ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

имени Н.Н.ЗУБОВА

(ГОИН)

FEDERAL SERVICE
ON HYDROMETEOROLOGY AND MONITORING
OF ENVIRONMENT
(ROSHYDROMET)

STATE OCEANOGRAPHIC INSTITUTE

(SOI)

MARINE WATER POLLUTION

A N N U A L R E P O R T

2019

Editor Alexander Korshenko

«Nauka»
Moscow 2020

**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

2019

Редактор Коршенко А.Н.

**«Наука»
Москва 2020**

УДК 551.464:543.30

АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2019 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2019 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-2019 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 2019. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2020, 232 с.

ISBN 978-5-9500646-7-8

ABSTRACT

The Annual Report 2019 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2019. 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 2019. 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 2019 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 2019 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 2019. — Editor Alexander Korshenko, Moscow, «Nauka», 2020, 232 p.

ISBN 978-5-9500646-7-8

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-2019 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 pH 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 (pH), щелочности (Alk), нитритного азота ($N\text{-}NO_2$), нитратного азота ($N\text{-}NO_3$), аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$), общего азота (N_{total}), фосфатного фосфора ($P\text{-}PO_4$), общего фосфора (Ptotal), кремния ($Si\text{-}SiO_3$), а также элементов гидрометеорологического режима — солености воды (S‰), температуры воды и воздуха (T °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 $БПК_5$ — 2,1 $мгO_2/дм^3$ вместо ранее установленного 3,0 $мгO_2/дм^3$. 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).

Биогенные вещества*				
Ингредиент (Класс опасности)	**CAS**	**Обозначение**	**ПДК, мг/дм^3**	**мкг/дм^3**
Аммиак (4)	7664-41-7	NH_3 nH_2O	для пресных вод — 0,05	50
Аммоний-ион (4)	14798-03-9	NH_4^+ NH_4^+	0,5 (0,4 в пересчете на N*) 2,9 при 13–34‰	500/389 2900/2256
Мочевина (карбамид)	57-13-6	CH_4N_2O	- 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_2SiO_3	для пресных вод — 2,0 или 1,0 по SiO_3^{2-}	2000 (1000)/ 368
Фосфат-ион (4э) (по P)	- - -	PO_4 PO_4 PO_4	0,05 олиготрофные водоемы 0,15 мезотрофные 0,2 эвтрофные	50/17 150/50 200/67

Примечания:
* В Приказе ПДК-2016 вероятно из-за высокого содержания биогенных веществ в пресных водах их концентрация указана в мг/дм^3 на соединение в целом по сумме входящих в состав элементов и дополнительно в пересчете на элемент, например аммонийный азот — 0,5 мг/дм^3, а в пересчете на азот в округленной до десятых форме– 0,4 мг/дм^3. В морских водах концентрация соединений азота, фосфора и кремния обычно на порядки меньше, поэтому в методических Руководящих Документах Росгидромета по их определению используется единица мкг/дм^3. В настоящем Ежегоднике с учетом обычно низкого содержания биогенных веществ в морской воде приведен более точный (не округленный) перевод значения ПДК на элемент в мкг/дм^3. Вследствие этого нормы ПДК для сетевых подразделений Росгидромета могут быть скорректированы с учетом атомных весов составляющих соединение элементов: H — 1, N — 14, O — 16, P — 32, Si — 28, K — 39. Таким образом, ПДК аммония составляет 14/18 от первого приведенного в ПДК-2016 значения; нитритов 14/46; нитратов 14/62; силикатов SiO_3 28/76 и фосфатов 32/96. Полученное значение указано в последней колонке таблицы через слеш.
Вследствие указанного выше существенного различия в содержании биогенных и загрязняющих веществ в пресных и морских водах в Руководящих Документах и Ежегодниках Гидрохимического Института (ГХИ, Ростов-на-Дону, https://gidrohim.com/node/44) их концентрация выражена в мг/дм^3. В методических и аналитических документах ГОИН (http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=282; http://www.oceanography.institute/index.php/2013-05-19-21-09-30) концентрация этих веществ в большинстве случаев приведена в мкг/дм^3.

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 Ba	2,0 при 12–18‰ для пресных вод — 0,74	2000 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 Fe	0,05 для пресных вод — 0,1	50 100
Кадмий (2) <1>*	7440-43-9	Cd Cd	0,01 для пресных вод — 0,005	10 5
Кальций (4э) <1>*	7440-70-2	Ca Ca	610 при 12–18‰ для пресных вод — 180,0	
Кобальт (3) <1>*	7440-48-4	Co Co	0,005 для пресных вод — 0,01	5 10
Литий (4) <1>*	7439-93-2	Li Li	0,08 для пресных вод — 0,08	80 80
Магний (4) <1>*	7439-95-4	Mg Mg	940 при 13–18‰ для пресных вод — 40,0	
Марганец двухвалентный(4)	7439-96-5	Mn^{2+} Mn^{2+}	0,05 для пресных вод — 0,01	50 10
Медь (3) <1>*	7440-50-8	Cu Cu	0,005 для пресных вод — 0,001	5 1
Молибден (2) <1>*	7439-98-7	Mo Mo	- для пресных вод — 0,001	- 1
Мышьяк (3) <1>*	7440-38-2	As As	0,01 для пресных вод — 0,05	10 50

Натрий (4)	7440-23-5	Na	7100 при 13–18‰ для пресных вод — 120,0	
Никель (3) <1>*	7440-02-0	Ni Ni	0,01 для пресных вод — 0,01	10 10
Олово (4) <1>*	7440-31-5	Sn Sn	- для пресных вод — 0,112	- 112
Ртуть (1) <1>*	7439-97-6	Hg Hg	0,0001 для пресных вод — 0,00001	0,1 0,01
Свинец (3) <1>*	7439-92-1	Pb Pb	0,01 для пресных вод — 0,006	10 6
Стронций (4) <1>*	7440-24-6	Sr	4,14 для пресных вод — 0,4	4140 400
Хром трехвалентный (3)	7440-47-3	Cr^{3+} Cr^{3+}	- для пресных вод — 0,07	- 70
Хром шестивалентный (3)	7440-47-3	Cr^{6+} Cr^{6+}	- для пресных вод — 0,02	- 20
Цинк (3) <1>*	7440-66-6	Zn Zn	0,05 для пресных вод — 0,01	50 10
Сера элементарная	-	S	для пресных вод — 10,0	

Органические загрязняющие вещества

Ингредиент/ Класс опасности	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм^3	мкг/дм^3	нг/дм^3
Нафталин (3)	91-20-3	$C_{10}H_8$	для пресных вод — 0,004	4	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ) (3)	-	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	морские воды — 0,05	50	
Родамин-Б (Краситель красный С-2108-Д) (4)	- -	$C_{30}H_{34-}N_2O_5$	0,05 для пресных вод — 0,05	50 50	
Соевое масло (3)	8001-22-7	$C_{57}H_{98-}O_6$	морские воды –1,0		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)***	-	Detergents Detergents	0,1 для пресных вод — 0,5	100 500	
Фенол/карболовая кислота (3)	108-95-2	Fenols C_6H_6O	фенол — 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10
Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана) (1)	319-84-6	HCH, Group HCH with γ-HCH (Lindane), $C_6H_6Cl_6$	для пресных вод — 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50-29-3	DDT, $C_{14}H_9Cl_5$	для пресных вод — 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67-64-1	C_3H_6O	для пресных вод — 0,05	50	
Бензол (4)	71-43-2	Benzen, C_6H_6	для пресных вод — 0,5	500	
Бромбензол (2)	108-86-1	C_6H_5Br	0,1 для пресных вод –0,0001	100 0,1	
α-Бромнафталин (1)	90-11-9	$C_{10}H_7Br$	для пресных вод — 0,000001	0,001	1
Арцерид (1)	-		для пресных вод — 0,0007	0,7	
Бульдок 025 ЕС (1), *бета-байтроид*	-	$C_{22}H_{18}Cl_2FNO_3$	для пресных вод — 0,0000001	0,0001	0,1
2,4-Динитрофенол (2)	51-28-5	$C_6H_4N_2O_5$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100

Дихлорбензол (2), смесь изомеров	25321-22-6	$C_6H_4Cl_2$	для пресных вод — 0,001	1	
2,4-Дихлорфенол (1)	120-83-2	$C_6H_4OCl_2$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Додецилбензол (2)	123-01-3	$C_{18}H_{30}$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Каратан (1)	-		для пресных вод — 0,00007	0,07	70
Метатион/метилнитрофос/сумитион (1)	-	$C_9H_{12}NO_5PS$	для пресных вод — 0,0000001	0,0001	0,1
Полихлорпинен (1)	-		для пресных вод — 0,00001	0,01	10
Тетрабутилолово (1)	1461-25-2	$(C_4H_9)_4Sn$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Толуол/метилбензол (3)	108-88-3	C_7H_8	для пресных вод — 0,5	500	
Тетрахлорметан (четыреххлористый 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	$C_6H_3Cl_3$	для пресных вод — 0,001	1	
Трихлорфенол (1)	88-06-2	$C_6H_3Cl_3O$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Формалин 35–40% (3)	50-00-0	CH_2O	0,1 (0,05 по формальдегиду) для пресных вод — 0,25	100 250	
Фталевые кислоты (орто-, мета-, пара-), (4)	-	-	2,0 (морские воды)		
Хлорбензол (3)	108-90-7	C_6H_5Cl	для пресных вод — 0,001	1	
2-Хлорфенол (1)	95-57-8	C_6H_5OCl	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	110-82-7	C_6H_{12}	для пресных вод — 0,01	10	
Этиленгликоль (3)	107-21-1	$C_2H_6O_2$	0,5 для пресных вод — 0,25		
Этиловый спирт (3)	64-17-5	C_2H_6O	для пресных вод — 0,01		

Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории

Растворенный кислород O_2	Dissolved oxygen O_2	— 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 (pH)	pH	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения.
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК$_5$	BOD$_5$;	При температуре 20 °С под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 2,1 мг/дм^3.
Биохимическое потребление кислорода БПК$_{полн}$	BOD$_{total}$	При температуре 20 °С под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 3,0 мг/дм^3.
Взвешенные вещества	Suspended solids	При сбросе возвратных (сточных) вод конкретным водопользователем, при производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на 0,25 мг/дм^3 (высшая и первая категории объекта рыбохозяйственного значения); 0,25 мг/дм^3 — вторая категория

Взвешенные вещества (4)	Suspended solids	Инертная природная минеральная взвесь, состоящая из неорганического осадочного материала (глинистые и обломочные минералы, горные породы, силикаты, карбонаты и др.) с дисперсностью частиц от 0,5 мкм. Для континентальной шельфовой зоны морей с глубинами более 8 м — 10,0 мг/дм^3
Плавающие примеси (вещества)		На поверхности воды водных объектов рыбохозяйственного значения в зоне антропогенного воздействия не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей

* В первой графе ПДК-2016 указывается название вещества и его формула, а также значок <1> — все растворимые в воде формы.
Во второй графе ПДК-2916 приводится номер CAS:
CAS registry number — уникальный численный идентификатор химических соединений, полимеров, биологических последовательностей нуклеотидов или аминокислот, смесей и сплавов, внесенных в реестр Chemical Abstracts Service. Номер CAS записывается в виде трех групп арабских чисел, разделенных дефисами.
В третьей графе приводится лимитирующий показатель вредности (ЛПВ):
«токс» — токсикологический (прямое токсическое действие веществ на водные биологические ресурсы);
«сан» — санитарный (нарушение экологических условий при попадании вещества в воду водного объекта рыбохозяйственного значения): изменение трофности водных объектов; гидрохимических показателей: кислорода, азота, фосфора, pH; нарушение самоочищения воды водных объектов: БПК$_5$ (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/дм^3. 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≤0,25
Чистые	II	0,25<ИЗВ≤0,75
Умеренно загрязненные	III	0,75<ИЗВ≤1,25
Загрязненные	IV	1,25<ИЗВ≤1,75
Грязные	V	1,75<ИЗВ≤3,00
Очень грязные	VI	3,00<ИЗВ≤5,00
Чрезвычайно грязные	VII	ИЗВ>5,00

Правила расчета индекса загрязненности вод определены «Методическими Рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (МР 1988) 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 мгO_2/дм^3 на его реальное содержание.

Технология расчета индекса содержит несколько последовательных стадий: 1) выбор уровня усреднения данных по пространству (одиночная станция, группа станций или полностью контролируемый район, например бухта, залив, эстуарный район реки и т.д.) и по времени (месяц, сезон или год); для выбранных станций и периода времени рассчитывается средняя концентрация всех наблюдаемых параметров; 2) для всех 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 мгO_2/дм^3 разделить на среднее значение концентрации кислорода в мг/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 введение в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды» от 31.10.2000 г. Критериями **ЭВЗ** морской воды являются:

— максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1–2 класса опасности в 5 и более раз; для веществ 3–4 класса опасности — в 50 раз и более. Содержание веществ в морских водах сопоставляется с наиболее «жесткими» ПДК в ряду одноименных показателей. Для веществ, на которые нормативными документами предусмотрено полное отсутствие их в воде водных объектов, в качестве ПДК условно принимается значение 0,01 мкг/л;

— появление запаха вод интенсивностью более 4 баллов, не свойственного воде ранее;

— покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более 1/3 поверхности водного объекта при его обозримой площади до 6 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 мг/л и менее;

— увеличение биохимического потребления кислорода (БПК$_5$) свыше 40 мг O_2/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 (БПК$_5$) — от 10 до 40 мгO_2/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 км^2;

— покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до 2 км^2 при его обозримой площади более 6 км^2.

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≤3 мг/л	<2,00 мг/л
Азот аммонийный	≥29,00 мг/л	≥145,00 мг/л
Азот нитритный	≥0,80 мг/л	≥4,00 мг/л
Азот нитратный	≥400 мг/л	≥2000 мг/л
Фосфаты (для эвтрофных водоемов)	≥2,0 мг/л	≥10,0 мг/л
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	≥1,5 мг/л	≥7,5 мг/л
Нефтепродукты	≥1,5 мг/л	≥2,50 мг/л
СПАВ	≥1,00 мг/л	≥5,00 мг/л
ДДТ	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
ГХЦГ	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
Фенолы	≥0,03 мг/л	≥0,05 мг/л
Медь	≥0,15 мг/л	≥0,25 мг/л
Марганец	≥0,15 мг/л	≥0,25 мг/л
Свинец (морская вода)	≥0,03 мг/л	≥0,05 мг/л
Свинец (пресная вода)	≥0,018 мг/л	≥0,030 мг/л
Ртуть (морская вода)	≥0,3 мкг/л	≥0,5 мкг/л
Ртуть (пресная вода)	≥0,03 мкг/л	≥0,05 мкг/л
Кадмий	≥0,03 мг/л	≥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. Большему значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т.д. Классификация качества пресной воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс — условно чистая; 2-й класс — слабо загрязненная; 3-й класс — загрязненная; 4-й класс — грязная; 5-й класс — экстремально грязная.

Обязательный перечень показателей и ингредиентов для расчета комплексных оценок качества пресных вод содержит 15 позиций: 1. Растворенный в воде кислород, 2. $БПК_5$ (по O_2), 3. ХПК, 4. Фенолы, 5. Нефтепродукты, 6. Нитрит-ионы (NO_2), 7. Нитрат-ионы (NO_3), 8. Аммоний-ион (NH_4^+), 9. Железо общее, 10. Медь (Cu^{2+}), 11. Цинк (Zn^{2+}), 12. Никель (Ni^{2+}), 13. Марганец (Mn^{2+}), 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 закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ аналогично ПДК в водной толще. Однако существует возможность оценивать степень загрязнения донных отложений в контролируемом районе моря на основе соответствия уровня содержания отдельных ЗВ критериям экологической оценки загрязненности грунтов по 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 упрощенной 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-HCH, lindane), нг/г	0,05
Кобальт, мкг/г	20	Сумма 6 ПХБ, нг/г	20
Молибден, мкг/г	10	Хлорбензолы, нг/г	-
Олово, мкг/г	20	Хлорфенолы, нг/г	-
Барий, мкг/г	200	НУ (TPHs), мкг/г	50

В целом ряде исследований состояния гидрохимического режима и содержания различных форм биогенных элементов в морской воде используется единица измерений микромоль/л или микромоль/дм^3 (мкмоль/дм^3 или мкМ; μmol/L или μmol/l). Таблица пересчета единиц позволяет перевести концентрацию в мкг/дм^3 (табл. А.6).

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

Таблица А.6. Пересчет концентрации гидрохимических параметров из мкМ в мкг/дм^3.

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_2S	×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

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 2019 г.

В 2019 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 315 станциях, расположенных на 9 морях Российской Федерации и на острове Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 50 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. Только на Северном Каспии 13 станций было выполнено на трех стандартных гидрологических вековых разрезах, которые пересекают устьевое взморье Волги и замыкают границу мелководья. 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).

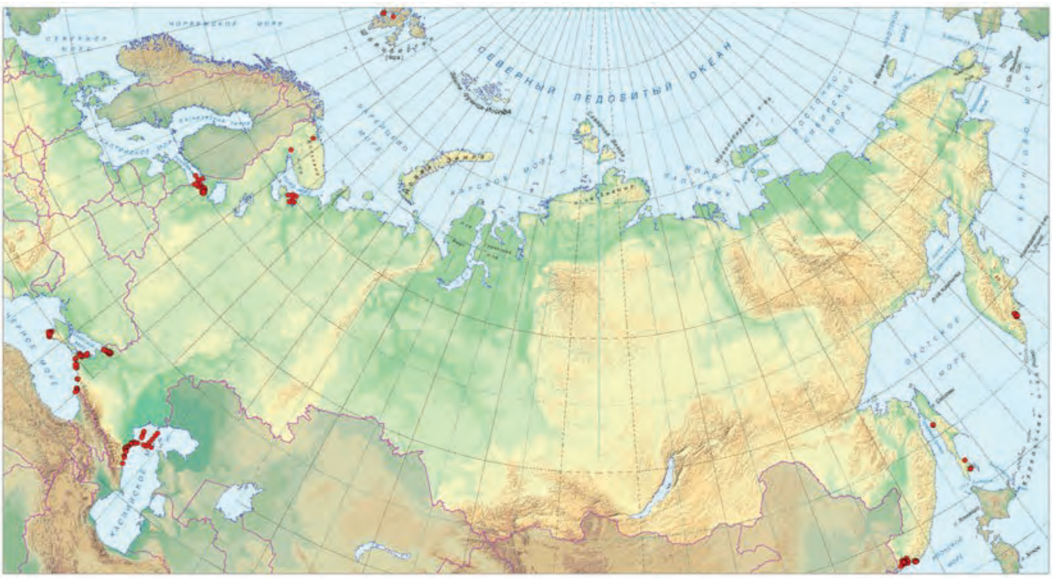


Рис. А1. *Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2019 г.*

В течение 2019 г. всеми лабораториями было отобрано и проанализировано 2273 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 47373 измерений, а в донных отложениях 1242, из кото-

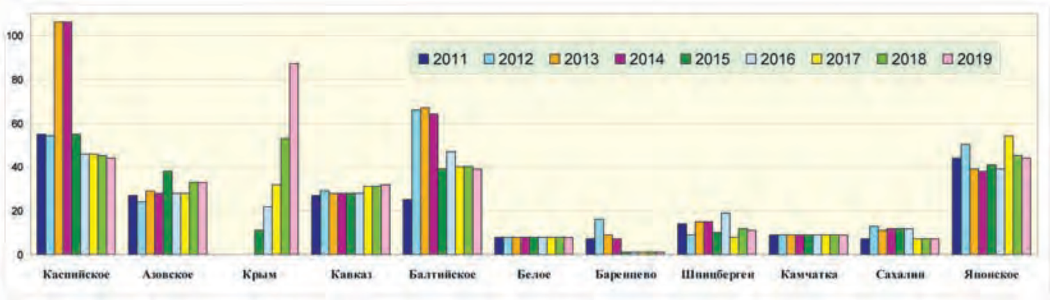


Рис. А.2. *Количество станций мониторинга морской среды на контролируемых морях РФ в 2011–2019 гг.*

рых 1014 было выполнено на шельфе о. Сахалин и в заливе Петра Великого. Общее количество параметров контроля состояния морской среды в воде и донных отложениях включает 73 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 спектрометрии, фенолов, СПАВ, стойких органических загрязнителей (СОЗ), главным образом пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, а также ПХБ, и тяжелых металлов (ТМ). Среди органических загрязняющих веществ 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 2019 г. было традиционно неодинаковым в разных морях (рис. А.3).

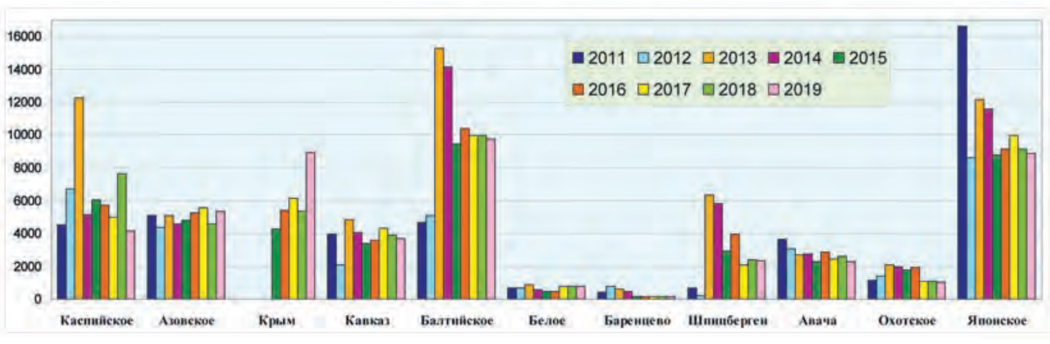
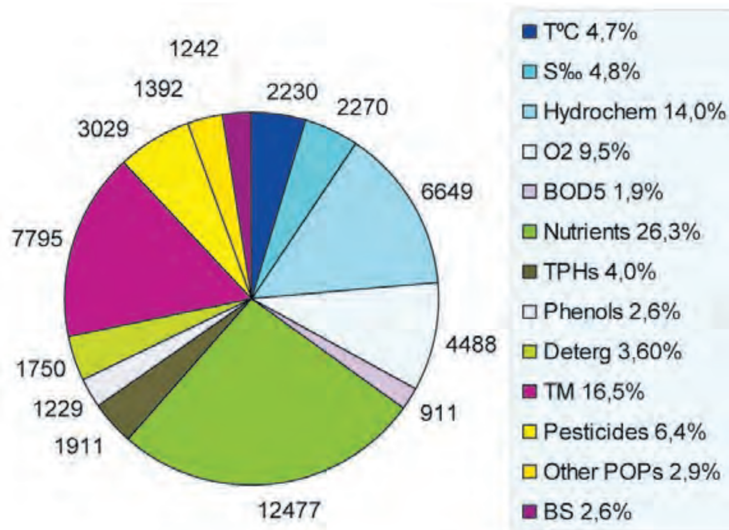


Рис. А.3. *Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2011–2019 гг.*

Государственный мониторинг состояния и уровня загрязнения морской среды вод в 2019 г. главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидрохимических параметров (12060 анализов из общего количества 47373), а также измерение концентрации биогенных веществ (12477 анализов) и растворенного в воде кислорода (4488), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов тяжелых металлов (7795) и стойких органических загрязнителей (4421 анализов). При анализе этих классов веществ в одной пробе морской воды обычно анализируется до 11 разных металлов и большое количество различных органических веществ. В частности, хроматографический анализ пестицидов обычно включает 6 ингредиентов из групп ГХЦГ и ДДТ (линдан и 2 конгенера, ДДТ и 2 метаболита), однако дополнительно могут определяться еще несколько хлор- или фосфорорганических соединений. При анализе содержания ПХБ или ПАУ может быть выявлено до 20 и более индивидуальных веществ. Вследствие этого общее количество выполненных анализов по металлам и СОЗ выглядит повышенным при сравнении с другими группами веществ. На всех контролируемых участках акватории морей обязательно выполнялось определение содержания в воде и донных отложениях нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектрометрии, была проанализирована 1911 проба.



