3270 мкг/дм³ у поверхности и от 75 до 1100 мкг/дм³ у дна. Концентрация неорганического азота изменялось в диапазонах: 0-5 мкг/дм³ для нитритного, 5-65 мкг/дм³ для аммонийного и 8-720 мкг/дм³ для нитратного азота. Среднегодовое содержание общего азота возросло в 2020 г. в сравнении с предыдущим годом (860 и 610 мкг/дм³ соответственно) на фоне снижения суммы его минеральных форм - 160 и 220 мкг/дм³ соответственно (рис. 3.5). В прибрежных водах ЮБК за пределами п. Ялта содержание общего азота не превышало 810 мкг/дм³, за исключением июля, когда в районе пос. Симеиз на придонном горизонте была зафиксирована концентрация 1170 мкг/дм³. Концентрация нитритного, нитратного и аммонийного азота в прибрежных водах ЮБК не превышала 6, 43 и 208 мкг/дм³ соответственно.

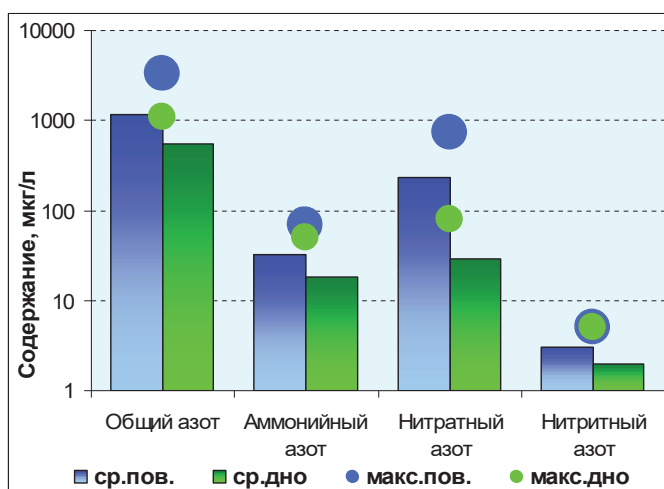


Рис. 3.4. Среднее и максимальное содержания общего и минерального азота в поверхностных и придонных водах акватории порта Ялта в 2020 г.

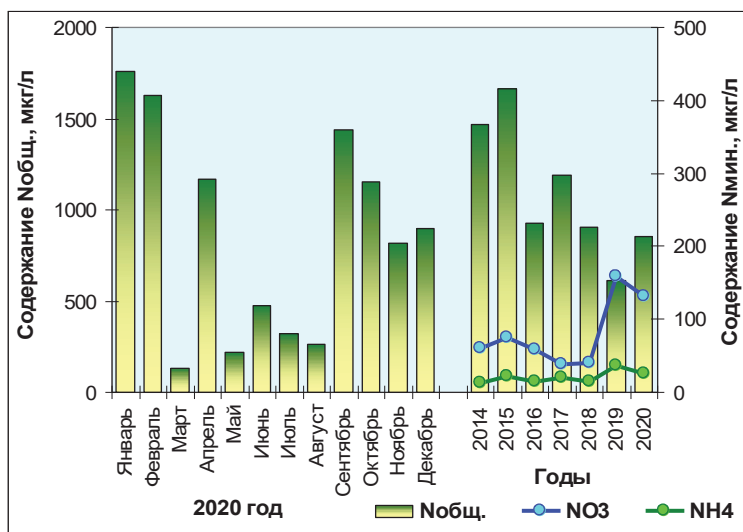


Рис. 3.5. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение содержания общего и минерального азота в водах акватории порта Ялта.

Максимальное общее содержание **фосфора** достигало 170 мкг/дм^3 в августе в поверхностных водах акватории п. Ялта и 140 мкг/дм^3 в июле в придонных водах в районе выпуска КОС «Ялта». Концентрация фосфатного фосфора, как и прежде, была ниже ПДК, не превысив 24 мкг/дм^3 в порту и 35 мкг/дм^3 за его пределами. Среднее за год содержание общего фосфора (66 мкг/дм^3) продолжило тенденцию роста (рис. 3.6).

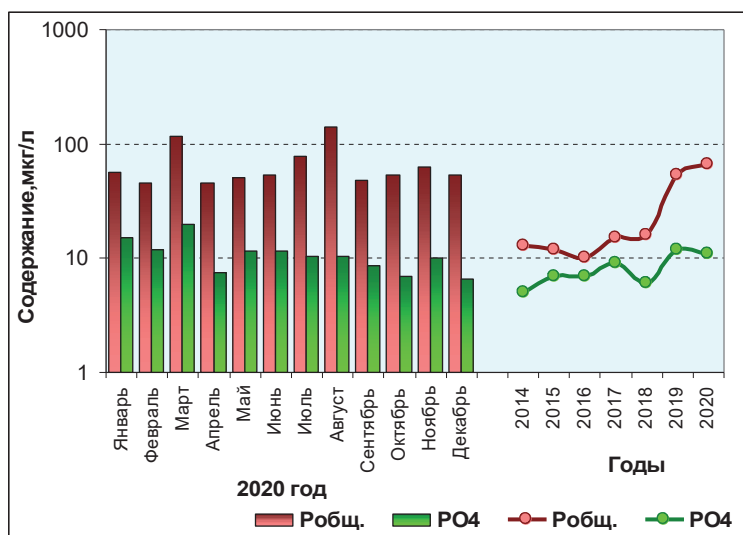


Рис. 3.6. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение содержания фосфора в водах акватории порта Ялта.

В прибрежных водах ЮБК содержание **кремния** не превышало $110\text{--}120 \text{ мкг/дм}^3$. В поверхностных водах акватории п. Ялта концентрация

его изменялась от 670 мкг/дм³ (январь-февраль) до 91 мкг/дм³ (ноябрь), и, как и прежде, была значительно выше, чем в придонных водах, где в течение года не превышала 200 мкг/дм³ (февраль). Среднегодовое содержание в слое поверхность-дно составило 200 мкг/дм³, продолжив тренд на понижение с 2016 г., когда оно достигло 1010 мкг/дм³.

Аэрация вод акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, была недостаточной (рис. 3.7). Насыщение вод **растворенным кислородом** лишь в единичных случаях достигало или незначительно превышало 100% рубеж (до 102-106% насыщения). По среднемесячным значениям дефицит кислорода составил от 2 до 17% насыщения. По абсолютным значениям содержание его варьировало в пределах 5,87-9,46 мгО₂/дм³ на поверхности и 6,79-9,47 мгО₂/дм³ у дна. Дефицит растворенного кислорода в акватории п. Ялта был более выражен в поверхностном слое (рис. 3.7). Среднегодовое содержание его составило 8,00 мгО₂/дм³ или 89% насыщения и, продолжив тенденцию снижения уровня аэрации вод, было минимальным за последние годы. Аэрация прибрежных вод Крыма за пределами п. Ялта соответствовала фоновым условиям. В июле поверхностные воды содержали от 8,35 до 9,91 мгО₂/дм³ (111-131% насыщения), в сентябре от 7,45 до 7,71 мгО₂/дм³ (99-103% насыщения), незначительное недонасыщение поверхностных вод фиксировалось в районе Карадага (рис. 3.8).

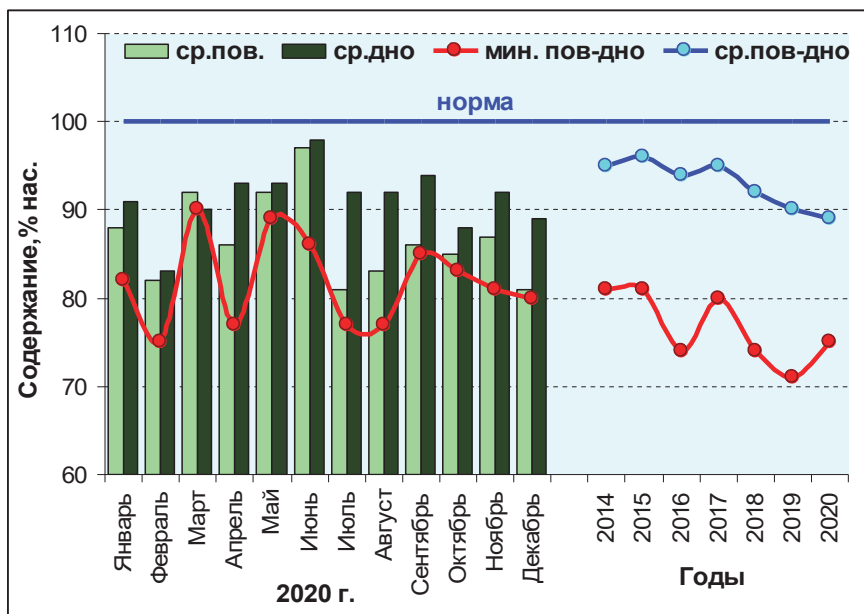


Рис. 3.7. Сезонное (2020 г.) и межгодовое изменение среднего и минимального содержания растворенного кислорода в водах акватории порта Ялта

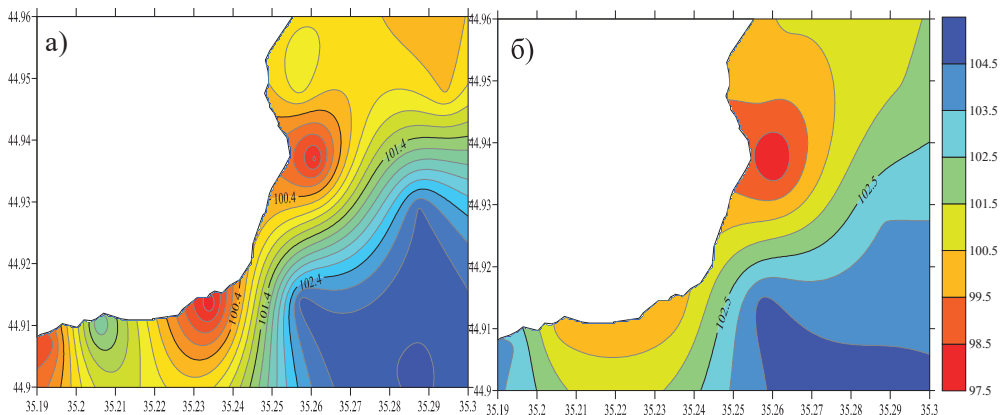


Рис. 3.8. Распределение величин насыщения вод кислородом (% насыщения) на поверхностном (а) и придонном (б) горизонтах у побережья Карадагского природного заповедника 16.09.2020 г.

Значение BPK_5 у берегов Крыма в июле в поверхностных водах варьировало от $1,64 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (КОС «Утёс») до $3,05 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (Коктебельская бухта; уровень ПДК), в придонных водах не превышало $1,74 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ (траверз Карадага), в сентябре на обоих горизонтах было менее $0,66 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$.

В июле выполнялось определение содержания **микроэлементов**. Концентрация синца, меди, железа и марганца изменялась от «не обнаружено» до $5,0, 6,3, 11,5$ и $10,7 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ соответственно, хрома – от $2,1$ до $3,6 \text{ мкг}/\text{дм}^3$. И только в районах пос. Симеиз и пос. Приветное в поверхностных водах концентрация марганца достигала $24,4\text{-}26,0 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ($PDK_{Mn}=50 \text{ мкг}/\text{дм}^3$).

Таблица 3.1. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С	ПДК	С	ПДК	С	ПДК
Севастопольская бухта	НУ	0,04	0,8	0,025	0,5	0,06	1,1
		0,06	1,2	0,10	2,0	0,40	8,0
	СПАВ	-		19	0,2	29	0,3
		-		44	0,4	53	0,5
	Аммонийный азот	9	<0,1	62	<0,1	120	<0,1
		300	0,1	100	<0,1	260	<0,1
	Нитритный азот	2	<0,1	3	0,1	5	0,2
24		1,0	17	0,7	9	0,4	
Растворенный кислород*	9,13		9,06		8,62		
	7,30		8,02		8,23		
Севастопольское взморье	НУ	0,03	0,6	0,02	0,4	0,04	0,7
		0,12	2,4	0,10	2,0	0,30	6,0
	СПАВ	-		17	0,2	31	0,3

		-		59	0,6	110	1,1
	Аммонийный азот	24	<0,1	48	<0,1	90	<0,1
		223	<0,1	181	<0,1	300	0,1
	Нитритный азот	2	<0,1	3	0,1	3	0,1
		68	2,8	12	0,5	21	0,9
Растворенный кислород*	9,32		9,08		9,34		
	8,12		7,76		7,60		
Акватория п. Ялта	НУ	0,01	0,2	0,02	0,3	0	
		0,02	0,4	0,19	3,8	0,08	1,6
	СПАВ	9	<0,1	2	<0,1	4	<0,1
		42	0,4	12	0,1	17	0,2
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,91	<0,1	0,14	<0,1	0,08	<0,1
		5,82	0,6	1,33	0,1	0,73	<0,1
	α-ГХЦГ	0		0,06	<0,1	0	
		0		0,65	<0,1	0	
	ДДТ	0,06	<0,1	0,11	<0,1	0	
		0,94	<0,1	2,06	0,2	0	
	ДДЭ	0		0,18	<0,1	0,20	<0,1
		0		2,85	0,3	1,16	0,1
	ДДД	0,07	<0,1	1,92	0,2	1,34	0,1
		1,00	0,1	11,06	1,1	4,82	0,5
	Альдрин	0,15	<0,1	0		0	
		3,16	0,3	0		0	
	Гептахлор	0,88	<0,1	4,96	0,5	6,66	0,7
		3,84	0,4	12,92	1,3	18,34	1,8
	ПХБ	0		0		1,52	0,2
		0		0		7,19	0,7
	Аммонийный азот	15	<0,1	24	<0,1	25	<0,1
		27	<0,1	104	<0,1	69	<0,1
	Нитритный азот	2	<0,1	4	0,2	2	0,1
		6	0,2	15	0,6	5	0,2
	Растворенный кислород*	8,33		8,20		8,00	
		5,60	0,93	5,44	0,91	4,11	0,69

* – для растворенного кислорода указано минимальное значение на поверхностном горизонте.

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. В 2020 г. черноморские воды в акватории п. Ялта оставались «чистыми» (II класс качества вод), на взморье Крыма в зоне

ответственности г. Севастополя классифицировались как «умеренно загрязненные» (III класс), а в Севастопольской бухте ухудшили качество и классифицировались как «грязные» (IV класс), (табл. 3.2, рис. 3.9).

Кислородный режим прибрежных вод в зоне ответственности г. Севастополя в целом был в пределах нормы. Перенасыщение поверхностных вод достигало 36% насыщения, аэрация придонных вод преимущественно соответствовала природным условиям. Дефицит растворенного кислорода в отдельных районах Севастопольской бухты в декабре достигал 11% насыщения, в сентябре – до 42% насыщения. Аэрация вод акватории п. Ялта была недостаточной в течение года. По среднемесячным значениям дефицит кислорода достигал 17% насыщения. Среднегодовое содержание его составило 89% насыщения, продолжив многолетнюю тенденцию ухудшения качества вод. Аэрация прибрежных вод Крыма за пределами п. Ялта соответствовала фоновым условиям. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой изменчивости и не превышали ПДК. Ухудшение качества вод Севастопольской бухты и взморья обусловлено ростом нефтяного загрязнения и концентрации микроэлементов.

Таблица 3.2. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Севастопольская бухта	0,56	II	0,48	II	1.26	IV	НП 1,10; цинк 2,62; БПК ₅ 0,61; O ₂ 0,70
Севастопольское взморье	0,48	II	0,44	II	0.85	III	НП 0,70; медь 1,64; БПК ₅ 0,41; O ₂ 0,64
Акватория п. Ялта	0,28	II	0,44	II	0.45	II	ПХБ 0,15; ГПХ 0,67; P-PO ₄ 0,22; O ₂ 0,75

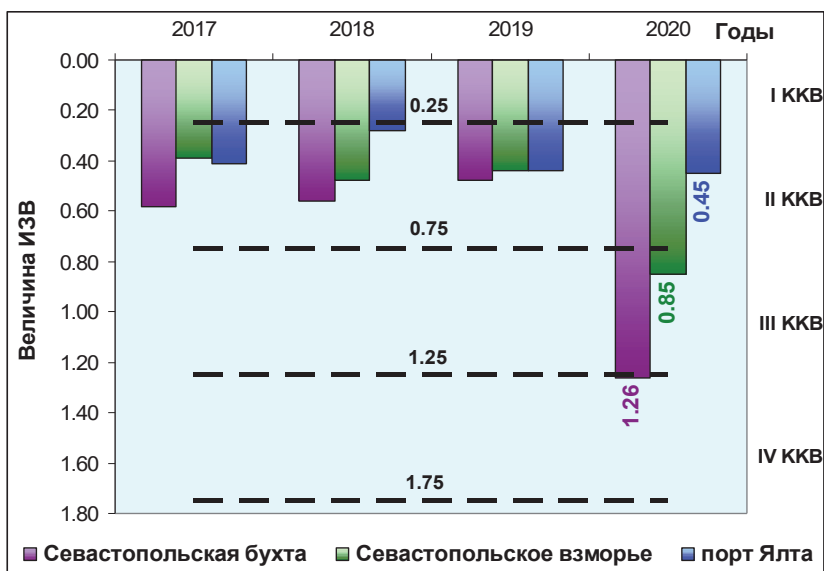


Рис. 3.9. Многолетнее изменение величины индекса загрязненности вод (ИЗВ) морских акваторий у берегов Крыма.

4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

Ипатова С.В., Аляутдинов А.Р., Жохова Н.В., Чекменева Н.А.

4.1. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы

В 2020 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (г. Санкт-Петербург) на 40 станциях сети ГСН. На акватории Невской губы к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) до устья реки Нева на акватории Морского Торгового Порто (МТП) на 1 станции в течение всего года, в открытой части губы на 17 станциях в течение всего года, в районе пос. Ольгино на 1 станции рядом с выходом сбросовой трубы Северной станции аэрации (февраль-октябрь), в южном курортном районе губы на 3 станциях (май-октябрь); в северном курортном районе на 1 станции (май-октябрь). В восточной части Финского залива за пределами КЗС отбор проб был выполнен в курортном районе мелководной части Финского залива на 2 станциях (май-октябрь), в мелководной зоне на 6 станциях (сентябрь), в Лужской и Копорской губе на 4 станциях (сентябрь), в глубоководном районе на 5 станциях (август-сентябрь)

Качество воды определялось по следующим показателям: соленость, рН, щелочность, кислород (абсолютный, относительный), БПК₅, фосфор фосфатный, фосфор общий, кремний, азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, азот общий, тяжелые металлы (Pb, Cu, Cd, Mn, Zn, Ni, Co, Cr, Hg, Fe и Al), нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ и хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ. Наблюдения осуществлялись с использованием маломерного экспедиционного судна, в зимний период со льда, на курортных станциях – с берега.

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

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с современными утвержденными методиками. Биохимическое потребление кислорода за пять суток (БПК₅) определялось по «Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПК_{полн}) в поверхностных, пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных вод» (РД 52.24.420 – 2006). Химические анализы выполнялись в Аналитической лаборатории ФГБУ «Северо-Западное УГМС», аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре за номером РОСС

RU.0007.510422. Содержание нефтепродуктов определялось ИК-спектрометрическим методом; фенола – хроматография; СПАВ – (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим методом; металлов – методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды.

4.2. Характеристика гидрометеорологических условий

Метеорологические условия. В течение 2020 г. преобладал циклонический характер погодных условий, что отразилось на среднем годовом атмосферном давлении. По ОГМС Санкт-Петербург оно оказалось низким, на 1,3 гПа ниже среднего многолетнего значения, что является существенным отклонением от нормы. 2020 г. стал самым теплым за весь период регулярных наблюдений за погодой, его среднегодовая температура воздуха составила 8,2°C превысив климатическую норму на 3,8°. 2020 г. вошел в пятерку самых теплых лет за всю историю инструментальных наблюдений за погодой (с 1881 г.). До 2020 г. самым теплым был 2015 г., его среднегодовая температура превышала климатическую норму на 3,3°. Отличительной особенностью последних лет был повышенный относительно нормы температурный фон в большинстве месяцев всех сезонов, особенно заметный в зимние месяцы.

Годовые суммы осадков на большинстве прибрежных метеостанций немного превысили годовые нормы (на 7-29%). В течение года происходило чередование периодов с избыточным увлажнением и засушливых периодов. Больше всего осадков было отмечено в холодную часть года (с января по март, в июле и декабре), наибольший дефицит осадков отмечался в мае и сентябре.

Гидрология. В среднем за 2020 г. водность р. Невы была выше нормы, модульный коэффициент среднего стока составил 1,16. Наибольшая доля годового стока (за гидрологический год с 1 октября 2019 г. по 30 сентября 2020 г.) пришлась, как обычно, на летний сезон и составила 35,4% по сравнению с 39,5% в многолетнем распределении. Ледовый период сезона 2019-2020 г. отличался большой неустойчивостью, Впервые за весь период наблюдений не сформировался устойчивый ледяной покров по всей рассматриваемой акватории. Продолжительность периода с ледовыми явлениями на р. Неве составила 105-110 дней, что на 30-40 дней меньше обычного. В целом в 2020 г. средние годовые уровни в восточной части Финского залива и Выборгском заливе находились в пределах +19...+20 см, в Невской губе и её вершине в пределах +26...+37 см, превысив средние многолетние годовые значения соответственно на 15-17 см и 20-25 см. Для режима солёности характерен пониженный фон на мелководье Невской губы и повышенный фон для восточной части Финского залива практически на протяжении всего рассматриваемого периода.

Наименьшая прозрачность воды в 2020 г. наблюдалась в Невской губе, наибольшая – в открытых районах восточной части Финского залива.

4.3. Центральная часть Невской губы

В Невской губе в 2020 г. гидрохимические съемки проводились в феврале со льда и в период с мая по октябрь, в навигационный период. Оценка качества вод Невской губы проводилась по 32 показателям, при этом использовались применяемые к поверхностным водам суши нормативы (ПДК).

В 2020 г. значения солености в слое поверхность-дно изменялись в пределах от 0,06‰ до 0,24‰ (табл. 4.1) при среднем 0,07‰. Величина водородного показателя рН была в диапазоне 6,55-8,21, в среднем – 7,12. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,465 ммоль/дм³ до 1,58 ммоль/дм³ в начале марта на поверхности.