Т — температура,
S — соленость;
г/х — стандартные гидрохимические параметры;
O_2 — концентрация растворенного в воде кислорода;
$БПК_5$ — биохимическое потребление кислорода за 5 суток;
Биогены — соединения азота, фосфора и кремния;
НУ — сумма нефтяных углеводородов, метод инфракрасной спектрометрии;
Фенол — сумма фенолов;
СПАВ — синтетические поверхностно-активные вещества;
ТМ — тяжелые металлы;
Пестициды — хлорорганические пестициды;
Другие СОЗ — стойкие органические загрязнители кроме хлорорганических пестицидов (гербициды, полихлорированные бифенилы ПХБ, полициклические ароматические углеводороды ПАУ, хлорфенолы);
д.о.— донные отложения.

Рис. А.4. *Структура и количество анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы государственного мониторинга морской среды в 2019 г.*

Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

Постнов А.А., Дощахова 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 км^2. По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км^2, что составляет 18% общей площади всех озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь озера Верхнего в Северной Америке (84,1 тыс. км^2). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км^2), Адриатического (139,0 тыс. км^2) и Белого морей (87,0 тыс. км^2). По морфометрическим характеристикам Каспийское море является глубоководным водоемом с сильно развитой шельфовой зоной на севере. Максимальная глубина южной впадины моря 1025 м, а рассчитанная по батиграфической кривой средняя равна 208 м. Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море условно делится на три части: Северный (25% площади), Средний (36%) и Южный Каспий (39%). Условная граница между первыми проходит по линии о. Чечень — мыс Тюб-Караганский, между Средним и Южным Каспием — по линии о. Жилой — мыс Ган-Гулу. Протяжённость в основном низменной и гладкой береговой линии оценивается примерно в 6500–6700 километров, а с островами до 7000 километров. В северной части берега изрезаны водными протоками и островами дельты Волги и Урала, берега низкие и заболоченные, а водная поверхность во многих местах покрыта зарослями. Донный рельеф здесь осложнен наличием множества банок и островов, в число которых входит самый большой на Каспии о. Чечень. На восточном побережье преобладают известняковые берега, примыкающие к полупустыням и пустыням. Наиболее извилистые берега на западном побережье в районе Апшеронского полуострова, а на восточном побережье в районе Казахского залива и Кара-Богаз-Гола (Бухарицин П.П., 1996).

С территории России в Каспий впадают реки Волга, Терек, Сулак и Самур; последняя является пограничной рекой с Азербайджанской Республикой. Сток р. Волги, в среднем равный 255 км^3 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 °С, зимой колеблется от 0 °С на севере до 11 °С 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 км^2 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, 534 тыс. жителей в 2019 г.) расположен на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км^2; на Дагестанском побережье Махачкала (601 тыс.), Дербент (125 тыс.) и Каспийск (119 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

Наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод были проведены на 7 станциях вековых разрезов III и IIIa в западной и центральной частях мелководного Северного Каспия, а также на границе Северного и Среднего Каспия (разрез IV, 4 станции, рис. 1.1) в период с 8 апреля по 1 ноября 2019 г. Всего было отобрано 52 пробы из водной толщи на станциях с глубинами 4,3–23,0 м. Пробы воды были отобраны

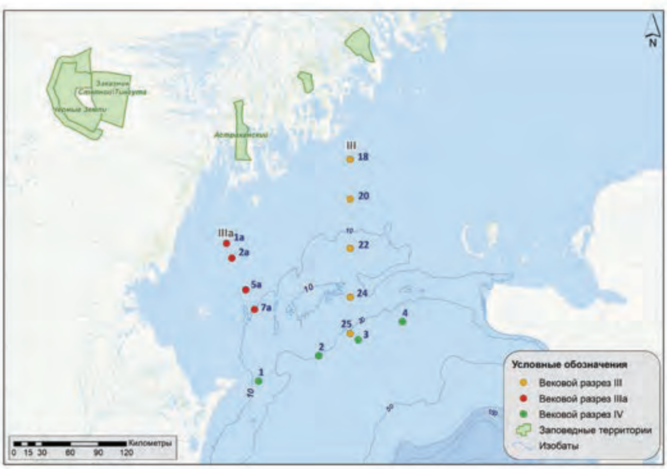


Рис. 1.1. *Станции отбора проб на акватории Северного Каспия в 2019 г.*

из поверхностного и придонного слоев, а на разрезе IV также из промежуточного. 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.

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

Соленость вод Северного Каспия в 2019 г. на разрезах III и IIIа изменялась в период с начала апреля по конец октября в диапазоне 4,50–12,81‰ (в среднем 9,60‰) и 3,20–8,29‰ (в среднем 5,43‰), соответственно (табл. 1.1). Столь существенное различие в средних значениях солености вызвано географическим положением разрезов, поскольку западный IIIа 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 9,31 и 9,63 мгO_2/дм^3 на разрезах III и IIIа, соответственно. Среднее годовое значение степени насыщения вод кислородом составило в 2019 г. 95,5%.

Таблица 1.1. Средние и максимальные значения гидрохимических параметров вод Северного Каспия в 2019 г.

Параметр	Разрез III			Разрез IIIа			Разрез IV		
	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.	Сред.	Мин.	Макс.
Тем-ра, °С	16,4	6,6	26,0	16,0	12,0	24,8	8,4	7,2	12,1
Соленость‰	9,60	4,50	12,81	5,43	3,20	8,29	10,77	10,00	11,50
O_2, мгO_2/дм^3	9,31	7,55	11,36	9,63	8,00	10,7	10,22	9,16	11,16
pH	8,13	7,23	8,53	8,28	7,69	8,57	8,55	8,47	8,65
Фосфаты*	6,1	2,39	12,68	7,38	3,39	12,67	11,8	8,2	15,3
Общий фосфор	-	-	-	-	-	-	12,5	9,0	16,7
Нитриты	1,31	0,32	2,50	2,34	1,37	4,68	1,71	1,3	2,0
Нитраты	5,51	0,8	27,1	6,33	0,8	19,2	13,45	9,4	18,2
Аммоний азот	1,7	0,2	7,0	3,93	0,72	11,37	237	201	284
Общий азот	-	-	-	-	-	-	308	229	363
Кремний	528,1	100,0	1028,6	654,3	28,6	1185,7	330	246	395

* единица измерений всех биогенных элементов — мкг/дм^3.

Как и в предыдущие годы, концентрация **фосфатов** (как средняя, так и максимальная) не превышала нескольких десятых единиц ПДК, какой-либо систематической изменчивости концентрации фосфатов не обнаруживалось (табл. 1.1). На разрезе IIIа концентрация нитритов, нитратов, аммонийного азота и кремния была несколько большей, чем водах восточнее. Можно полагать, что более высокая концентрация биогенных веществ связана с их выносом со стоком Волги. В целом, угрозы эвтрофикации Северного Каспия в настоящее время нет.

Уровень загрязнения вод нефтяными углеводородами **(НУ)** на разрезах III и IIIа вновь повысился — в среднем с 1,0 и 1,4 ПДК в 2018 г. до 2,8 и 3,6 ПДК в 2019 г., соответственно. Максимум 4,8 ПДК зафиксирован на разрезе IIIа (табл. 1.2). После кратковременного уменьшения в предыдущем году содержание нефтяных углеводородов в водах западной и центральной частей акватории Северного Каспия вновь возросло, существенно превысило ПДК и приблизилось к уровню 2017 г.

Сравнение многолетнего хода средних годовых значений концентрации НУ в водах верховья дельты Волги у села Верхнелебяжье), а также в центральной и западной частях акватории

Северного Каспия показывает, что имеется хорошо выраженная связь между концентрацией НУ в стоке Волги и на разрезах III и IIIa. Коэффициенты корреляции в обоих случаях составляют около 0,75 (табл. 1.3). Коэффициент детерминации, т.е. вклад стока Волги в дисперсию межгодовой изменчивости уровня загрязнения НУ западной и центральной частей Северного Каспия составляет около 50%.

Степень загрязнения **фенолами** составляла в среднем 1,0–2,0 ПДК (табл. 1.2) на обоих разрезах и соответствовала уровню 2013–2018 гг. В то же время, концентрация СПАВ в 2019 г. выросла в несколько раз по сравнению с 2018 г. и вплотную приблизилась к значению ПДК.

Таблица 1.2. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного Каспия в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Разрез III 4 ст. 32 проб	НУ	0,23 0,34	**4,6** **7**	0,05 0,09	**1,0** **1,8**	0,18 0,24	**3,60** **4,80**
	Фенолы	0,9 2	0,9 **2**	1,7 3	**1,7** **3**	2,0 2,0	**2,00** **2,00**
	СПАВ	23,0 30	0,23 0,30	27,5 40	0,28 0,40	80 100	0,80 **1,00**
	Азот аммонийный	14.2 54	<0,1 0,1	6,6 13,9	<0,1 <0,1	1,7 7,0	<0,01 0,02
	Азот нитритный	0,9 3,4	0,04 0,14	2,8 6,1	0,12 0,25	1,4 2,5	0,06 0,10
	Фосфаты	8,0 22,4	0,16 0,44	7,6 13,5	0,15 0,27	6,1 12,7	0,12 0,25
	Fe	290 540	**5,6** **11**	130 230	**2,6** **4,6**	120 240	**2,40** **4,80**
	Cu	7,1 15,3	**1,4** **3,1**	5,9 20,0	**1,18** **4,0**	5,5 17,2	**1,10** **3,44**
	Zn	94,4 404,9	**1,9** **8,1**	123,2 310,0	**2,5** **6,2**	51,5 116,8	**1,03** **2,34**
	Ni	41,0 85,2	**4,1** **8,5**	40,3 163,4	**4,0** **16,3**	17,6 40,5	**1,76** **4,05**
	Кислород	10,77 7,13		11,39 8,49		9,31 7,55	
Разрез IIIa 3 ст., 20 проб	НУ	0,24 0,44	**4,8** **8,8**	0,06 0,10	**1,4** **2,0**	0,14 0,20	**2,80** **4,00**
	Фенолы	1,0 2,0	**1,0** **2,0**	1,8 4,0	**1,8** **4,0**	1,0 2,0	**1,00** **2,00**
	СПАВ	24,1 30	0,24 0,3	25,1 30	0,25 0,3	90 100	0,90 **1,00**
	Азот аммонийный	23,4 57,3	<0,1 0,1	8,5 15,0	<0,1 <0,1	3,93 11,37	0,01 0,03
	Азот нитритный	2,5 9,9	0,10 0,41	3,2 7,3	0,13 0,30	2,3 6,9	0,10 0,29
	Фосфаты	9,9 16,6	0,20 0,33	8,8 14,6	0,18 0,30	7,4 12,7	0,15 0,25
	Fe	220 450	**4,4** **8,2**	120 170	**2,4** **3,4**	100 180	**2,00** **3,60**
	Cu	6,8 12,8	**1,36** **2,5**	4,0 5,9	0,8 **1,2**	4,3 6,7	0,86 **1,34**
	Zn	100,3 432,9	**2,0** **8,7**	37,2 135,2	0,74 **2,7**	92,6 249,3	**1,85** **4,99**
	Кислород	10,70 7,39		8,13 6,17		9,63 8,00	

Разрез IV 4 ст., 11 проб	НУ	0,049 0,07	**1,0** **1,4**	0,040 0,06	0,8 **1,2**	0,041 0,06	0,82 **1,20**
	Фенолы	2,8 4,0	**2,8** **4,0**	2,4 4,0	**2,4** **4,0**	2,4 3,0	**2,40** **3,00**
	Азот аммонийный	267,5 374	0,68 0,96	180 286	0,47 0,73	237 284	0,61 0,73
	Азот нитритный	1,9 2,8	0,08 0,12	1,6 2,4	0,07 0,10	1,7 2,0	0,07 0,08
	Фосфаты	12,9 24,3	0,26 0,49	11,4 14,9	0,23 0,30	11,8 15,3	0,24 0,31
	Кислород	7,90 7,06		9,14 7,10		10,22 9,16	

Примечания:
1. Концентрация С* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного азота, железа, меди, никеля и цинка — в мкг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода минимальное) значение.
3. Для распресненных вод Северного и Среднего Каспия ПДК аммонийного азота принято равным 389 мкг/дм^3.

Таблица 1.3. Сравнение многолетнего хода средних годовых значений концентрации НУ (мг/дм^3) в водах р. Волга (село Верхнелебяжье), в центральной (разрез III) и западной (разрез IIIа) частях акватории Северного Каспия.

Годы	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Волга, Верхнелебяжье	0,07	0,07	0,079	0,08	0,06	0,02	0,13	0,24	0,15	0,10	0,16
Разрез III	0,07	0,05	0,05	0,09	0,06	0,08	0,12	0,17	0,23	0,05	0,18
Разрез IIIа	0,08	0,05	0,07	0,11	0,06	0,06	0,09	0,16	0,24	0,06	0,14

Уровни загрязнения вод Северного Каспия **металлами** в целом соответствовали предыдущим годам. Средняя концентрация железа, никеля и цинка превышала ПДК до 2,8 раз, а в отдельных пробах — до 6,3 раза (табл. 1.4). В период 2009–2019 гг. на разрезе IIIа отмечена статистически значимая тенденция к понижению концентрации железа и меди (рис. 1.2), причем в 2019 г. средняя годовая концентрация меди уменьшилась до уровня 0,8–1,0 ПДК. Наиболее опасные металлы — ртуть и кадмий, относящиеся к первому и второму классу опасности, соответственно, как и ранее, присутствовали в незначительной концентрации.

Таблица 1.4. Концентрация металлов (в мкг/дм^3 и ПДК)в водах Северного Каспия в 2019 г.

Металл и класс опасности	**Вековой разрез III**			**Вековой разрез IIIа**		
	Средн.	**Мин.**	**Макс.**	**Средн.**	**Мин.**	**Макс.**
Hg (1)	0,01/0,1	0,00/0,0	0,02/0,2	0,01/0,1	0,00/0,0	0,02/0,2
Cd (2)	0,8/0,1	0,6/0,1	1,6/0,2	1,2/0,1	0,07/0,1	2,73/0,3
Fe (3)	120/**2,4**	30/0,6	240/**4,8**	140/**2,8**	80/**1,6**	200/**4,0**
Cu (3)	5,5/**1,1**	2,2/0,4	17,2/**3,4**	4,3/0,9	2,2/0,4	6,7/**1,3**
Zn (3)	51,5/**1,0**	10,2/0,2	116,8/**2,3**	92,6/**1,8**	7,9/0,2	249,3/**5,0**
Ni (3)	17,6/**1,8**	2,4/0,2	40,5/**4,0**	23,0/**2,3**	7,3/0,7	63,2/**6,3**
Co (3)	9,6/**1,9**	0,7/0,1	22,4/**4,4**	5,8/**1,1**	0,5/0,1	13,2/**2,6**
Pb (3)	6,6/0,6	1,8/0,2	14,8/**1,5**	7,1/0,7	1,3/0,1	17,3/**1,7**
Mn (4)	7,6/0,2	1,3/<0,1	24,5/0,5	13,7/0,3	1,3/<0,1	58,0/**1,1**

Превышение металлами установленных ПДК в водах Каспия может быть связано с тем, что установленные рыбохозяйственными органами нормативы для металлов предполагают их нахождение в растворенной (ионной) форме. В то же время обычно применяемые на сети методики определения концентрации металлов не предусматривает фильтрацию воды в экспедиционных

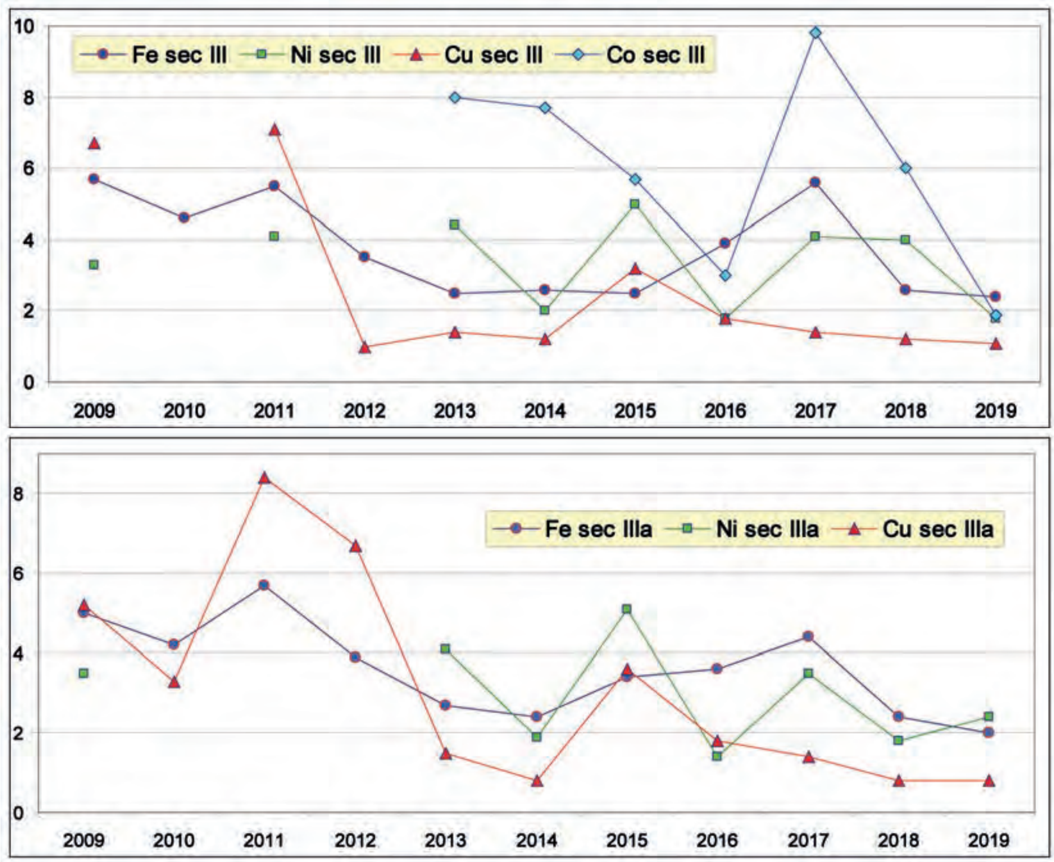


Рис. 1.2. *Многолетняя динамика средней годовой концентрации (в ПДК) железа (Fe), никеля (Ni) и меди (Cu) на разрезах III (Sec III) и IIIa (Sec IIIa) в период 2009–2019 гг.*

условиях. Таким образом, результат анализа пробы фиксирует суммарное содержание металла — как в растворенной форме, так и адсорбированного на частицах взвеси. Как и в предыдущие годы, с учетом характерного для Северного Каспия высокого природного геохимического фона металлов, их концентрация при расчете уровня загрязнения морских вод по ИЗВ не учитывалась.

В связи с ростом концентрации нефтяных углеводородов состояние вод Северного Каспия в 2019 г. ухудшилось по сравнению с 2018 г. (табл. 1.5). В отличие от предыдущих лет в западной части Северного Каспия (разрез IIIa) воды оценивались как загрязненные, а в его центральной части как грязные.

1.3.2. Южная граница Северного Каспия (разрез IV)

В морских водах на границе Северного и Среднего Каспия (разрез IV, табл. 1.1) соленость вод изменялась от 10,00‰ до 11,50‰, в среднем 10,77‰, что несколько выше, чем в 2018 г. Кислородный режим, характеризующийся средним многолетним и минимальным значением концентрации растворенного кислорода, оставался в пределах установленного норматива. Более того, среднее содержание кислорода на разрезе IV было даже выше, чем на разрезах III и IIIa, что скорее всего было связано с более низкой температурой воды.

Средняя годовая и максимальная концентрация аммонийного азота оставались в пределах ПДК (0,61 ПДК/0,73 ПДК) и приблизительно на уровне двух предыдущих лет. При этом, как и в 2018 г., среднее годовое содержание аммония в водах на разрезе IV в 2019 г. оказалось в 8–15 раз выше, чем севернее на акватории разрезов III и IIIа.

Из загрязняющих веществ (табл. 1.2) превышение норматива было отмечено только для фенолов (2,4/3,0 ПДК), в то время как значения средней концентрации нефтяных углеводородов не превышали 0,8 ПДК, а их максимальная концентрация составила 1,2 ПДК.

В целом, качество вод на южной границе Северного Каспия по сравнению с 2018 г. не изменилось (табл. 1.5) и относилось к классу умеренно-загрязненных (ИЗВ 1,10).