Таблица 4.1. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2015-2020 гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Температура (°С)	12,68/ 20,77	14,1/ 22,23	12,97/ 19,42	12,91/ 20,82	13,57 19,27	14,13/ 20,79
Соленость (‰)	НД	0,09/ 2,07	0,08/ 2,10	0,06/ 0,31	0,06/ 0,24	0,07/ 0,43
Кислород * (мгО ₂ /дм ³)	10,08/ 7,90	9,83/ 7,43	9,99/ 6,67	10,08/ 7,96	9,86/ 7,92	9,55/ 6,27
Кислород (%)	91,30/ 124,0	94,10/ 120,30	93,56/ 117,50	94,06/ 113,40	93,14/ 122,60	91,7/ 122,60
БПК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	1,51/ 3,20	1,49/ 4,20	1,40/ 3,60	1,37/ 3,70	1,46/ 5,60	1,35/ 8,20
рН	7,41/ 7,99	7,44/ 7,98	7,20/ 7,96	7,14/ 7,68	7,12/ 7,94	7,12/ 8,20
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,52/ 0,78	0,54/ 0,98	0,55/ 1,47	0,52/ 1,01	0,55/ 0,78	0,56/ 1,58

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

Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме и изменялось в пределах 6,27-13,20 мгО₂/дм³ при среднем 9,55 мгО₂/дм³ в слое поверхность-дно. Насыщение вод кислородом не соответствовало норме (70%) в 4 пробах из 213 проб отобранных на определение данного показателя. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в 4% проб. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в июле на ст. 12 в поверхностном горизонте (123%).

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения ($DL=10$ мкг/дм³) в 73 пробе из 213, в остальных варьировала от 20 до 775 мкг/дм³ (2,0 ПДК) в поверхностном слое и до 862 мкг/дм³ (2,2 ПДК) в придонном (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2015-2020 г.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	71,60/ 580,0	78,35/ 550,0	55,94/ 556,0	44,97/ 485,0	68,17/ 937,0	52,41/ 862,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	9,06/ 80,50	10,89/ 64,00	10,40/ 41,00	9,16/ 54,0	10,29/ 42,0	11,47/ 55,0	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	216,26/ 710,0	245,75/ 916,0	259,45/ 820,0	215,15/ 619,0	230,41/ 670,0	221,20/ 921,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	612,39/ 1300,0	661,89/ 1315,0	689,45/ 1499,0	636,02/ 1232,0	646,54/ 1759,0	634,84/ 2081,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	2,50/ 28,0	5,30/ 35,0	4,48/ 41,0	3,75/ 54,0	13,14/ 84,0	3,83/ 100,0	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	6,56/ 43,1	11,47/ 58,0	9,82/ 52,0	9,64/ 63,0	18,10/ 89,0	11,16/ 124,0	

В 2020 г. концентрация азота нитратов во всех отобранных пробах была ниже ПДК. Диапазон концентрации в поверхностном слое находился в пределах 95-921 мкг/дм³, в придонном горизонте – 121-606 мкг/дм³. Содержание азота нитритного превысило предельно допустимый уровень в 13% проб. Максимальная концентрация показателя 55 мкг/дм³. (2,3 ПДК) наблюдалась на ст. №12 в октябре, на поверхности.

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленный норматив (2,1 мгO₂/дм³) в 29 пробе из 193. Диапазон в поверхностном слое составлял 0-8,2 мгO₂/дм³ (3,9 ПДК), в придонном слое – 0,6-5,2 мгO₂/дм³ (2,5 ПДК). Среднее значение за год во всем столбе воды — 1,29 мгO₂/дм³ (0,6 ПДК). Содержание фенола было ниже уровня ПДК во всех отобранных пробах и изменялось в пределах от минимально определяемой величины до 0,1 мкг/дм³. Содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а

также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) было ниже предела обнаружения методик во всех отобранных пробах.

Содержание Phenols в долях ПДК = 1,0мкг/дм³

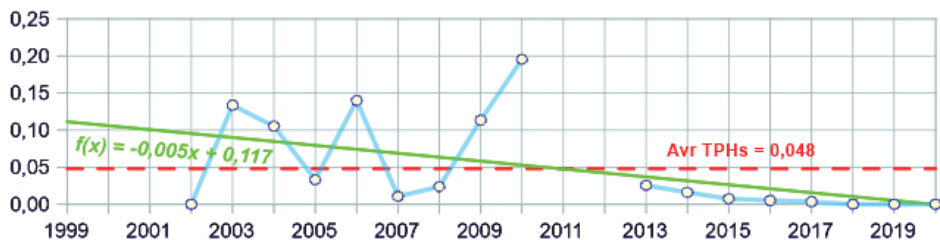


Рис. 4.1. Изменение среднего содержания фенола (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999-2020 гг.

Металлы. В 2020 г. в водах Центральной части Невской губы концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм³) во всех пробах (табл. 4.3). В поверхностном слое диапазон значений составил 1,0-16,2 мкг/дм³ в придонном — 2,5-20 мкг/дм³. Наибольшие значения концентрации меди были зафиксированы в июле на поверхности на ст. №1 в июле (16,2 ПДК) и в придонном слое на ст. №9 — 20,0 ПДК. ПДК по содержанию цинка (10 мкг/дм³) был превышен в 85% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в придонном слое в августе на ст. 15 – 77 мкг/дм³, что соответствует уровню 7,7 ПДК.

Таблица 4.3. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Центральной части Невской губы в 2015-2020 гг.

Металлы	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Cu, мкг/дм ³	3,59/ 28,0	4,24/ 40,0	2,83/ 9,5	3,73/ 10,6	3,39/ 7,5	4,81/ 20,0	1
Zn, мкг/дм ³	11,09/ 65,0	11,04/ 59,0	8,33/ 30,8	21,38/ 88,0	32,58/ 97,0	19,71/ 77,0	10
Mn, мкг/дм ³	12,32/ 189,0	7,56/ 53,3	6,54/ 212,0	9,6/ 140,0	4,49/ 100,0	3,24/ 46,0	10
Fe, мкг/дм ³	46,56/ 330,0	103,66/ 303,0	68,85/ 358,0	99,0/ 210,0	46,20/ 190,0	84,95/ 450,0	100
Al, мкг/дм ³	20,71/ 78,0	16,31/ 58,0	23,25/ 47,0	25,68/ 54,0	22,18/ 59,0	28,76/ 78,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,66/ 4,20	0,86/ 8,90	0,43/ 2,20	0,0/ 0,0	0,02/ 4,6	0,07/ 4,2	6

Выводы. Основной вклад в загрязнение вносили медь, цинк, марганец и железо. В целом, средняя концентрация меди показала максимальные значения с 2007 года (4,8 ПДК), среднегодовое содержание цинка уменьшилось по сравнению с абсолютным

максимумом 2019 года и вернулось на средний многолетний уровень, концентрация железа увеличилась по сравнению с прошлым годом.



Рис. 4.2. Изменение среднего содержания Cu (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999-2020 гг.

Среднее годовое содержание марганца стало минимальным с 2007 года. Содержание свинца в водах Невской губы в течение 2020 г. было ниже предела обнаружения в 98 % проб. Содержание никеля и кобальта не превышало установленных ПДК. Воды Центральной части Невской губы не загрязнены нефтяными углеводородами. Концентрация фенола и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ и ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) была ниже ПДК и находилась на уровне предела обнаружения. Уровень ПДК по содержанию СПАВ был превышен только в 3%. Среднее годовое содержание нитритного азота стало максимальным с 2004 года (11,47мкг/дм³ — 0,48 ПДК). Концентрация аммонийного азота и нитратного азота находилась на среднем многолетнем уровне. Содержание фосфатов по фосфору не превышало установленной нормы. Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от 6,27 до 13,20 мг/дм³ в слое поверхность-дно. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) Центральной части Невской губы в 2020 году составил 2,05 - V класс, и определяет воды как «грязные». Начиная с 2017 года наблюдается постоянное ежегодное ухудшение качества вод.

4.4 Северный курортный район.

В 2020 г. наблюдения в Северном курортном районе выполнялись на ст. №12а в полном объеме ежемесячно в период с мая по октябрь. Отбор всех шести проб осуществлялся с поверхностного горизонта. При оценке качества вод использовались нормативы (ПДК), применяемые к поверхностным водам суши.

В Северном курортном районе Невской губы значения солёности изменялись в пределах 0,06-0,36 ‰. Величина водородного показателя pH была в диапазоне 6,83-8,70, в среднем – 7,71. Средняя величина водородного показателя была максимальной за пять лет. Значения показателя щёлочности варьировали в интервале от 0,563 ммоль/дм³ до

0,887 ммоль/дм³ в начале августа на поверхности. Кислородный режим в районе в течение всего года был удовлетворительным. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме (6 мг/дм³) и изменялось в пределах 9,50-11,82 мг/дм³. Случаев дефицита кислорода (<70%) отмечено не было. Перенасыщение вод кислородом (>100%) было зафиксировано в 4 пробах из 6. Максимум был отмечен на поверхности в июне – 140 %.

Таблица 4.4. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Температура (°С)	14,27/ 19,30	14,73/ 19,80	14,65/ 20,6	16,33/ 23,5	17,1/ 20,7	16,78/ 24,0
Соленость (%)	НД	0,08/ 0,11	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,06/ 0,07	0,12/ 0,36
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,66/ 9,86	11,43/ 8,82	11,00/ 9,16	10,23/ 8,39	11,43/ 9,22	10,89/ 11,82
Кислород (%)	103,62/ 122,7	112,73/ 153,9	108,18/ 132,2	104,08/ 140,7	118,67/ 151,4	112,12/ 140,4
pH	7,53/ 8,35	7,52/ 8,69	7,34/ 8,17	7,05/ 7,37	7,33/ 7,68	7,71/ 8,7
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,57/ 0,61	0,71/ 1,05	0,67/ 0,77	0,61/ 0,71	0,63/ 0,67	0,72/ 0,887
БПК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	2,95/ 5,9	4,12/ 7,6	2,88/ 4,2	2,93/ 3,8	3,58/ 7,0	3,27/ 4,8

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=10 мг/дм³) в 3 пробах из 5, в остальных варьировала от 33 до 99 мг/дм³, что существенно ниже ПДК (389 мг/дм³) (табл. 4.2). Диапазон значений азота нитритного составил 9,9-33 мг/дм³, при среднем 12,82 мг/дм³.

Содержание N-NO₂ в долях ПДК = 24мкгN/дм³

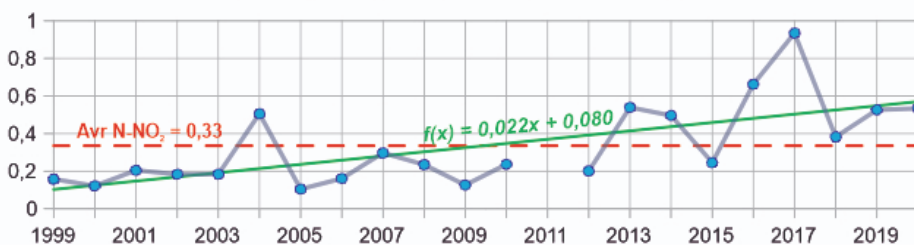


Рис. 4.3. Изменение среднего содержания N-NO₂ (в ПДК) в водах Северного курортного района в 1999-2020 гг.

Концентрация азота нитратного изменялось в интервале 14-515 мг/дм³. Содержание общего азота показало максимальное значение за последние 5 лет. Содержание фосфатов по фосфору не превышало

уровень ПДК (50 мкг/дм³), диапазон концентраций находился в пределах от минимально определяемой величины до 28 мкг/дм³ (октябрь). Максимальная концентрация фосфора общего составила 37 мкг/дм³ (октябрь).

Таблица 4.5. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	55,0/ 180,0	42,33/ 135,0	45,33/ 178,0	45,5/ 138,0	62,0/ 173,0	22,0/ 99,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	5,88/ 16,0	15,9/ 55,0	22,43/ 60,0	9,17/ 22,0	12,63/ 23,0	12,82/ 33,0	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	161,5/ 440,0	245,5/ 740,0	313,83/ 592,0	96,17/ 358,0	152,5/ 386,0	136,83/ 515,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	613,33/ 750,0	873,0/ 1099,0	887,33/ 1172,0	618,83/ 1101,0	733,83/ 893,0	828,0/ 1336,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	2,47/ 9,2	14,88/ 22,0	4,71/ 9,7	8,68/ 16,0	20,67/ 34,0	7,47/ 28,0	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	8,12/ 15,0	26,0/ 36,0	15,65/ 23,0	24,5/ 33,0	32,17/ 40,0	19,48/ 37,0	

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 5 пробах из 6. Диапазон значений составил 1,9-4,8 мгО₂/дм³, при среднем 3,3 мгО₂/дм³ (1,6 ПДК). Максимальное содержание органических веществ по БПК₅ в северном курортном районе (4,8 мгО₂/дм³) наблюдалась в июле. В 2020 г. концентрация нефтяных углеводородов в водах района выше уровня ПДК была зафиксирована в единственной значащей пробе - 60 мг/дм³. Содержание фенола выше предела обнаружения методики было зафиксировано в одной пробе - 0,1 мкг/дм³. Диапазон концентрации СПАВ в водах района находился в пределах от минимально определяемой величины до 103 мкг/дм³. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. Концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм³) во всех отобранных пробах. Диапазон концентраций находился в пределах 3,0-5,4 мкг/дм³, максимальная концентрация была зафиксирована в августе. Среднее содержание ингредиента составило 4,13 мкг/дм³- 4,1 ПДК.

Таблица 4.6. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Северного курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Металлы	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Сu, мкг/дм ³	7,32/ 12,0	6,42/ 9,30	4,97/ 8,40	6,37/ 11,3	5,8/ 16,9	4,13/ 5,4	1
Zn, мкг/дм ³	15,32/ 24,0	32,38/ 94,3	12,98/ 28,7	16,11/ 59,0	19,52/ 34,0	23,50/ 45,0	10
Mn, мкг/дм ³	13,40/ 57,0	5,27/ 12,80	5,08/ 16,90	6,37/ 19,0	15,27/ 39,0	3,8/ 10,8	10
Fe, мкг/дм ³	78,60/ 162,0	231,50 / 648,0	100,67/ 201,0	168,0/ 340,0	71,5/ 100,0	92,5/ 240,0	100
Al, мкг/дм ³	28,67/ 39,0	39,17/ 108,0	32,50/ 64,0	53,0/ 120,0	47,83/ 86,0	29,5/ 46,0	40
Pb, мкг/дм ³	1,00/ 2,0	1,58/ 4,60	1,0/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	6

Содержание цинка в 5 из 6 проб превышало ПДК ; максимум (4,5 ПДК) наблюдался в сентябре, а средняя (23,50 мкг/дм³) уступала только уровню 2016 г. Диапазон концентрации марганца в водах района находился в пределах от минимально определяемой величины до 10,8 мкг/дм³. Среднее содержание марганца 3,8 мкг/дм³ стало минимальным значением за 5-летний период. Концентрация железа изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 240 мкг/дм³. Максимум (2,4 ПДК) был зафиксирован в октябре. Содержание алюминия превысило ПДК только в одной пробе. Диапазон концентрации ингредиента составил 14-46 мкг/дм³, при среднем 29,5 мкг/дм³. В 2020 г. концентрация алюминия стала минимальной с 2016 г. Содержание кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК, а свинец не был обнаружен.



Рис. 4.4. Изменение среднего содержания Mn(в ПДК) в водах Северного курортного района в 1999-2020 гг.

Выводы. В 2020 г. основными загрязняющими веществами в водах Северного курортного района являлись: медь (средняя годовая 4,1 ПДК/максимальная 5,4 ПДК), цинк (2,4/4,5 ПДК), и загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅)

(1,6/2,3 ПДК). В целом, содержание меди возвращается на многолетние показатели после локального максимума 2018 года. Второй год наблюдается снижение концентрации меди в отличие от цинка, концентрация которого демонстрирует рост начиная с 2017 года. Среди других загрязняющих необходимо отметить железо (0,93/2,4 ПДК), и алюминий (0,74/1,15 ПДК), максимальные значения содержания которых превышали ПДК. Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышали установленных ПДК. Очевидно, что воды Северного курортного района не загрязнены биогенными элементами: не было отмечено превышение ПДК по фосфатам, аммонийного азоту и нитратному азоту. Только в одной пробе содержание азота нитритного превысило установленную норму 33мкг/дм³/1,4 ПДК. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 5 пробах из 6. Воды Северного курортного района не загрязнены нефтяными углеводородами. Концентрация фенола и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ и ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) была ниже ПДК и находилась на уровне предела обнаружения. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от 9,50 до 11,82 мг/дм³. Случаев дефицита кислорода (< 70%) отмечено не было. Индекс загрязнения вод Северного курортного района в 2020 году составил 2,15 (V класс), что определяет воды как «грязные». Тем не менее, значение ИЗВ меньше показателей 2018 и 2019 годов, что говорит об незначительном, но улучшении качества вод.

4.5 Южный курортный район.

В 2020 г. наблюдения в Южном курортном районе выполнялись на ст. №11а,14а,17а в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь. Отбор всех 16 проб осуществлялся только на поверхности. При оценке качества вод использовались нормативы (ПДК), применяемые к поверхностным водам суши.

Значения солености изменялись в пределах 0,06-0,13‰ (табл. 4.7), что соответствует прошлогодним значениям. Средняя соленость в период наблюдения составила 0,08‰. Диапазон значений водородного показателя рН составил 6,94-8,17, в среднем – 7,30. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,63 ммоль/дм³ до максимального 1,33 ммоль/дм³. Диапазон концентрации кислорода находился в пределах от 7,86 до 11,17 мгО₂/дм³, в среднем 9,73 мгО₂/дм³, что соответствует показателям предыдущих лет. Насыщение вод кислородом меньше допустимого предела (70%) в 2019 г. в водах Южного курортного района зафиксировано не было. Перенасыщение вод кислородом (>100%) было зафиксировано в 7 пробах из 16. Максимум был отмечен в июне на ст. №14а – 111,7%.

Таблица 4.7. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Температура (°C)	14,96/ 19,0	15,30/ 21,0	15,54/ 19,6	15,91/ 23,1	17,02/ 22,9	16,08/ 20,90
Соленость (‰)	Н/Д	0,11/ 0,41	0,08/ 0,11	0,11/ 0,35	0,08 0,12	0,08/ 0,13
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,21/ 9,33	9,74/ 7,80	10,27/ 8,25	10,24/ 7,45	9,95/ 7,82	9,73/ 7,86
Кислород (%)	100,70/ 112,4	96,70/ 119,0	102,82/ 143,0	103,05/ 129,9	103,02/ 136,4	98,2/ 111,7
pH	7,48/ 8,38	7,64/ 8,68	7,50/ 8,23	7,20/ 7,85	7,57/ 8,84	7,30/ 8,17
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,87/ 1,57	1,18/ 2,90	1,34/ 3,20	0,93/ 2,21	1,04/ 2,54	0,92/ 1,33
БПК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	2,78/ 5,00	2,37/ 6,40	2,76/ 6,0	2,56/ 4,40	2,43/ 3,70	2,1/ 3,6

Биогенные вещества. Только в одной пробе из 16 концентрация азота нитритного превысила ПДК - 34 мкг/дм³. Диапазон значений ингредиента составил 4,3-34 мкг/дм³, при среднем 10,7 мкг/дм³. Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота стали минимальными за последние 5 лет. Интервал значений составил 0-97,0 мкг/дм³.

Таблица 4.8. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Южного курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	74,90/ 350,0	60,0/ 292,0	78,72/ 265,0	54,72/ 188,0	55,82/ 222,0	31,44/ 97,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	10,59/ 43,0	12,49/ 42,0	12,09/ 21,0	10,38/ 21,0	7,98/ 13,0	10,7/ 34,0	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	113,90/ 490,0	229,40/ 587,0	189,56/ 467,0	91,28/ 323,0	120,82/ 366,0	91,69/ 204,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	570,60/ 900,0	850,60/ 1134,0	848,17/ 1322,0	649,05/ 1180,0	606,35/ 932,0		
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	3,27/ 11,0	20,20/ 65,0	11,68/ 57,0	13,33/ 40,0	20,97/ 93,0		50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	6,60/ 16,0	33,20/ 99,0	24,17/ 89,0	23,21/ 66,0	25,61/ 102,0		

Превышающих ПДК концентрации азота нитратного отмечено не было, максимальная концентрация показателя составила 204 мкг/дм³ и

наблюдалась в октябре на ст. №17а. Диапазон содержания фосфатного фосфора находился в пределах от минимально определяемой величины до 21 мкг/дм³ (октябрь, ст. №11а) при среднем 3,56 мкг/дм³. Максимальная концентрация фосфора общего составила 28 мкг/дм³ и наблюдалась также на ст. №11а в октябре.

Органические загрязняющие вещества. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышала установленный норматив в 57% проб; интервал составил 1,4-3,6 мгО₂/дм³ (май, ст. №11а). Средняя концентрация ингредиента составила 2,1 мгО₂/дм³ – 1 ПДК.



Рис. 4.5. Изменение среднего содержания ТРНs(в ПДК) в водах Южного курортного района в 1999-2020 гг.

Содержание нефтяных углеводородов было ниже уровня ПДК во всех отобранных пробах и изменялось в пределах от минимально определяемой величины до 5 мкг/дм³. Содержание фенола было выше предела обнаружения методики в единственной пробе, отобранной на ст. №11а в мае – 0,1 мкг/дм³. Концентрации СПАВ изменялись в пределах от аналитического нуля до 0,110 мг/дм³ и превышали уровень ПДК в 3 пробах из 16 отобранных проб. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. В 2020 г. концентрация меди в водах Южного курортного района Невской губы превышала норматив во всех отобранных пробах, максимальное значение составило 7,2 Cu мкг/дм³ (7,2 ПДК). Среднее содержание меди 4,44 Cu мкг/дм³(4,4 ПДК). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка в водах района был превышен в 14 пробах из 16, а максимальная величина 66,0 Zn мкг/дм³ (6,6 ПДК) зафиксирована на станции ст. №17а. Среднее значение составило 22,74 Zn мкг/дм³ (2,2 ПДК). Начиная с 2013 г. наблюдается ежегодное повышение концентрации ингредиента. Значащее содержание марганца было зафиксировано в 12 пробах из 16, а концентрация изменялась от аналитического нуля (DL=1 мкг/дм³) до 5,1 мкг/дм³ (0,5 ПДК). Средняя концентрация марганца в период наблюдения составила 2,14 мкг/дм³(0,2 ПДК) и находится на уровне абсолютного уровня 2007 г.

Таблица 4.9. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Южного Курортного района Невской губы в 2015-2020 гг.

Металлы	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Cu, мкг/дм ³	4,21/ 9,40	4,59/ 9,80	3,92/ 8,10	5,62/ 12,3	5,99/ 9,0	4,44/ 7,2	1
Zn, мкг/дм ³	10,60/ 29,0	14,33/ 26,20	8,40/ 18,70	31,8/ 140,0	16,72/ 27,9	22,74/ 66,0	10
Mn, мкг/дм ³	6,25/ 33,0	5,33/ 18,0	10,67/ 146,0	3,57/ 17,9	6,75/ 45,0	2,14/ 5,1	10
Fe, мкг/дм ³	45,3/ 93,0	154,5/ 604,0	52,78/ 159,0	74,5/ 150,0	28,71/ 68,0	40,19/ 98,0	100
Al, мкг/дм ³	34,0/ 106,0	34,69/ 87,0	18,94/ 35,0	25,89/ 52,0	23,35/ 46,0	20,88/ 36,0	40
Pb, мкг/дм ³	0,78/ 2,0	0,95/ 4,3	0,11/ 2,0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	6

В 6 пробах из 16 было зафиксировано концентрация железа ниже уровня ПДК. Максимальная концентрация железа составила 0,88 ПДК при среднем 0,4 ПДК. Во всех пробах концентрация алюминия не превышала ПДК. Содержание алюминия изменялось в диапазоне от аналитического нуля до 36,0 мкг/дм³ (0,9 ПДК) при среднем 23,35 мкг/дм³ (0,6 ПДК). Содержание свинца, хрома и кобальта было ниже уровня аналитического определения во всех пробах. Содержание кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК, а свинец не был обнаружен.



Рис. 4.6. Изменение среднего содержания Cu (в ПДК) в водах Южного курортного района в 1999-2020 гг.

Выводы. Основной вклад в загрязнение вод Южного курортного района вносили медь (средняя годовая 4,4 ПДК/максимальная 7,2 ПДК), цинк (2,3/6,6 ПДК), и загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (1,0/1,7 ПДК). В целом, содержание меди возвращается на многолетние показатели после локального максимума 2018 года. Содержание цинка остается высоким

по сравнению с многолетним средним показателем (1,4 ПДК), хотя и меньше абсолютного максимума 2018 года (2,3 ПДК). Содержание железа, алюминия, свинца, марганца, никеля и кобальта не превышали уровень ПДК. Очевидно, что воды Южного курортного района не загрязнены биогенными элементами: не было отмечено превышение ПДК по фосфатам, аммонийного азоту и нитратному азоту. Только в одной пробе содержание азота нитритного превысило установленную норму 34мкг/дм³/1,4 ПДК. Содержание нефтяных углеводородов и фенола не превышали установленные ПДК. Концентрация СПАВ превысила норму в 3 из 16 проб, максимальное значение составило 1,1 ПДК. Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения. Содержание кислорода абсолютного соответствовало нормативу во всех отобранных пробах. Диапазон концентраций находился в пределах от 7,86 до 11,17 мг/дм³. Случаев дефицита кислорода отмечено не было. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) Южного курортного района в 2020 году составил 2,09, что относится к V классу, и определяет воды как «грязные». Второй год подряд наблюдается снижение индекса загрязнения, что позволяет говорить о незначительном улучшении качества вод.

4.6 Морской торговый порт.

В 2020 г. наблюдения в районе Морского торгового порта Санкт-Петербурга выполнялись на ст.№5 в полном объеме ежемесячно в течение всего года. Отбор всех 18 проб осуществлялся с поверхностного и придонного горизонтов (глубина 11-12 м).

Средняя температура воды 10,92°С показала максимальное значение с 2014 г. Значения солености изменялись в пределах 0,06-0,08‰ (придонный горизонт, октябрь), при среднем 0,07‰, что соответствует многолетним значениям (табл 4.10). Диапазон значений водородного показателя рН во всей водной толще составил 6,83-7,54, в среднем – 7,09. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,53 ммоль/дм³ до максимального 0,628 ммоль/дм³. Содержание кислорода превышало минимальную установленную норму и изменялось в течение всего года в пределах 7,76-13,23 мгО₂/дм³ в поверхностном слое и 7,87-12,38 мгО₂/дм³ в придонном. Случаев дефицита кислорода (<70% насыщения) и перенасыщение вод кислородом (>100%) в 2020г. на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было.

Таблица 4.10. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2015-2020г.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Температура	8,69/	9,27/	9,77/	10,14/	10,39/	10,92/

(°C)	18,49	21,32	18,95	19,94	18,4	19,52
Соленость (‰)	Н/Д	0,08/ 0,15	0,07/ 0,10	0,08/ 0,2	0,07/ 0,1	0,07/ 0,08
Кислород* (мгО ₂ /дм ³)	10,62/ 7,66	10,59/ 6,60	10,52/ 8,07	10,59/ 7,87	10,29/ 7,67	10,13/ 7,76
Кислород (%)	88,20/ 101,0	88,46/ 106,50	89,94/ 98,60	90,67/ 110,30	88,69/ 79,2	88,8/ 94,5
рН	7,43/ 7,79	7,42/ 7,86	7,11/ 7,42	7,12/ 7,49	7,22/ 7,53	7,09/ 7,54
Щелочность (ммоль/дм ³)	0,57/ 0,70	0,61/ 0,72	0,61/ 0,78	0,55/ 0,68	0,57/ 0,64	0,58/ 0,63
БПК ₅ (мгО ₂ /дм ³)	1,47/ 3,40	1,79/ 3,80	1,52/ 2,90	1,29/ 2,40	1,41/ 3,1	1,1/ 2,3

Биогенные вещества. В 2020г. по данным наблюдений в водах Морского торгового порта диапазон значений концентрации аммонийного азота на поверхностном горизонте изменялся от уровня обнаружения методики до 99 мкг/дм³ (июль), в придонном слое – от 47 мкг/дм³ до 102 мкг/дм³ (табл. 4.11). Среднее содержание ингредиента во всей толще воды составило 59,18 мкг/дм³. Превышение ПДК по аммонийному азоту зафиксировано не было. Максимальная концентрация нитратного азота на поверхности составила 351 мкг/дм³ (февраль), а у дна – 303 мкг/дм³ (октябрь). Среднее содержание ингредиента во всей толще воды составило 248,24 мкг/дм³, что существенно ниже ПДК.



Рис. 4.7. Изменение среднего содержания N-NH₄ (в ПДК) в водах Морского торгового порта в 1999-2020 гг.

На поверхности значения нитритного азота изменялись в диапазоне 3,3-27,0, при среднем 10,48 мкг/дм³; в придонном слое — 9,5-26,0/14,92 мкг/дм³. Среднее содержание нитритного азота во всей толще воды составило 12,05 мкг/дм³ — 0,5 ПДК стало максимальным с 2016 г.

Таблица 4.11. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2015-2020гг.

Ингредиент	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Азот аммонийный N-NH ₄ мкгN/дм ³	151,91/ 390,0	114,43/ 305,0	76,47/ 120,0	55,67/ 102,0	65,72/ 120,0	59,17/ 102,0	389
Азот нитритов N-NO ₂ мкгN/дм ³	13,81/ 46,0	11,28/ 53,0	13,85/ 45,0	8,22/ 16,0	8,10/ 13,0	12,05/ 27,0	24
Азот нитратов N-NO ₃ мкгN/дм ³	273,64/ 770,0	300,29/ 460,0	271,29/ 449,0	205,56/ 330,0	232,0/ 339,0	248,24/ 351,0	9032
Общий азот N _{total} мкгN/дм ³	740,91/ 1370,0	730,33/ 1149,0	686,18/ 865,0	648,83/ 842,0	618,72/ 797,0	660,71/ 841,0	
Фосфатный фосфор P-PO ₄ мкгP/дм ³	6,77/ 13,0	7,27/ 15,0	5,84/ 13,0	2,71/ 9,3	9,77/ 17,0	2,35/ 9,4	50
Общий фосфор P _{total} мкгP/дм ³	11,72/ 22,0	12,91/ 29,0	11,92/ 25,0	8,06/ 15,0	13,63/ 24,0	9,09/ 13,0	

На поверхности содержание фосфатов изменялось в пределах от значений ниже предела обнаружения до 9,4 мкг/дм³ (февраль) при среднем 3,64 мкгP/дм³. В придонном слое концентрация ингредиента была ниже уровня определения.

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 12% проб. Максимальная концентрация (2,3 мгO₂/дм³) наблюдалась в декабре в поверхностном горизонте. Средняя концентрация ингредиента составила 1,1 мгO₂/дм³ — 0,5 ПДК. Концентрация нефтепродуктов не превышала уровень ПДК (50 мкг/дм³) во всех отобранных пробах. Диапазон концентраций показателя находился в пределах от минимально определяемой величины до 19 мкг/дм³. Превышения уровня ПДК по содержанию фенола в акватории МТП в 2020 г. зафиксировано не было, диапазон концентраций находился в пределе от минимально определяемой величины до 0,0001 мг/дм³. Превышения норматива (0,10 мг/дм³) по содержанию СПАВ, в акватории МТП зафиксировано не было: во всех отобранных проб его содержание было ниже предела обнаружения методики. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. Содержание меди превышало норматив ПДК во всех отобранных в МТП пробах и остается высоким с 2014 г. (табл. 4.12). Диапазон концентрации на поверхности 3,1-5,7 мкг/дм³ (5,7 ПДК, январь) при среднем 3,91 (3,9 ПДК), в придонном слое 3,4-6,9 мкг/дм³ (6,9 ПДК, июль) при среднем 4,91 (4,9 ПДК). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 11 пробах из 17.

Максимум (30,0 мкг/дм³, 3,0 ПДК) наблюдался в ноябре на поверхности. Средняя концентрация цинка на поверхности составила 15,3 мкг/дм³ (1,5 ПДК), а в придонном слое 18,38 мкг/дм³ (1,8 ПДК).

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм³) в водах Морского торгового порта в 2015-2020 гг.

Металлы	2015	2016	2017	2018	2019	2020	ПДК
Сu, мкг/дм ³	3,70/ 7,80	3,83/ 7,80	3,68/ 11,7	4,77/ 12,0	4,8/ 18,1	4,26/ 6,9	1
Zn, мкг/дм ³	11,57/ 37,0	11,66/ 37,0	16,85/ 51,9	24,79 54,0	27,19/ 62,0	16,39/ 30,0	10
Mn, мкг/дм ³	11,20/ 61,0	10,60/ 61,0	14,01/ 107,0	13,76/ 47,0	7,59/ 71,0	6,67/ 27,6	10
Fe, мкг/дм ³	96,27/ 460,0	112,09/ 238,0	117,59/ 452,0	129,33/ 260,0	102,05/ 460,0	80,71/ 180,0	100
Al, мкг/дм ³	25,7/ 77,0	27,7/ 68,0	33,11/ 59,0	35,33/ 58,0	34,11/ 78,0	41,24/ 110,0	40
Pb, мкг/дм ³	1,71/ 11,0	1,79/ 12,2	0,86/ 2,6	0,17/ 3,1	0/ 0	0,19/ 3,2	6

Диапазон значений концентрации марганца во всем столбе воды изменялся в пределах от аналитического нуля до 27,6 мкг/дм³ (2,8 ПДК, март, поверхность). Средняя концентрация марганца на поверхности 7,45 мкг/дм³ (0,7 ПДК), в придонном слое 5,25 мкг/дм³ (0,5 ПДК). Несмотря на высокую концентрацию марганца, его среднее значение за 2020г. стало минимальным с 2014 г. Содержание железа превышало допустимую норму в 3 пробах из 17; максимум 180 мкг/дм³ (1,8 ПДК) был зафиксирован в июне на дне. Средняя концентрация железа во всем столбе воды составила 80,71 мкг/дм³ (0,8 ПДК). И среднее и максимальное содержание железа показали минимальные значения с 2015 г. Концентрация алюминия превышала ПДК в 7 пробах из 17, наибольшая (110,0 мкг/дм³, 2,8 ПДК), наблюдалась в июне на дне. Средняя концентрация алюминия на поверхности — 35,18 мкг/дм³ (0,88 ПДК), в придонном слое 52,33 мкг/дм³ (1,3 ПДК). Концентрация алюминия стала максимальной с 2015 г.



Рис. 4.8. Изменение среднего содержания Mn (в ПДК) в водах Морского торгового порта в 1999-2020 гг.

Выводы. В 2020 году основными загрязняющими веществами акватории Морского торгового порта стали: медь (средняя годовая 4,3 ПДК/максимальная 6,9 ПДК), цинк (1,6/3,0 ПДК) и алюминий (1,0/2,8 ПДК). Концентрация меди и цинка снизилась по сравнению с локальными максимумами 2018 и 2019 годов. Содержание алюминия в водах Морского торгового порта показало максимальное значение с 2015 года. Концентрация марганца превышала ПДК в 29% проб, а железа в 18% проб. Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышали уровня ПДК. Акватория Морского торгового порта не загрязнены биогенными элементами: концентрация фосфатов по фосфору, азота нитратного и аммонийного не превышала установленной нормы. Концентрация азота нитритного выше уровня ПДК была зафиксирована в 17% проб, содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК₅ превышало установленную норму в 12% проб. Концентрация нефтепродуктов и фенола, не превышала уровень ПДК во всех отобранных пробах, а содержание СПАВ было ниже методики обнаружения. Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения. Содержание кислорода абсолютного соответствовало нормативу во всех отобранных пробах. Диапазон концентраций находился в пределах от 7,76 до 13,23 мг/дм³ во всем столбе воды. Случаев дефицита кислорода отмечено не было. Индекс загрязнения вод акватории Морского торгового порта в 2020 году составил 2,9 (V класс), что определяет воды как «грязные». Тем не менее, значение ИЗВ меньше показателей 2018 и 2019 годов, что говорит об незначительном, но улучшении качества вод.

4.7 Северная станция аэрации

В 2020 году основными загрязняющими веществами в водах Северной станции аэрации являлись: медь (средняя годовая 4,6 ПДК/максимальная 6,3 ПДК), цинк (1,6/3,5 ПДК), азот нитритов (1,06/2,08 ПДК). Концентрация цинка снизилась по сравнению с локальными максимумами 2018 и 2019 годов. Среди других загрязняющих необходимо отметить марганец (0,41/2,25 ПДК), загрязнение вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (0,99/1,4 ПДК), которое снизилось по сравнению с прошлым годом, аммонийный азот (0,38/1,31 ПДК), фосфора фосфатов (0,23/1,1 ПДК), максимальные значения содержания которых превышали установленные нормативы. Тем не менее, содержание аммонийного азота стало минимальным с 2013 года, а фосфора фосфатного — на уровне локального минимума 2017 года. Во всех отобранных пробах концентрация никеля, свинца, железа не превышала установленных нормативов. Содержание нефтяных углеводородов и фенола выше уровня ПДК зафиксировано не было. Содержание

растворенного кислорода во всех пробах воды, отобранных с поверхностного и придонного горизонта, было в пределах нормы. Диапазон значений составил 8,36 – 11,74 мг/дм³ во всем столбе воды. Случаев дефицита кислорода отмечено не было. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) Северной станции аэрации в 2020 году составил 1,97, что относится к V классу, и определяет воды как «грязные». Второй год подряд наблюдается снижение индекса загрязнения, что позволяет говорить о незначительном улучшении качества вод.

ВЫВОДЫ

В 2020 году совокупный индекс загрязнения вод Невской губы к востоку от Комплекса защитных сооружений составил 2,03 (V класс), что определяет воды как «грязные».

Таблица 4.13 ИЗВ районов Невской губы

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Центральная часть Невской губа	1,86	V	1,99	V	2,05	V	Cu 4,81; Zn 1,98; Fe 0,79; O ₂ 0,63
2. Северный курортный р-н	2,49	V	2,50	V	2,15	V	Cu 4,13; Zn 2,35; BOD ₅ 1,56; O ₂ 0,55
3. Южный курортный р-н	2,65	V	2,36	V	2,09	V	Cu 4,44; Zn 2,27; BOD ₅ 1,01; O ₂ 0,62
4. Морской торговый порт	2,3	V	2,28	V	1,88	V	Cu 4,27; Zn 1,64; Al 1,03; O ₂ 0,59
5. Северная станция аэрации	2,26	V	2,38	V	1,97	V	Cu 4,59; Zn 1,63; NO ₂ 1,06; O ₂ 0,62
Невская губа в целом	2,31	V	2,3	V	2,03	V	

Однако, необходимо отметить, что наблюдается незначительная тенденция к снижению индекса загрязнения вод, особенно по сравнению с прошлым годом (рис.4.9). Среди районов Невской губы, только центральная часть характеризуется повышением индекса, все остальные районы начиная с 2017 года отмечают улучшение качества вод. Среди основных загрязняющих элементов вод Невской губы выделяются следующие: медь — в 100% является основным загрязняющим элементом всех районов с максимальным превышением установленных нормативов, цинк — также в 100% является основным загрязняющим элементом всех районов, загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) — в 40% случаев.



Рис. 4.9 Оценка качества вод Невской губы 2018-2020 гг.

4.8 Финский залив

Курортный район мелководной зоны Восточной части.

Основной вклад в загрязнение вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива вносили железо (средняя годовая 4,3 ПДК/максимальная 16,4 ПДК), загрязнение морских вод легкоокисляемыми органическими веществами (по БПК₅) (1,1/1,8 ПДК) и медь (0,8/1,5 ПДК). Анализ проб на содержание тяжелых металлов показывает, что в курортном районе мелководной зоны превышения допустимых значений наблюдались по таким показателям, как цинк (0,4/1,0 ПДК), и марганец (0,2/1,1 ПДК). Содержание алюминия, никеля, свинца, кадмия и кобальта не превышали установленные ПДК. Во всех отобранных пробах воды максимальная концентрация аммонийного азота (0,2 ПДК), нитритного азота (0,7 ПДК), нитратного азота (0,4 ПДК) и фосфатного фосфора (0,3 ПДК) не превышала установленных нормативов и находилась на уровне среднего многолетнего значения. Очевидно, что воды Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива не загрязнены биогенными элементами. Содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения методики во всех отобранных пробах. Содержание фенола выше предела обнаружения методики зафиксировано в двух пробах — 0,1 мг/дм³. Концентрация СПАВ превышала уровень ПДК в 25% проб (0,2/1,0 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения. Кислородный режим в данном районе в течение всего года был удовлетворительным. Диапазон значений составил 8,86 – 11,50 мг/дм³ во всем столбе воды. Случаев дефицита кислорода (<70%) зафиксировано не было. Индекс загрязнения вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2020 году составил 1,7 (IV класс), и определяет воды как «загрязненные». В 2020 году уровень загрязнения выше, чем в 2019 (1,22), однако существенно ниже локальных максимумов 2016 (ИЗВ=2,2) и 2017 (ИЗВ=2,3) годов.

Мелководная зона восточной части Финского залива.

В 2020 году основными загрязняющими веществами в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива являлись металлы: марганец (средняя годовая 1,3 ПДК/максимальная 9,8 ПДК), медь (0,7/2,0 ПДК) и цинк (0,4/1,0 ПДК). Средняя концентрация марганца показала максимальные значения с 1999 года, за исключением абсолютного максимума 2015 года, а концентрация цинка стала максимальной с 2010 года. Во всех пробах концентрация ртути, свинца и хрома общего была ниже предела обнаружения методик. Средние и максимальные значения содержания биогенных элементов аммонийного азота, нитритного азота, нитратного азота не превышали установленных нормативов. Концентрация фосфатного фосфора также зафиксирована ниже ПДК, за исключением единственной пробы, отобранной в придонном слое (60 мкг/дм³), что составляет 1,2 ПДК. Содержание нефтепродуктов, СПАВ и фенола в водах мелководного района в период проведения гидрохимических съемок в июле и сентябре 2020 г. было ниже предела обнаружения методик во всех отобранных пробах. Во всех отобранных пробах концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) были ниже предела чувствительности метода определения. По данным гидрохимической съемки в июле и сентябре 2020 г. в поверхностном слое случаев дефицита кислорода (<70%) зафиксировано не было. В отличие от придонного слоя, где дефицит кислорода был отмечен в 50% проб. Перенасыщения вод кислородом (>100%) было зафиксировано в 6 пробах. В 2020 году индекс загрязнения вод Мелководной зоны восточной части Финского залива составил 0,8, что относится к III классу качества вод. В целом ИЗВ находится чуть выше среднего многолетнего уровня качества вод — 0,74.

Глубоководная зона восточной части Финского залива.

Основной вклад в загрязнение вод Глубоководной зоны восточной части Финского залива вносили медь (средняя годовая 1,0 ПДК/максимальная 1,7 ПДК), марганец (0,5/2,4 ПДК) и фосфор фосфатный (0,5/1,8). Во всех пробах концентрации железа общего, ртути, свинца и хрома общего были ниже предела обнаружения методик. Содержание кадмия в трех пробах из 21 превысило ПДК. Во всех пробах содержание цинка было ниже уровня ПДК. В июле его концентрация изменялась в пределах от <5,0 до 8,8 мкг/дм³, в придонном слое — от <5,0 до 7,9 мкг/дм³. В сентябре диапазон концентрации в поверхностном горизонте составил 20,0 – 44,0 мкг/дм³, в придонном горизонте – 22,1 – 48,0 мкг/дм³. Средние и максимальные значения содержания биогенных элементов: аммонийного азота, нитритного азота, нитратного азота и фосфатного фосфора не

превышали установленных нормативов. На всех станциях Глубоководного района восточной части Финского залива содержание нефтепродуктов, фенола и СПАВ в период проведения гидрохимических съемок было ниже предела обнаружения методики ($<0,005 \text{ мг/дм}^3$). Во всех исследованных пробах воды содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения. Кислородный режим вод Глубоководного района восточной части Финского залива в целом был удовлетворительным. На всех станциях района в поверхностном горизонте в июле и сентябре значения кислорода абсолютного не выходили за пределы норматива. В придонном горизонте были отмечены 3 случая снижения содержания ниже нормы. В 2020 индекс загрязнения вод К Глубоководной зоны восточной части Финского залива году составил 0,7 (II класс), что определяет воды как «чистые». По сравнению с 2018 и 2019 годами, когда ИЗВ составлял соответственно 1,1 и 1,3, наблюдается существенное улучшение качества вод.