Таблица 1.5. Оценка качества морских вод Северного Каспия по ИЗВ в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Разрез III	1,57	IV	0,87	III	1,76	V	НУ 3,60; фенолы 2,00; СПАВ 0,80; O_2 0,64
Разрез IIIа	1,65	IV	1,05	III	1,33	IV	НУ 2,80; фенолы 1,00; СПАВ 0,90; O_2 0,62
Разрез IV	1,31	IV	1,08	III	1,10	III	Фенолы 2,40; НУ 0,82; NH_4 0,61; O_2 0,56

1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за загрязнением морских вод Дагестанского взморья в 2019 г. выполнялись на 33 станциях в районе Лопатина, Махачкалы, Каспийска, Избербаша, Дербента и на устьевых взморьях рек Терек, Сулак и Самур (рис. 1.3). Всего обработано 203 пробы воды с поверхностного, промежуточного и придонного горизонтов. Станции расположены вблизи берега на мелководье, их глубина варьирует от 3,3 до 22,0 м. Наблюдения были выполнены Дагестанским ЦГМС (г. Махачкала) в период с начала апреля по начало ноября.

Средняя годовая соленость прибрежных вод Дагестанского побережья увеличивалась с севера на юг по мере удаления от устья Волги — наиболее крупного источника пресных вод — от 9,15‰ у Лопатина до 11,22‰ у Дербента (табл. 1.6), что несколько превышает значения солености 2018 г. Следует отметить, что в отличие от предыдущих лет в 2019 г. средняя годовая и максимальная соленость на взморье р. Сулак оказалась заметно ниже, чем у Дербента.

Рис. 1.3. *Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2019 г.*

Кислородный режим Дагестанского взморья оставался благоприятным. Средняя годовая концентрация растворенного кислорода изменялась вдоль Дагестанского побережья в диапазоне от 8,87 мгO_2/дм^3 у Лопатина до 9,36 мгO_2/дм^3 на взморье р. Сулак. Минимальное содержание кислорода отмечалось в придонных слоях, однако и здесь концентрация заметно превышала норматив и изменялась в диапазоне 7,31–9,12 мгO_2/дм^3.

Таблица 1.6. Средние и максимальные значения гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Дагестанского побережья в 2019 г.

Район	T	S	O_2	pH	PO_4	P_{tot}	NO_2	NO_3	NH_4	N_{tot}	Si
Лопатин	13,5 26,0	9,15 11,83	8,87 7,31	8,25 8,73	14,2 24,2	18,7 26,1	1,66 2,30	13,9 16,4	276 374	325 374	562 1078
Взморье р. Терек	16,6 26,0	9,30 11,74	8,93 7,53	8,21 8,65	14,3 24,0	18,0 25,5	1,63 2,21	14,3 18,7	274 374	304 395	462 1449
Взморье р. Сулак	15,7 24,0	9,10 10,60	9,01 7,48	8,32 8,48	15,6 28,2	13,3 18,2	1,75 2,20	13,6 16,8	261 388	279 368	344 525
Махачкала	13,2 23,3	9,97 11,2	8,72 7,37	8,24 8,42	9,9 17,5	14,8 19,8	1,79 2,21	14,5 18,1	281 348	220 382	383 494
Каспийск	18,6 25,1	10,88 11,40	8,57 7,20	8,16 8,48	10,3 13,8	13,3 18,0	1,64 2,19	14,1 17,8	320 401	340 415	367 414
Избербаш	18,8 24,3	11,30 11,50	8,57 7,40	8,20 8,60	10,3 14,1	14,4 18,4	1,69 2,19	13,4 18,4	238 295	308 368	298 350
Дербент	19,4 24,1	11,22 11,51	8,42 7,25	8,29 8,61	9,9 12,3	14,3 18,0	1,75 2,11	14,3 16,2	308 359	344 376	256 383
Взморье р. Самур	16,5 17,2	7,28 10,70	9,36 9,12	8,57 8,58	10,6 12,1	13,8 15,4	1,59 1,74	13,9 16,1	280 325	314 360	310 381

Примечание. Температура (T) и соленость (S) приведены в °C и промилле, соответственно; растворенный кислород (O_2) — в мг/дм^3, pH — в единицах pH, остальные параметры — в мкг/дм^3. 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 0,25 ПДК и изменялась от района к району незначительно. Средние значения концентрации аммонийного азота составляли 0,6–0,8 ПДК, а максимальные значения — 0,8–1,0 ПДК.

Приоритетным загрязняющим веществом в водах Дагестанского побережья оставались фенолы. Их средняя концентрация варьировала от 2,6 ПДК у Избербаша до 3,1 ПДК у Лопатина и на взморье р. Терек, а максимальные значения достигали 5 ПДК (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 не превышали 1,4 ПДК (Избербаш).

Таблица 1.7. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах в водах Дагестанского побережья в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Лопатин 3 ст., 24 пробы	НУ	0,05	**1,0**	0,046	0,92	0,045	0,90
		0,07	**1,4**	0,07	**1,4**	0,06	**1,20**
	Фенолы	4,3	**4,3**	3,3	**3,3**	3,17	**3,17**
		5,0	**5,0**	5,0	**5,0**	5,0	**5,00**
	СПАВ	-	-	3,0	<0,1	2,89	0,03
		-	-	7,0	<0,1	4,0	0,04
	Cu					2,57	0,51
						2,9	0,59
	Zn					1,23	0,02
						1,5	0,03
	Азот аммонийный	316,1	0,81	195	0,48	277	0,71
		398	**1,02**	361	0,93	374	0,96
	Азот нитритный	3,0	0,12	1,6	0,07	1,66	0,07
		5,7	0,24	2,5	0,10	2,3	0,096
	Фосфор фосфатный	17,8	0,36	10,3	0,21	14,22	0,28
		24,8	0,48	17,6	0,35	24,2	0,48
	Кислород	8,71		9,36		8,87	
		6,81		8,08		7,31	

Взморье р. Терек 5 ст., 40 проб	НУ	0,046	0,92	0,049	**1,0**	0,050	**1,00**
		0,07	**1,4**	0,07	**1,4**	0,07	**1,40**
	Фенолы	3,3	**3,3**	3,4	**3,4**	3,1	**3,10**
		5	**5**	5	**5**	5	**5,00**
	СПАВ	-		3,2	<0,1	-	
		-		7,0	<0,1	-	
	Азот аммонийный	275,4	0,71	202	0,52	274	0,73
		389	**1,0**	351	0,90	374	0,96
	Азот нитритный	3,45	0,14	1,62	0,07	1,63	0,07
		8,36	0,35	2,60	0,11	2,21	0,09
	Фосфор фосфатный	18,0	0,36	10,8	0,22	14,3	0,28
		24,9	0,50	18,2	0,36	24,0	0,48
	Кислород	8,72		9,95		8,93	
		7,00		7,81		7,53	
Взморье р. Сулак 5 ст., 38 проб	НУ	0,050	**1,0**	0,048	0,98	0,049	0,98
		0,07	**1,4**	0,07	**1,4**	0,06	**1,20**
	Фенолы	2,97	**2,97**	2,8	**2,8**	2,7	**2,70**
		5,0	**5,0**	5,0	**5,0**	4,0	**4,00**
	СПАВ	-		4,0	<0,1	-	
		-		9,0	<0,1	-	
	Азот аммонийный	298,7	0,77	212	0,54	261	0,67
		418	**1,1**	340	0,87	388	**1,00**
	Азот нитритный	3,2	0,13	1,67	0,07	1,75	0,07
		7,96	0,33	2,61	0,11	2,20	0,09
	Фосфат фосфатный	19,5	0,40	11,41	0,23	15,6	0,31
		26,2	0,52	18,0	0,36	28,2	0,56
	Кислород	8,70		9,60		9,01	
		7,00		7,71		7,48	
Махачкала 9 ст., 51 проба	НУ	0,048	0,96	0,045	0,88	0,045	0,90
		0,08	**1,6**	0,07	**1,4**	0,06	**1,20**
	Фенолы	3,3	**3,3**	2,9	**2,9**	2,9	**2,90**
		6,0	**6,0**	5,0	**5,0**	5,0	**5,00**
	СПАВ	-		5,8	<0,1	-	
		-		9,0	<0,1	-	
	Азот аммонийный	329,0	0,85	205	0,52	281	0,72
		392	**1,0**	351	0,90	348	0,89
	Азот нитритный	3,21	0,1	1,67	<0,1	1,79	0,07
		7,9	0,3	2,31	<0,1	2,21	0,09
	Фосфат фосфатный	19,11	0,4	11,69	0,2	9,9	0,20
		26,2	0,5	20,5	0,4	17,5	0,35
	Кислород	8,88		9,41		8,72	
		7,07		7,59		7,37	
Каспийск 4 ст., 20 проб	НУ	0,048	0,96	0,044	0,88	0,047	0,94
		0,07	**1,4**	0,06	**1,2**	0,06	**1,20**
	Фенолы	3,5	**3,5**	3,6	**3,6**	3,1	**3,10**
		6,0	**6,0**	6,0	**6,0**	4,0	**4,00**
	СПАВ	-		9,0	<0,1	-	
		-		80,0	0,8	-	
	Азот аммонийный	260,1	0,67	233	0,59	320	0,82
		295	0,77	390	**1,0**	401	**1,03**
	Азот нитритный	2,04	0,09	1,61	0,07	1,64	0,07
		2,64	0,11	2,40	0,10	2,19	0,09
	Фосфор фосфатный	15,3	0,31	10,9	0,22	10,3	0,21
		24,6	0,50	17,3	0,35	13,8	0,28
	Кислород	8,07		9,54		8,57	
		7,13		8,24		7,20	
Избербаш 3 ст., 18 проб	НУ	0,046	0,92	0,039	0,78	0,044	0,88
		0,08	**1,6**	0,06	**1,4**	0,07	**1,40**
	Фенолы	2,9	**2,9**	2,91	**2,91**	2,6	**2,60**
		4,0	**4,0**	6,0	**6,0**	4,0	**4,00**
	СПАВ	-		11,0	0,11	-	
		-		18,0	0,18	-	
	Азот аммонийный	230,1	0,59	244	0,62	238	0,61
		291	0,75	373	0,96	295	0,76

	Кислород	8,19	0,73	9,55	0,63	8,57	0,70
		7,43		8,11		7,40	
Дербент 2 ст., 8 проб	НУ	0,048	0,96	0,047	0,91	0,048	0,96
		0,06	**1,2**	0,06	**1,2**	0,06	**1,20**
	Фенолы	3,7	**3,7**	3,0	**3,0**	3,0	**3,00**
		5,0	**5,0**	5,0	**5,0**	4,0	**4,00**
	СПАВ	-		10,0	0,10	-	
		-		16,0	0,16	-	
	Азот аммонийный	219,2	0,56	247	0,63	308	0,79
		297	0,76	361	0,92	359	0,92
	Азот нитритный	2,48	0,10	1,64	0,07	1,75	0,07
		4,63	0,19	2,68	0,11	2,11	0,09
	Фосфор фосфатный	12,5	0,25	11,5	0,23	9,9	0,20
		25,1	0,50	17,8	0,36	12,3	0,25
	Кислород	8,12		9,53		8,42	
		6,82		8,05		7,25	
Взморье р. Самур 2 ст., 4 пробы	НУ	0,05	**1,0**	0,047	0,90	0,053	**1,06**
		0,06	**1,2**	0,06	**1,2**	0,06	**1,20**
	Фенолы	3,2	**3,2**	3,0	**3,0**	3,0	**3,00**
		5,0	**5,0**	4,0	4,0	4,0	**4,00**
	СПАВ	-		8,0	<0,1	-	
		-		18,0	0,18	-	
	Азот аммонийный	217,8	0,56	219	0,56	280	0,72
		297	0,76	317	0,81	325	0,83
	Азот нитритный	2,87	0,12	1,60	0,07	1,59	0,07
		4,79	0,20	2,44	0,10	1,74	0,07
	Фосфор фосфатный	12,4	0,25	12,2	0,25	13,8	0,28
		25,1	0,50	18,4	0,37	15,4	0,31
	Кислород	8,23		9,44		9,36	
		7,41		8,19		9,12	

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

Оцененные по расчетному индексу ИЗВ прибрежные воды Дагестанского взморья в 2019 г. относились к классу загрязненных. Исключение составил район Избербаша, где морские воды были умеренно загрязненными (табл. 1.8). В морских районах около Лопатина, Махачкалы и Дербента, а также на взморье рек Сулак и Самур значения ИЗВ незначительно повысились, а на взморье р. Терек и в районах Каспийска и Избербаша — понизились.

Таблица 1.8. Оценка качества морских вод Дагестанского побережья по ИЗВ в 2017–2019 гг.

Район	**2017 г.**		**2018 г.**		**2019 г.**		**Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)**
	ИЗВ	**Класс**	**ИЗВ**	**Класс**	**ИЗВ**	**Класс**	
Лопатин	1,69	IV	1,34	IV	1,37	IV	Фенолы 3,17; НУ 0,90; NH_4 0,71; O_2 0,68
Взморье р.Терек	1,41	IV	1,38	IV	1,37	IV	Фенолы 3,13; НУ 0,98; NH_4 0,71; O_2 0,67
Взморье р.Сулак	1,36	IV	1,24	III	1,28	IV	Фенолы 2,75; НУ 1,00; Cu 0,70; O_2 0,67
Махачкала	1,45	IV	1,245	III	1,21	III	Фенолы 2,55; НУ 0,90; NH_4 0,72; O_2 0,66
Каспийск	1,48	IV	1,43	IV	1,39	IV	Фенолы 3,10; НУ 0,94; NH_4 0,82; O_2 0,70
Избербаш	1,28	IV	1,26	III	1,22	III	Фенолы 2,67; НУ 0,88; NH_4 0,61; O_2 0,70
Дербент	1,48	IV	1,34	IV	1,34	IV	Фенолы 2,88; НУ 0,96; NH_4 0,79; O_2 0,71
Самур	1,39	IV	1,29	IV	1,36	IV	Фенолы 3,00; НУ 1,06; NH_4 0,72 O_2 0,64

Динамика ИЗВ в прибрежных водах Дагестана характеризуется значительной изменчивостью (рис. 1.4). В целом в период с 1985 г. по 2019 г. значения ИЗВ в прибрежных водах Дагестана имели выраженную тенденцию к понижению со скоростью около 0,02 единицы ИЗВ в год. Так в 1980-х и 1990-х годах максимальные значения ИЗВ в отдельные годы и в отдельных районах превышали уровень 3,0 (т.е. относились к категории очень грязных), тогда как после 2004 г. ИЗВ ни разу не превысили значение 1,75 (т.е. были умеренно загрязненными или загрязненными). За последнее время был отмечен рост ИЗВ в период 2014–2017 гг., а затем его понижение к 2019 г. Следует отметить, что низкие значения ИЗВ во всех районах в 2013 г. были обусловлены отсутствием данных о содержании фенолов в водах Дагестанского прибрежья, которые обычно составляют более половины общего значения ИЗВ.

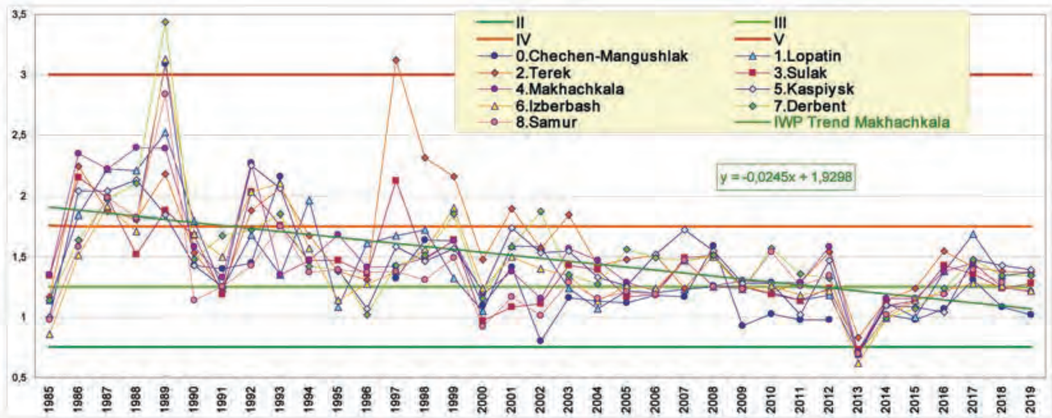


Рис. 1.4. *Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных районах Дагестана в 1985–2019 гг.*

Выводы

В 2019 г. концентрация растворенного кислорода, в том числе и в придонном слое, не опускалась ниже норматива (6 мгO_2/дм^3) ни в Северном Каспии, ни на Дагестанском взморье. Среднее годовое значение степени насыщения вод кислородом составило 95,5%. При этом многолетняя динамика средних годовых значений степени насыщения вод кислородом в период с 2009 по 2019 г. не обнаруживала какого-либо выраженного тренда.

После кратковременного понижения уровня загрязнения Северного Каспия нефтяными углеводородами до значения около 1 ПДК в 2018 г., он вновь повысился до 2,8–3,6 ПДК и почти достиг уровня 2017 г. Сохранился также высокий (в среднем превышающий ПДК до 2,8 раз) уровень загрязнения Северного Каспия металлами — железом, никелем, а в центральной части Северного Каспия также кобальтом. Вместе с тем, за период 2009–2019 гг. в западной части Северного Каспия отмечена статистически значимая тенденция к понижению концентрации железа и меди.

В связи с возросшей концентрацией нефтяных углеводородов качество вод Северного Каспия по сравнению с 2018 г. заметно ухудшилось и стало соответствовать уровню 2017 г. По уровню ИЗВ в западной части акватории воды характеризовались как загрязненные, а в центральной — как грязные. При этом на южной границе Северного Каспия ИЗВ по-прежнему соответствовал умеренно загрязненным водам.

На Дагестанском взморье приоритетным загрязнителем оставались фенолы (средняя концентрация до 3,1 ПДК у Лопатина и Каспийска), тогда как средняя концентрация нефтяных углеводородов сохранялась на уровне около 1 ПДК. В большинстве районов морские воды характеризовались как загрязненные и только у п. Избербаш — как умеренно загрязненные. Наибольший уровень загрязнения отмечался на взморье р. Терек и у Каспийска. В то же время, в большинстве районов Дагестанского взморья за последние годы ИЗВ уменьшился. Исключение составили взморья рек Терек и Самур, где существенных изменений ИЗВ не произошло.

Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

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

2.1. Общая характеристика

Азовское море относится к системе Средиземного моря Атлантического океана, в южной части соединяется с Черным морем через неглубокий Керченский пролив. Географическая граница Азовского моря располагается между крайними точками: 47°17′ с.ш. и 39°49′ в.д. на северо-востоке в вершине Таганрогского залива, 39°18′ в.д. на западе (Арабатский залив) и на юге Керченского пролива (45°17′ с.ш.) между мысами Такиль и Панагия. Площадь поверхности моря без залива Сиваш и лиманов восточного побережья по разным оценкам составляет 37802–39100 км^2, объем воды 290 км^3 при среднемноголетнем уровне. Средняя глубина моря 7,4 м, максимальная глубина в центре моря составляет 14,4 м. 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.км^2 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 км^2 соответственно. Площадь непосредственно водного зеркала залива Сиваш составляет примерно 89–91%, а остальная площадь приходится на острова и засухи. Водообмен Азовского моря с заливом Сиваш играет незначительную роль в водном балансе моря и осуществляется через пролив Генический. Пролив в настоящее время состоит из двух рукавов — Тонкий и Промоина (Арабатский). Основной водообмен залива Сиваш с Азовским морем осуществляется через пролив Тонкий. Он имеет вид узкой речной дельты с обращенной к Азовскому морю вершиной, длина пролива 4 км, средняя ширина 100 м, максимальная глубина 4,7–5,0 м, площадь сечения на гидростворе вблизи мареографа морской гидрометеостанции Геническ при среднемноголетней величине уровня 482 см в этом пункте составляет 276 м^2. За многолетний период приток азовских вод в Сиваш составил 1,22 км^3/год (60% от всего объема вод залива), а отток сивашских вод в Азовское море — 0,41 км^3/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.км^2, при средней глубине 8 и 9 м соответственно. На юго-востоке расположена эстуарная область р. Кубань —

Темрюкский залив площадью 1,22 тыс.км^2 при средней глубине 9 м. Рельеф дна Азовского моря отличается выравненностью и плавным увеличением глубины от берега к центру моря. Системы подводных возвышений (банки, сложенные преимущественно ракушей) расположены у западного (банки Морская и Арабатская) и восточного побережий моря (банка Железинская). Для подводного берегового склона на севере моря характерно обширное мелководье (20–30 км) с глубинами 6–7 м. Южное побережье отличается крутым береговым склоном до глубин 11–12 м. Изобата 5 м расположена примерно в 2 км от берега. В центральной части моря расположена обширная подводная равнина Панова протяженностью 120–140 км, в современных отложениях которой преобладают глинистые и мелкоалевритовые илы с примесью песчаных частиц (Матишов, 2006).

Северное побережье моря характеризуется обрывистыми берегами (средняя высота обрывов 7–15 м), а также системой песчано-ракушечных кос, увеличивающихся в размерах к западу моря. Вдоль всего западного берега моря расположена крупнейшая аккумулятивная форма Азовского моря — песчано-ракушечная коса Арабатская стрелка длиной 110 км и шириной 0,27–7 км. Восточные берега от г. Темрюк до г. Приморско-Ахтарск представляют собой обширную дельту реки Кубань с системой лиманов, проток и плавней. На северо-востоке моря берега обрывистые, с редкими песчаными косами. Крымское побережье Азовского моря характеризуется сильной изрезанностью береговой линии; здесь сложенные мшанковыми известняками мысы чередуются с крупными заливами и небольшими бухтами.