Копорская губа.

В 2020 году основными загрязняющими веществами в водах Копорской губы стали металлы: марганец (средняя годовая 0,9 ПДК/максимальная 4,0 ПДК), медь (0,7/1,2 ПДК) и цинк (0,4/0,8 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрации железа общего, ртути, свинца и хрома общего были ниже предела обнаружения методик. Концентрация кадмия не превышала уровень ПДК во всех пробах, отобранных в Копорской губе, за исключением одной пробы отобранной в сентябре в придонном горизонте – $1,00 \text{ мкг/дм}^3$. Случаев нарушения норматива по содержанию азота нитритного (0,1/0,3 ПДК), азота аммонийного (0,03/0,2 ПДК), азота нитратного (0/0,02 ПДК), фосфатного фосфора (0,2/0,7 ПДК) зафиксировано не было. Очевидно, воды Копорской губы не загрязнены биогенными элементами. Содержание нефтепродуктов, фенола, СПАВ в водах Копорской губы было ниже предела обнаружения методик во всех отобранных пробах. Во всех исследованных пробах воды содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения. Кислородный режим вод района был удовлетворительным. Во время проведения съемки диапазон значений кислорода абсолютного составил в слое поверхность-дно $8,24 - 9,95 \text{ мг/дм}^3$ в июле и $4,34-9,45 \text{ мг/дм}^3$ в сентябре. В трех случаях было отмечено нарушение норматива в придонном горизонте. Перенасыщения вод кислородом ($>100\%$) наблюдалось в двух пробах воды отобранных в июле в поверхностном слое. В 2020 году индекс загрязнения вод Копорской губы составил составил 0,7, что относится к II классу качества вод и определяет воды как «чистые». По сравнению с прошлым годом (ИЗВ=0,6) качество вод незначительно ухудшилось, но

находится на одном уровне со средним многолетним показателем (ИЗВ=0,7).

Лужская губа.

Основной вклад в загрязнение вод Глубоководной зоны восточной части Финского залива вносили медь (средняя годовая 0,8 ПДК/максимальная 1,4 ПДК), марганец (0,6/1,9 ПДК) и цинк (0,4/0,8). Во всех пробах, отобранных в Лужской губе, содержание железа общего, ртути, свинца и хрома общего было ниже предела обнаружения методик. Во всех пробах воды отобранных в июле и сентябре в водах губы содержание фосфатов по фосфору (0,3/0,8 ПДК), азота аммонийного (0,02/0,1 ПДК), азота нитритного (0,2/0,5), азота нитратного (0,01/0,02 ПДК) в поверхностном и придонном горизонте не превышало предельно допустимой концентрации. Очевидно, воды Лужской губы не загрязнены биогенными элементами. Содержание нефтепродуктов, фенола и СПАВ в водах Лужской губы было ниже предела обнаружения методики во всех отобранных пробах. Во всех исследованных пробах воды содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α -ГХЦГ и γ -ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения. Кислородный режим вод Лужской губы в целом был удовлетворительным, во всех отобранных пробах значения кислорода абсолютного не выходили за пределы норматива (норматив — 6 мг/дм³), за исключением двух проб, отобранных в сентябре. В 2020 году индекс загрязнения вод Лужской губы составил 0,6, что относится к II классу качества вод и определяет воды как «чистые». В 2020 году по сравнению с локальными максимумами 2018 (ИЗВ=0,8) и 2019 (ИЗВ=0,9) годов, наблюдается существенное улучшение качество вод.

В 2020 году совокупный индекс загрязнения вод восточной части Финского залива к западу от Комплекса защитных сооружений составил 0,88 (III класс), что определяет воды как «умеренно загрязненные».

Качество вод восточной части Финского залива по гидрохимическим показателям по данным гидрохимических съемок 2020 г. можно оценить как удовлетворительное (табл.4.2, рис.4.2). В морских водах отмечаются случаи нарушения кислородного режима, не достигающие уровня экстремально высокого загрязнения. Концентрации загрязняющих веществ, превышающие допустимые нормы, были зафиксированы для соединений металлов (медь, кадмий, марганец, цинк и железо общее). Повышенное содержание марганца и присутствие меди было зафиксировано во всех районах восточной части Финского залива. Уровень загрязнения вод восточной части Финского залива нефтепродуктами, фенолами, синтетическими поверхностно-активными веществами (СПАВ) и хлорорганические пестициды, весьма низок.

Таблица 4.14. ИЗВ районов восточной части Финского залива

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Курортный район МЗВЧ.	1,69	IV	1,22	IV	1,69	IV	Fe 4,28; BOD ₅ 1,11; Cu 0,79; O ₂ 0,61
Мелководная зона восточной части ФЗ.	0,87	III	0,61	II	0,8	III	Mn 1,26; Cu 0,68; Zn 0,43; O ₂ 0,83
Глубоководная зона восточной части ФЗ.	1,0	III	1,3	IV	0,65	II	Cu 0,96; Mn 0,48; P-PO ₄ 0,5 O ₂ 0,72
Копорская губа	0,77	III	0,57	II	0,7	II	Mn 0,90; Cu 0,73; Zn 0,40; O ₂ 0,77
Лужская губа	0,75	II	0,88	III	0,58	II	Cu 0,82; Mn 0,57; Zn 0,39; O ₂ 0,55
Вост. часть Финского залива	1,02	III	0,92	III	0,88	III	

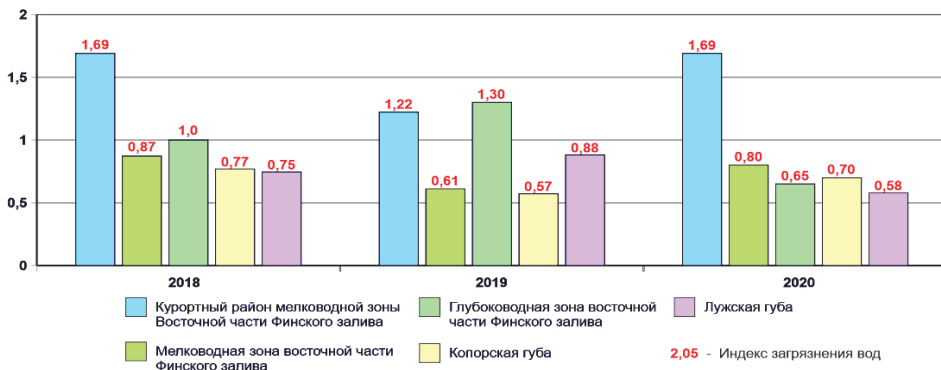


Рис.4.10. Оценка качества вод Восточной части Финского залива в 2018-2020 гг.

Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

Плакуева М.В., Красавина А.С., Чаус О.М., Устинова А.А., Украинская К.В.,
Жохова Н.В., Кочетков В.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 (351 226 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 (185 075 человек), Онега (19 706), Беломорск (10 052), Кандалакша (32 592), нефтяной порт Витино в нескольких км к югу от Кандалакши (грузооборот – 2,3 млн.т), Кемь (11 775 чел.) и Мезень - город (3325 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 Двинский залив

Две гидрохимические съёмки в центральной части залива на семи стандартных станциях были выполнены 2-3 июля и 27-28 октября 2020 г. Температура варьировала от -0,3°C до 16°C. Минимум наблюдался в слое на глубине 80 м, в июле. Соленость на исследованной акватории в среднем составила 22,2‰ с наибольшими значениями, как и в предыдущие годы, в придонном слое, диапазон значений 10,5-27,9‰. Содержание нефтяных углеводородов изменялось от предела обнаружения 0,005 мг/дм³ до 0,101 мг/дм³ (2 ПДК), при среднем значении 0,016 мг/дм³. Значения нефтяных углеводородов в водах Двинского залива остались на уровне прошлогодних (рис.10). Однако превышение ПДК было обнаружено только в 1 пробе, против трёх проб в 2019 г. Хлорорганические пестициды и СПАВ в водах Двинского залива не выявлены.

Содержание аммонийного азота в среднем по всем пробам составило 4 мкг/дм³; пределы – от 0 до 26,6 мкг/дм³ Концентрация нитратного

азота была в диапазоне 2,9-61 мкг/дм³, в среднем 19,9 мкг/дм³; нитритного азота 1,18-5,45/2,7 мкг/дм³; общего фосфора 12,03-39,28/18,2 мкг/дм³, фосфатов 4,57-30,4/12,4 мкг/дм³. Среднегодовая концентрация силикатов составила 609,5 мкг/дм³, диапазон составил 239,9-1305,35 мкг/дм³, это выше прошлогодних значений и почти равно значениям 2018 г. Кислородный режим вод Двинского залива продолжил ухудшаться с 2018г.: среднее содержание растворенного кислорода, как и в 2019 г., было равным 7,4 мгО₂/дм³, (против 8,33 мгО₂/дм³ в 2018г.), а диапазон его изменений 4,6-10,2 мгО₂/дм³, что также почти соответствует уровню 2019 г. (рис. 11). Процент насыщения изменялся от 41,7% до 99,4%, в среднем составил 69,8%, что является очень низким значением, хоть и немного выше, чем в 2019 г

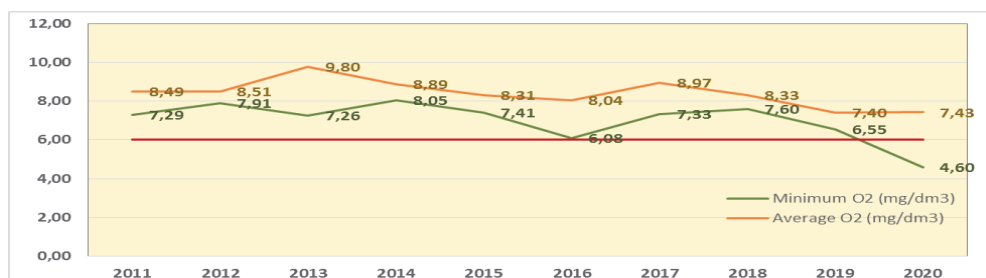


Рис. 5.1. Динамика среднего и минимального содержания кислорода (мг/дм³) в поверхностном слое в водах Двинского залива Белого моря в период 2011-2020 гг.

5.3. Кандалакшский залив. В 2020 г. на водпосту на акватории Кандалакшского морского торгового порта было отобрано 6 проб из приповерхностного слоя. Анализ проб морской воды выполнялся по 30 показателям. Значения температуры варьировали в диапазоне от - 0,1^oC (в марте) до 16,6^oC (в августе). Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 3,8‰ до 12,4‰ при среднегодовом значении 8,05‰. Водородный показатель в пробах воды варьировал в пределах 6,34–8,12 ед.рН, среднее значение 7,44 ед.рН. Общая щелочность изменялась в диапазоне 0–0,864 мг-экв/дм³. Кислородный режим в районе расположения водпоста был удовлетворительным, со значениями немного выше по сравнению с 2019 г. Содержание растворенного кислорода в воде в течение года изменялось от 7,8 до 11,6 мгО₂/дм³, среднегодовое значение 10,6 мгО₂/дм³ против 7,93 мгО₂/дм³ в 2019 г. Процент насыщения изменялся от 84,1% до 111,5%, в среднем составил 95,2%, что близко к значениям 2019 г. Возросло содержание легко окисляемых органических веществ по БПК₅, в сравнении с прошлым годом, когда во всех пробах данный показатель был равен нулю. В 2020 г, в июне и августе зафиксированы значения 1,6 и 2,5 мгО₂/дм³ (0,8ПДК) соответственно. Содержание нефтяных

углеводородов в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне 0,011-0,017 мг/дм³, в среднем составило 0,014 мг/дм³, что практически является равным значениям прошлого года. Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения.

Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь – 0–11,6 мкг/дм³, при среднем значении 4,1 мкг/дм³ (0,8 ПДК), что в 2 раза ниже значений 2019 г.; концентрация никеля также понизилась – 0–3,6/1,5 мкг/дм³; марганец – 0–24/8,4 мкг/дм³; кадмий – 0–0,3/0,1 мкг/дм³; железо – 14–86/42,5 мкг/дм³, максимум отмечен в августе и составляет около 1,7 ПДК; по ртути зафиксировано значение только в одной пробе, в октябре, – 0,013 мкг/дм³, в остальных пробах ниже предела обнаружения. Содержание свинца было ниже предела обнаружения во всех пробах, а концентрация хрома возросла, в сравнении с 2019 г., и составила 0–2,7 мкг/дм³. Содержание меди понизилось в 2 раза, в сравнении с 2019 г. и стало почти равным содержанию 2018 г.

В 2020 г. отмечен сильнейший рост концентрации в морской воде аммонийного азота. В августе зафиксировано значение 10812,5 мкг/дм³, а средняя концентрация по шести отобраным за год пробам составляет 2449,4 мкг/дм³. И также в августе зафиксировано высокое содержание фосфатов – 1374 мкг/дм³, а среднегодовое значение составило 280,6 мкг/дм³. Нитриты были в диапазоне 0–16,7 мкг/дм³, при среднем значении 5,6 мкг/дм³; нитраты – 35,8–54,2/46,2 мкг/дм³; силикаты – 59,1–5080,8/884,9 мкг/дм³.

Кроме изменений показателей за последние 3 года (табл.5.1), проанализируем их многолетнюю динамику. В течение периода 1978–2020 гг. значения концентрации нитратов в придонном слое, среднем слое и на поверхности значительно разнятся (рис.5.2). Наибольшие среднегодовые и максимальные значения содержания нитратов практически всегда наблюдались в придонном слое. Самая высокая концентрация (274 мкг/дм³) была зафиксирована в 2012 г. и составила всего 0,03 ПДК. За весь сорокалетний период наблюдений среднегодовая концентрация нитратного азота практически не изменилась и линейный тренд этого показателя не выявлен. В то же время наблюдаются существенная межгодовая изменчивость и средних и экстремальных значений, возможно связанный с сезонной динамикой нитратов и нерегулярным отбором проб в разные сезоны.

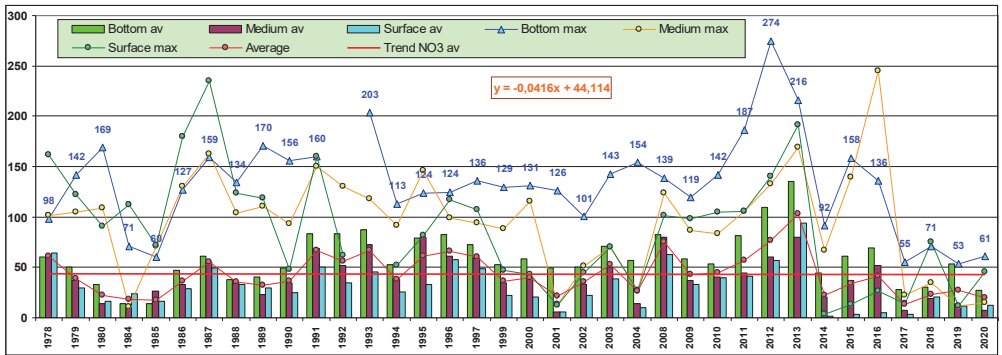


Рис. 5.2. Динамика средней и максимальной концентрации нитратов ($\mu\text{г}/\text{дм}^3$) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях вод Двинского залива Белого моря в 1978-2020 гг.

В период 1978-2000 гг. средние значения содержания нефтяных углеводородов почти постоянно достигали или превышали 1 ПДК (рис.5.3). Превышение норматива было отмечено не только на станциях №№17,18 и 19, расположенных вблизи дельты Северной Двины, но и на ст.№6 вблизи устья Унской губы. Начиная с 2008 г. концентрация НУ в водах Двинского залива существенно снизилась (рис.5.4). В этот период за счет большого количества проб, в которых их содержание 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.

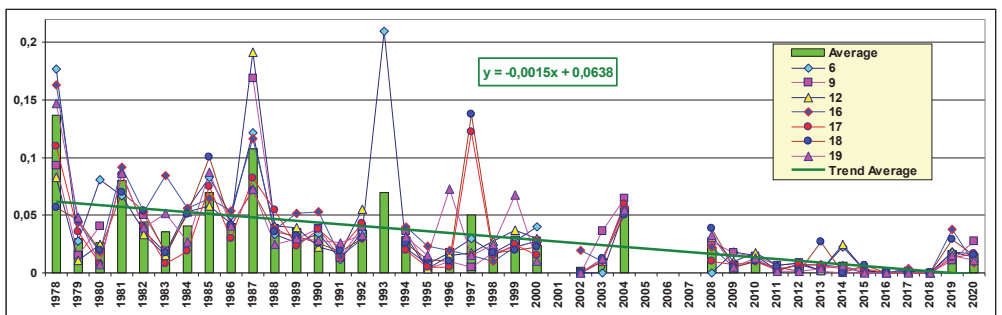


Рис. 5.3. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ($\text{мг}/\text{дм}^3$) на пяти станциях Двинского залива Белого моря в 1978-2020 гг.

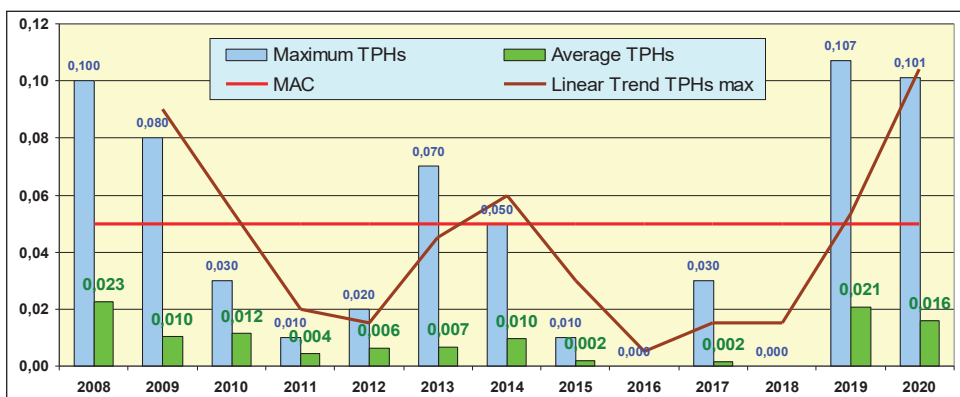


Рис. 5.4. Динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Двинского залива Белого моря в 2008-2020 гг.

Качество вод по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,64) улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем, воды оцениваются как «чистые», II класс качества. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) вернулся к уровню 2016-2018 гг. Поскольку, в соответствии с методикой расчета ИЗВ экстремально высокие значения загрязняющих веществ не учитываются, для расчета ИЗВ использовались средняя концентрация меди, железа, НУ и растворенного в воде кислорода.

Таблица 5.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2015-2018 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0		0,021	0,42	0,016	0,32
		0		0,107	2,14	0,101	2,02
	Нитриты	3,28	0,14	2,9	0,12	2,7	0,11
		6,23	0,26	7,32	0,31	5,45	0,23
	Аммонийный азот	2,88	<0,1	5,8	<0,1	4	0,01
		12,26	<0,1	21,96	<0,1	26,6	0,06
	Медь	0,89	0,18	2,12	0,42	1,02	0,20
		3,77	0,75	29,27	5,9	4,68	0,94
	Свинец	0,034	<0,1	0,28	<0,1	0,072	<0,1
		0,24	<0,1	8,9	0,89	0,33	<0,1
Растворенный кислород	8,33		7,4		7,4		
	7,6		6,55		4,6		
% насыщения	82,05		68,1		69,8		
	69,3		54,9		41,7		
Кандалакшский залив: порт Кандалак	НУ	0,014	0,28	0,01	0,2	0,014	0,3
		0,018	0,36	0,014	0,28	0,017	0,34
	СПАВ	0,0		0,0			
		0,0		0,0			
Медь	6,58	1,32	8,4	1,68	4,1	0,82	

ша		8,5	1,70	16,5	3,3	11,6	2,32
	Никель	4,43	0,44	4,8	0,48	1,5	0,15
		8,0	0,80	9,9	0,99	3,6	0,36
	Свинец	0		0		0	
		0		0		0	
	Марганец	8,93	0,18	9,2	0,18	8,4	0,2
		19,3	0,39	20	0,4	24	0,5
	Железо	33,2	0,67	38,6	0,77	42,5	0,85
		73	1,46	64	1,28	86	1,72
	Ртуть	0,005	<0,1	0,004	<0,1	0,002	0,02
		0,028	0,28	0,026	0,26	0,013	0,13
	γ-ГХЦГ (линдан)	0		0		0	
		0		0		0	
	α-ГХЦГ	0		0		0	
		0		0		0	
	ДДТ	0		0		0	
		0		0		0	
	Азот аммонийный	17,1	<0,1	25,7	<0,1	2449,4	6,3
		42,2	<0,1	56,7	<0,1	10813	27,8
	БПК ₅ мгО ₂ /дм ³	0		0		0,7	0,3
		0		0		2,5	1,1
	Растворенный кислород	11,22		7,93		11,19	
		9,59		6,85		9,27	

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, 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 5.2. Оценка качества вод в районах Белого моря в 2017-2019 гг.

Район моря	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	клас с	ИЗВ	класс	ИЗВ	клас с	
Двинский залив			0,44	II	0,36	II	НУ 0,32; Cu 0,20; NO ₂ 0,11; O ₂ 0,81
Горговый порт, г. Кандалакша	0,76	III	0,92	III	0,59	II	Cu 0,82 ; Fe 0,85 Ni 0,15; O ₂ 0,54

Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

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

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

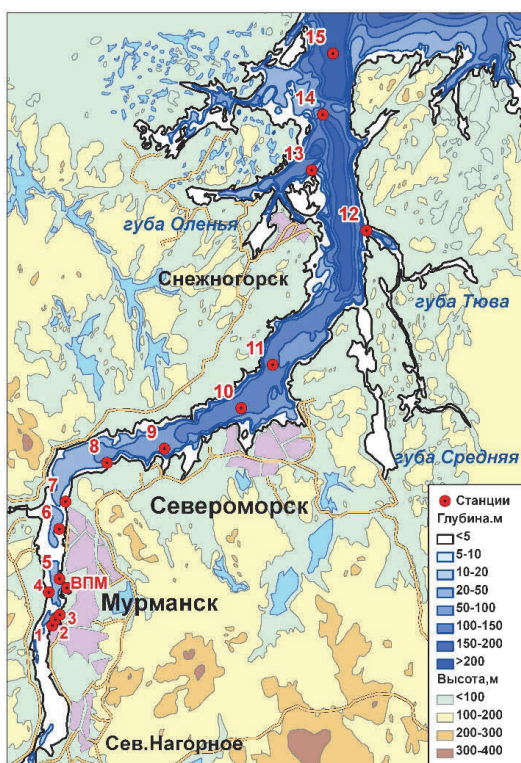
Антропогенное загрязнение Баренцева моря в основном происходит вследствие выноса загрязняющих веществ в результате водообмена из губ и заливов, куда производят сброс промышленных и муниципальных сточных вод предприятия и коммунальные организации Мурманской области. Имеет значение также перенос ЗВ морскими 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 2020 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). На остальной акватории Кольского залива пробы не



отбирались из-за отсутствия плавсредств. В пробах были выполнены определения следующих показателей: температура, соленость, pH, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК₅, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

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

Температура воды за весь период наблюдений варьировала в пределах от 1,4 до 11,1°C (в июле), что, в среднем, на 0,7 °С выше по сравнению с 2018 и 2019 гг. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 8,3-25,4‰, минимум отмечен в сентябре, а максимум в марте. Величина рН была в диапазоне 7,5-8,3; максимум наблюдался в сентябре. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от 0 до 1,496 мг-экв/дм³; среднегодовая составила 1,023 мг-экв/дм³. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода БПК₅ во всех месяцах, кроме января, было на уровне аналитического нуля, а в январе составило 1 мгО₂/дм³, что значительно ниже значений прошлого года, когда диапазон значений составил 0,9-1,8 мгО₂/дм³. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде, также как и в 2018 и 2019 гг., было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. Пестициды ГХЦГ и ДДТ не были обнаружены, фенолы не определялись.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в 2020 г. было значительно ниже, чем в 2019 г. и вернулось к значениям 2017-2018 гг. Концентрация была в диапазоне от 0,019 до 0,099 мг/дм³. Максимальное значение отмечено в ноябре и составляет 1,9 ПДК, ещё одно значение, превышающее ПДК было отмечено в сентябре и составило 0,077 мг/дм³ (1,5 ПДК). Концентрация в остальные месяцы была ниже значения ПДК. Анализ многолетней динамики показал, что в 2020 г. впервые средняя концентрация была на уровне значения ПДК (0,05 мг/дм³), во все предыдущие годы была всегда выше ПДК (рис. 6.2).

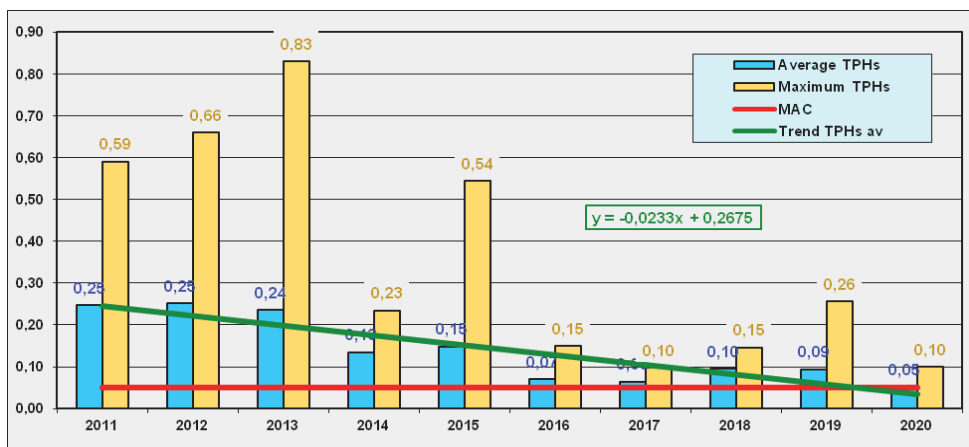


Рис. 6.2. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов в торговом порту Мурманска в 2011-2020 гг.

Загрязнение **тяжелыми металлами** в 2020 г. было немного более сильным, чем в предыдущие годы начиная с 2016 г. (табл. 6.1). Увеличилось содержание меди: 1,4 ПДК против 1,1 ПДК в 2019 г. (рис.6.3). Было зафиксировано содержание кадмия в 2020 г.: среднее значение и составило 0,15 мкг/дм³, максимальное – 0,5 мкг/дм³, в 2019 г. значения кадмия были ниже уровня определяемой методики анализа; в 2 раза повысилась концентрация марганца, среднее значение составило 8,63 мкг/дм³ против прошлогоднего 4,25 мкг/дм³. А концентрация железа была на уровне прошлого года: 0,7ПДК (в 2019 г. – 0,8 ПДК). Превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено для меди, по максимальным – для железа, также как и в 2019 г. Однако в целом в период 2013-2019 гг. содержание железа уменьшилось в 10-12 раз (табл. 6.2). В пробах 2020 г. был снова обнаружен никель: максимальное значение – 3,8 мкг/дм³, и не был отмечен свинец, как и в прошлом году. В пробах воды на водпосту в торговом порту г. Мурманска, в ноябре 2020 г. была зафиксирована растворенная ртуть в концентрации 0,013 мкг/дм³ (0,13 ПДК).

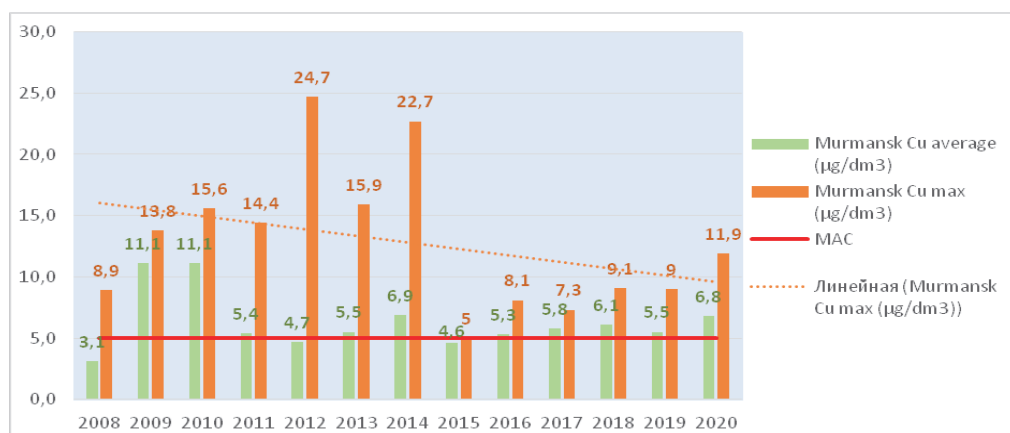


Рис. 6.3. Динамика средней и максимальной концентрации меди (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2020 гг.

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2017-2020 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,064	1,2	0,095	1,90	0,094	1,88	0,05	1,00
	0,097	1,9	0,146	2,92	0,256	5,12	0,099	1,9
Медь	5,8	1,2	6,1	1,22	5,48	1,1	6,8	1,4
	7,3	1,5	9,1	1,82	9,0	1,8	11,9	2,4
Никель	0		0		2,63	0,26	1,9	0,2
	0		0		6,4	0,64	3,8	0,4
Свинец	1,57	0,2	0,35	0,04	0		0	

	5,0	0,5	2,1	0,21	0		0	
Ртуть	0		0,003	0,03	0		0	
	0,012	0,12	0,017	0,17	0		0,013	0,13
Кадмий	0,09	<0,1	0,07	<0,1	0		0,15	0,02
	0,15	<0,1	0,1	<0,1	0		0,5	0,05
Марганец	5,45	0,1	6,13	0,12	4,25	0,09	8,63	0,2
	7,9	0,16	7,0	0,14	8,0	0,16	19,3	0,4
Железо	32,5	0,65	29,3	0,59	41,5	0,83	35	0,7
	55,0	1,1	60	1,20	71	1,42	87	1,7
Азот аммонийный	246,8	0,1	74,9	0,04	123,7	0,05	121	0,2
	1010	0,45	113,1	0,05	218,3	0,097	205	0,41
БПК ₅ ,	0,63	0,30	0,30	0,14	0,98	0,47	0,17	0,06
мгО ₂ /дм ³	2,8	1,33	1,8	0,86	1,8	0,86	1,0	
Растворенный кислород	8,44		10,4		8,44		10,06	
	5,10	0,85	8,0		5,10	0,85	9	

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

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

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от 53,5 (в сентябре) до 205 мкг/дм³ (максимум зафиксирован в июле), при среднем значении 106,8 мкг/дм³ (0,2 ПДК); нитритный азот находился в пределах 0-4,4 мкг/дм³, в среднем 1,3 мкг/дм³ (0,02 ПДК); нитраты определялись в диапазоне 13,7-46,8 мкг/дм³, среднее значение составило 33,6 мкг/дм³. Концентрация нитритов и нитратов несколько снизилась в сравнении с предыдущим годом. Силикаты варьировали в пределах 753,9-2362,5 мкг/дм³ при среднем значении 1409,6 мкг/дм³.

Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста в течение всего года изменялось в диапазоне от 24,6 до 202,6 мкг/дм³ (0,1-1,01 ПДК), в среднем 69,6 мкг/дм³ (0,3 ПДК). Содержание фосфатов в 2020 г. продолжило увеличиваться по сравнению с минимальными значениями 2018 г. (рис. 6.4).

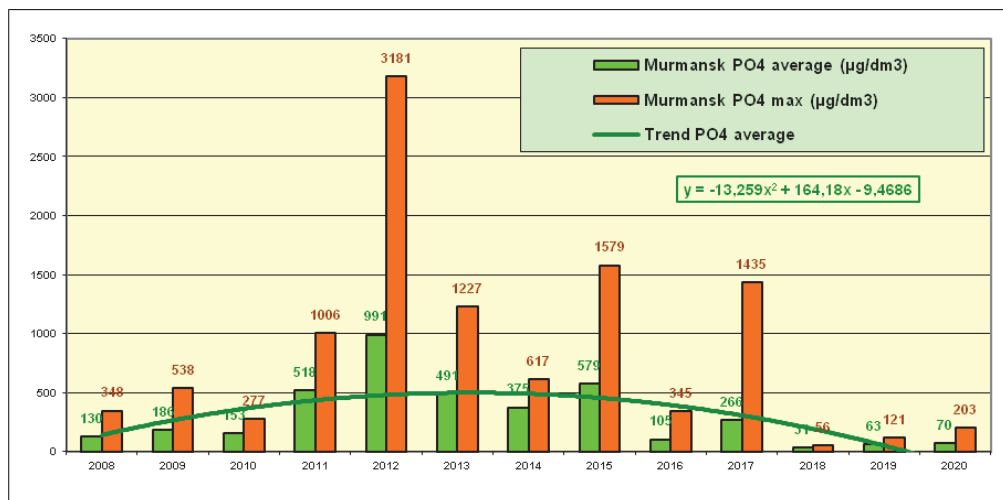


Рис. 6.4. Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO₄ (мкг/дм³) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008-2020 гг.

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

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Нефтяные углеводороды	5,0	2,7	3,0	1,4	1,2	1,9	1,9	1,0
Железо	9,0	6,0	1,2	0,76	0,65	0,59	0,84	0,7
Медь	5,5	6,9	4,6	5,3	5,8	6,1	5,5	1,4

В районе расположения ВПМ среднегодовая концентрация **кислорода** составляла 11,8 мгО₂/дм³, минимум (9 мгО₂/дм³) был существенно выше норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 76,1-125,8%. Согласно значению индекса загрязненности вод (ИЗВ) воды в Кольском заливе Баренцева моря в 2020 г. стали несколько чище (0,93 в 2020 г., против 1,13 – в 2019 г.), но качество вод всё также оценивается III классом – «умеренно загрязненные» (табл. 6.3, рис. 6.5). Концентрация нефтяных углеводородов в 2020 г. впервые была на уровне значения ПДК (0,05 мг/дм³), тогда как во все предыдущие годы была всегда выше. Средняя концентрация меди превысила норматив в 2,4 раз, а среднегодовое содержание железа немного увеличилось по сравнению с прошлым годом, но также не превысило ПДК (0,7 ПДК). Содержание кислорода по сравнению с 2019 г. увеличилось.

Таблица 6.3. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2017-2020 гг.

Район моря	2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	0,95	III	1,07	III	1,13	III	0,93	III	НУ 1; Cu 1,4; Fe 0,7; O ₂ 0,6

По индексу ИЗВ воды торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря относятся к III классу «умеренно загрязненные».

7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демешкин А.С., Крутелев С.П., Рыбалко И.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 подъемами 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 прибрежных водах Гренландского моря на акватории залива Гренфьорд архипелага Шпицберген Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» в рамках программы комплексного мониторинга природной среды в августе 2020 г. была выполнена серия отборов проб морских вод и морских донных отложений. В пробах морских вод выполнялись определения основных гидрохимических показателей: водородного показателя (рН), электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала (Еh), общей щелочности, растворенного кислорода, БПК₅, содержания в воде биогенных элементов (нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремнекислоты), а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов и мышьяка, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, индивидуальных фенолов (алкилфенолов, хлорфенолов и нитрофенолов), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). В донных отложениях обследованной части акватории залива Гренфьорд проводилось определение содержания загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов, НАУ, ПАУ, фенолов, тяжелых металлов и ХОС. Всего за 2020 год было отобрано 20 проб морских вод, каждая из которых анализировалась на содержание примерно ста показателей, и 6 проб морских донных отложений.

7.3. Гидрохимические показатели

Водородный показатель (рН) морских вод находился в пределах от 7,20 до 7,98 ед. рН. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Еh) морских вод обследованной акватории варьировались в пределах от 238 до 388 мВ, составляя в среднем 294 мВ. Значения электропроводности морской воды восточной части залива Гренфьорд летом 2020 года изменялись от 38,9 до 47,5 мС/см при средней величине 43,7 мС/см.

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод летом 2020 года находилось в пределах от 9,40 до 11,21 мг/л (87,8–112% насыщения). Значения биологического потребления кислорода (БПК₅) морских вод составляли от 2,31 до 2,72 мг/л.

Полученные значения концентрации общего азота в водах обследованной акватории изменялись от 134 до 256 мкг/л. Содержание общего фосфора находилось ниже предела определения используемой методики. Содержание кремния силикатного в водах обследованной акватории изменялось от 25,2 до 84,0 мкг/л.

7.4. Загрязняющие вещества в морских водах

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории находилось в пределах от 2,0 до 40 мкг/л. Концентрации СПАВ изменялись от <10,0 до 15,0 мкг/л. Концентрации

фенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАО) в водах залива Гренфьорд в 2020 г. были 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 зафиксировано наличие почти всех соединений, за исключением аценафтилена, бенз/ghi/перилена, дибенз/а/антрацена и индено/123cd/пирена. Максимальные концентрации отдельных соединений ПАУ составили: для нафталина – 16,2 нг/л, для флуорена – 9,26 нг/л, аценафтена – 1,5 нг/л, фенантрена – 9,09 нг/л, антрацена – 6,93 нг/л, для флуорантена – 4,0 нг/л, пирена – 13,2 нг/л, бенз/а/антрацена – 6,34 нг/л, для хризена – 1,67 нг/л, бенз/б/флуорантена+перилена – 25,7 нг/л, бенз/к/флуорантена – 1,8 нг/л, бенз/а/пирена – 3,39 нг/л. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в летне-осенний период составило 29,3 нг/л, максимальное – 60 нг/л. В морской взвеси сумма идентифицированных ПАУ находилась в пределах от 0,2 до 17,4 нг/мг.

Из контролируемых хлорорганических соединений (ХОС) в пробах морской воды залива Гренфьорд за период наблюдений 2020 года зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Значимых концентраций полихлорбензолов обнаружено не было.

Максимальные концентрации всех идентифицированных ХОС в водах залива Гренфьорд составляли: для суммы ГХЦГ – 0,48 нг/л в морской воде и 0,15 нг/мг в морской взвеси; для суммы ДДТ – 0,62 нг/л в морской воде и 0,05 нг/мг в морской взвеси; для суммы ПХЦД – 1,44 нг/л в морской воде; для суммы ПХБ – 3,53 нг/л в морской воде и 0,42 нг/мг в морской взвеси. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в морской воде регулярно фиксировались 14 конгенов.

Наибольшее значения содержания тяжелых металлов в пробах морской воды залива Гренфьорд составили: для железа – 45,0 мкг/л, марганца – до 10,6 мкг/л, меди – до 2,45 мкг/л, никеля – до 1,96 мкг/л, кобальта – до 1,0 мкг/л, кадмия – до 0,38 мкг/л, мышьяка – 9,00 мкг/л, ртути – до 0,007 мкг/л. Концентрации свинца, цинка, и олова находились ниже пределов обнаружения.

Концентрации большей части загрязняющих веществ в морских водах залива Гренфьорд имели значения, характерные для прибрежных районов Норвежского и Северного морей со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию. Оценка качества морских вод с точки зрения рыбохозяйственных нормативов позволяет классифицировать воды обследованной акватории залива Гренфьорд в летний период 2020 в среднем как «умеренно загрязненные» и отнести их к III классу качества, а на отдельных участках как «чистые» (II класс

качества). На акватории залива Гренфьорд значения большинства основных гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ в морских водах, не выходили за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов.

В местах поступления неочищенных коммунально-бытовых сточных вод поселка наблюдается локальное загрязнение морских вод, что не оказывает существенного влияния на качество вод залива Гренфьорд в целом. Следует отметить, что начиная с 2016 года для вод залива Гренфьорд наблюдается тенденция к увеличению степени загрязнения морских вод за последние пять лет.

7.5. Загрязняющие вещества в морских донных отложениях

В донных отложениях обследованной части акватории залива Гренфьорд проводилось определение содержания загрязняющих веществ: нефтяных углеводородов, НАУ, ПАУ, фенолов, тяжелых металлов и ХОС. Суммарное содержание нефтяных углеводородов достигало 216 мкг/г при среднем значении 130 мкг/г для морских донных отложений залива Гренфьорд; 35,5 мкг/г (среднее – 30,1 мкг/г).

Концентрации неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и фенолов в морских отложениях и донных отложениях суши находились ниже предела обнаружения применявшегося аналитического метода, что не позволяло их надежно идентифицировать.

Из контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях прибрежной части заливов были обнаружены все 16 приоритетных соединения ПАУ. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в отложениях залива Гренфьорд – 1222 нг/г.

Максимальная концентрация тяжелых металлов в пробах морских донных отложений составляла: для железа – 32,0 мг/г, для марганца – 298 мкг/г, для цинка – 65,7 мкг/г, для меди – 23,1 мкг/г, для никеля – 22,8 мкг/г, для кобальта – 13,1 мкг/г, для свинца – 12,0 мкг/г, для кадмия – 0,1 мкг/г, для хрома – 27,0 мкг/г, для ртути – 0,05 мкг/г, для мышьяка – 11,0 мкг/г.

В донных отложениях залива Гренфьорд превышение ДК отмечено для суммарных нефтеуглеводородов (НУ) до 4,2 ДК; суммы ПАУ – 1,5 ДК; β -ГХЦГ – до 3,4 ДК; суммы ДДТ – до 12 ДК. Остальные нормируемые показатели ЗВ не превышали ДК.

Во всех случаях, ни один из определяемых параметров загрязнения донных отложений не достигал уровня вмешательства (УК).

Морские донные отложения характеризуются «значительной» степенью загрязнения бенз/а/пиреном (27,5-47,2 нг/г в заливе Гренфьорд). Источником загрязнения донных отложений устья реки, по-видимому, являются выходы на поверхность горных выработок рудника «Баренцбург» и отвалы породы, содержащей примесь угля, расположенные на террасе правого склона долины Грендален. В целом,

вклад техногенной составляющей в формирование уровней содержания загрязняющих веществ в донных отложениях залива Гренфьорд существенен, так как отмечается повсеместное загрязнение отложений НУ, ПАУ и ПХБ.

Глава 8. КАРСКОЕ МОРЕ

Исследования проводились в августе 2020 году Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» в южной части Карского моря. Была отобрана серия проб морских вод для определения основных гидрохимических показателей: водородного показателя (рН), электропроводности, окислительно-восстановительного потенциала (Eh), растворенного кислорода, БПК₅, содержания в воде биогенных элементов (нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремнекислоты), а также загрязняющих веществ – тяжелых металлов и мышьяка, ХОС, включая ПХБ, ПАУ, НУ, НАУ, ЛАУ, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ).

Водородный показатель (рН) морских вод находился в пределах от 7,95 до 8,32 ед. рН. Значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) морских вод обследованной акватории варьировались в пределах от 194 до 269 мВ, составляя в среднем 210 мВ. Значения электропроводности морской воды летом 2020 года изменялись от 45,2 до 52,1 мС/см при средней величине 46,7 мС/см.

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод летом 2020 года находилось в пределах от 9,49 до 11,52 мг/л (насыщение варьировалось от 96% до 109%). Значения биологического потребления кислорода (БПК₅) морских вод составляли от 0,95 до 2,14 мг/л.

Концентрация нитратного и аммонийного азота в водах обследованной находилась ниже предела обнаружения.

Концентрация общего азота в водах района изменялась от 210 до 1152 мкг/л; содержание нитритного азота достигало 4,55 мкг/л.

Значения концентрации кремния силикатного в водах обследованной акватории достигали 68 мкг/л.

Концентрация фосфатного фосфора в водах района исследований находилась в пределах от 4,2 до 15,3 мкг/л., содержание общего фосфора колебалось от 25,0 до 46,2 мкг/л.

Содержание синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, летучих ароматических углеводородов (ЛАУ) и неполярных алифатических углеводородов (НАУ) в водах обследованной акватории за период наблюдений было ниже предела чувствительности используемого метода анализа, что не позволяло их идентифицировать.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории достигало значений 100 мкг/л. Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в морских водах обследованной акватории обнаружены только нафталин и бенз/а/антрацен. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах Карского моря составило 75 нг/л.