В Азовское море впадают две большие реки Дон и Кубань, поставляющие в море 95% суммарного речного стока, и 20 небольших речек в северной части моря — Берда, Кальмиус, Миус, Ея, Обиточная, Молочная и др. Средний годовой сток реки Дон составляет 23,7 км^3, Кубани — 11,8 км^3, малых рек северного Приазовья — 2,1 км^3. По характеру внутригодового распределения стока Дон относится к рекам с весенним половодьем и низкой меженью в остальную часть года. Кубань имеет более сложное внутригодовое распределение стока с продолжительным весенне-летним половодьем и кратковременными мощными зимними паводками. В настоящее время сток обоих рек зарегулирован вследствие хозяйственной деятельности человека (сооружение водохранилищ, изъятие вод на орошение и др.). Общая площадь водосборного бассейна Дона составляет 422 тыс.км^2, а Кубани — 58–59 тыс.км^2 (Бронфман, 1985). При впадении в море реки образуют обширные многорукавные дельты площадью 540 км^2 и 4300 км^2 соответственно. В приморской части дельты Кубани по берегам двух основных рукавов (Петрушина и Протоки) расположены 240 лиманов общей площадью 1250 км^2. Морская граница устьевой области реки расположена на расстоянии 3–4 км от морского края дельты, а общая площадь устьевого взморья р. Кубани — 110 км^2. 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 км^2, объем вод 24,6 км^3. 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 км^2 (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 км^2, а объем воды в проливе — 4,56 км^3. 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 вдается Керченская и Камыш-Бурунская бухты. Восточный берег Керченского пролива невысокий и малоизрезанный, в него врезается обширный Таманский залив (площадь 313 км^2, глубины 3–5 м). Северная часть Таманского залива включает мелководную область — залив Динской с преобладающими глубинами 1–2 м (Азовское море, 1962, 2006, Мамыкина, 1980, Дьяков, 2020, Игнатов, 2003).

Азовское море расположено в южной части умеренного климатического пояса и его климат формируется под влиянием радиационного фактора и атмосферной циркуляции. Среднегодовая температура воздуха над Азовским морем возрастает от 9,3–9,5 °C на севере-востоке моря до 11,3 °C — на юге моря. Сезонные изменения погоды в Азовском регионе формируются под влиянием крупномасштабных синоптических процессов — Сибирского антициклона в осенне-зимнее время, средиземноморских циклонов в весенний сезон и Азорского антициклона с маловетренной, сухой и теплой погодой в июле-августе. Зимой и осенью преобладают ветры северо-восточных и восточных направлений, которые могут усиливаться до штормовых, часто сопровождающихся резким похолоданием. Весной и летом ветры неустойчивы по скоростям и направлениям, характеризуются незначительными скоростями, возможен полный штиль. В июле среднемесячная температура воздуха по всему морю равна 23–25 °C (Азовское море, 1986, 1991, Ильин, 2009).

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

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

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

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

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

Особенностью ледового режима Азовского моря является ежегодное образование льда на его акватории даже в относительно мягкие зимы. Внутриконтинентальное географическое положение моря в южной части умеренного пояса, изолированность от Мирового океана, мелководность моря, низкая соленость его вод, изрезанность и орография берегов определяют ледовые условия моря. В мягкие зимы лед образуется преимущественно в северной части моря и в Таганрогском заливе. Здесь наблюдается большое разнообразие форм плавучего льда, а также неоднократное появление и исчезновение льда в течение сезона. Быстрая и частая смена зимней погоды влечет за собой крайнюю неустойчивость ледовых условий, а лед может превращаться из неподвижного в дрейфующий и обратно. Наиболее сложные ледовые условия на Азовском море отмечены с конца января до середины марта в суровые и умеренные зимы, особенно в западных, юго-западных районах моря и у входа в Керченский пролив, где обычны поля сильно торосистого льда. Максимального развития и наибольшей толщины (20–60 см в средние зимы и 80–90 см в суровые) лед достигает в феврале. По средним многолетним данным льды занимают 29% общей площади моря. Разрушение припая в такие зимы затягивается и, как правило, происходит в третьей декаде марта. Последней очищается западная часть моря в конце апреля — начале мая (Азовское море, 1991, Ильин, 2009, Дьяков, 2016, Боровская, 2008).

2.2. Таганрогский залив

Загрязнение акватории Таганрогского залива определяется поступлением р. Дон и его дельту загрязненных или недостаточно очищенных промышленных и коммунально-бытовых сточных вод, включая очистные сооружения МП «Азовводоканал». Другими существенными источниками загрязнения акватории являются коллекторно-дренажный сток, отводимый с оросительных систем; ливневые сточные воды, которые без очистки поступают в р. Дон и загрязнения от водного транспорта.

2.2.1. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива

В 2019 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 мая по октябрь (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы, а в Таганрогском заливе — 148. 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 24 пробы донных отложений, в которых определена концентрация нефтяных углеводородов.

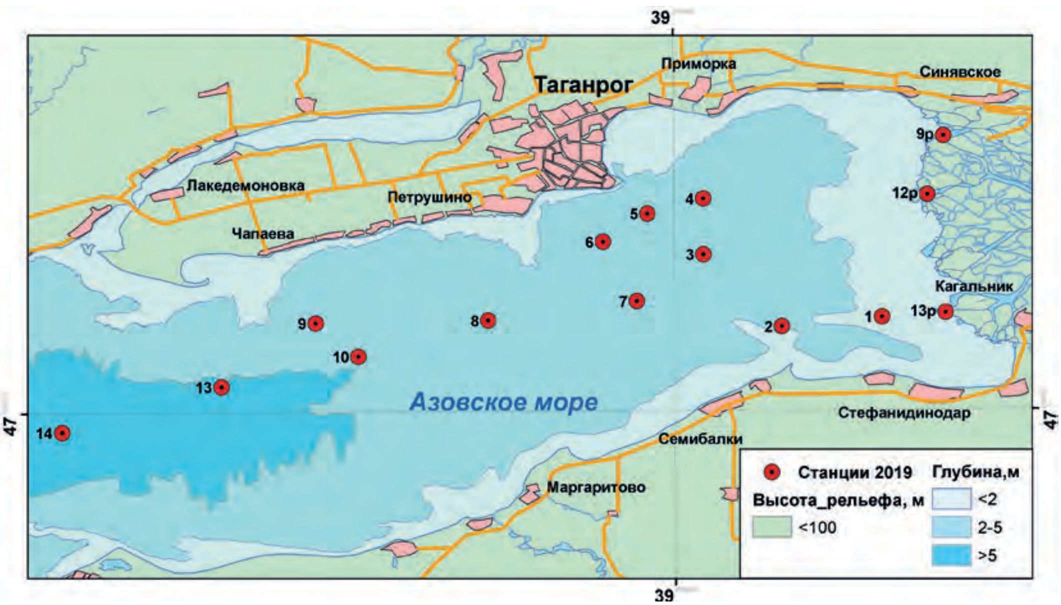


Рис. 2.1. *Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2019 г.*

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

Устьевая область реки Дон. Среднегодовая **соленость** речного стока в устьях рукавов р. Дон составила 0,51‰ и изменялась в пределах от 0,44‰ до 0,72‰. Максимальное значение было зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 7 октября. За последние четверть века соленость вод в устье реки существенно повысилась. Различие между различными протоками обычно незначительные. Хлорность варьировала между 0,108‰ и 0,275‰. Температура воды в период проведения наблюдений изменялась от 11,9 °С до 25,0 °С. Значения pH в устьях рукавов Дона были в диапазоне 7,98–8,52, составив в среднем 8,20. Щелочность изменялась в пределах 2,902–3,909 мг-экв/дм^3, в среднем за год составила 3,490 мг-экв/дм^3.

Рис. 2.2. *Динамика среднегодового значения солености (‰) в эстуарных протоках реки Дон в 1993–2019 гг.*

Во всех трех водотоках в дельте Дона приоритетным загрязнителем оставались **нефтяные углеводороды**. В двух рукавах дельты средняя концентрация составила 2,4 ПДК, а в устье рукава Мертвый Донец в 2 раза выше — 4,2 ПДК. Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (7,5 ПДК) отмечено в начале июля в поверхностном слое протоки Мертвый Донец

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах устьевых протоков реки Дон остается повышенной. В 2019 г. среднегодовая концентрация в устье рукавов Песчаный, Переволока и Мертвый Донец составила 0,12; 0,13 и 0,21 мг/дм^3 (2,4–4,2 ПДК), а максимальные величины достигали 0,16; 0,21 и 0,36 мг/дм^3 (табл. 2.1). Во всех 24 проанализированных пробах концентрация НУ превышала норматив. Наибольшее содержание НУ было отмечено в апреле и июле в обоих слоях протоки Мертвый Донец (4,4–7,2 ПДК). В течение всего периода наблюдений уровень загрязнения устьевой области р. Дон остается стабильно высоким и за исключением 5 лет (2000, 2009, 2010, 2012 и 2013 гг.) среднегодовая концентрация постоянно превышает ПДК (рис. 2.3). Причем, в последние годы наблюдается стабильная тенденция повышения уровня загрязнения.

В устьях рукавов дельты Дона растворенная **ртуть** была обнаружена в 11 из 12 отобранных проб, причем во всех 11 пробах содержание ртути превышало ПДК, а средняя концентрация составила 0,019 мкг/дм^3. Максимальное превышение (3,4 ПДК) было зафиксировано в рукаве Переволока на поверхности в середине апреля. Содержание СПАВ было ниже аналитического нуля в шести из 24 отобранных в дельте р. Дон проб; средняя составила 10,2, а максимальная 33,6 мкг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ не обнаружены.

Биогенные элементы. В 2019 г. концентрация аммонийного азота в устьевых протоках р. Дон изменялась в диапазоне 58–665 мкгN/дм^3; среднегодовая составила 417,3 мкгN/дм^3

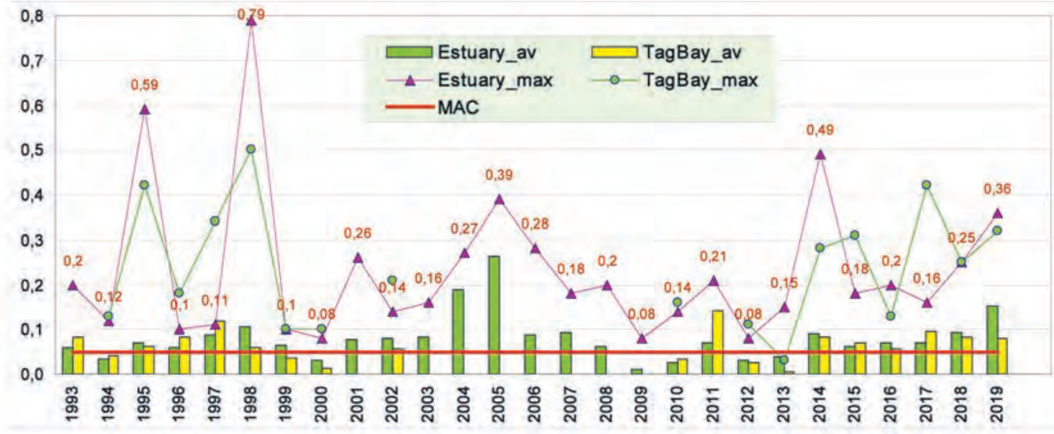


Рис. 2.3. *Динамика среднегодовой и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах устьевой области р. Дон в 1993–2019 гг.*

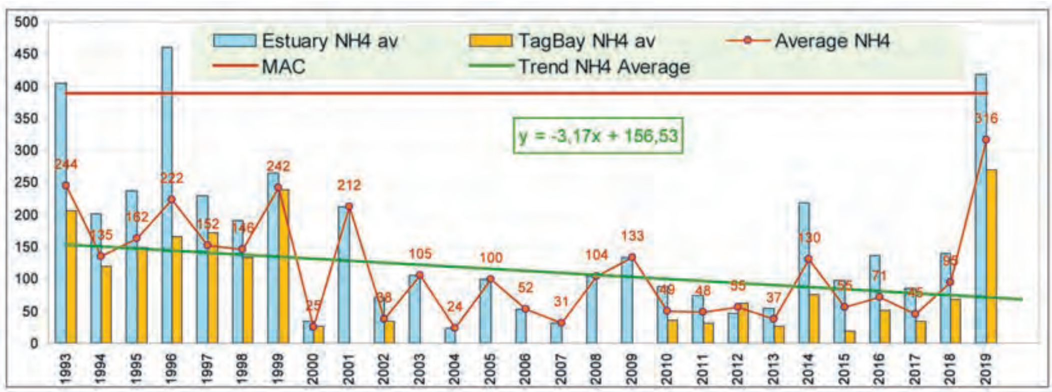


Рис. 2.4. *Динамика среднегодовой концентрации аммонийного азота (мг/дм³) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2019 гг.*

(рис. 2.4). Максимум (1,7 ПДК) отмечен в пробе, отобранной с поверхности рукава Мертвый Донец 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, а значительное увеличение зафиксировано лишь в последний год.

Содержание нитритов в 24 отобранных пробах было в пределах 4,5–84,2 мкгN/дм³, средняя 30,6 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Песчаный в середине апреля 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 390 мкгN/дм³, а в 2001 г.— 197 мкгN/дм³. Концентрация нитратов в устье Дона изменялась в диапазоне 26–468 мкгN/дм³; средняя составила 198 мкгN/дм³, а в рукавах — 172–228 мкгN/дм³. Максимум зафиксирован в рукаве Переволока у поверхности в начале октября. С начала 2000-х годов складывается положительная тенденция снижения концентрации нитратов в водах дельты р. Дон. Концентрация фосфатов в 2019 г. изменялась в пределах 23,2–156,0 мкгP/дм³;

максимальное значение было отмечено на поверхности в устье рукава Переволока в начале октября в пробе, отобранной у дна; среднегодовая концентрация составила 93,6 мкгР/дм^3 (1,9 ПДК). Начиная с конца 1990-х годов среднегодовая концентрация фосфатов стабилизировалась в узком диапазоне около 80 мкгР/дм^3, а максимальные величины были близки к уровню 250 мкгР/дм^3. Концентрация общего фосфора в устьевой области Дона изменялась в диапазоне 43,2–178 мкгР/дм^3 (у дна в устье рукава Переволока в начале октября). Среднегодовая составила 112,8 мкгР/дм^3, что на 20% больше прошлогодней (91,8 мкгР/дм^3). В водах устьевой области р. Дон среднегодовая концентрация силикатов составила 4277 мкг/дм^3; минимальная — 3547 мкг/дм^3 (начало октября у дна в протоке Мертвый Донец); максимальная — 6199 мкг/дм^3 была зафиксирована в начале октября в устье рукава Переволока в придонном слое.

В водах рукавов устьевой области р. Дон концентрация растворённого в воде **кислорода** изменялась в пределах 4,66–6,91 мгO_2/дм^3, составив в среднем 6,01 мгO_2/дм^3. Минимальное содержание, которое было ниже норматива более чем на 33%, было отмечено водах Мертвого Донца в середине июля в придонном слое. Кроме того, в середине мая на этой станции как в поверхностном, так и в придонном слое была зафиксирована концентрация растворенного кислорода ниже нормы (5,41 мгO_2/дм^3 и 5,05 мгO_2/дм^3 соответственно). В устьях других рукавов также было зафиксировано несколько случаев пониженного содержания кислорода. В рукаве Переволока в середине июля как в придонном слое, так и у поверхности значения были ниже нормы (4,93 мгO_2/дм^3 и 5,03 мгO_2/дм^3 соответственно), а в рукаве Песчаный в середине мая в придонном слое концентрация растворенного кислорода составила 5,81 мгO_2/дм^3, а в начале октября в придонном слое — 5,54 мгO_2/дм^3, в поверхностном — 5,67 мгO_2/дм^3. Среднее процентное содержание растворенного кислорода в разных рукавах варьировалась от 87% в рукаве Мертвый Донец до 94% в рукаве Переволока, а минимальная от 79% в рукаве Мертвый Донец до 92% в рукаве Песчаный. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода в устьевой области р. Дон остается достаточно стабильной в течение длительного периода и изменяется от 8,37 мгO_2/дм^3 до 10,21 мгO_2/дм^3. За последние 10 лет среднегодовая величина имеет тенденцию к увеличению и за 10-летие составила 9,38 мгO_2/дм^3.

В 2019 г. качество воды в устьевых протоках реки Дон ухудшилось по сравнению с предыдущими годами. Численное значение индекса загрязненности вод (1,97) увеличилось за счет увеличения средних значений содержания в воде принятых к расчету ингредиентов — нефтяных углеводородов, ртути и фосфатов. Общая тенденция ухудшения качества волы сохранилась: изменилась с умеренно загрязненных в 2017 г. до загрязненных в 2018 г. и грязных в 2019 г. (табл. 2.2).

Таганрогский залив. В 2019 г. температура вод залива в период наблюдений с мая по октябрь изменялась в пределах 14,0–27,0 °C. Соленость мелководного залива в значительной степени зависела от объема речного стока и изменялась в очень широком диапазоне 0,40–9,30‰, составив в среднем 3,79‰. Значения меньше 1‰ фиксировалась только на станциях №№ 1–5, что очевидно было связано со значительным влиянием пресного речного стока Дона. В западной части залива соленость больше 6‰ была зафиксирована на всех станциях как на поверхности, так и у дна. Повышенная соленость в Таганрогском заливе скорее всего связана с вторжением более соленых морских вод при юго-западных и западных ветрах. Хлорность в водах залива изменялась в диапазоне 0,131–5,060‰ при средней за год 2,017‰; щелочность варьировала в широких пределах от 2,595 до 4,301 мг-экв/дм^3 и в среднем за год составила 3,442 мг-экв/дм^3; значения pH были в диапазоне 8,00–9,25, среднее (8,75) очень близкое к прошлогоднему.

Нефтяные углеводороды. Концентрация нефтяных углеводородов, которые традиционно являются важными загрязнителями вод Таганрогского залива, варьировала в очень широких пределах 0,04–0,32 мг/дм^3 (0,8–6,4 ПДК); средняя составила 1,6 ПДК, что равняется прошлогодней и близко к среднему за последние 5 лет (рис. 2.3, рис. 2.5). Повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 67%, что выше уровня предыдущих лет — 62% и 53%. Среднегодовая концентрация НУ с 1993 г. по 2003 г. составила 0,065 мг/дм^3, увеличившись с 2003 г. по 2007 г. до 0,143 мг/дм^3, а далее демонстрирует стабильный рост.

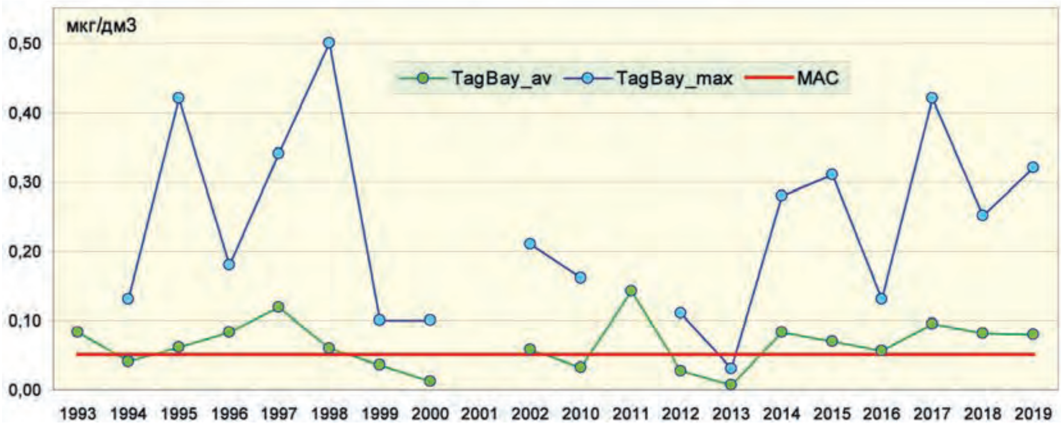


Рис. 2.5. *Многолетняя динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах восточной части Таганрогского залива в период 1993–2019 гг.*

Концентрация СПАВ изменялась от аналитического нуля до 35 мкг/дм^3; средняя по всем отобранным пробам была в два раза ниже и равнялась 17,8 мкг/дм^3 (0,18 ПДК). Концентрация растворенной ртути была выше предела обнаружения в пяти пробах воды из шести обработанных. Максимальное значение достигало 0,034 мкг/дм^3 (3,4 ПДК), среднее составило 0,015 мкг/дм^3. Хлорорганические пестициды групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были, все значения были ниже предела обнаружения DL=2–5 нг/дм^3.

Биогенные элементы. Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 578 мкгN/дм^3,что в 7,4 раза больше прошлогодней (78,1 мкгN/дм^3); а средняя по всем отобранным пробам была 269 мкгN/дм^3, увеличение в 4 раза. Таким образом, отмеченная ранее общая тенденция снижения среднегодовой концентрации соединений азота в водах залива была нарушена. Содержание нитритов в заливе изменялась в пределах, близких к прошлогоднему: 5,8–33,2 мкгN/дм^3. Средняя концентрация по всем отобранным пробам составила 15,9 мкгN/дм^3, что более двух раз меньше среднегодового уровня в устьевых протоках Дона (рис. 2.6).

В восточной части Таганрогского залива концентрация нитратов изменялась в пределах 15,5–276,4 мкгN/дм^3. Максимальное значение зафиксировано 18 июля на ст.№6 на поверхности. Средняя концентрация нитратов по всем отобранным пробам составила 53,6 мкгN/дм^3 и оказалась в 1,4 раза меньше прошлогодней. В водах залива концентрация фосфора фосфатов изменялась в пределах 5,0–44,7 мкгР/дм^3, что существенно уже прошлогоднего диапазона Средняя концентрация по всем отобранным пробам составила 18,5 мкгР/дм^3 (0,4 ПДК) и вернулась к уровню позапрошлого года. Максимум был отмечен в конце мая на поверхности в водах ст.№4. Содержание общего фосфора изменялось от 29,0 мкгР/дм^3 до 100,1 мкгР/дм^3, составив в среднем 61,1 мкгР/дм^3, что в 1,3 раза больше прошлогоднего. Максимальная концентрация

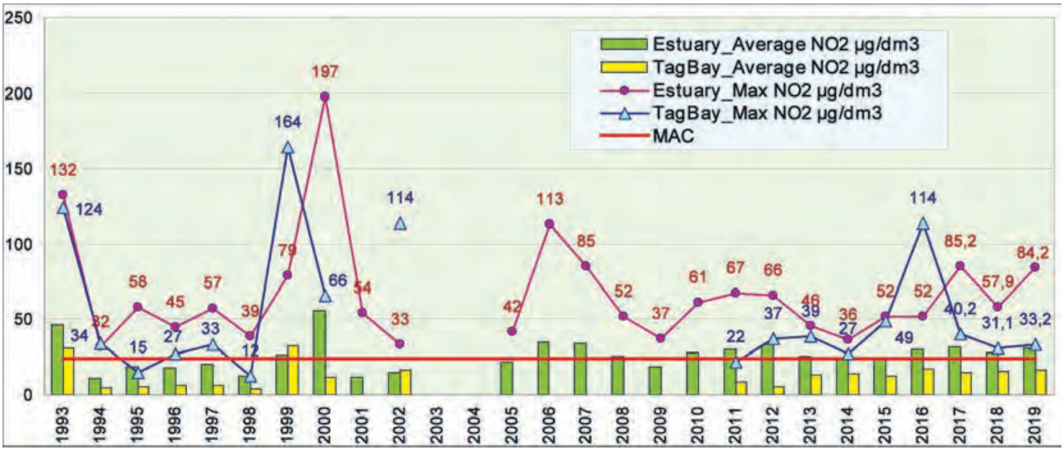


Рис. 2.6. Динамика средней и максимальной концентрации нитритного азота (мкг/дм^3) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 1993–2019 гг.

зафиксирована в середине июля у дна на ст.№6. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива изменялась в пределах 934–4045 мкг/дм^3, средняя концентрация по всем отобранным пробам составила 2734 мкг/дм^3, что очень близко к прошлогодней величине (2415 мкг/дм^3).

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в широком диапазоне 6,54–19,12 мгO_2/дм^3, в среднем 9,76 мгO_2/дм^3. Как и в прошлом году, минимальное значение было зафиксировано 18 июля на самой западной станции №14 на глубине 6 м. Минимальное значение насыщения воды кислородом составило 79%. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям. Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод: нефтяные углеводороды, ртуть и нитритам. В целом по индексу ИЗВ воды Таганрогского залива (1,09) в 2019 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл. 2.2).

Таблица 2.1. Среднегодовая и максимальная концентрации загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2017–2019 гг.

Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Устьевая область реки Дон						
НУ	0,07	**1,4**	0,093	**1,86**	0,153	**3,06**
	0,16	**3,2**	0,25	**5,0**	0,36	**7,20**
СПАВ	14	<0,1	15	0,2	7,5	0,08
	140	1,4	46	0,5	34	0,34
Ртуть Hg	0,004	0,4	0,021	**2,1**	0,0194	**1,94**
	0,029	**2,9**	0,047	**4,7**	0,034	**3,40**
Азот аммонийный NH_4	85	0,2	139	0,3	417	**1,07**
	240	0,6	328	0,8	665	**1,71**
Нитритный азот NO_2	31,5	**1,31**	27,6	**1,15**	30,6	**1,28**
	108,8	**4,5**	57,9	**2,4**	84,2	**3,51**
Фосфатный фосфор PO_4	93,4	**1,9**	216,8	**4,3**	93,6	**1,87**
	147	**2,9**	365,3	**7,3**	156,0	**3,12**
Фосфор общий	113		91,8		113	
	197		127,3		178	
Растворенный кислород	6,49		10,07		6,01	
	4,32	**0,72**	8,08		4,66	**0,78**
% насыщения	101		110		91	
	77		92		79	

Таганрогский залив						
НУ	0,095	**1,9**	0,082	**1,64**	0,08	**1,60**
	0,42	**8,4**	0,25	**5,0**	0,32	**6,40**
СПАВ	7	<0,1	5,0	<0,1	18	0,18
	38	0,4	34	0,3	35	0,35
Ртуть Hg	0,014	**1,4**	0,01	**1,0**	0,015	**1,50**
	0,032	**3,2**	0,04	**4,0**	0,034	**3,40**
Азот аммонийный NH_4	33,9	<0,1	68	0,2	269	0,69
	78,1	0,2	186	0,5	578	1,48
Нитритный азот NO_2	14,7	0,6	15,1	0,63	15,9	0,66
	40,2	**1,6**	31,1	**1,3**	33,2	**1,38**
Фосфатный фосфор PO_4	17,5	0,4	15,1	0,3	18,5	0,37
	71,7	**1,4**	33,1	0,7	44,7	0,89
Фосфор общий	48,1		47		61,1	
	91,3		110		100,1	
Растворенный кислород	9,33		10,26		9,76	
	4,19	**0,70**	5,99	**<1,00**	6,54	
% насыщения	104		119		113	
	50		77		79	

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

Таблица 2.2. Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	0,95	III	1,46	IV	1,97	V	НУ 3,06; PO_4 1,87; Hg 1,94; O_2 1,00
Таганрогский залив	1,13	III	0,96	III	1,09	III	НУ 1,60; NO_2 0,66; Hg 1,50; O_2 0,61

2.2.3. Загрязнение донных отложений

В устьевой области р. Дон с апреля по октябрь одновременно с отбором проб воды было отобрано 12 проб донных отложений. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась от 40 мкг/г до 130 мг/г. Максимум отмечен в первой декаде июля в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 86,7 мкг/г (1,7 ДК).

В Таганрогском заливе на ст.№4,5,6 было отобрано 12 проб донных отложений, в которых было определено содержание НУ. Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне от 50 до 100 мкг/г (2,0 ДК), а средняя равнялась 73 мкг/г (1,5 ДК), что отличается от значений прошлого года (55 мкг/г, 1,1 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

Выводы

Многолетние наблюдения подтверждают зависимость солености вод и концентрации в них загрязняющих веществ от объема пресноводного стока. В маловодные годы (2005, 2014) в стоке значительно возрастала концентрация нефтяных углеводородов и азотных соединений органического происхождения. Следствием значительного антропогенного влияния на качество воды р. Дон является ухудшение качества его стока, которое за последние три года ухудшилось по показателю ИЗВ с «умеренно загрязненных» до «грязных». Сток реки оказывает значительное влияние на качество воды Таганрогского залива, которое по индексу ИЗВ ухудшилось от 0,74 («чистые») в 2014 г. до 1,09 («умеренно загрязненные») в 2019 г. с максимальным значением 1,13, зафиксированным в 2017 г.

2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань

В 2019 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой гидрометеорологической станцией Кубанская (ГМС «У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст.№1, глубина 5 м) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались ежедекадно. В Темрюкском заливе на устьевом взморье рукавов Кубань (ст.№2, 4, 10, 12, 15, 16, 18), Протока (ст.№29, 31), в устьевой области Кубани в гирлах лиманов (ст.№8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст.№5у, 6у) — всего на 17 станциях с глубинами 2–11 м; пробы отбирались один раз в месяц, в апреле, июне, августе и октябре (рис. 2.7). Всего в 2018 г. было отобрано и проанализировано 188 проб. Отбор проб воды в Темрюкском заливе проведен с моторной лодки «Беркут S-Jacket» из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся в Лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод

Рис. 2.7. *Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2019 г. Районы: 1 — дельта Кубани; 2 — порт Темрюк; 3 — взморье Кубани; 4 — взморье Протоки; 5 — протоки лиманов.*

(ЛМЗПВ) ГМС «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243) и новым утвержденным методикам: РД 52.10.736–745–2010; РД 52.10.772–2013, РД 52.10.779–2013 и РД 52.10.805–807.2013. В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24–95, 2005, 2006 и «Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеоиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических (группа ДДТ) и фосфорорганических пестицидов, а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

Низовья дельты реки Кубань — район 1. Отбор проб производился в двух точках, расположенных в устье рукава Протока у пос. Ачуево (5у) и 500 м выше по течению от устья Петрушина рукава (6у). Всего на двух станциях было отобрано 12 проб. Температура воды в рукаве Протока изменялась от 7,6°C в начале апреля до 26,0°C в начале июня, в Петрушином рукаве температура изменялась от 12,2°C в конце апреля до 26,3°C в середине июня. За период наблюдений с 1990 г. по 2019 г. среднегодовая температура увеличилась на 0,8°C. Соленость в устьях обоих рукавов Кубани изменялась в достаточно широких пределах и изменялась в зависимости от сезона. Так, в Петрушином рукаве октябре в придонном слое была зафиксирована соленость характерная для вод переходных от речных к водам взморья составившая 2,25‰. В апреле соленость изменялась в диапазоне от 0,64‰ поверхностном слое и в придонном 0,93‰ до 0,25‰ во всей толще вод в июне и августе. В устье рукава Протока у пос. Ачуево соленость слабо изменялась (0,26‰ — 0,32‰) составив в среднем 0,29‰, что соответствует пресным речным водам. В последние три десятилетия динамика среднегодовой солености вод всего района Темрюкского залива была разнонаправленной (рис. 2.8). Начиная с 2001 г. наблюдается устойчивая тенденция увеличения солености в низовьях дельты р. Кубань, которая, по-видимому, связана с уменьшением объема речного стока. За период наблюдений с 1990 г. по 2019 г. среднегодовая соленость увеличилась на 1,2‰. В отличие от других районов залива в рукавах Кубани многолетний тренд повышения солености практически не наблюдается. Среднее значение хлорности здесь составило 0,18‰ при средней за период наблюдений 0,19‰. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод, изменялся в пределах 7,80–8,45 составив в среднем 8,18; щелочность — от 1,887 до 2,685 мг-экв/дм^3 составив в среднем 2,269 мг-экв/дм^3.

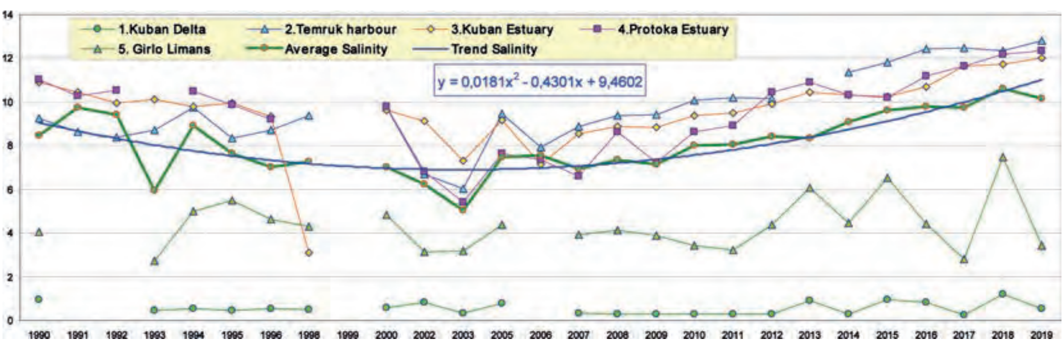


Рис. 2.8. *Динамика среднегодовой солености (‰) в 1990–2019 гг. в низовьях дельты р. Кубань и Темрюкском заливе.*

Таблица 2.3. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2019 г.

Район	T °C	Sal. ‰	O_2*	O_2%*	pH	PO_4	$P_{общ}$	NO_2	NO_3	NH_4	$N_{общ}$	Si
1. Низовья дельты реки Кубань (устьевая область) — район 1 (ст. 5у, 6у)	19,6	0,52	8,60	92	8,18	22	30	10	1026	159	-	2005
	26,3	2,25	6,26	77	8,45	58	60	21	1360	190	-	2500
2. Порт Темрюк — район 2 (ст. 1)	14,2	12,80	9,13	93,4	8,20	17,2	36,0	13,2	309	180	1117	764
	28,0	14,28	5,93	79	8,50	38	64	59	490	270	1420	1150
3. Взморье реки Кубань — район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	19,5	12,00	8,61	100	8,28	4,1	19,1	5,4	259	128	749	867
	26,0	13,88	5,14	67	8,50	21	34	12	1250	200	1420	2200
4. Взморье рукава Протока — район 4 (ст. 29,31)	19,1	12,34	8,60	99	8,25	6,1	19,4	4,1	207	129	666	800
	25,4	13,20	7,16	88	8,45	12	25	7	520	180	960	1300
5. Гирла лиманов — район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	19,7	3,43	8,75	97	8,48	9,1	23,8	10,1	222	165	-	1534
	26,8	14,01	6,90	77	8,85	31	41	68	1130	240	-	2750

* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мгO_2/дм^3 и % насыщения.

В 12 отобранных пробах концентрация ионов **аммония** в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 130 до 190 мкг/дм^3 (табл. 2.3). Наибольшие величины были зафиксированы в рукаве Протока в начале апреля, а Петрушином рукаве (180 мкг/дм^3) в начале августа. Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 153 мкг/дм^3 (0,39 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока 173 мкг/дм^3. За период 1991–2019 гг. среднегодовая концентрация ионов аммония в низовьях дельты р. Кубань снизилась более чем на 50 мкг/дм^3. Среднегодовое содержание нитритов в водах Петрушина рукава составило 9,0 мкгN/дм^3 (0,38 ПДК), а в рукаве Протока 11,0 мкгN/дм^3 (0,46 ПДК); нитратов — 1043 мкгN/дм^3 (0,12 ПДК) и 993 мкгN/дм^3; фосфатов — 19,0 и 38,0 мкгP/дм^3; общего фосфора 26,0 и 38,0 мкгP/дм^3; силикатов — 1973 и 2070 мкг/дм^3 соответственно. Наибольшее содержание кремния (2500 мг/дм^3) было зафиксировано в Петрушином рукаве в начале августа.

Концентрация **нефтяных углеводородов** на обеих станциях изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода (0,02 мг/дм^3) до максимальной 0,09 мг/дм^3 (1,80 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в середине июня (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ за период наблюдений с 1998 по 2019 гг. снизилась на 0,023 мг/дм^3 (рис. 2.9). В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм^3) кроме одной пробы, зафиксированной в рукаве Протока в начале июня (12 мкг/дм^3,0,12 ПДК). Хлорорганические пестициды γ-ГХЦГ и ДДТ, а также их изомеры/метаболиты обнаружены не были.

Насыщение речных вод растворенным **кислородом** в обоих рукавах было хорошим и не опускалось ниже 6,26 мгO_2/дм^3 (77% насыщения, рукав Протока в начале августа в поверхностном слое). Среднегодовая концентрация в Петрушином рукаве составила 8,71, в Протоке — 8,39 мгO_2/дм^3. Сероводород в пробах обнаружен не был. По ИЗВ (0,60) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились к II классу качества вод, «чистые» (табл. 2.5).

Порт Темрюк — район 2. В 2019 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, pH, растворенный кислород и нефтяные углеводороды контролируются ежедекадно. Измерение щелочности и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, сероводорода, СПАВ, пестицидов и ртути производятся один раз в месяц. Соленость воды в 2019 г. в канале порта изменялась от 10,55‰ до 14,28‰. Среднегодовая соленость составила 12,480‰. Начиная с минимума в 2003 г. наблюдается постепенное увеличение солености во всем районе устьевой области реки Кубань (рис. 2.8). Температура воды в течение 2019 года изменялась от 1,9 °C в середине января до 28,0 °C в конце августа. Хлорность была в диапазоне 5,76–7,84‰, среднегодовая составила 7,01‰; щелочность изменялась в пределах 2,364–2,645 мг-экв/дм^3, а средняя за год составила 2,327 мг-экв/дм^3; показатель pH изменялся в пределах от 8,00 до 8,50, среднегодовое значение составило 8,20. Прозрачность воды была в пределах 0,5–1,0 м.

В девяти из 72 отобранных в течение года проб воды концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм^3); максимальное значение составило 0,11 мг/дм^3 (2,2 ПДК) и было отмечено в середине января в поверхностном слое воды (табл. 2.4). Средняя концентрация НУ составила 0,040 мг/дм^3 (0,8 ПДК). Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние 10 лет стабильно укладываются в небольшой диапазон чуть менее 1 ПДК без заметного долговременного тренда (рис. 2.9). Загрязнение вод в канале порта стабильно немного выше среднего уровня для всего Темрюкского залива.

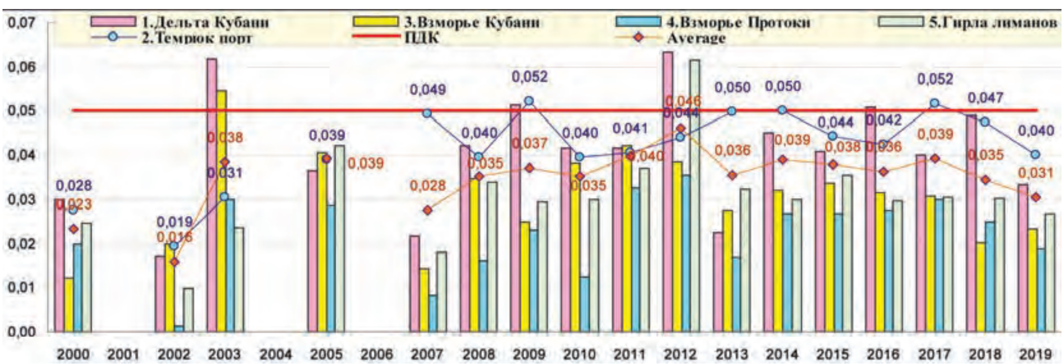


Рис. 2.9. *Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 2000–2019 гг.*

В четырнадцати из 24 проанализированных проб концентрация **СПАВ** была выше предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм^3), максимум составил 14 мкг/дм^3, а среднегодовая концентрация составила 6,8 мкг/дм^3. 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/дм^3 (1,3 ПДК). В 36 отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев проб сероводород обнаружен не был. В десяти из 12 отобранных проб была обнаружена растворенная ртуть в концентрации 0,01–0,02 мкг/дм^3; среднегодовая составила 0,01 мкг/дм^3 (0,1 ПДК).

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного **азота** изменялось от 150 до 270 мкгN/дм^3; максимум зафиксирован в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация для 24 проанализированных проб составила 180 мкгN/дм^3 (0,46 ПДК). Концентрация нитритов изменялась 2 до 59 мкгN/дм^3; максимум составил 2,46 ПДК и был отмечен в самом начале апреля на поверхности. Среднегодовая концентрация составила 13,2 мкгN/дм^3 или 0,55 ПДК. Содержание нитратов изменялась в пределах 150–490 мкгN/дм^3 (сотые доли ПДК). Наибольшая величина зафиксирована в начале июня на поверхности. Среднегодовая концентрация нитратов составила 309 мкгN/дм^3. Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах 880–1420 мкгN/дм^3; среднегодовая концентрация составила 1117 мкгN/дм^3. За время наблюдений с 1990 по 2019 г. 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 (38 мкгP/дм^3, 0,76 ПДК для мезотрофных водоемов) было отмечено в начале июня на поверхности, а средняя за год составила 17,0 мкгP/дм^3. Концентрация общего фосфора изменялась в пределах 14–64 мкгP/дм^3, а средняя равнялась 36,0 мкгP/дм^3. Количество силикатов изменялось от 410 мкг/дм^3 в начале мая до 1150 мкг/дм^3 в середине июля; среднегодовая — 764 мкг/дм^3,

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 мгO_2/дм^3) и составила 5,93 мгO_2/дм^3. В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне 79–126%. В 2019 г. воды канала порта Темрюк по ИЗВ (0,62), рассчитанному по средней концентрации НУ, NH_4, NO_2 и растворенного кислорода, относились ко II классу качества, «чистые».

Взморье реки Кубань — район 3. В 2019 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Температура воды на взморье р. Кубань изменялась в течение года от 10,9 °C в конце апреля на ст.№4 в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское, до 26 °C на ст.№12 в море, в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Соленость вод взморья Кубани в 56 отобранных пробах изменялась в диапазоне 2,22–13,88‰. Максимальная соленость была отмечена в середине июня на ст.№4 в придонном слое на глубине 11 м в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское и на ст.№10 в начале августа придонном слое на глубине 7 м в море, в 7,0 км напротив гирла Пересыпское. Минимум зафиксирован в конце апреля в поверхностном слое в 600 м от устья р. Кубань, рукав Средний. Средняя соленость воды на взморье Кубани составила 12,00‰. Хлорность изменялась от 1,15–7,62‰. Показатель pH был в диапазоне 7,95–8,50. Минимум был зарегистрирован на ст.№2 в море в 600 м от устья гирла Пересыпское у дна на глубине 5 м в начале августа. Щелочность изменялась от 2,156 до 2,704 мг-экв/дм^3; минимум был зафиксирован на ст.№12 в придонном слое в море, в 600 м от устья рукава Средний в начале августа, а максимум — на ст.№18 в 4,4 км от устья гирла Соловьевское в середине июня. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 0,4 до 3,7 м.

За период наблюдений в 2019 г. концентрация **НУ** изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм^3) в 14 пробах из 56 до 0,06 мг/дм^3 (1,2 ПДК). Максимальная концентрация была зарегистрирована на ст.№10, 12 и 15. Среднегодовая концентрация составила 0,023 мг/дм^3 (0,46 ПДК). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 5 случаях (9%).Средняя годовая величина в водах взморья за последние 7 лет, начиная с 2013 г., стабилизировалась около 0,6 ПДК — 0,028; 0,032; 0,034; 0,032 и 0,031, 0,020 и 0,023 мг/дм^3 соответственно (рис. 2.9).

Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации 100 и более мкг/дм^3 (1 ПДК) не наблюдалось за последние 19 лет. В 2019 г. СПАВ были обнаружены в 2 пробах из 56 (DL=10 мкг/дм^3) в концентрации 11 мкг/дм^3; среднегодовая составила 0,59 мкг/дм^3. В трех пробах из восьми проанализированных была обнаружена растворенная ртуть. Максимальная концентрация составила 0,013 мкг/дм^3 (0,13 ПДК), средняя — 0,004 мкг/дм^3. Хлорорганические (γ-ГХЦГ, α-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) пестициды в водах взморья обнаружены не были.

Концентрация аммонийного **азота** на взморье Кубани изменялась в диапазоне 45–200 мкгN/дм^3. Максимум был отмечен в море, в 600 м от устья гирла Пересыпское в начале августа у дна на глубине 5 м. Среднегодовая концентрация составила 0,33 ПДК (128 мкгN/дм^3). Максимальные значения в последнее десятилетие стабильно превышали уровень текущего года (рис. 2.10). Концентрация нитритов изменялась от 1,0 до 12,0 мкгN/дм^3. Среднегодовая составила 5,39 мкгN/дм^3 (0,22 ПДК). Содержание нитратов изменялась от 33,0 до 1250,0 мкгN/дм^3 (максимум составил 0,16 ПДК). Среднегодовая величина составила 258,8 мкгN/дм^3. Содержание общего азота изменялось в пределах от 440–1420 мкгN/дм^3, среднегодовая 749,4 мкгN/дм^3. В последние 14 лет, начиная с 2006 г. концентрация общего азота стабилизировалась в районе 260 мкгN/дм^3 или немного меньше. Максимальные значения были в 3–5 раз больше. При этом межгодовые изменения концентрации относительно предыдущего периода стали меньшими.