Из хлорорганических соединений (ХОС) за период наблюдений 2020 года зафиксировано наличие соединений групп ГХЦГ, ДДТ, ПХЦД и полихлорированных бифенилов (ПХБ). Значимых концентраций полихлорбензолов обнаружено не было. Максимальная концентрация идентифицированных ХОС составляла: для суммы ГХЦГ – 0,4 нг/л; для суммы ДДТ – 0,26 нг/л; для суммы ПХЦД – 0,5 нг/л; для суммы ПХБ – 0,84 нг/л.

Содержание контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды достигало значений: для железа – до 15 мкг/л, марганца – до 4,2 мкг/л, цинка – до 5,0 мкг/л, меди – до 2,05 мкг/л, никеля – до 3,4 мкг/л, кобальта – до 1,2 мкг/л, кадмия – до 0,32 мкг/л, мышьяка – до 1,15 мкг/л. Концентрация ртути, свинца, олова и хрома находилась ниже пределов обнаружения.

Расчеты индекса ИЗВ для морских вод выполнялись с использованием значений концентраций растворенного кислорода и трех показателей загрязнения, имеющих максимальные значения, достигающие или превышающие установленные ПДК. Согласно полученным результатам воды южной части Карского моря в 2020 году оценивалась как «чистые» и относились ко II классу качества.

Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (Тихий океан)

Корчуганова Н.В., Копаница М.В., Погожева М.П., Коршенко А.Н.

9.1. Общая характеристика

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



Рис. 9.1. Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.

9.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Основными источниками загрязнения морских вод Авачинской губы являются 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 2020 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 39,6 млн. м³ сточных вод, что на 0,9 млн. м³ больше чем в 2019 г. (38,7 млн. м³). Из них без очистки – 5,3 млн. м³, недостаточно очищенных – 0,9 млн. м³, нормативно очищенных – 4,6 млн. м³, нормативно чистых – 28,6 млн. м³. В целом уменьшилось количество сбрасываемых загрязняющих веществ: нефти, НСПАВ, фосфатов по фосфору, сульфатов и хлоридов, напротив, взвешенных веществ и азота аммонийного возросло (табл. 9.1). В течение последних двух лет наблюдается тенденция снижения уровня содержания нефтепродуктов, поступивших со сточными водами в Авачинскую губу. .

Таблица 9.1. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от отдельных предприятий в Авачинскую губу в 2020 г.

Предприятие	Отведено всего (тыс.м ³)	без очистки	недостаточно очищенной	нормативно чистой	Всего нормативно-очищенной/	Аммоний-ион (т)	Взвешенные вещества (т)	НСПАВ (кг)	Нефтепродукты (нефть) (т)	Нитрит-анион (кг)	Сульфат-анион (сульфаты) (т)	Фосфаты (по фосфору) (т)	Хлорид-анион (хлориды) (т)
г. Петропавловск-Камчатский													
АО "Петропавловск-Камчатский морской торговый порт"	17,40	17,40				0,249	0,542	0,009982	0,002	0,261	0,321	0,261	0,24
АО "ПСРЗ"	214,73	4,73	0,00	210,00	0,00	0,013	0,081	0,000223	0,002	0,003	0,104	0,003	0,055
ООО "Жестяно-баночная фабрика и Ко"	183,56	0,00	117,88	0,00	0,00	0,188	0,843	0,018	0,005	0,018	1,457	0,018	1,481
ООО "Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод"	78,03	0,00	78,30			0,135	2,34	0,0039	0,004	0,138	0,716	0,138	0,307
ООО "Экология"	2,00		2,00				0,005	0,0001	0,001	0,001	2,843	0,001	2,315
АО "Судоремсервис"	466,44	0	266,44	200	0	2,684	3,652	0,03723	0,001	0,249	5,543	0,249	9,724
Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина	275,45	0,00	275,45			0,06	4,36	0,01	0,01	0,27	1,920	0,265	1,90

ООО "Аквафиш"	6,12	0,00	0,84		5,28	0,045	0,311	0,0078	0	0,028	0,153	0,028	2,51
Краевое государственное унитарное предприятие "Камчатский водоканал"	7894,32	3,320			4574,17	235,92	787,62	9,57	3,47	93,87	266,21	93,87	454,09
ООО "Терминал "Сероглазка"	16,82		16,82				0,016	0	0				
ООО "УКР"	254,40	254,40				0,022	0,544	0,01024	0,002	0,002		0,002	
ООО "Камчаттралфлот"	20,4				20,4		0,855	0,004738		0,029	0,388	0,029	1,27
ПАО "Камчатскэнерго"	28028,91	71,56	33,35	27924,00	0,000	0,024	0,405	0,001307	0,004	0,034	28,732	0,034	238,84
г. Вилючинск													
"Вилючинский водоканал"	1653,63	1653,6				46,4	118,1	0,543375	0,204	12,24	90,6	12,24	65,37
АО "СВРЦ"	510,01	2,08	142,33	352,00	1,6	0,34	1,78	0,00	0,01	0,01	2,40	0,006	2,10
Отделение Вилючинск "ДальРАО"	0,39		0,39		0,000	0	0,002	0	0	0	0,033		0,003

Расход воды рек Авача и Паратунка, по сравнению с прошлым годом, увеличился на 10,4 и 12,4 % соответственно. Количество АСПАВ, взвешенных веществ повысилось в 2-2,5 раза, изменения в содержании биогенных элементов (соединения азота и фосфора) и фенолов были незначительны, а уровень загрязнения нефтепродуктами уменьшился в 2,5 раза (табл. 9.2).

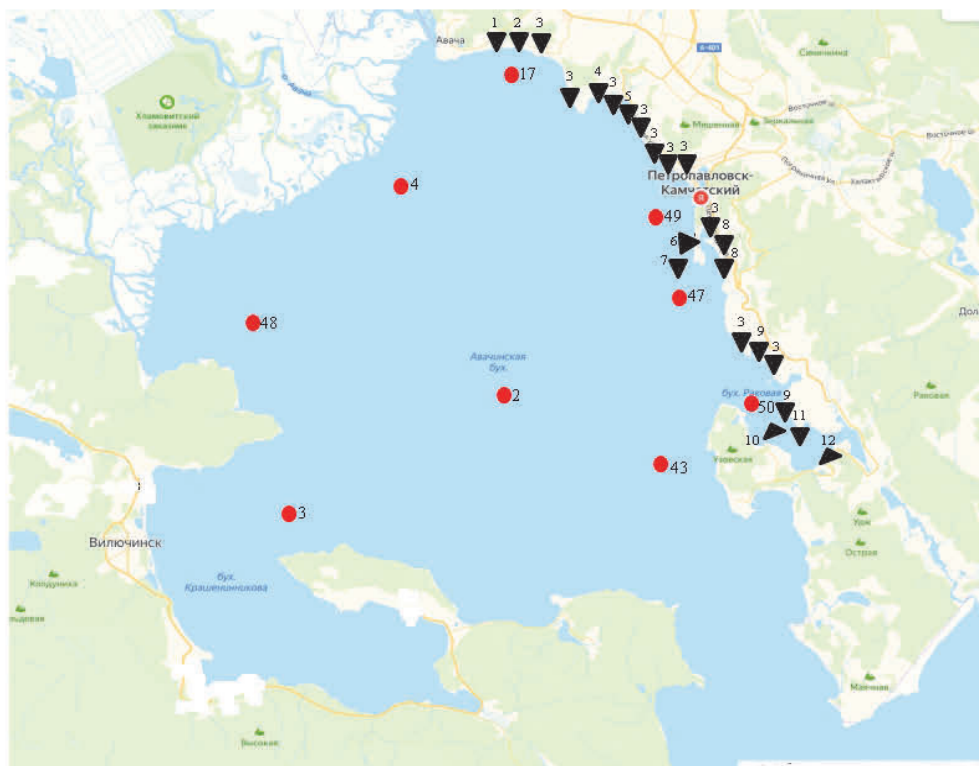
Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2020 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Суммарно
	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	
Расход воды (м ³ /с)	138,0		47,1		185,1
Наименование вещества	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	тыс. т
Детергенты	0,006	0,026	0,005	0,007	0,033
Фенолы	0,004	0,017	0,005	0,007	0,024
Нефтепродукты	0,068	0,296	0,101	0,150	0,446
Взвешенные вещества	19,20	83,56	14,00	20,79	104,35
Азот нитритный	0,002	0,009	0,001	0,001	0,010
Азот нитратный	0,190	0,827	0,221	0,328	1,145
Азот аммонийный	0,030	0,131	0,001	0,001	0,132
Фосфор минеральный	0,023	0,100	0,010	0,015	0,115

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2020 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.



1 - ООО «Аквафиш», 2 - ООО «Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод», 3 - КГУП «Камчатский водоканал», 4 - Рыболовецкий колхоз им. В. И. Ленина, 5 - ООО «Терминал «Сероглазка»; 6 - ООО «УКР», 7 - ООО «Камчаттралфлот», 8 - АО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт», 9 - АО «Судоремсервис», 10 - ПАО «Камчатскэнерго», 11 - ООО «Жестянобаночная фабрика и Ко», 12 - АО «ПСРЗ».

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 0,4 ‰ в июле на поверхностном горизонте бухты Крашенинникова до 32,88 ‰ в мае на среднем горизонте приустьевой зоны реки Паратунка, составив в среднем для всей толщи – 27,80 ‰. Значения ниже 10‰ были зафиксированы в 5 пробах в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка и в бухте Крашенинникова. В подповерхностных водах на глубине 10 м соленость не опускалась ниже 30,00‰. В придонном слое она изменялась в диапазоне 29,59-32,73‰. Средняя соленость за пять лет составила 27,18 ‰. Значения хлорности изменялись в диапазоне 0,22-18,20‰, составив в среднем для всей толщи 15,39‰. Средняя для поверхностного слоя – 12,01‰; промежуточного – 17,50‰ и придонного - 17,60‰. Температура морской воды изменялась от 2,08°C в придонном слое в центре Авачинской губы (ст. №2) 28 мая до 15,13°C в бухте Моховая (ст. №17) 12 августа. В течение отчетного периода показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 2,69-10,33°C; на поверхности в пределах от 5,50 до 15,13°C; в придонном слое 2,08-10,36°C. Значения pH были в диапазоне 7,62-8,75. Мутность воды варьировала в диапазоне от 16 (морской порт) до 119 мг/дм³ (в устьевой зоне реки Авача); среднегодовой показатель (79,04 мг/дм³).

Наибольшее количество растворенных **нефтяных углеводородов**, как правило, наблюдалось в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий и 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 углеводородов распределялась в виде пленки, отдельные пятна которой ежедневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы уменьшилось в 1,8 раза по сравнению с 2019 г. и составило 1,2 ПДК. Повышенные концентрации отмечались в 54% всех отобранных проб (в 2019 г. этот показатель составил 83%). Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р.Паратунка (15,8 ПДК). В 2020 г. визуальные наблюдения за нефтяной пленкой на поверхности прилегающих морских акваторий проводились на 5 гидрометеорологических станциях ФГБУ «Камчатское УГМС»: МГ-1 Петропавловск-Камчатский, ОГМС Никольское, МГ-2 Озерная, МГ-2 Петропавловский Маяк, МГ-2 Оссора. В бухте Оссора (побережье Берингова моря) нефтяная пленка отсутствовала. На ОГМС

Никольское (о. Беринга, Тихий океан) иногда (в основном с февраля по март, июнь-октябрь, кроме сентября) у пирса в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности с максимальной повторяемостью до 10 дней. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка регистрировалась с марта по декабрь слабой интенсивности – 1 балл. В июле большую часть месяца покрытие составляло 10%, в отдельные дни (23, 26, 28 июля) 11-20% видимой части акватории. С апреля по октябрь нефтяная пленка присутствовала особенно часто – 60-83% (от количества наблюдаемых дней с хорошей видимостью), с января по февраль отсутствовала, в остальное время фиксировалась в течение 2-13 дней ежемесячно. С июня по август визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами зачастую были невозможны из-за туманов и моросящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости. Наиболее загрязнена нефтепродуктами, как и в предшествующие годы, Авачинская губа. Ежедневно, при отсутствии льда, на МГ-1 Петропавловск-Камчатский отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности. На западном побережье Камчатки (район поселка Озерновский, Охотское море) в осенние (октябрь, ноябрь) и зимние месяцы нефтяная пленка отсутствовала. Пленка слабой интенсивности, покрывавшая 10% видимой акватории моря, наблюдалась в марте (до 3 дней), в апреле-сентябре (от 12 до 20 дней) с наибольшей повторяемостью в июле. Больше всего туманов приходилось на летний период, что ухудшало видимость и препятствовало проводить визуальные наблюдения за загрязнением. **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 июньских пробах воды на поверхностном горизонте б.Крашенинникова и на выходе из Авачинской губы, в этом же месяце количество проб, превышающих установленный норматив для морских вод, было наибольшим – 29%. Повторяемость превышений ПДК за год составила 12%, против 30,6% в 2019 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 3,0 до 0,6 ПДК. **Детергенты** поступают в

Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в составе моющих и чистящих средств, а также с речной водой, поэтому их наибольшие концентрации наблюдаются в прибрежных водах восточной части губы и в районах впадения рек. Главным фактором, понижающим количество детергентов в морской воде, являются процессы биохимического окисления. Во всех отобранных пробах концентрации детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы находились ниже предела обнаружения.

Биогенные элементы. Концентрация минерального фосфора изменялась в широком диапазоне 1,38-221,65 мкг/дм³, общего фосфора от 2,86 до 242,86 мкг/дм³. Средние значения составили 37,46 и 49,71 мкг/дм³ соответственно, что немного ниже прошлогодних значений. В целом по толще наибольшее содержание фосфатов и фосфора общего наблюдалось в августе и октябре, с максимальными концентрациями в октябре на дне центральной части губы и на входе в бухту Крашенинникова. 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, что объясняется поступлением с поверхности губы и накоплением в придонном слое взвешенных частиц с адсорбированными на их поверхности соединениями фосфора.

По сравнению с предыдущим годом средняя и максимальная концентрация азота нитритного в водах Авачинской губы снизилась в 1,4 и 3,5 раза соответственно. Тем не менее, было зарегистрировано 12 случаев превышения ПДК по нитритам с июля по сентябрь, что составляет 9% от общего количества проанализированных проб. Наибольшие разовые значения (2,4 ПДК) фиксировались в августе, в зонах дефицита кислорода на дне центральной части губы и у входа в бухту Крашенинникова. В этих районах определено и самое большое среднегодовое количество нитритов по толще вод (9,6-9,9 мкг/дм³). В августе на придонном горизонте практически на всех станциях наблюдений отмечалось превышение допустимого норматива, но в целом по толще значение нитритов не превышало 1,0 ПДК. Нитриты являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до **нитратов**, которые преобладают в морской воде как конечный продукт минерализации. Содержание нитратов в среднем по толще, наоборот, было выше прошлогоднего и составляло 120 мкг/дм³. Ни в одной из отобранных проб превышения допустимой нормы не выявлено. Наибольшие величины (в среднем по толще) отмечались в

приустьевой зоне реки Паратунка – 166,6 мкг/дм³, с максимумом в июне на поверхностном горизонте (561,5 мкг/дм³). В июне и июле наблюдались пиковые значения. Содержание **азота аммонийного** по сравнению с 2019 г. в среднем по толще морских вод практически осталось на прежнем уровне – 54 мкг/дм³. Его концентрации во всех отобранных пробах были значительно ниже ПДК. С мая по октябрь в среднем по толще вод отмечена тенденция к снижению - от 76 до 53 мкг/дм³. По-прежнему, наибольшее количество азота аммонийного было сосредоточено в центральной части Авачинской губы – 73 мкг/дм³. Здесь же на придонном уровне в октябре зарегистрирована и максимальная разовая их концентрация – 298 мкг/дм³.

В 2019 г. концентрация **силикатов** в водах губы варьировала в широком диапазоне 126-3926 мкг/дм³; среднегодовая величина незначительно увеличилась до 1235 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 2020 г. такие высокие концентрации (более 3000 мкг/дм³ – 14 проб) отмечались на поверхностном горизонте по всей акватории Авачинской губы в июне с максимумом – 3851 мкг/дм³ в бухте Моховая, и всего в половине случаев в июле с максимальным значением – 3926 мкг/дм³ вблизи морского порта. Разница между содержанием кремния в поверхностном и придонном слое заметна на всех станциях, особенно в теплый период года, когда 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 2,1-15,1 (19,5-146,7% насыщения), составив в среднем 9,77 мгО₂/дм³ (96,7% насыщения), (табл. 9.3). За 2020 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 97% при норме 70%. Дефицит кислорода на дне Авачинской губы наблюдался в августе (22%) и сентябре (15%).

С повышением температуры воды потребление растворенного кислорода увеличивается, а слабое ветровое перемешивание и устойчивая летняя стратификация водных масс препятствует аэрации

придонного слоя. Так, на придонном горизонте с июля по сентябрь было зарегистрировано 6 случаев низкого содержания кислорода от 2,89 до 2,09 мг/дм³, что соответствует уровню высокого загрязнения (ВЗ). В центральной части губы – 2,33 мг/дм³ (июль) и 2,09 мг/дм³ (сентябрь), в приустьевой части реки Паратунка – 2,89 мг/дм³ (август) и 2,13 мг/дм³ (сентябрь), по одному случаю в приустьевой зоне реки Авача – 2,66 мг/дм³ (август) и на входе в бухту Крашенинникова – 2,64 мг/дм³ (сентябрь). За пятилетний период низкие концентрации кислорода (ВЗ) были зарегистрированы в 2016, 2019 гг. – по 2 случая, в 2020 г. – 6 случаев.

Таблица 9.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,05	1,0	0,11	2,2	0,06	1,2
		0,2	4,0	0,88	17,6	0,79	15,8
	Фенолы	2,0	2,0	0,8	0,8	0,6	0,6
		20	20	3,1	3,1	2,0	2,0
	СПАВ	50	0,5	51,3	0,5	50	0,5
		100	1,0	160	1,6	50	0,5
	Азот аммонийный	110	<0,1	59,4	<0,1	54,0	<0,1
		865	0,3	434	0,1	298	<0,1
	Растворенный кислород	9,64		9,21		9,77	
		3,0	0,50	2,23	0,37	2,09	0,35

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

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

Результат расчета индекса загрязненности вод (ИЗВ), полученный на основе осредненных концентраций приоритетных для морских вод загрязняющих веществ (фенолы, детергенты, нефтепродукты) и растворенного в воде кислорода, показал, что с 2014 по 2020 гг. происходило чередование III и IV классов качества вод Авачинской губы. В 2020 г. снова произошло небольшое улучшение, снизилась общая концентрация фенолов и воде был присвоен III класс качества – «умеренно загрязненные».

Таблица 9.4. Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	1,03	III	1,40	IV	0,87	III	НУ 2,0; СПАВ 0,5; фенолы 0,6; O ₂ 0,4

Выводы

За 2020 г. в целом по толще насыщение морских вод растворенным кислородом было достаточным – 97% при норме 70%. Дефицит кислорода на дне Авачинской губы наблюдался в августе (22%) и сентябре (15%). Наибольший вклад в загрязнение морских вод вносят нефтепродукты и фенолы. По сравнению с 2019 г. среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы уменьшилось в 1,8 раза и составило 1,2 ПДК. Повышенные концентрации отмечались в 54% всех отобранных проб (в 2019 г. этот показатель составил 83%). Максимум был отмечен в августе в поверхностном слое приустьевой зоны р.Паратунка (15,8 ПДК). В целом по толще и на каждой станции содержание фенолов составило менее 1,0 ПДК. Максимальное значение (2,0 ПДК) было выявлено в июньских пробах воды на поверхностном горизонте б.Крашенинникова и на выходе из Авачинской губы, в этом же месяце количество проб, превышающих установленный норматив для морских вод, было наибольшим – 29%. Повторяемость превышений ПДК за год составила 12%, против 30,6% в 2019 г. За последние пять лет наблюдается стабильное снижение концентрации фенолов от 3,0 до 0,6 ПДК. В течение последних пяти лет средние по толще вод концентрации детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы были низкие, а в 2020 г. во всех отобранных пробах находились ниже предела обнаружения. По сравнению с предыдущим годом средняя и максимальная концентрация азота нитритного в водах Авачинской губы снизилась в 1,4 и 3,5 раза соответственно. Тем не менее, было зарегистрировано 12 случаев превышения ПДК по нитритам с июля по сентябрь, что составляет 9% от общего количества проанализированных проб. Содержание минерального фосфора было немного ниже прошлогодних значений и не превышало пороговых значений. Остальные биогенные элементы (азот нитратный, аммонийный и фосфор общий) также находились в пределах допустимых концентраций.

Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

Артамонова Е.М., Щербаков К.А., Коршенко А.Н.

10.1. Общая характеристика

Охотское море относится к наиболее крупным и глубоким морям 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 (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 солёности в Охотском море сравнительно мало изменяется по сезонам. Солёность повышается в восточной части, находящейся под воздействием тихоокеанских вод, и понижается в западной части, опресняемой материковым стоком. В западной части солёность на поверхности 28–31‰, а в восточной — 31–32‰ и более (до 33‰ вблизи Курильской гряды). В северо-западной части моря, вследствие опреснения, солёность на поверхности равна 25‰ и менее, а толщина опресненного слоя — около 30–40 м. С глубиной в Охотском море происходит увеличение солёности. На горизонтах 300–400 м в западной части моря солёность равна 33,5‰, а в восточной — около 33,8‰. На горизонте 1000 м солёность равна 34‰ и далее к дну возрастает незначительно, всего на 0,5–0,6‰. В отдельных заливах и проливах величина солёности, ее стратификация могут значительно отличаться от вод открытого моря в зависимости от местных условий (Охотское море, 1998, Залогин, 1999).

В Охотское море впадает довольно много преимущественно небольших рек, поэтому при столь значительном объеме его вод материковый сток относительно невелик. Он равен примерно $600 \text{ км}^3/\text{год}$, при этом около 65% дает Амур. Другие сравнительно крупные реки — Пенжина, Охота, Уда, Большая (на Камчатке) — приносят в море значительно меньше пресной воды. Она поступает главным образом весной и в начале лета. В это время наиболее ощутимо влияние материкового стока, в основном в прибрежной зоне, вблизи устьевых областей крупных рек (Добровольский, 1982).