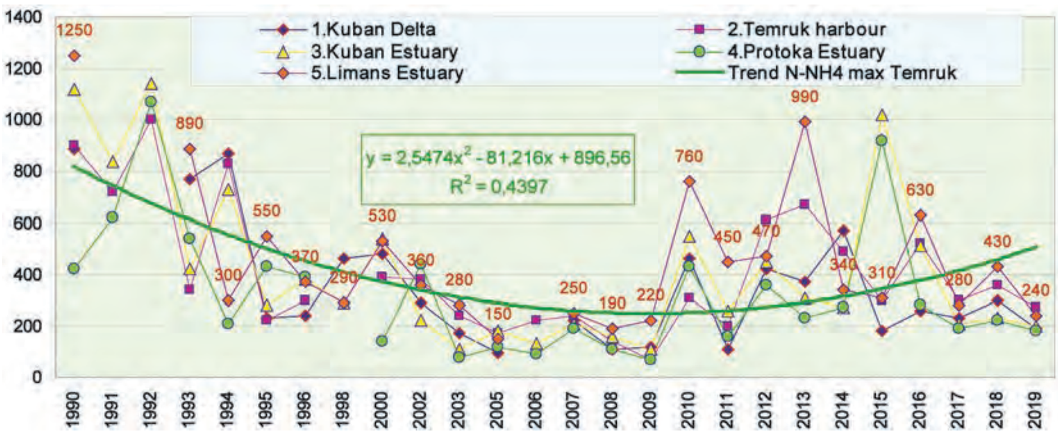


Рис. 2.10. *Динамика максимальной концентрации аммонийного азота N-NH$_4$ (мкг/дм^3) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990–2019 гг.*

Концентрация **фосфора** фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=2 мкгP/дм^3), зафиксированных в 5 пробах из 56, до 21 мкгP/дм^3. Максимум был зафиксирован на поверхности в 600 м от устья рукава Средний 11 октября и составлял 0,4 ПДК для мезотрофных водоемов. Среднегодовая величина составила 4,1 мкгP/дм^3 (0,08 ПДК). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 13–34 мкгP/дм^3, в среднем 19,1 мкгP/дм^3. Концентрация силикатов в водах взморья Кубани изменялась в пределах 370–2200 мкг/дм^3; максимум был зафиксирован в море на поверхности в 4,4 км от устья гирла Соловьевское Курчанского лимана в середине июня; среднегодовая (867 мкг/дм^3) на 30% была выше прошлогодней.

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась от 5,141,71 до 10,5512,65 мгO$_2$/дм^3. Значения ниже норматива были отмечены 9 августа в трех придонных пробах. Среднегодовая концентрация составила 8,61 мгO$_2$/дм^3. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. По индексу загрязненности ИЗВ (0,43) воды взморья Кубани в 2019 г. относятся ко II классу, «чистые» (табл. 2.4). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH$_4$, NO$_2$ и растворенного кислорода.

Взморье рукава Протока — район 4. В 2019 г. наблюдения на взморье рукава Протоки выполнялись 24 апреля, 2 июня, 12 августа и 22 октября на двух станциях с глубинами 6 и 10 м. Соленость вод взморья Протоки в шестнадцати пробах изменялась в пределах 10,07–13,20‰, среднегодовая составила 12,34‰, а за последние 5 лет — 11,69‰. Хлорность изменялась в диапазоне 5,49–7,24‰, средняя 6,76‰. Температура воды за время исследований изменялась в пределах 10,6–25,40 °C; pH 8,10–8,45/8,25; щелочность 2,396–2,594/2,503 мг-экв/дм^3.

Концентрация аммонийного **азота** в водах взморья Протоки в 2019 г. была существенно ниже прошлогодней и изменялась в узком диапазоне 64–180 мкг/дм^3. Максимальное значение (0,46 ПДК) зафиксировано в августе у дна на глубине 6 м. Средняя составила 129 мг/дм^3, что на четверть ниже уровня двух предыдущих лет и ниже концентрации ионов аммония за последние 10 лет (162 мг/дм^3). Содержание нитритов изменялось в пределах 2–7 мкг/дм^3, в среднем 4,1 мкг/дм^3 (0,2 ПДК); при средней за последние 10 лет 9,93 мкг/дм^3. Концентрация нитратов была в диапазоне 43–520 мкг/дм^3, среднегодовая (207) была ниже и прошлогодней (253 мкг/дм^3), и средней за последние 10 лет (232 мкг/дм^3). Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 470 до 960 мкг/дм^3. Концентрация **фосфатов** в 12 отобранных в 2019 г. пробах изменялась в пределах 3–12 мг/дм^3; средняя точно равнялась прошлогодней и составила 6,1 мкг/дм^3 (0,12 ПДК). Содержание общего фосфора: 13–25/19,4 мкг/дм^3; средняя немного меньше прошлогодней. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 430–1300 мкг/дм^3, максимум отмечен в августе в поверхностном слое воды в 4,4 км от устья рукава Протока; среднегодовая (800 мкг/дм^3) на треть выше уровня двух предыдущих лет. В целом уровень содержания силикатов в водах Темрюкского залива в 21 столетии стабилизировался в районе 1000 мкг/дм^3 и был закономерно выше в дельте реки Кубань (рис. 2.11).

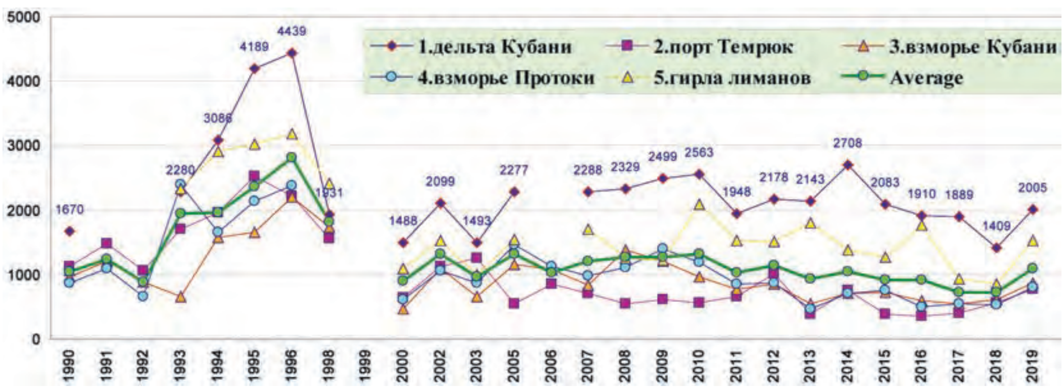


Рис. 2.11. *Динамика средней концентрации силикатов SiO_3 (мкг/дм^3) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990–2019 гг.*

Содержание **нефтяных углеводородов** в 2019 г. было ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм^3) в 5 пробах; максимум дважды достигал 0,04 мг/дм^3 (0,8 ПДК), а средняя за год концентрация составила 0,019 мг/дм^3. В целом в последние годы взморье Протоки было наименее загрязненным НУ, что особенно заметно на фоне высоких значений в речных водах дельты реки и входного канала порта Темрюк (рис. 2.9). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах было ниже предела определения применяемого метода (DL=10 мкг/дм^3). 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/дм^3 (0,1 ПДК).

Содержание растворенного в воде **кислорода** на взморье Протоки в 2019 г. было высоким и изменялось в диапазоне 7,16–10,22 мгO_2/дм^3, составив в среднем 8,60 мгO_2/дм^3. Минимальное содержание кислорода соответствовало 93% насыщения, а среднее 99,3%. Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в июне и августе пробах обнаружен не был. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,40), рассчитанному по среднегодовым значениям НУ, NH_4, NO_2 и кислорода воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод немного улучшилось по сравнению с прошлогодним уровнем.

Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) — район 5. Наблюдения в устьевой области реки в 2019 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 0,25‰ до 14,07‰. Средняя за год соленость составила 3,43, что более двух раз меньше прошлогодней (7,47‰). Низкие значения солености характерны практически для всех станций во все периоды наблюдений. Хлорность вблизи гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,02–7,69‰. Соленость и хлорность находятся в зависимости от интенсивности пресноводного стока р. Кубань. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от 9,5 °С в апреле до 26,8 °С в июне. Водородный показатель pH в течение периода наблюдений изменялся в пределах 8,10–8,85, в среднем 8,48, что очень близко к прошлогодним значениям. Общая щелочность изменялась в пределах 2,316–3,927, а средняя величина (2,908 мг-экв/дм^3) очень близка к прошлогодней (2,792 мг-экв/дм^3).

Концентрация аммонийного **азота** в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 93–240 мкг/дм^3, среднегодовая (165 мкг/дм^3, 0,42 ПДК) меньше прошлогодней (230 мкг/дм^3). Концентрация нитритов варьировала от 2 до 68 мкг/дм^3 (2,8 ПДК), среднегодовая уменьшилась на треть до 10,1 мкг/дм^3 по сравнению с 2018 г. (15,5 мкг/дм^3). Содержание нитратов изменялось в широком диапазоне 75–1130 мкг/дм^3, среднегодовая величина составила 222 мкг/дм^3, что в 3,2 раза меньше прошлогоднего значения (706 мкг/дм^3).

Концентрация **фосфатов** в 32 отобранных в 2019 г. пробах изменялась от аналитического нуля в трех пробах до 31 мкг/дм^3 (0,6 ПДК), что немного ниже прошлогоднего значения (42 мкг/дм^3). Средняя за год концентрация (9,1 мкг/дм^3) была на треть ниже прошлогодней. За последние три десятилетия хорошо выраженного тренда концентрации фосфатов в прибрежных водах Темрюкского залива выявлено не было, хотя межгодовые изменения иногда были очень значительными (рис. 2.12). Содержание общего фосфора было в диапазоне 12–41 мкг/дм^3; среднее значение (23,8 мкг/дм^3) незначительно изменилось по сравнению с двумя последними годами (26,8/28,2 мкг/дм^3). Максимум содержания кремния (140–2750/1534 мкг/дм^3) отмечен в начале августа на ст.№9у в поверхностном слое в 500 м от устья гирла Куликовское; средняя величина в полтора раза больше прошлогодней.

Концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм^3) в 8 из 32 отобранных проб. Максимум (0,13 мг/дм^3–2,6 ПДК) был отмечен 12 августа на поверхности в 500 м от устья гирла Сладковское Сладкого лимана. Средняя величина в 2019 г. составила 0,027 мг/дм^3 (0,54 ПДК) и впервые за последние годы опустилась ниже 0,030 мг/дм^3: 2014–0,034; 2015–0,037; 2016–0,030; 2017–0,031; 2018–0,032 (рис. 2.9). В 4 из 32 отобранных проб содержание СПАВ было выше предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм^3)

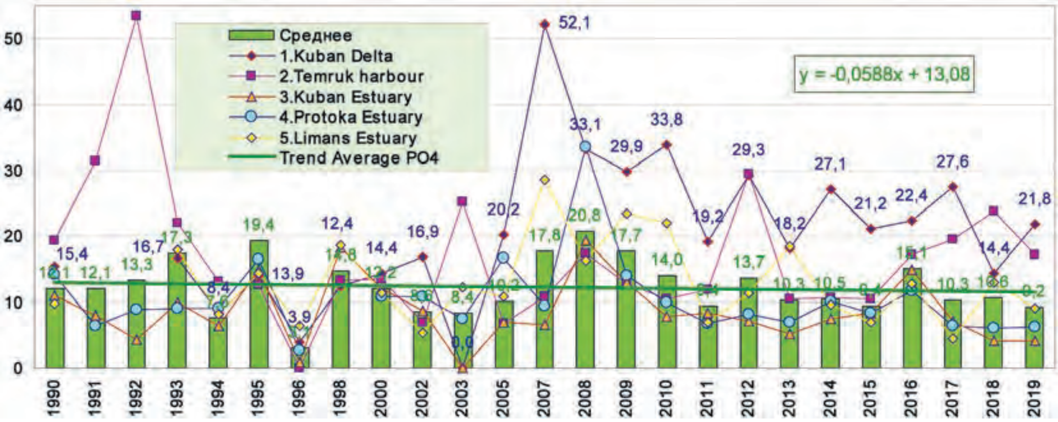


Рис. 2.12. *Динамика среднегодовой концентрации фосфора фосфатов (мкг/дм³) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990–2019 гг.*

и достигало 12 мкг/дм³, среднегодовая величина составила 1,4 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 6,90–11,59 мгO_2/дм³, среднее значение составило 8,75 мгO_2/дм³. В целом уровень аэрации вод района значительно улучшился. Относительное насыщение вод кислородом изменялось в пределах 77–145%, а среднее составило 97,3%. Наличие сероводорода в 16 поверхностных и придонных пробах июня и августа не обнаружено. В 2019 г. по ИЗВ (0,52) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод («чистые»). Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH_4, NO_2 и растворенного кислорода. Состояние вод по сравнению с предыдущим годом улучшилось.

Таблица 2.3. Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань — район 1 (станции №№5у, 6у)	НУ	0,04	0,8	0,049	0,98	0,033	0,66
		0,07	**1,40**	0,07	**1,40**	0,09	**1,80**
	СПАВ	0		1,0	0,01	1,0	0,01
		0		11	0,11	12	0,12
	Аммонийный азот NH_4	183	0,5	207	0,53	159,2	0,41
		230	0,6	300	0,8	190	0,49
	Нитритный азот NO_2	18	0,8	14,25	0,59	9,83	0,41
		35	1,4	46	**1,92**	21,0	0,88
	Фосфатный фосфор PO_4	27,6	0,6	14,4	0,29	21,8	0,44
		49	0,98	37	0,74	58,0	**1,16**
	Растворенный кислород	8,82		8,34		8,60	
		7,29		6,06		6,26	
	% насыщения	94		90		92,3	
		83		76		77	
2. Темрюкский залив: порт Темрюк — район 2 (станция №1)	НУ	0,05	1,0	0,047	0,94	0,04	0,80
		0,23	4,6	0,18	3,6	0,11	**2,20**
	СПАВ	7,6	0,08	8,2	0,08	6,8	0,07
		19	0,19	18	0,18	14	0,14
	Ртуть	0,004	0,04	0,0097	0,1	0,0098	0,1
		0,017	0,2	0,047	0,47	0,02	0,20
	Фосфатный фосфор PO_4	20	0,4	24	0,48	17,2	0,34
		48	1,0	200	**4,00**	38	0,76

	Аммонийный азот NH_4	200	0,5	207	0,53	180	0,46
		300	0,8	360	0,9	270	0,69
	Нитритный азот NO_2	12	0,5	12	0,5	13,2	0,51
		37	**1,5**	30	**1,25**	59	**2,46**
	Растворенный кислород	9,08		8,96		9,13	
		3,70	**0,62**	3,76	**0,63**	5,93	**0,99**
	% насыщения	90		90		93,4	
		47		48		126	
3. Темрюкский залив: взморье реки Кубань — район 3 (станции №№2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	НУ	0,031	0,6	0,02	0,40	0,023	0,46
		0,08	**1,60**	0,06	**1,20**	0,06	**1,20**
	СПАВ	1,2	0,01	0,6	<0,01	0,60	<0,01
		12	0,12	13	0,13	11	0,01
	Ртуть	0,002	0,02	0,008	0,08	0,004	0,04
		0,01	0,10	0,014	0,14	0,013	0,13
	Фосфатный фосфор PO_4	7,18	0,14	4,04	0,08	4,11	0,08
		38	0,76	33	0,66	21	0,42
	Аммонийный азот NH_4	171	0,4	177	0,46	128,1	0,33
		210	0,5	230	0,6	200	0,51
	Нитритный азот NO_2	6	0,2	6	0,25	5,39	0,22
		18	0,8	12	0,5	12,0	0,50
	Растворенный кислород	8,62		8,46		8,61	
		5,80	**0,97**	5,17	**0,86**	5,14	**0,86**
	% насыщения	95		96		100	
		71		62		67	
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока — район 4 (станции №№29, 31)	НУ	0,03	0,6	0,025	0,5	0,019	0,38
		0,06	**1,20**	0,05	**1,00**	0,04	0,80
	СПАВ	0		0		0	
		0		0		0	
	Ртуть	0,0025	0,03	0,0025	0,03	0,0025	0,03
		0,01	0,1	0,01	0,1	0,01	0,1
	Фосфатный фосфор PO_4	28	0,6	6	0,1	6,13	0,12
		39	0,8	17	0,3	12	0,24
	Аммонийный азот NH_4	171	0,4	174	0,45	128,9	0,33
		190	0,5	220	0,6	180	0,46
	Нитритный азот NO_2	7	0,3	7	0,3	4,1	0,17
		16	0,7	11	0,4	7	0,29
	Растворенный кислород	8,78		8,71		8,60	
		7,10		6,24		7,16	
	% насыщения	95		95		99,3	
		83		83		88	
5. Устьевая обл. реки Кубань: гирла лиманов — район 5 (станции №№8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	НУ	0,031	0,61	0,03	0,60	0,027	0,54
		0,07	**1,40**	0,09	**1,80**	0,13	**2,60**
	СПАВ	2,1	0,02	3	0,03	1,41	0,01
		12	0,12	12	0,12	12	0,12
	Фосфатный фосфор PO_4	4,47	0,09	12,97	0,26	9,06	0,18
		20	0,40	42	0,84	31	0,62
	Аммонийный азот NH_4	198	0,5	230	0,59	165,2	0,42
		280	0,7	430	1,1	240	0,62
	Нитритный азот NO_2	10	0,4	15	0,63	10,1	0,42
		81	**3,4**	80	**3,3**	68	**2,83**
	Растворенный кислород	8,58		7,91		8,75	
		4,94	**0,82**	4,16	**0,69**	6,90	
	% насыщения	90		88		97,3	
		63		48		77	

Примечания: 1. Концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; СПАВ, аммонийного и нитритного азота, фосфора фосфатов и ртути — в мкг/дм^3,
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.
3. Для всех определяемых ингредиентов в водах дельты реки Кубани (район №1) использованы значения ПДК для пресных вод; в остальных случаях использовались ПДК для морских вод.
4. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.

Таблица 2.4. Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Дельта реки Кубань							
1. Дельта — район 1	0,70	II	0,71	II	0,55	II	НУ 0,66; PO_4 0,44; NO_2 0,41; O_2 0,70
Темрюкский залив							
2. Порт Темрюк — район 2	0,69	II	0,66	II	0,62	II	НУ 0,80; NO_2 0,51; NH_4 0,46; O_2 0,66
3. Взморье рукава Кубань — район 3	0,50	II	0,46	II	0,43	II	НУ 0,46; NH_4 0,33; NO_2 0,22; O_2 0,70
4. Взморье рукава Протока — район 4	0,50	II	0,49	II	0,40	II	НУ 0,38; NH_4 0,33; NO_2 0,17; O_2 0,70
Устьевая область реки Кубань — гирла лиманов							
5. Гирла лиманов — район 5	0,56	II	0,65	II	0,52	II	НУ 0,54; NH_4 0,42; NO_2 0,42; O_2 0,69

Выводы

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. 2.13). 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 взморья рукава Протока. Качество воды эстуарных районов лиманов также зависит от речного стока. В особенности это касается Ахтанизовского лимана и в меньшей мере Курчанского, Куликовского и Горького. В целом в последние 13 лет здесь наблюдается постепенное ухудшение состояния вод до 2018 г., за исключением резкого снижения индекса в 2014 г. Качество воды в подходном канале порта Темрюк также постепенно снижалось в рамках класса «чистые» до 2017 г. В остальных районах Темрюкского залива ухудшение продолжалось до 2016 г. В последние несколько лет

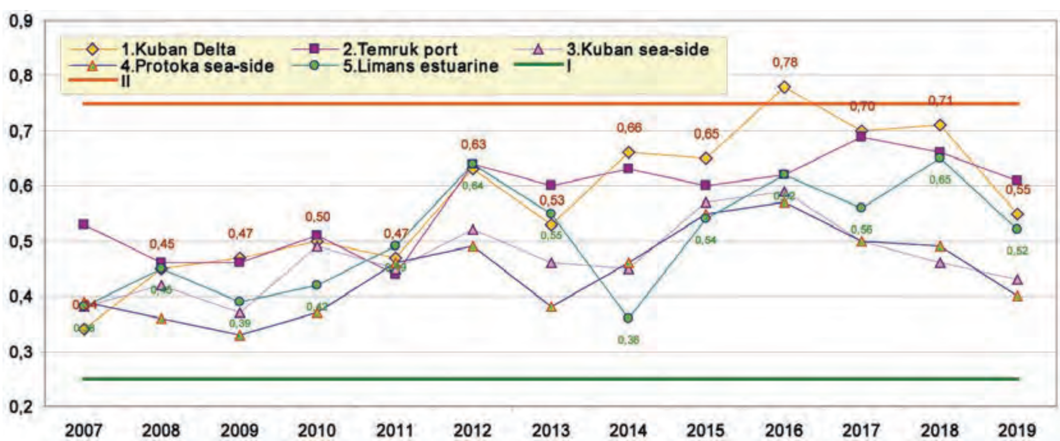


Рис. 2.13. *Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах отдельных районов Темрюкского залива в 2007–2019 гг.*

во всех экологических районах Темрюкского залива зафиксировано снижение уровня загрязненности вод, оцененного по расчетному комплексному индексу загрязненности вод.

2.4. Керченский пролив. Северная узость (разрез Крым-Кавказ)

В 2019 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива в безледный период с апреля по октябрь на 4 станциях разреза между портами Крым и Кавказ с глубинами от 4,8 до 8,2 м (рис. 2.14). Всего отобрано и обработано 192 пробы из поверхностного и придонного слоев воды.