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

Приливы преимущественно неправильные суточные (до 12,9 м у мыса Астрономического), хотя наблюдаются и смешанные. Вдали от

берега скорости приливных течений невелики - 5-10 см/с, в проливах, заливах и у берегов значительно больше. В Курильских проливах скорости течений доходят до 2-4 м/с. С октября по июнь море покрыто льдом, хотя в южной части моря лед держится не более трех месяцев в году, а крайняя южная часть никогда не замерзает. В зимнее время в Охотском море нет такого места, где полностью исключалось бы наличие льда. Осенью велика повторяемость штормов, сопровождающихся ветром, скорость которого достигает 30 м/с. Наблюдаются цунами, высота которых может доходить до 20 м при периоде 30-95 с, скорости распространения от 400 до 800 км/час и длине в несколько километров (Охотское море, 1992).

Растительность и животный мир отличаются большим разнообразием. По запасам промыслового краба море занимает первое место в мире. Большую ценность представляют лососевые рыбы: кета, горбуша, кижуч, чавыча, нерка — источники красной икры. Ведется интенсивный лов сельди, минтая, камбалы, трески, наваги, мойвы и других рыб. В море обитают киты, тюлени, сивучи, морские котики. Все больший интерес приобретает промысел моллюсков и морских ежей. На литорали повсеместно распространены различные водоросли. В связи со слабой освоенностью прилегающих территорий морской транспорт приобрел основное значение. Важные морские пути ведут к Корсакову на острове Сахалин, Магадану, Охотску и другим населенным пунктам (<http://geographyofrussia.com>).

10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин

На шельфе о. Сахалин в 2020 г. Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь выполнялись наблюдения в районе поселка Стародубского на одной фоновой станции; в заливе Анива в районе поселка Пригородное и города 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. Она сопровождается интенсивным строительством трубопроводов, нефте- и газоналивных терминалов, портов, платформ для бурения скважин и

прочей обеспечивающей широкое развитие данной отрасли инфраструктуры.

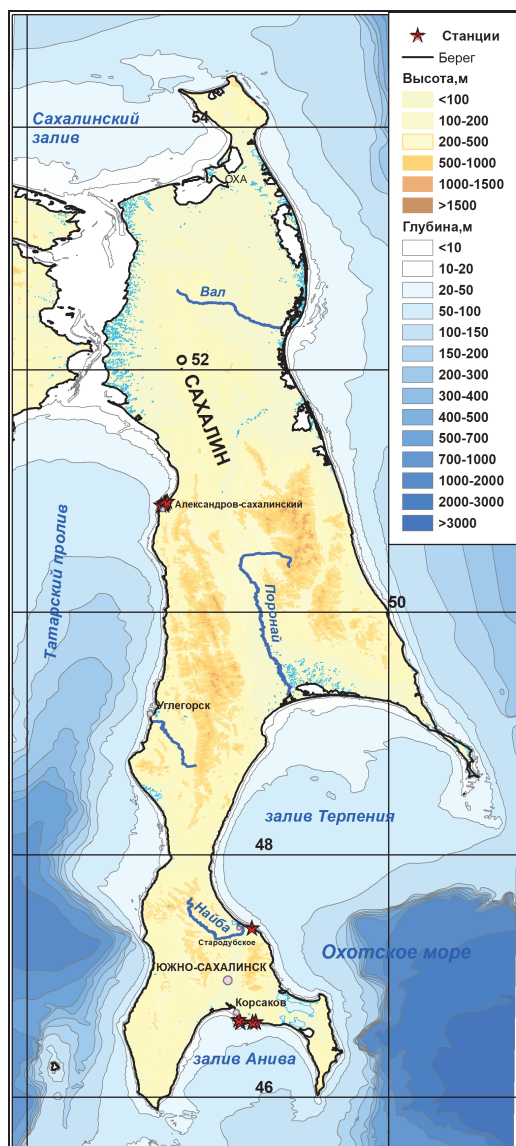


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2020 г.

В районе пос. Стародубский с мая по октябрь 2020 г. было отобрано шесть проб воды и донных осадков в соответствии с программой мониторинга загрязнения морской среды. Значения большинства гидрохимических показателей, а также концентрации загрязняющих веществ находились в пределах среднесуточных значений. По

сравнению с 2017-2019 гг. снизились средняя и максимальная концентрации меди: средняя составила 2,1 мкг/дм³; максимальная 3 мкг/дм³ (0,6 ПДК). Как и в предыдущем году, и средняя, и максимальная концентрация легко окисляемых органических веществ, определяемых по БПК₅ (среднее значение 3 мгО₂/дм³, максимальное 5,5 мгО₂/дм³) превышала ПДК (среднее значение 1,4 ПДК, максимальное 2,6 ПДК). Концентрации нефтяных углеводородов (среднегодовая <0,02 мг/дм³, максимальная 0,03 мг/дм³), синтетических поверхностно-активных веществ СПАВ (среднегодовая 0,01 мг/дм³, максимальная 0,03 мг/дм³), цинка (среднегодовая 4,3 мкг/дм³, максимальная 8,4 мкг/дм³), свинца (среднегодовая 1,1 мкг/дм³, максимальная 1,8 мкг/дм³) и кадмия (<0,3 мкг/дм³) не превышали нормативных показателей. Незначительно снизилось содержание фенолов в пробах воды - среднее 0,5 мкг/дм³, максимальное 2,9 мкг/дм³., что составляет 2,9 ПДК. Кислородный режим в период наблюдений был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 9,6 мгО₂/дм³, минимальное 8,1 мгО₂/дм³.

В 2020 г. по сравнению с 2019 г. в донных отложениях в районе пос. Стародубский снизилась концентрация нефтяных углеводородов (среднее значение 26,3 мкг/г, 0,5 ДК; максимальное значение 39,8 мкг/г, 0,8 ДК), что говорит об отсутствии роста техногенного воздействия на акваторию. Содержание фенолов, кадмия, меди, свинца и цинка являлось незначительным, а максимальные значения не превышали 0,2 ДК, как и в 2019 г.

В заливе Анива в районе пос. Пригородное в 2020 г., отмечалось незначительное снижение уровня загрязнения морских вод легко окисляемыми органическими веществами, определяемых по БПК₅ (среднее значение 1,6 мгО₂/дм³, максимальное 4,5 мгО₂/дм³, 2,1 ПДК). Отмечено повышение концентрации меди (средняя 3,5 мкг/дм³; максимальная 9,9 мкг/дм³, 2 ПДК), и нефтяных углеводородов (средняя 0,03 мг/дм³; максимальная 0,1 мг/дм³, 2 ПДК). Средние и максимальные концентрации других ингредиентов - кадмия, цинка, свинца, СПАВ, не превышали 0,3 ПДК. Кислородный режим был в пределах нормы. Среднее годовое значение концентрации кислорода незначительно повысилось по сравнению с 2019 г. и составило 8,1 мгО₂/дм³, минимальное значение составило 6,6 мгО₂/дм³.

В донных отложениях содержание нефтяных углеводородов значительно снизилось по сравнению с прошлым годом - среднее значение 5,9 мкг/г, 0,1 ДК; максимальное - 17,9 мкг/г, 0,4 ДК (в 2019 г. среднее значение 49 мкг/г, 1 ДК; максимальное - 77 мкг/г, 1,5 ДК). Средние и максимальные значения содержания кадмия, фенолов, меди, цинка и свинца не превышали условно принятого норматива для

донных отложений - максимальное значение составило 0,2 ДК для меди, как и в 2019 г.

В водах залива Анива в районе города и порта Корсаков в 2020 г. отмечено значительное увеличение загрязнения нефтяными углеводородами: среднее значение 0,06 мг/дм³ (1,2 ПДК); максимальное 0,3 мг/дм³ (6 ПДК); максимальное значение в два раза превышает аналогичный показатель 2019 г. Незначительно снизилось содержание легко окисляемых органических веществ: среднее значение 3,4 мг/дм³; максимальное 5,3 мг/дм³. Показатели меди остались на высоком уровне 2019 г. - среднее значение 3,7 мкг/дм³; максимальное 7,8 мкг/дм³ (1,6 ПДК). Снизилось содержание фенолов: среднее и максимальное значения <2,0 мкг/дм³. Средняя и максимальная концентрации кадмия, цинка, СПАВ, свинца, аммонийного азота оставались в пределах ПДК. Среднегодовое содержание кислорода повысилось (7,8 мгО₂/дм³), минимальное значение опускалось ниже уровня норматива и составило 4,5 мгО₂/дм³.

В донных отложениях отмечено значительно повышенное содержание нефтяных углеводородов, по сравнению с 2019 г. максимальное загрязнение возросло в 4 раза (среднее значение 717 мкг/г, 14,3 ДК; максимальное 2453 мкг/г, 49 ДК), что может являться результатом нарушения правил обращения с горюче-смазочными материалами, сброса топлива, масел в акваторию порта. Концентрации кадмия в 2020 г. были на уровне 2019 г. (среднее значение 0,2 мкг/г, 0,3 ДК; максимальное 0,37 мкг/г, 0,5 ДК). Концентрация меди сопоставима с предыдущим годом (среднее значение 18,5 мкг/г, 0,5 ДК; максимальное 25 мкг/г, 0,7 ДК). Концентрации фенолов, цинка и свинца не превышали 0,5 ДК.

В 2020 г. класс качества вод южной части побережья о. Сахалин соответствовал «умеренно загрязненным» водам (индекс загрязненности вод от 0,74 до 1,06).

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

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 нефтеочистных сооружений или недостаточной их мощностью. Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки Раздольная с притоками р. Комаровка и р. Раковка, Артёмовка, Партизанская, Рудная и 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 и Уссурийск: 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 - 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.

11.3 Загрязнение районов Японского моря

В 2020 году в связи с поздним открытием навигации маломерных судов, связанным с введением ограничительного режима на территории Приморского края из-за высокого уровня заболеваемости COVID-19, программа ГНС выполнялась с июня по октябрь на прибрежной акватории залива Петра Великого на 39 стандартных станциях.

Во всех прибрежных районах залива Петра Великого в 2020 году среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов (НУ) незначительно снизилась или осталась на уровне 2019 года и не превысила 1 ПДК. В бухте Золотой Рог среднегодовая концентрация снизилась незначительно - в 1,1 раза (с 0,045 до 0,40 мг/дм³); в бухте Диомид - в 1,5 раза (с 0,045 до 0,030 мг/дм³); в проливе Босфор Восточный - в 1,5 раза (с 0,030 до 0,020 мг/дм³); в Амурском и Уссурийском заливах и в заливе Находка среднее содержание НУ не изменилось по сравнению с 2019 годом и составило 0,02 мг/дм³; 0,02 мг/дм³ и 0,03 мг/дм³ соответственно. Среднегодовая концентрация в разных частях залива варьировала в пределах 0,02–0,04 мг/дм³. Среднегодовое значение традиционно наибольшее в бухте Золотой Рог. Максимальные концентрации НУ в морской воде были отмечены в бухте Золотой Рог (1,9 ПДК в августе на ст. № 1), в Уссурийском заливе (2 ПДК в июле на ст. № 112) и в заливе Находка (3 ПДК в сентябре на ст. № 12 в центральной части залива).

В прибрежных водах залива Петра Великого в 2020 г. среднегодовое содержание фенолов изменялось в диапазоне 1,0 - 2,3 мкг/ дм³ (1,0–2,3 ПДК). По сравнению с 2019 г. уровень загрязненности прибрежных районов залива Петра Великого фенолами повысился во всех районах. В бухте Золотой Рог, бухте Диомид и в Амурском заливе он повысился в 1,8 раза, в проливе Босфор Восточный – в 1,4 раза, в Уссурийском заливе – в 1,2 раза, в заливе Находка – в 1,5 раза, в том числе в бухте Находка – в 1,4 раза. Среднегодовое содержание фенолов в 2020 году в бухте Золотой Рог составило 2,1 ПДК, в бухте Диомид и в Амурском заливе – 2 ПДК, в проливе Босфор Восточный – 1,4 ПДК, в Уссурийском заливе – 1,7 ПДК, в заливе Находка – 1,8 ПДК, в бухте Находка – 2,3 ПДК. Максимальное значение было отмечено в бухте Золотой Рог в октябре на ст. №7 в центральной части бухты – 5 ПДК.

Уровень загрязненности морских вод АПАВ по сравнению с 2019 г. снизился во всех прибрежных районах в 2,4 - 3,9 раза и изменялся в диапазоне 0,8 - 1 ПДК. Максимальное значение было зарегистрировано в заливе Находка в июне на ст. № 36 в поверхностном слое (бухта Новицкого). По сравнению с тремя предыдущими годами уровень загрязненности прибрежных вод залива Петра Великого АПАВ снизился: среднегодовое содержание фенолов во всех прибрежных районах не превышало 1 ПДК.

В прибрежных водах залива Петра Великого в 2020 г. среднегодовое содержание определяемых металлов (медь, железо, цинк, свинец, марганец и кадмий) было менее 1 ПДК. По сравнению с предыдущим годом в бухте Золотой Рог повысились среднегодовые показатели (в пределах 1 ПДК) по меди, цинку, свинцу и марганцу и

кадмию. В бухте Диомид повышение отмечено для меди, цинка и марганца, отмечено некоторое снижение среднегодового содержания ртути. В проливе Босфор Восточный повысились показатели по меди, цинку, марганцу и ртути. В Амурском заливе среднегодовые показатели практически по всем определяемым металлам снизились. В Уссурийском заливе повысилось (в пределах 1 ПДК) показатели по меди и марганцу, не изменились – по цинку и свинцу; снизилось среднее содержание ртути в морской воде. В заливе Находка, в том числе и в бухте Находка, отмечено увеличение среднегодовых показателей по марганцу (в пределах 1 ПДК). В 2020 году было отмечено превышение ПДК по меди, цинку и марганцу. В бухте Золотой Рог и в проливе Босфор Восточный максимум по меди составил 1,1 ПДК; в проливе Босфор Восточный максимум по цинку составил 1,9 ПДК; в бухте Золотой Рог и в заливе Находка максимум по марганцу составил 1,2 и 2,7 ПДК соответственно.

Среднегодовое содержание ртути в морской воде в прибрежных районах изменялось в пределах 0,1–0,4 ПДК и по сравнению с 2019 г. практически во всех районах отмечено небольшое снижение среднегодовых показателей (в пределах 1 ПДК), в Амурском заливе среднее содержание не изменилось по сравнению с прошлым годом. Только в проливе Босфор Восточный был отмечен рост среднегодового содержания ртути в морской воде: с 0,2 до 0,4 ПДК. Значения выше норматива были отмечены в трех районах. В проливе Босфор Восточный – 1,6 ПДК, в Амурском заливе – 1,4 ПДК и в заливе Находка – 2,8 ПДК (в июне на ст. № 35 в юго-восточной части залива).

В 2020 г. в период проведения наблюдений в прибрежных районах залива Петра Великого среднее значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК₅) изменялось в диапазоне 0,5–1,4 ПДК. Максимальное значение БПК₅ зарегистрировано в бухте Золотой Рог в августе на станции №1 в придонном слое, превысив ПДК в 4,3 раза.

В 2020 году кислородный режим в прибрежных водах залива Петра Великого в среднем был в пределах среднесезонной нормы. Среднегодовое содержание растворенного кислорода в толще вод разных районов акватории залива находилось в диапазоне 7,28 - 10,06 мгО₂/дм³. Однако, в 21 пробе содержание растворенного кислорода было ниже норматива (6,00 мгО₂/дм³). В 2020 году нарушение кислородного режима особенно остро проявилось в теплое время года в бухте Золотой Рог (3 случая) и в заливе Находка (18 случаев). В бухте Золотой Рог минимальная концентрация растворенного кислорода была отмечена в октябре на ст. №1 (вершина бухты) – 4,61 мгО₂/дм³ (61,3 % насыщения). В заливе Находка абсолютный минимум зафиксирован в сентябре в юго-восточной части

залива в прибрежной зоне на ст. №35 в придонном слое - 3,07 мгО₂/дм³ (38,1% насыщения). Сравнительная характеристика загрязнения районов залива Петра Великого дана в табл.11.1 и 11.2

Таблица 11.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2018-2020 гг.

Район	Ингредиент	2018 г.		2019 г.*		2020	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. бухта Золотой Рог	НУ	0,09 0,25	1,9 5	0,45 0,13	0,9 2,6	0,04 0,09	0,8 1,9
	Фенолы	1,2 2,2	1,2 2,2	1,2 2,10	1,2 2,1	2,10 5,00	2,1
	АПАВ	330,3 949,0	3,3 9,5	266,1 731,0	2,7 7,3	94,9 274,0	0,9 2,7
	Аммонийный азот	213 1065	<0,1 0,37	235,5 952,0	<0,1 0,3	143,5 595,0	<0,1 0,2
	Медь	9 4,2	0,4 0,8	0,66 2,10	0,3 0,4	1,9 5,6	0,4 1,1
	Железо	36,5 193	0,7 3,9	25,5 142,6	0,5 2,9	- -	- -
	Цинк	13,9 37,5	0,3 0,75	3,65 9,60	<0,1 0,2	11,4 27,2	0,2 0,5
	Свинец	2,2 9,9	0,2 1	0,03 0,30	<0,1 <0,1	0,1 0,4	<0,1 <0,1
	Марганец	0,9 3,3	<0,1 <0,1	1,55 35,50	<0,1 0,7	6,2 59,6	0,1 1,2
	Кадмий	0,29 0,8	<0,1 <0,1	0,01 0,10	<0,1 <0,1	0,0 0,5	<0,1 <0,1
	Ртуть	0,03 0,09	0,3 0,9	0,03 0,06	0,3 0,6	0,02 0,04	0,2 0,4
	БПК5	2,14 6,0	1 2,9	2,63 7,00	1,25 3,3	2,85 9,00	1,4 4,3
	Взвешенные вещества	9,04 27,9	0,9 2,8	11,35 28,80	1,1 2,9	7,40 14,20	0,7 1,4
	Кислород	7,44 4,40		7,87 3,95		8,60 4,61	
	2. бухта Диомид	НУ	0,08 0,14	1,6 2,8	0,045 0,13	0,9 2,6	0,03 0,05
Фенолы		0,9 1,5	0,9 1,5	1,10 1,30	1,1 1,3	1,90 2,60	1,9 2,6
АПАВ		308,7 559,0	3 5,6	264,0 470,0	2,6 4,7	88,0 142,0	0,9 1,4

	Аммонийный азот	115,6 221	<0,1 <0,1	165,6 321,0	<0,1 0,1	64,5 157,0	<0,1 <0,1
	Медь	1,7 4,0	0,3 0,8	0,70 2,00	0,1 0,4	2,0 4,4	0,4 0,9
	Железо	25,8 44,0	0,5 0,9	14,82 39,00	0,3 0,8	- -	
	Цинк	9,9 25,7	0,2 0,5	3,43 5,60	<0,1 0,1	12,7 18,3	0,3 0,4
	Свинец	1,3 6,1	0,1 0,6	0,03 0,10	<0,1 <0,1	0,3 1,2	<0,1 0,1
	Марганец	0,6 1,5	<0,1 <0,1	0,48 0,90	<0,1 <0,1	2,6 4,6	<0,1 <0,1
	Кадмий	0,3 0,6	<0,1 <0,1	0 0	<0,1 <0,1	0,1 0,2	<0,1 <0,1
	Ртуть	0,03 0,04	0,3 0,4	0,04 0,07	0,4 0,7	0,02 0,06	0,2 0,6
	БПК5	1,17 2,0	0,7 0,96	2,67 6,00	1,3 2,9	2,17 6,00	1 2,9
	Взвешенные вещества			12,13 22,50	1,2 2,2	6,3 11,2	0,6 1,1
	Кислород	7,77 6,27		8,71 6,65		9,51 6,58	
З. пролив Босфор Восточный с бухтой Улисс	НУ	0,11 0,41	2,2 8	0,03 0,14	0,6 2,8	0,02 0,03	0,4 0,6
	Фенолы	1,5 8,4	0,8 1,2	1,04 1,50	1 1,5	1,40 2,20	1,4 2,2
	АПАВ	343,3 731,0	3,4 7,3	225,0 542,0	2,2 5,4	87,6 282,0	0,9 2,8

	Аммонийный азот	88 208	<0,1 <0,1	126,8 312,0	<0,1 0,1	74,8 135,0	<0,1 <0,1	
	Медь	1,3 5,1	0,3 1,0	0,73 3,70	0,1 0,7	2,3 5,7	0,5 1,1	
	Железо	33,1 87	0,7 1,7	29,73 187,8	0,6 3,8	- -		
	Цинк	18,7 63,7	0,4 1,3	6,57 42,10	0,1 0,8	16,8 79,2	0,3 1,9	
	Свинец	2,01 12,5	0,2 1,25	0,19 1,60	<0,1 0,2	0,2 0,7	<0,1 <0,1	
	Марганец	2,1 17,7	<0,1 0,4	2,59 20,30	<0,1 0,4	10,2 49,5	0,2 1	
	Кадмий	0,2 0,4	<0,1 <0,1	0,04 0,05	<0,1 <0,1	0,1 0,2	<0,1 <0,1	
	Ртуть	0,02 0,07	0,2 0,7	0,02 0,04	0,2 0,4	0,04 0,16	0,4 1,6	
	БПК5	2,13 5,00	0,5 2,4	1,93 4,00	0,9 1,9	2,28 6,00	1,1 2,9	
	Взвешенные вещества			10,56 27,30	1 2,7	9,20 55,0	0,9 5,5	
	Кислород	7,72 5,26		8,10 5,23		8,69 4,72		
	4. Амурский залив	НУ	0,04 0,35	0,8 7	0,02 0,05	0,4 1	0,02 0,07	0,4 1,4
		Фенолы	1,2 3,2	1,2 3,2	1,12 2,00	1,1 2	1,90 4,00	1,9 4
АПАВ		302 731	3 7,3	310,6 842,0	3,1 8,4	92,6 266,0	0,9 2,7	
Аммонийный азот		62,2 218	<0,1 <0,1	151,8 359,0	<0,1 0,1	63,5 147,0	<0,1 <0,1	
Медь		1,25 5,5	0,25 1,2	3,30 138,10	0,7 27,6	1,2 2,6	0,2 0,5	
Железо		43,9 627,4	0,9 12,5	30,23 200,5	0,6 4	- -		
Цинк		19,6 59,0	0,4 1,2	9,27 48,00	0,2 1	7,7 34,9	0,2 0,7	
Свинец		1,5 12,1	0,15 1,2	0,16 1,70	<0,1 0,2	0,3 6,2	<0,1 0,6	
Марганец		5,2 27,2	0,1 0,5	2,28 26,20	<0,1 0,5	3,1 10,1	<0,1 0,2	
Кадмий		0,2 0,7	<0,1 <0,1	0,73 28,40	<0,1 2,8	0,1 0,5	<0,1 <0,1	
Ртуть		0,03 0,24	0,3 2,4	0,03 0,11	0,3 1,1	0,03 0,14	0,3 1,4	