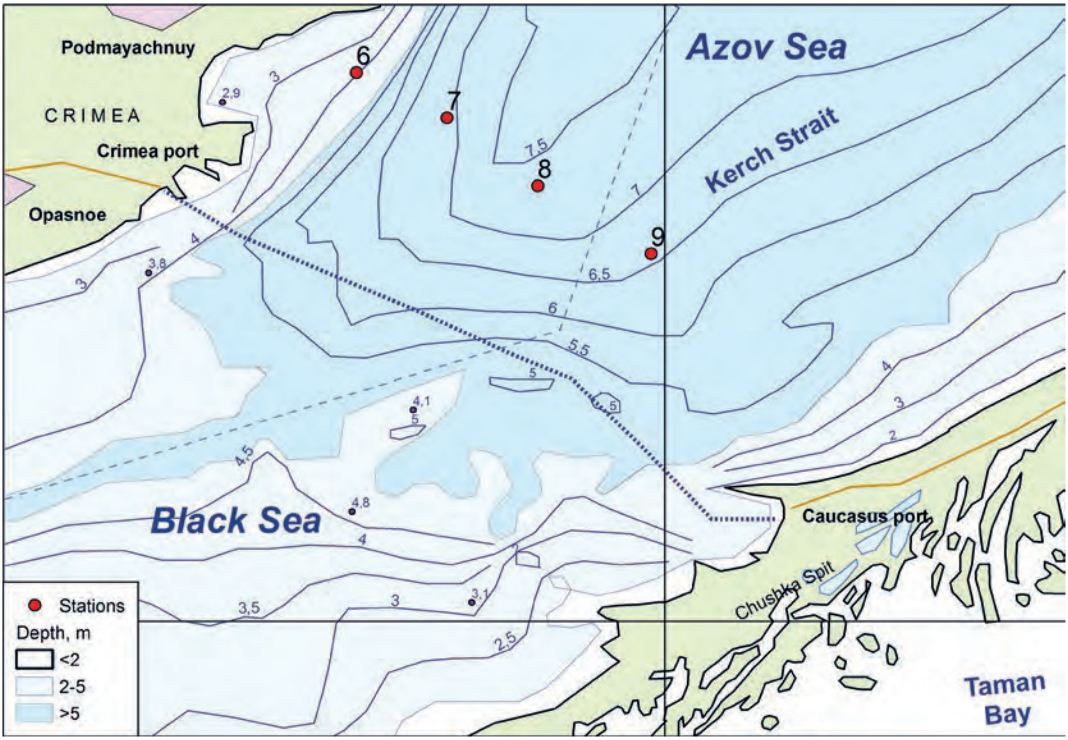


Рис. 2.14. *Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2019 г.*

В исследованный период диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных веществ в водах пролива составили: температура 11,3–27,4 °C; соленость 11,57–18,01‰, в среднем 14,71‰, что всего на 0,12‰ выше прошлогоднего значения; pH 7,83–8,47/8,28; щелочность 2,492–3,430/2,805 мг-экв/дм^3; фосфаты P-PO$_4$ 4,9–11,6/6,3 мкг/дм^3, повышение в 2,2 раза по сравнению с прошлым годом; общий фосфор 7–36/19,3 мкг/дм^3, почти полностью соответствовал прошлогодним величинам; силикаты 10–450/208 мкг/дм^3; аммонийный азот N-NH$_4$ 17–34/21,4 мкг/дм^3; нитритный азот N-NO$_2$ 5,0–15,0/7,4 мкг/дм^3; нитратный азот N-NO$_3$ 8–30/18,1 мкг/дм^3. В целом содержание биогенных элементов в водах пролива было в пределах естественных межгодовых изменений. Средняя соленость вод Керченского пролива после 2006 г. непрерывно возрастала до максимума в 2017 г. и последующей стабилизацией на значениях немного меньше 15‰ (рис. 2.15). Во все

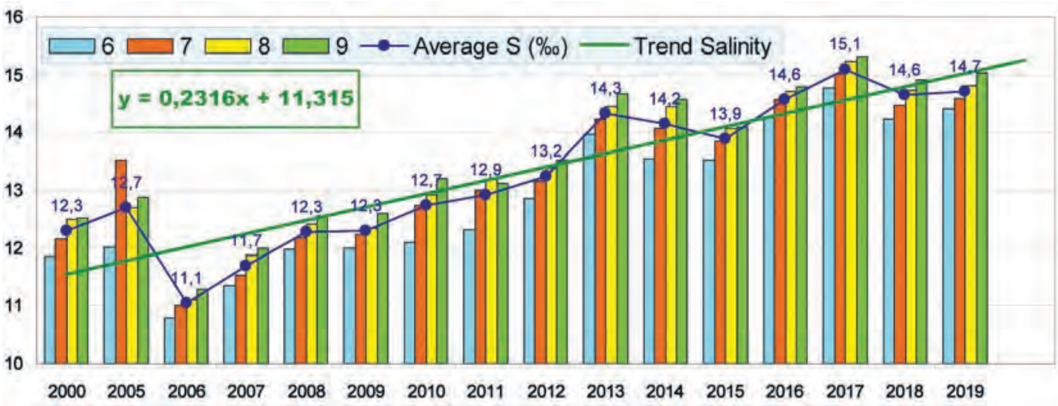


Рис. 2.15. *Многолетняя динамика солености (‰) на станциях разреза Крым-Кавказ в 2000–2019 гг.*

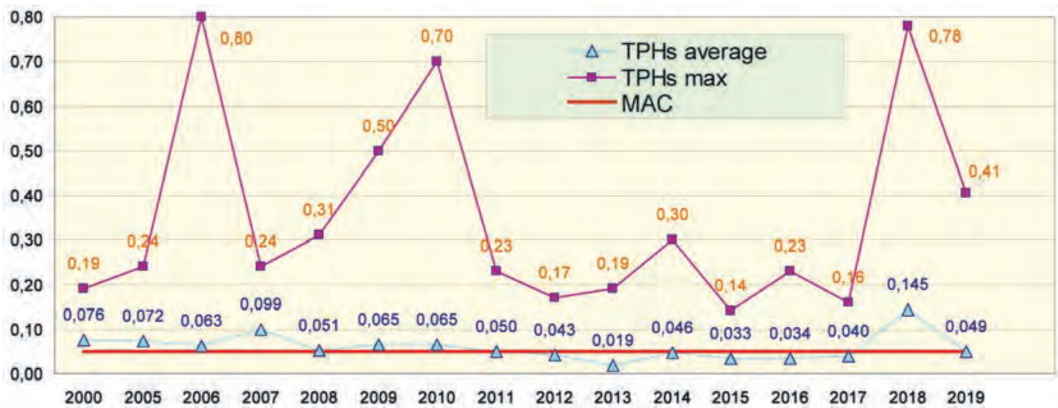


Рис. 2.16. *Межгодовые изменения средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах Керченского пролива в 2000–2019 гг.*

годы наблюдений почти без исключений соленость в целом возрастала от берега к центру пролива: ст. 6–12,955‰, ст. 7–13,274; ст. 8–13,483 и ст. 9–13,624‰.

По сравнению с прошлым годом существенно снизилось содержание **нефтяных углеводородов**, которые остаются наиболее важным загрязнителем вод пролива: средняя концентрация 0,049 мг/дм^3 (1,0 ПДК, уменьшение в 3 раза, рис. 2,16), максимальное 0,41 мг/дм^3 (8,2 ПДК, снижение в 1,9 раза). Высокие значения выше 1 ПДК были зафиксированы в 54 пробах во все месяцы наблюдений примерно одинаково у поверхности и в придонном слое.

Концентрация **СПАВ** варьировала в диапазоне 10–23 мкг/дм^3, в среднем 17,3 мкг/дм^3 (0,2 ПДК). Из хлорорганических пестицидов ДДТ и его метаболит ДДЕ были обнаружены в одной пробе в концентрации 0,57 и 0,51 нг/дм^3. Намного чаще был отмечен ДДД, его содержание было в пределах 0,50–6,50 нг/дм^3, в среднем 0,86 нг/дм^3, что менее 0,1 ПДК. Линдан (γ-ГХЦГ) и его изомер α-ГХЦГ, а также пестициды альдрин, гептахлор и полициклические хлорированные бифенилы (ПХБ) не были обнаружены. Концентрация растворённого в воде кислорода была выше установленного норматива во всех пробах и варьировала в пределах 6,70–10,36 мгO_2/дм^3, в среднем 8,31 мгO_2/дм^3, что на 1,64 мгO_2/дм^3 меньше прошлогоднего.

В целом уровень аэрации вод пролива вернулся к уровню 2017 г. По уровню ИЗВ (0,55, «чистые») качество вод Керченского пролива существенно улучшилось по сравнению с предыдущим годом за счет почти трехкратного сокращения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, содержание которых вернулось на уровень 2017 г. Кислородный режим вод пролива в теплый период года был в пределах нормы.

Таблица 2.5. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в водах Керченского пролива в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря	НУ	0,040	0,8	0,159	**3,18**	0,050	**1,00**
		0,16	**3,2**	0,77	**15,40**	0,406	**8,12**
	СПАВ	13,8	0,1	20,8	0,21	17,3	0,17
		25	0,3	24	0,24	23	0,23
	ДДТ	0,54	<0,1	0,34	<0,1	<0,1	<0,1
		5,60	0,56	1,20	0,12	0,57	<0,06
	ДДД					0,86	0,09
						6,50	0,65
	Аммонийный азот	32,0	<0,1	26,5	<0,1	21,0	<0,01
		103	<0,1	85	<0,1	32	0,01
	Нитритный азот	4,4	0,2	10,3	0,4	7,3	0,30
		17,0	0,7	20,0	0,8	15,0	0,63
	Растворенный кислород	8,21		9,95		8,31	
		5,66	**0,94**	4,94	**0,82**	6,70	

Таблица 2.6. Оценка качества вод Керченского пролива в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Керченский пролив	0,46	II	1,03	III	0,55	II	НУ 1,00; $N\text{-}NO_2$ 0,31; СПАВ 0,17; O_2 0,72

Выводы

По расчетному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,55, «чистые») качество вод Керченского пролива в теплый период 2019 г. значительно улучшилось по сравнению с предыдущим годом за счет более трехкратного сокращения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов до уровня 1,0 ПДК. Концентрация СПАВ в водах пролива составляла десятые доли норматива, в среднем 0,2 ПДК. Содержание фенолов и хлорорганических соединений — ПХБ и различных пестицидов, за исключением группы ДДТ, было ниже предела обнаружения во всех пробах. ДДТ и его метаболит ДДЕ были обнаружены в одной пробе в концентрации 0,57 и 0,51 нг/дм^3. Другой метаболит ДДД встречался в воде пролива значительно чаще, его содержание достигало 6,50 нг/дм^3 (0,65 ПДК), в среднем 0,86 нг/дм^3. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы. Средняя за период наблюдений концентрация растворенного в воде кислорода немного уменьшилось до 8,31 мгO_2/дм^3, однако минимальное значение в конце июля при очень высокой температуре 25,2 °C (6,70 мгO_2/дм^3) все равно было выше установленного норматива. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой и сезонной изменчивости и составляли десятые-сотые ПДК. Концентрация нитритного азота в конце октября в придонном слое достигала 0,6 ПДК.

3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

Коршенко А.Н, Костылева А.В., Орехова Н.А., Кондратьев С.И., Видничук А.В., Медведев Е.В., Хоружий Д.С., Вареник А.В., Мезенцева И.В., Мальченко Ю.А., Дьяков Н.Н., Парфенова В.А., Зайцева О.И., Брайко О.И., Алексеенко А.И., Панченко А.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. Кобулети в Грузии. Граница Черного моря с Мраморным морем проходит в северной части пролива Босфор по линии между мысами Румели и Анадолу. На северо-востоке граница Черного и Азовского морей проходит в Керченском проливе по линии между мысами Такиль в Крыму и Панагия на Таманском п-ве. Наибольшая протяженность Черного моря в широтном направлении по различным оценкам составляет 1148–1180 км. Максимальная ширина моря по меридиану 31°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 км^2, объем воды 535430–555000 км^3. 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 км^2), 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 км^2 для Босфора и 0,02 км^2 для Керченского пролива) Черное море является самым обособленным морем Мирового океана. Шельф (материковая отмель до изобаты 200 м) занимает 25% акватории моря (112 140 км^2) и 1,5% объема вод (8190 км^3). 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 км^3.

Около 74% (263,2 км^3/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 км^3/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 км^3/год (Ильин, 2010, SoE, 2019, Джоашвили, 2003, Mikhailov, 2008).

Климатические условия в холодный период года (декабрь-март) определяет сочетание отрога сибирского антициклона с областью низкого давления над Черным морем, что способствует созданию значительных градиентов давления и развитию циклонической деятельности. С циклонами поступает морской воздух Атлантического океана, обусловливая повышение температуры воздуха. Нередко зимой из бассейна Средиземного моря юго-западными ветрами приносится теплый тропический воздух с высоким содержанием влаги. Весной влияние сибирского максимума существенно уменьшается. Вследствие частых вторжений южных и юго-западных ветров, преобладает неустойчивая погода с частыми морскими туманами. В летний сезон Черное море находится в области распространения Азорского максимума, преобладает устойчивая ясная и жаркая погода. Осенью, по мере ослабления влияния азорского максимума, над морем появляются циклоны с юга, но в начале сезона погода остается ясной и теплой. В октябре вступает в силу сибирский максимум, и температура воздуха начинает быстро падать (Гидрометеорологические условия, 2012, 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 °C/м, средняя величина –1 °C/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 ветра могут развивать волны высотой до 6–8 м. Стоячие колебания уровня моря (сейши) развиваются в бухтах с периодами от нескольких минут до 2 ч и амплитудой в 40–50 см (Суховей В. Ф., 1986, Mee L., Jeftic L., 2010, Иванов, 2011, Гидрометеорология, 1991).

Море почти всегда свободно ото льда и лишь в отдельные холодные зимы прибрежные воды в северо-западной мелководной части моря покрываются льдом. На побережье между Одессой и Очаковом на несколько дней может появиться припай, толщина которого не превышает 10 см. В умеренные зимы в январе-феврале преобладает плавучий крупно и мелкобитый белый лед, который может распространяться достаточно далеко до 40–50 миль от берега. На подходах к Одессе и Очакову припай наблюдается непродолжительное время, а толщина припайного льда не превышает 20–30 см. В суровые зимы максимальное распространение припайного льда может превышать границы 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. Экспедиционные исследования в открытой части моря

В течение 2019 г. сотрудниками Отдела биогеохимии моря ФГБУН «Морской гидрофизический институт» (ОБМ МГИ РАН, г. Севастополь) в пределах экономической зоны России в Черном море на НИС «Профессор Водяницкий» было выполнено три экспедиции: рейс №106 в период 18.04–13.05.2019, выполнено 136 станций; рейс №108 в период 11.07–06.08.2019, выполнена 160 станций; рейс №110 в период 04.10–23.10.2019, выполнено 77 станций (рис. 3.1). Гидрохимические исследования водной толщи были выполнены в глубоководной части моря, а также в прибрежных крымском и кавказском районах Черного моря в пределах экономической зоны России. Непосредственно на борту НИС «Профессор Водяницкий» выполнялись определения содержания растворенного кислорода и сероводорода, величин pH и общей щелочности (*Alk*), парциального давления диоксида углерода (pCO_2), концентрации ионов аммония и нитритов. В береговой лаборатории выполнялось определение концентрации суммы нитритов-нитратов, кремнекислоты и фосфатов.

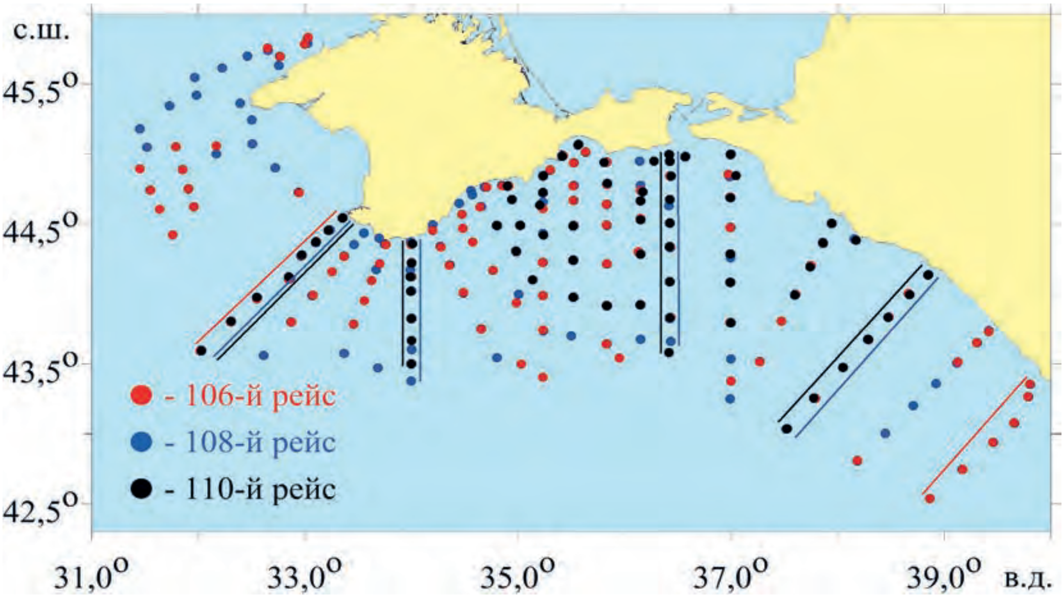


Рис. 3.1. *Схема расположения гидрохимических станций, выполненных в открытой части Черного моря в ходе трех рейсов НИС «Профессор Водяницкий» в 2019 г.*

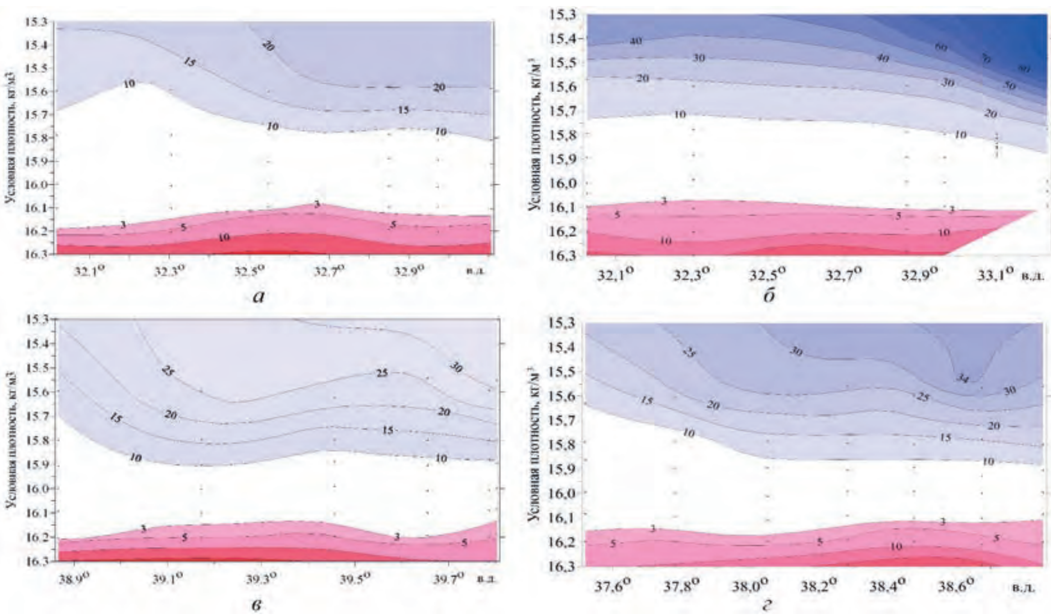


Рис. 3.2. *Вертикальное распределение кислорода и сероводорода (мкМ) в шкале условной плотности σ_t на «вековом» разрезе мыс Херсонес — пролив Босфор (вверху: а, б) и на разрезах кавказского полигона (внизу: в, г) в апреле-мае (а, в) и в июле-августе (б, г) 2019 г.*

Кислород и сероводород

В апреле-мае концентрация кислорода в верхнем деятельном слое моря изменялась в пределах 300–320 мкМ. На вертикальном профиле кислорода в этот период отсутствует подповерхностный максимум содержания кислорода, что характерно для весеннего сезона. В летний период этот подповерхностный максимум содержания кислорода проявляется. Его концентрация на изопикне σ_t=13,0 кг/м^3 в отдельных случаях достигала 380 мкМ. Уменьшение содержания кислорода как в весенний, так и в летний периоды отмечено ниже изопикны σ_t=14,0 кг/м^3, рядом с которой должен начинаться хемоклин.

Положение верхней границы субкислородной зоны имело как пространственную, так и сезонную изменчивость. На «вековом» разрезе (рис. 3.2 *а, б*) изооксигена 10 мкМ располагалась на глубине залегания σ_t=15,75 кг/м^3, заглубляясь по мере приближения к шельфовой части до σ_t=15,8 кг/м^3. Причем в весенний период в мористой части разреза наблюдалось ее приподнятие до σ_t=15,6 кг/м^3.

На кавказском полигоне верхняя граница субкислородной зоны в целом располагалась несколько глубже по сравнению с западной частью Черного моря и находилась на глубине залегания σ_t=15,85–15,90 кг/м^3 (рис. 3.2 *в, г*). По мере удаления от берега в мористой части разреза изооксигена 10 мкМ значительно приподнимается до σ_t=15,65–15,7 кг/м^3, что вероятно связано с динамикой восточного циклонического круговорота.

Положение нижней границы сероводородной зоны на всех разрезах независимо от сезона практически не изменялось. Она располагалась в пределах глубин залегания условной плотности σ_t=16,1–16,2 кг/м^3, что соответствует данным многолетних наблюдений.

Элементы карбонатной системы

В ходе 108-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» были изучены параметры карбонатной системы вод Черного и Азовского морей в летний период. Измерения проводились на глубинах менее 600 м. Были исследованы различия между величинами общей щелочности в поверхностных водах Черного и Азовского морей. В Черном море для поверхностных вод характерная величина общей щелочности находилась в пределах 3,16–3,44 мМ, в то время как в азовоморских водах она была на 25% ниже и составляла 2,31–2,60 мМ. Вертикальный профиль величины общей щелочности указывает на наличие трех зон с различными характеристиками. Верхний квазиоднородный слой (ВКС) характеризуется высокой сезонной изменчивостью физических и биологических факторов, влияющих на параметры карбонатной системы. Для слоя характерна высокая изменчивость состояния водной поверхности и, как следствие, интенсивность газообмена между водой и атмосферой. В этом слое вариабельность значений общей щелочности наиболее высокая. Глубже располагался промежуточный слой с практически однородным вертикальным распределением величин общей щелочности. Под субкислородной зоной в анаэробном слое величина общей щелочности монотонно возрастала.