	БПК5	1,70 4,00	0,8 1,9	3,02 7,00	1,4 3,3	1,04 2,00	0,5 1	
	Взвешенные вещества	9,4 34,0	0,94 3,4	11,28 126,70	1,1 12,7	6,2 20,0	0,6 2	
	Кислород	9,29 3,40		9,76 2,76		10,06 7,68		
5. Уссурийский залив	НУ	0,06 0,83	1,2 16,6	0,02 0,10	0,4 2	0,02 0,11	0,4 2	
	Фенолы	1,0 2,5	1 2,5	1,39 2,60	1,4 2,6	1,70 2,60	1,7 2,6	
	АПАВ	341 709	3,4 7	268,8 835,0	2,7 8,3	82,9 249,0	0,8 2,5	
	Аммонийный азот	36,4 109	<0,1 <0,1	87,3 221,0	<0,1 <0,1	55,3 180,0	<0,1 <0,1	
	Медь	0,7 2,6	0,1 0,5	0,49 1,90	<0,1 0,4	1,1 4,1	0,2 0,8	
	Железо	36,9 289,5	0,8 5,8	16,69 128,4	0,3 2,6	- -		
	Цинк	13,4 47,7	0,3 0,95	7,89 33,10	0,2 0,7	8,6 34,9	0,2 0,7	
	Свинец	0,5 3,8	<0,1 0,4	0,17 0,60	<0,1 <0,1	0,1 0,7	<0,1 <0,1	
	Марганец	2,0 8,2	<0,1 0,16	0,45 2,40	<0,1 <0,1	1,0 4,2	<0,1 <0,1	
	Кадмий	0,1 1,2	<0,1 0,1	0,17 0,90	<0,1 <0,1	0,1 1,0	<0,1 0,1	
	Ртуть	0,03 0,31	0,3 3	0,03 0,09	0,3 0,9	0,01 0,09	0,1 0,9	
	БПК5	1,07 2,0	0,5 0,95	1,93 17,00	0,9 8	2,01 5,00	1 2,4	
	Взвешенные вещества	6,6 18,2		6,60 18,90	0,7 1,9	4,1 12,6	0,4 1,3	
	Кислород	9,36 5,80		9,88 6,93		8,79 5,39		
	6. залив Находка (с бухтами)	НУ	0,04 0,51	0,8 10	0,03 0,15	0,6 3	0,03 0,15	0,6 3
		Фенолы	1,08 2,7	1,1 2,7	1,24 3,10	1,2 3,1	1,80 3,20	1,8 3,2
АПАВ		293,9 829	2,94 8,3	390,0 710,0	3,9 7,1	103,9 482,0	1 4,8	
Аммонийный азот		39,4 197	<0,1 <0,1	114,4 368,0	<0,1 0,1	56,4 149,0	<0,1 <0,1	
Медь		0,9 7,81,6	<0,1	0,94,2 5,50,1		1,10,2 3,90,8		

	Кадмий	0,2 1,1	<0,1 0,1	0,07 0,30	<0,1 <0,1	0,10 0,50	<0,1 <0,1
	Железо	21,5 135	0,4 2,7	16,58 117,30	0,3 2,3	- -	
	Цинк	9,9 32,2	0,2 0,65	7,73 20,50	0,15 0,4	8,5 24,9	0,2 0,5
	Свинец	0,9 8,0	<0,1 0,8	0,22 2,10	<0,1 0,2	0,1 0,6	<0,1 <0,1
	Марганец	2,3 42,2	<0,1 0,85	0,94 13,90	<0,1 0,3	4,8 135,0	0,1 2,7
	Ртуть	0,03 0,12	0,3 1,2	0,03 0,12	0,3 1,2	0,02 0,28	0,2 2,8
	БПК5	1,36 4,00	0,65 1,9	1,83 7,00	0,9 3,3	1,07 2,00	0,5 1
	Взвешенные вещества	9,8 16,4	1 1,6	7,33 18,70	0,7 1,9	5,7 13,5	0,6 1,4
	Кислород	10,16 6,26		10,18 5,63		8,15 3,07	
	Бухта Находка	НУ	0,05 0,19	1 3,8	0,03 0,09	0,6 1,8	0,02 0,07
Фенолы		1,56 2,7	1,56 2,7	1,64 3,10	1,6 3,1	2,30 3,10	2,3 3,1
АПАВ		312,3 829,0	3,12 8,29	340,2 599,0	3,4 6	100,9 289,0	1 2,9
Аммонийн ый азот		62,08 197	<0,1 <0,1	152,1 320,0	<0,1 0,1	161,8 443,0	<0,1 0,15
Медь		0,8 1,3	0,2 0,3	0,97 2,80	0,2 0,7	1,2 2,9	0,2 0,6
Кадмий		0,22 1,10	<0,1 0,11	0,07 0,20	<0,1 <0,1	0,0 0,1	<0,1 <0,1
Железо		20,30 38,40	0,4 0,77	10,59 22,00	0,2 0,4	- -	
Цинк		11,75 21,60	0,24 0,43	7,31 12,20	0,1 0,2	7,2 14,8	0,1 0,3
Свинец		1,05 6,10	0,1 0,6	0,21 1,00	<0,1 0,1	0,1 0,1	<0,1 <0,1
Марганец		1,36 3,60	<0,1 <0,1	0,51 0,80	<0,1 <0,1	9,8 65,0	<0,1 <0,1
Ртуть		0,03 0,06	0,3 0,6	0,025 0,04	0,25 0,4	0,02 0,07	0,2 0,7
БПК5		1,83 4,00	0,87 1,9	2,25 6,00	1,1 2,9	1,00 1,00	0,5 0,5
Взвешенны е вещества		12,60 15,60	1,26 1,56	9,06 18,70	0,9 1,9	7,7 11,4	0,8 1,1

	Кислород	10,06 6,26		9,72 5,63		7,28 3,13	
7. Татарский пролив: г. Александр- овск - Сахалински й	НУ	0,033 0,103	0,66 2,1	0,07 0,172	1,4 3,4	0,06 0,20	1,2 4
	Фенолы	0 0		0 0		0 0	
	СПАВ	9,80 37,0	<0,1 0,4	6,37 30,0	<0,1 0,3	13,2 25,0	<0,1 <0,1
	Кадмий	0,07 1,20	<0,1 0,1	0 0	<0,1 <0,1	0 0	<0,1 <0,1
	Медь	3,74 17,00	0,75 3,4	6,1 22,8	1,2 4,6	3,06 7,50	0,6 1,5
	Цинк	2,79 11,40	<0,1 0,2	4,6 25,2	<0,1 0,5	5,47 18,5	0,12 0,4
	Свинец	0,13 1,1	<0,1 0,11	0,23 1,30	<0,1 0,13	0,78 3,00	<0,1 0,3
	Аммонийн ый азот*	19,73 282	<0,1 0,1	1,24 37,3	<0,1 <0,1	4,67 48,0	<0,1 <0,1
	БПК5	1,79 5,1	0,85 2,4	1,41 3,40	0,7 1,6	1,66 3,20	0,79 1,5
	Кислород	8,82 7,47		8,79 7,55		8,84 7,26	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм³; фенолов, аммонийного азота, АПАВ, меди, железа, цинка, свинца, марганца, кадмия и ртути в мкг/дм³; ДДТ, ДДЭ, ДДД, α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ в нг/дм³.

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

Донные отложения. В 2020 г. среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях прибрежных районов залива Петра Великого изменялось в диапазоне 0,07-12,79 мг/г сухого вещества. По-прежнему в наибольшей степени загрязнены донные отложения бухты Золотой Рог. Среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов в этом районе в 2013 г. превысила допустимый уровень концентрации почти в 123 раза, это 123 ДК, (ДК - допустимый уровень концентрации). В 2014 г. этот показатель составил 210 ДК; 2015 г. – 262 ДК, 2016 г. – 202 ДК, в 2017 – 258 ДК, в 2018 г. – 336 ДК, в 2019 г. – 296 ДК. В 2020 г. среднегодовое содержание НУ в донных отложениях бухты Золотой

Рог составило 256 ДК. Максимальная концентрация НУ в 2020 г. зафиксирована в вершине бухты Золотой Рог в октябре в районе ст. №7 – 566 ДК (28,31 мг/г). По сравнению с 2019 г. почти во всех прибрежных районах, за исключением бухты Диомид, отмечено снижение среднегодовой концентрации НУ в донных отложениях. В бухте Диомид среднегодовой показатель (206 ДК) повысился в 1,2 раза.

Среднегодовое содержание фенолов в донных отложениях залива Петра Великого варьировало в диапазоне 3,20–7,40 мкг/г. В большинстве прибрежных районов залива Петра Великого средняя концентрация фенолов в 2020 г. снизилась по сравнению с прошлым годом в 1,1–1,5 раза. В 2020 году наибольшей степени были загрязнены фенолами донные отложения бухты Золотой Рог (средняя 7,40 мкг/г, максимальная 12,0 мкг/г) и бухты Диомид (средняя 6,20; макс. 9,0 мкг/г).

В прибрежных районах залива Петра Великого в 2020 году снизилось или осталось на уровне прошлого года среднее содержание меди, марганца, свинца, железа, цинка и хрома. В Амурском и Уссурийском заливах, проливе Босфор Восточный и в заливе Находка среднегодовая концентрация практически всех определяемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимого уровня. В Уссурийском заливе отмечено повышение уровня загрязненности донных отложений марганцем (в 2 раза), кобальтом (в 1,4 раза), кадмием (в 1,7 раза), никелем (в 2 раза) и ртутью (в 2,5 раза). В 2020 году во всех районах было зафиксировано повышение уровня загрязненности донных отложений ртутью. В бухте Золотой Рог повысилось среднее содержание кобальта (в 1,5 раза) и ртути (в 4,7 раз). Максимум по ртути в бухте составил 9,7 ДК и был зафиксирован в июне на прибрежной станции №7. Это – максимальная зарегистрированная в заливе Петра Великого концентрация ртути в 2020 году. Следует особо отметить значительное (почти в 5 раз) повышение среднегодового содержания ртути в донных отложениях бухты Золотой Рог.

В донных отложениях всех прибрежных районов залива Петра Великого по-прежнему отмечается высокая концентрация железа: среднегодовые показатели в 2020 г. были в диапазоне 11102 – 40512 мкг/г. Наиболее высокие значения наблюдались в бухте Диомид (40512 мкг/г) и в бухте Золотой Рог (25724 мкг/г).

Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ превышала ДК в бухте Золотой Рог, бухте Диомид, проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе. В бухте Золотой Рог этот показатель

составил 15 ДК, в бухте Диомид – 9,4 ДК; в проливе Босфор Восточный – 2 ДК; в Амурском заливе - 1,3 ДК. В Уссурийском заливе и в заливе Находка в 2020 г. ниже 1 ДК (0,8 и 0,6 ДК соответственно). Максимальное суммарное содержание ХОП группы ДДТ было отмечено в мае в бухте Золотой Рог – 39 ПДК. По сравнению с 2019 годом средняя суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ снизилась во всех районах залива Петра Великого.

В 2020 г. произошло снижение уровня загрязненности донных отложений линданом (γ -ГХЦГ) во всех прибрежных районах: в 1,3 – 10 раз. Средние значения во всех прибрежных районах, за исключением Амурского залива, составили 2 ДК; в Амурском заливе – 6 ДК. Максимальное значение зарегистрировано в Амурском заливе в июне на ст. №37 в центральной части залива – 10 ДК.

Среднее содержание полициклических хлорированных бифенилов (ПХБ) снизилось по сравнению с 2019 г. во всех прибрежных районах залива Петра Великого. В бухте Золотой Рог оно снизилось с 47 до 14 ДК, в бухте Диомид - с 78 до 13,5 ДК, в проливе Босфор Восточный - с 8 до 2,3 ДК, в Амурском заливе - с 1,5 до 1 ДК, в Уссурийском заливе - с 2,7 до 0,6 ДК и в заливе Находка - с 1,0 до 0,5 ДК. Наиболее высокие концентрации ПХБ в 2020 г. были зафиксированы в бухте Золотой Рог – максимум достиг 39 ДК.

Татарский пролив. В 2020 г. регулярные наблюдения за уровнем загрязненности морских вод и донных отложений проводились в прибрежной зоне в районе порта г. Александровск-Сахалинский на 5 станциях с мая по октябрь. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в прибрежных водах по сравнению с 2019 г. незначительно снизилось и составило 1,2 ПДК (в 2019 г. – 1,4 ПДК). Максимальное значение было отмечено в июле и составило 4 ПДК. Фенолы в период наблюдений не обнаружены. В 2020 году в период проведения наблюдений содержание СПАВ и аммонийного азота в морской воде не превысило 0,1 ПДК. Среднегодовое содержание меди в 2020 году составило 0,6 ПДК, что в 2 раза меньше, чем в 2019 г. Максимальная концентрация меди была зафиксирована в июле и составила 1,5 ПДК. Среднегодовые концентрации кадмия, цинка и свинца в период проведения наблюдений не превышала 0,1 ПДК. По сравнению с 2019 годом уровень загрязненности вод соединениями меди снизился в 2 раза. Кислородный режим в 2020 г. был в пределах нормы: среднее содержание растворенного кислорода составило 8,84 мгО₂/дм³.

В 2020 году качество морских вод по ИЗВ в Татарском проливе в районе г. Александровск по-прежнему относилось к III классу

(«умеренно-загрязненные») хотя и улучшилось в абсолютном выражении.

Уровень загрязненности **донных отложений** прибрежной зоны района г. Александровск нефтяными углеводородами снизился по сравнению с 2019 г. Содержание НУ в донных отложениях было в диапазоне 5,2 – 52,5 мкг/г абсолютно сухого грунта, в среднем 13,06 мкг/г (0,3 ДК); в 2019 г. - 31,13 мкг/г или 0,6 ДК.

Среднегодовое содержание фенолов резко повысилось: с 0,03 до 0,89 мкг/г, т.е. почти в 30 раз.

Содержание тяжелых металлов было в следующих пределах: медь 1,3 -3,3 мкг/г (среднее 2,3 мкг/г); цинк 0,0 - 111 мкг/г (среднее 42,4 мкг/г); кадмий 0,0 - 0,05 мкг/г (0,03 мкг/г); свинец в 2020 году в период проведения работ не обнаружен. Среднегодовое содержание всех определяемых металлов в донных отложениях в районе Александровска значительно ниже 1 ДК.

Таблица 11.2. Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2018-2020 гг.

Район	2018 г.		2019 г.		2020 г.		Содержание ЗВ в 2020 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. бухта Золотой Рог	1,80	V	1,58	IV	1,27	IV	Фен. 2,1; АПАВ 0,9; БПК5 1,4; О2 0,7
2. бухта Диомид	1,57	IV	1,43	IV	1,13	III	Фен. 2; АПАВ 0,9; БПК 1; О2 0,6
3. пролив Босфор Восточный	1,79	V	1,30	IV	1,0	III	Фенолы 1,4; АПАВ 0,9; БПК 1,1; О2 0,7
4. Амурский залив	1,42	IV	1,95	V	1,0	III	Фенолы 2; АПАВ 0,9; БПК 0,5; О2 0,6
5. Уссурийский залив	1,55	IV	1,48	IV	1,0	III	Фенолы 1,7; АПАВ 0,8; БПК 1; О2 0,7
6. залив Находка (с бухтами)	1,36	IV	1,77	V	1,0	III	Фенолы 1,8; АПАВ 1; БПК 0,5; О2 0,7
6.1. бухта Находка	1,57	IV	1,80	V	1,15	III	Фенолы 2,3; АПАВ 1; БПК 0,5; О2 0,8
6.2. бухта Козьмина			1,51	IV			Фенолы ; АПАВ ; БПК ; О2
6.3. бухта Врангеля	1,25	III	1,60	IV			Фенолы АПАВ ; БПК ; О2

Татарский пролив: Александровск - Сахалинский	0,77	III	1	III	0,82	III	НУ 1,2 ; Cu 0,6 ; БПК5 0,79 ; O2 0,68
---	------	-----	---	-----	------	-----	--

Выводы

По результатам комплексной оценки (ИЗВ) в 2020 г. большая часть прибрежных районов залива Петра Великого относилась к III классу («умеренно-загрязненные») (Табл.11.2, рис. 11.1). Исключением стала бухта Золотой Рог, качество вод которой соответствовало IV классу («загрязненные»). Следует отметить, что в абсолютном выражении качество вод бухты Золотой Рог улучшилось: ИЗВ снизился с 1,58 до 1,27. По сравнению с 2019 годом улучшилось качество вод бухты Диомид, пролива Босфор Восточный, Амурского и Уссурийского заливов и залива Находка: ИЗВ всех районов снизился с V или IV до III.

В последнее десятилетие качество вод стабилизировалось на уровне «умеренно загрязненные» и «загрязненные» (рис. 12.1). Трехлетний с 2015 г. период ухудшения состояния отдельных районов залива сменился тенденцией к некоторому улучшению качества вод. По комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ в 2020 г. во всех районах залива Петра Великого, за исключением бухты Золотой Рог, качество вод соответствовало III классу, «умеренно-загрязненные». В бухте Золотой Рог качество вод по-прежнему относится к IV классу - «загрязненные», но в пределах этого класса тоже несколько улучшилось.

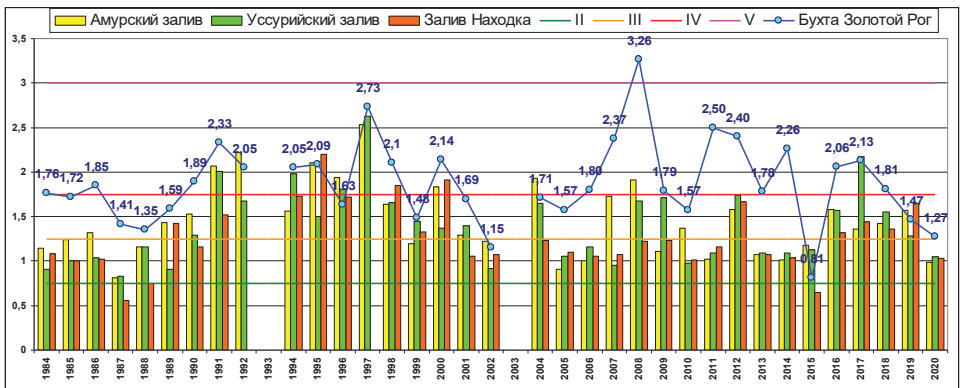


Рис. 11.1. Динамика комплексного индекса загрязненности вод ИЗВ в водах залива Петра Великого и в бухте Золотой Рог Японского моря в 1984-2020 гг.

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.Величkevич, Е.П.Кириллова, под ред. А.И.Симонова и А.С.Пахомовой. - Москва, 1968, 161 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2000. – Н.А.Афанасьева, И.Г.Матвейчук, И.Я.Агарова, Т.И.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, 244 с. ISBN 978-5-9500646-7-8

Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2020

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 окружающей среды г. Керчи (ЛМЗС, г. Керчь): Алексеенко А.И.
- 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 (г. Архангельск): Плакуева М.В., Красавина А.С.
- 2). ФГБУ «Мурманское УГМС», Центр мониторинга загрязнения окружающей среды (г. Мурманск): Чаус О.М., Устинова А.А., Украинская К.В.

Баренцево море

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

Гренландское море (Шпицберген)

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

Шельф Камчатки, Авачинская губа, Тихий океан

- 1). Лаборатория информационно-аналитических ресурсов (ЛИАР) Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды (ЦМС) ФГБУ «Камчатское УГМС» (г. Петропавловск-Камчатский): Корчуганова Н.В., 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 по мониторингу загрязнения природных вод и почв (ЛМЗПВиП) Центра по мониторингу окружающей среды ФГБУ «Приморское УГМС» (г. Владивосток): Подкопаева В.В., Наумец А.Е.
- 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 (pH)").
20. РД 52.10.742-2018. Объемная доля сероводорода в морской воде. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела "Сероводород").

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

22. **РД 52.10.744-2020.** Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы 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 редукторе (взамен РД 52.10.745-2010 Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редукторе).

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. Diomedede 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)	

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
	АННОТАЦИЯ
	ABSTRACT
	ВВЕДЕНИЕ
A.	Характеристика системы наблюдений.....
	A.1. Станции мониторинга.....
	A.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений.
	A.3. Мониторинг морской среды в 2018 г.....
1.	Глава 1. Каспийское море
	1.1. Общая характеристика.....
	1.2. Поступление загрязняющих веществ.....
	1.3. Состояние вод Северного Каспия.....
	1.3.1. Северо-западная мелководная часть Каспия (разрезы III и IIIa).....
	1.3.2 Южная граница Северного Каспия (разрез IV).....
	1.4. Состояние вод Дагестанского побережья.....
2.	Глава 2. Азовское море
	2.1. Общая характеристика.....
	2.2. Таганрогский залив.....
	2.2.1. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива.....
	2.2.2. Загрязнение вод устьевой области р. Дон.....
	2.2.3. Загрязнение донных отложений.....
	2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань.....
	2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань
	2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива
	2.4. Керченский пролив. Северная узость (разрез порт Крым – порт Кавказ).....
3.	Глава 3. Черное море
	3.1. Общая характеристика.....
	3.2. Экспедиционные исследования открытой части моря
	3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря
	3.3.1. Евпаторийский район (озеро Донузлав)
	3.3.2. Севастопольская бухта (МГИ).....
	3.3.3. Севастопольская бухта и взморье (СО ГОИН).....
	3.3.4. Загрязнение атмосферных выпадений (г. Севастополь).....
	3.3.5. Порт Ялта.....

	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 2020. – под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2021, 230 с.
ISBN 978-5-6045347-0-0

© Коршенко А.Н.

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

Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 12,0.

Тираж 400 экз. Зак. №

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

ISBN 978-5-6045347-0-0

ISBN 978-5-6045347-0-0



9 785604 534700