Биогенные элементы

В 108-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий» было изучено пространственное и вертикальное распределение биогенных элементов в летний период. Концентрация окисленных форм азота (NO_2 и NO_3) изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 1,50 мкМ. Повышенные значения отмечались на кавказском полигоне и в районе Керченского пролива — до 1,47 мкМ, при среднем значении 0,74 мкМ (рис. 3.3а). В северо-западной части моря максимум концентрации был отмечен в Каламитском заливе (0,85 мкМ), а среднее содержание нитратов-нитритов составило 0,31 мкМ. В центральной части Черного моря распределение нитратов-нитритов было неоднородным, а значения изменялись в пределах 0–1,11 мкМ. Концентрация ионов аммония варьировала в диапазоне от аналитического нуля (менее 0,03) до 0,94 мкМ. Пространственное распределение аммония было обратным распределению суммы нитратов-нитритов. Наибольшие значения отмечались в северо-западной части —

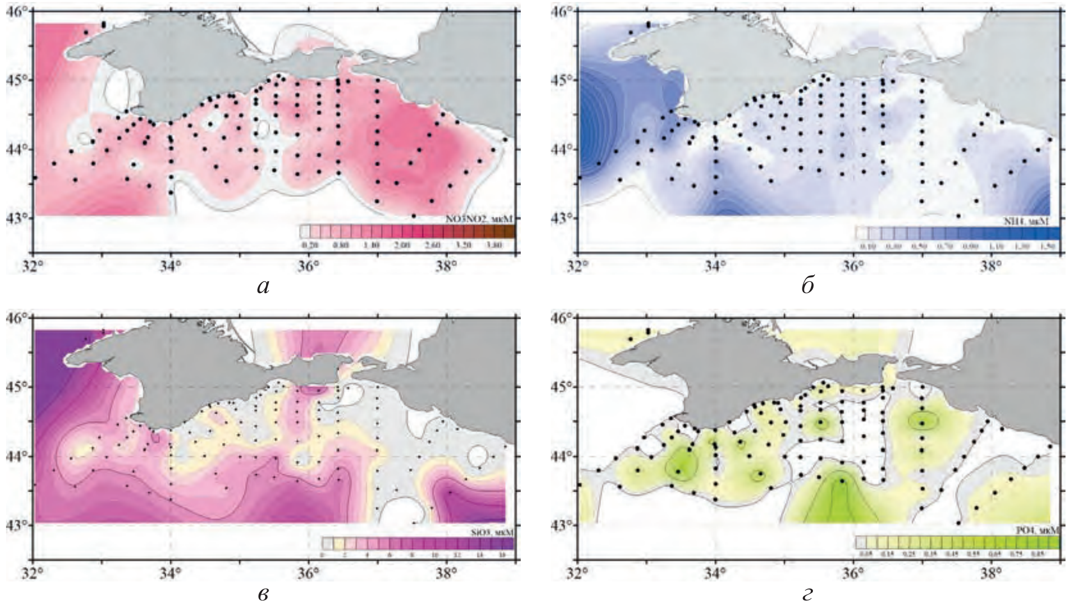


Рис. 3.3. *Пространственное распределение суммы нитритов-нитратов (а), ионов аммония (б), фосфатов (в) и кремнекислоты (г) в поверхностном слое вод в период 11.07–06.08.2019 г.*

до 0,94 мкМ, при среднем 0,57 мкМ (рис. 3.3б). В центральной части района исследования концентрация ионов аммония преимущественно составляла около 0,20 мкМ, а максимальная достигала 0,69 мкМ; в районе Кавказского полигона — средняя 0,12 мкМ и максимальная 0,37 мкМ. Содержание фосфатов в значительной части проб было ниже предела обнаружения, а наибольшие значения достигали 0,8–0,9 мкМ в центральной глубоководной части моря и 0,6–0,7 мкМ в районе свала глубин в восточной части (рис. 3.3в). В северо-западной области в районе Каламитского залива среднее содержание фосфатов составило 0,1 мкМ. В то же время в этом районе наблюдалась очень высокая концентрация силикатов (15,90 и 8,50 мкМ), (рис. 3.3г). Также повышенное содержание силикатов было характерно для глубоководной части исследуемой акватории (6–11 мкМ) и района свала глубин (2–4 мкМ). В прибрежных районах концентрация силикатов, в среднем, не превышала 1,30 мкМ.

3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря

В 2019 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод у Крымских берегов Чёрного моря проводился в прибрежной зоне юго-западного Крыма Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» (СО ГОИН) в апреле и августе на НИС «Пеленг»; на маломерных судах на акватории Севастопольской бухты сотрудниками отдела биогеохимии моря ФГБУН «Морской гидрофизический институт» (МГИ РАН) в рамках ежеквартального мониторинга в апреле, августе и ноябре; на акватории порта Ялта Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта ФГБУ «Крымское УГМС» (ЛМЗОС, г. Ялта) ежедекадно с января по декабрь; в северной узости Керченского пролива на разрезе Крым-Кавказ Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Керчи (ЛМЗОС, г. Керчь) ежедекадно с мая по октябрь включительно.

3.3.1. Севастопольская бухта (МГИ)

Сотрудниками отдела биогеохимии моря Морского гидрофизического института были проведены три гидролого-гидрохимические съемки Севастопольской бухты на маломерных судах в апреле, августе и ноябре 2019 г. Пробы морской воды были отобраны из поверхностного (0–0,5 м) и придонного (0,5–1,0 м от дна) слоев на 36 станциях (рис. 3.4).

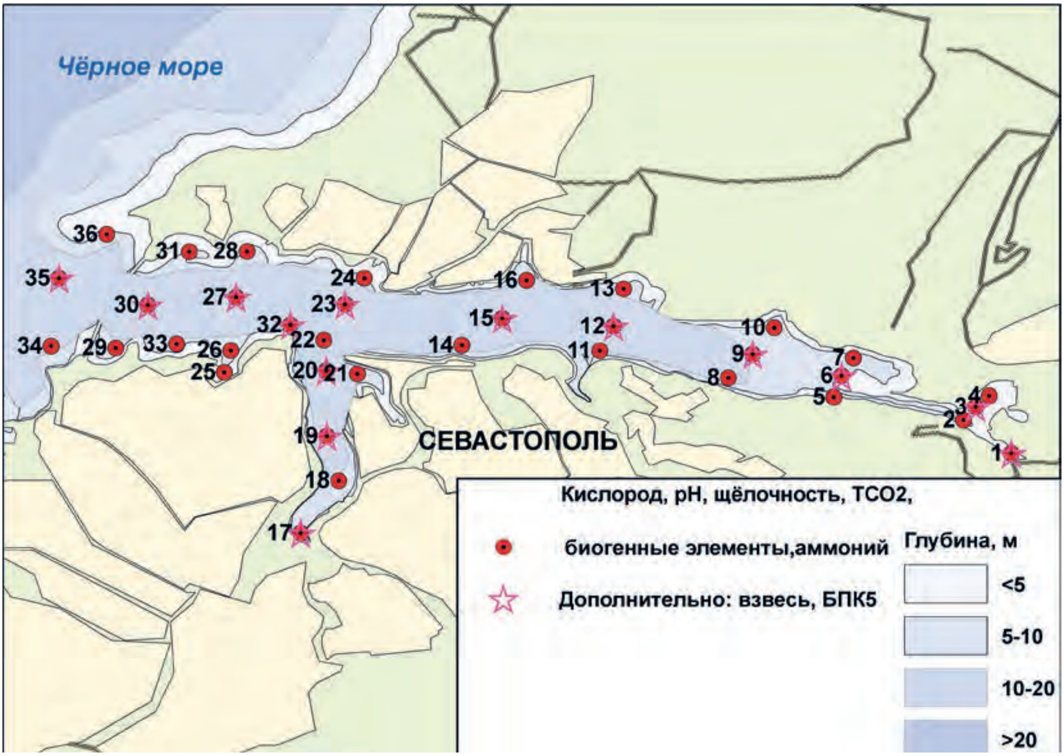


Рис. 3.4. *Станции отбора проб в Севастопольской бухте МГИ РАН в 2019 г.*

В пробах воды из бухты определяли содержание кислорода, величины pH и общей щелочности (Alk), концентрацию биогенных элементов (ионы аммония, нитраты, нитриты, фосфаты и кремнекислота)и общее взвешенное вещество (TSM). Полученные величины гидрохимических параметров во время всех съемок находятся в пределах характерного интервала значений многолетних исследований (табл. 3.1). Полученные величины соответствуют данным многолетних исследований. Прослеживается сезонный ход изменения концентрации биогенных элементов и кислорода в соответствии с изменением температуры и интенсивности биолого-химических процессов.

Для апреля было характерно равномерное распределение кислорода по всей площади Севастопольской бухты, тогда как в августе наблюдалось постепенное снижение концентрации кислорода по направлению от западной части бухты к восточной. При этом в придонном слое вод в августе можно выделить локальные минимумы содержания кислорода в районе ст.№8 (у причалов в районе Георгиевской балки напротив бухты Сахарная) и ст.№15 (в центре фарватера на траверзе бухты Доковая) — 69% и 77% насыщения вод кислородом соответственно.

Таблица 3.1. Значения основных гидрохимических характеристик и концентрации биогенных элементов в водах Севастопольской бухты в 2019 г. (экспедиции МГИ РАН).

Дата съемки	8–9 апреля			26–27 августа			25–26 ноября		
Элемент	пределы	сред.	σ	пределы	сред.	σ	пределы	сред.	σ
O_2, мл/л	6,66–7,56	7,14	0,18	3,98–5,83	5,42	0,41	5,87–6,74	6,32	0,19
O_2, мг/л*	9,52–10,80	10,20		**5,69**–8,33	7,75		8,39–9,63	9,03	
O_2%	92,8–108,6	102,3	3,9	69,3–111,0	102,4	9,2	89,7–101,1	96,8	2,6
$P_{общ}$, мкМ	0,09–0,45	0,17	0,06	0,08–1,27	0,28	0,26	0,07–0,73	0,15	0,10
PO_4, мкМ	0,02–0,24	0,08	0,05	0,00–0,29	0,04	0,05	0,00–0,45	0,04	0,07
$P_{орг}$, мкМ	0,07–0,21	0,09	0,05	0,08–0,98	0,24	0,20	0,07–0,28	0,11	0,08
SiO_2, мкМ	0,07–9,21	1,18	1,28	0,67–18,52	3,22	2,65	0,12–43,95	1,88	5,18
NO_2, мкМ	0,00–1,84	0,12	0,26	0,00–1,60	0,14	0,22	0,00–5,11	0,17	0,59
NO_3, мкМ	0,6–103,8	4,1	12,9	0,0–80,5	2,21	9,6	0,00–219,4	5,24	25,8
NH_4, мкМ	0,00–2,56	0,46	0,47	0,00–11,23	0,98	2,04	0,00–4,50	0,56	0,58
pH	8,28–8,39	8,35	0,02	8,05–8,36	8,31	0,05	–	–	–
Alk, мг-экв/кг	3,308–3,466	3,359	0,034	3,300–3,469	3,344	0,024	–	–	–
TSM, мг/л	0,11–28,36	2,78	5,30	0,61–5,21	1,64	1,10	0,73–5,16	3,08	1,24

O_2, мг/л* — значения получены умножением величины содержания кислорода в мл на коэффициент перехода к мг — 1,429. Выделено значение ниже допустимого норматива.

Значения величины общей щелочности в водах бухты было относительно однородным (табл. 3.1), за исключением локальных аномалий, вероятно являющихся результатом воздействия антропогенного фактора. В придонном слое такой аномалией является углубление дна на ст.№8, где постоянно фиксируется максимум ее величины, а также существенные отличия других гидрохимических характеристик (минимум кислорода, повышенная концентрация ионов аммония — до 11 мкМ).

В поверхностном слое бухты выделялись два района — кутовая часть Южной бухты (ст.№17) и кутовая часть Севастопольской бухты в районе Инкермана (ст.№1). Локальные особенности этих участков акватории определяются значительным поступлением пресных вод, обогащенных гидрокарбонатными ионами и лабильным органическим веществом. В этих районах также отмечалась повышенная концентрация биогенных элементов — до 5,1 мкМ нитритов и 219,4 мкМ нитратов. При этом для большинства станций содержание нитритов не превышало 0,40 мкМ при среднем значении 0,14 мкМ для поверхностного и придонного горизонтов. Концентрация нитратов преимущественно не превышала 4 мкМ. Среднее содержание ионов аммония находилось в пределах 0,46–0,98 мкМ в зависимости от сезона.

Таким образом, по значениям стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов на акватории Севастопольской бухты по-прежнему выделяются район Инкермана и Южная бухта как наиболее неблагополучные районы. Объем пресноводного стока на этих участках определяет суммарное влияние антропогенного вклада в изменение качества морских вод Севастопольской бухты.

3.3.2. Севастопольская бухта и взморье

В **Севастопольской бухте** отделением ФГБУ «ГОИН» с борта НИС «Пеленг» на 9 станциях из поверхностного и придонного слоев воды 8–9 апреля и 31 июля 2019 г. было отобрано 32 пробы воды. Глубина точек отбора проб варьировала от 2 м в кутовой части Южной бухты до 22 м в Мартыновой бухте у южного волнолома. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров (температура, соленость, хлорность, водородный показатель pH, щелочность, прозрачность по диску Секки, концентрация взвешенных веществ), содержания растворенного в воде кислорода и легко окисляемых органических веществ по $БПК_5$, концентрации биогенных элементов (фосфаты и общий фосфор, нитриты, нитраты, аммонийный и общий азот, силикаты), нефтяных углеводородов, детергентов и металлов свинца, меди, хрома и марганца. **Температура** воды в бухте изменялась весной в узком диапазоне 8,9–11,8 °С; соленость вод по всей бухте, даже в устье реки Черной, была типично морской 17,890–18,350‰, хлорность 9,864–10,121‰; общая щелочность 2,809–3,588 мг-экв/дм^3; концентрация ионов водорода pH 8,20–8,39 (табл. 3.1). Минимальное содержание взвешенных веществ (ВВ) составило 0,2 мг/дм^3 в поверхностном слое вод Корабельной, а наибольшее закономерно в устье Черной речки — 7,2 и 5,2 мг/дм^3 на поверхности и у дна на глубине 5 м соответственно. Здесь же и в Южной бухте была наименьшей прозрачность вод по диску Секки — 2,5 и 3,8 м, а наибольшая достигала 6,5 м в Корабельной бухте и у мыса Кордон. Содержание легко окисляемых органических веществ, которое определяется по биохимическому потреблению кислорода за 5 суток ($БПК_5$), в водах бухты было относительно высоким на всех участках и варьировало в узком диапазоне 1,17–3,33 мгO_2/дм^3 (1,6 ПДК). Половина из 16 значений и средняя величина (2,20 мгO_2/дм^3, 1,05 ПДК) были выше установленного норматива. Поверхностный слой (2,72 мгO_2/дм^3) очевидно был более придонного загрязнен органикой (1,68 мгO_2/дм^3). Аэрация вод бухты была высокой. Даже минимальная концентрация растворенного кислорода значительно превышала норматив, а среднее насыщение вод кислородом составило почти 104%.

Концентрация неорганического **фосфора** в водах бухты в апреле была очень невысокой, средняя 2,3 мкг/дм^3 (табл. 3.1). Только в пяти пробах из 16 содержание фосфатов было выше уровня определения (DL=5,0 мкг/дм^3), а наибольшие значения традиционно были в кутовой части бухты Южная (поверхность 8,85, придонный слой 9,48 мкг/дм^3, 0,2 ПДК для мезотрофных водоемов). Содержание общего фосфора варьировало от аналитического нуля в водах у ГРЭС до 41,74 мкг/дм^3 в недалеко расположенном устье реки Черной. Наибольшая концентрация силикатов закономерно была зафиксирована вблизи устья реки, а также (1831 мкг/дм^3) в куте Южной бухты. Содержание нитритов было выше предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм^3) только в поверхностном слое в Южной бухте (16,6 мкг/дм^3, 0,7 ПДК) и в районе ГРЭС (5,4 мкг/дм^3). Нитраты отсутствовали только в четырех пробах, а наибольшие значения зафиксированы в устье реки (130) и в Корабельной бухте (139 мкг/дм^3). Аммонийный азот относительно равномерно распределен по всей акватории бухты, а наибольшие величины (103/102 мкг/дм^3) ожидаемо отмечены в глубине Севастопольской бухты в устье реки и у ГРЭС. В целом по содержанию биогенных веществ воды Севастопольской бухты могут быть оценены как слабо эвтрофированные, а основными источниками их поступления очевидно являлся пресноводный речной сток и сбросы бытовых вод в Южной бухте и других частях акватории.

В конце июля из рассматриваемых стандартных гидрологических параметров вод Севастопольской бухты существенно изменилась только концентрация растворенного кислорода (табл. 3.2). Хотя процент насыщения снизился в среднем незначительно, однако абсолютные значения сильно уменьшились не только из-за нагрева вод на поверхности до 25,8 °С. В придонном слое вод на глубине 13 м в бухте Голландия содержание кислорода упало ниже норматива (5,68 мгO_2/дм^3, 73% насыщения), а в центре бухты на глубине 18 м снизилось до 6,95 мгO_2/дм^3, 83%. Концентрация всех форм биогенных элементов, за исключением аммония, существенно понизилась вследствие их интенсивного потребления фитопланктоном, а минеральный фосфор вообще исчез из проб. Высокий уровень концентрации аммонийного азота очевидно поддерживался процессами распада органического вещества, содержание которого оставалось очень значительным и в двух поверхностных пробах из Корабельной бухты и из центра на основном фарватере органическое загрязнение превышало норматив — 2,51 и 2,39 мг/дм^3 соответственно. Содержание нефтяных углеводородов в этой съемке не определялось, а концентрация СПАВ была невысокой и максимальная величина была ниже половины ПДК. В летней съемке существенно возросло загрязнение вод бухты тяжелыми металлами. Даже без учета экстремальной концентрации свинца (249,2 мкг/дм^3), возможно являющейся аналитической ошибкой, содержание этого металла возросло примерно в 2 раза и в трех пробах из разных частей бухты превышало ПДК. В июле средняя концентрация меди выросла примерно в 3 раза и только в трех пробах была ниже норматива, максимум достигал 2,7 ПДК в центре бухты на глубине 18 м. Концентрация марганца была в целом незначительной и равномерно распределенной по акватории в отличие от хрома. На фоне относительно равномерных и невысоких значений в диапазоне 4,6–22,8 мкг/дм^3, содержание хрома резко возрастало в Корабельной и Южной бухтах (159, 162 и 219 мкг/дм^3). Ухудшение кислородного режима и резкое повышение концентрации меди и хрома свидетельствуют о снижении качества вод Севастопольской бухты в летний период года.

Таблица 3.2. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах Севастопольской бухты (экспедиции СО ГОИН).

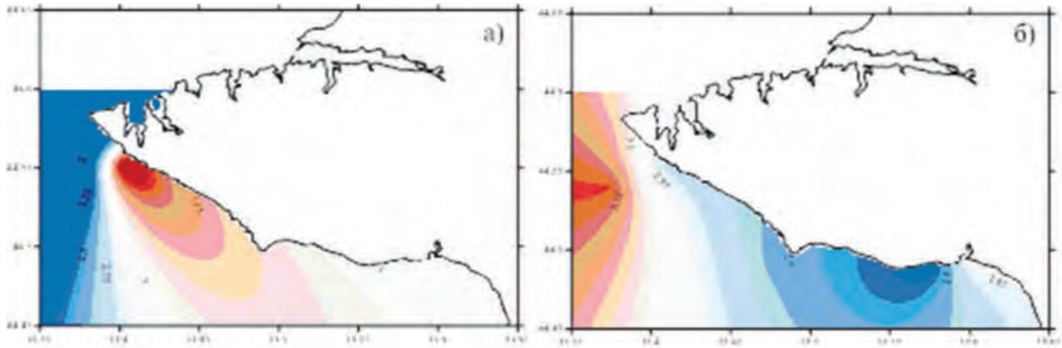
Дата съемки	**8–9 апреля 2019 г. (16 проб)**			**31 июля 2019 г. (14 проб)**		
Элемент	**пределы**	**среднее**	**σ**	**пределы**	**среднее**	**σ**
Соленость,‰	17,890–18,350	18,168	0,160	17,87–18,4	18,113	0,134
ВВ, мг/дм^3	0,2–7,2	2,13	1,97	1,6–8,4	4,3	2,05
Alk, мг-экв/кг	2,809–3,588	3,243	0,170	3,30–3,37	3,35	0,019
pH	8,20–8,39	8,36	0,046	8,17–8,32	8,27	0,05
O_2, мг/дм^3	9,85–11,08	10,31	0,37	**5,68**–8,63	7,77	0,77
O_2%	96–112	103,7	4,75	73–116	102,6	13,2
$P_{общ}$, мкг/дм^3	0–42	18,5	9,35	18–63	31,8	14,7
PO_4, мкг/дм^3	0–9	2,3	3,64	0	0	0
SiO_3, мкг/дм^3	94–5972	783	1487,7	26,3–184,5	84,6	49,5
NO_2, мкг/дм^3	0–17	1,4	4,3	0–5,3	0,4	1,4
NO_3, мкг/дм^3	0–139	33,6	45,4	0–81,7	20,0	25,8
NH_4, мкг/дм^3	12–103	57,8	29,56	32,9–93,8	65,8	17,2
$БПК_5$, мг/дм^3	1,17–**3,33**	**2,20**	0,673	0,19–**2,51**	1,35	0,7
НУ, мг/дм^3	0–**0,10**	0,021	0,034			
СПАВ, мг/дм^3				0–44,1	17,6	14,0
Pb, мкг/дм^3	2,5–**11,1**	5,88	2,6	2,6–**27,2**	9,5	6,1
Cu, мкг/дм^3	0,5–**9,8**	2,74	2,73	3–**13,5**	**7,76**	3,05
Cr, мкг/дм^3	0,7–6,9	2,32	1,57	4,6–**218,6**	**46,5**	73,7
Mn, мкг/дм^3	1,5–10,6	4,26	2,13	4,2–16	7,2	3,3
5,68 — выделены значения выше (для кислорода — ниже) норматива ПДК.						

На **северном взморье** региона за пределами защитного мола Севастопольской бухты выделяется продолжительная береговая полоса, которая делится на участок от Константиновского равелина до устья реки Кача (I-6), а далее до границы региона вблизи мыса Лукулл (I-7), (табл. 3.2, рис. 3.5). Южнее и восточнее Севастопольской бухты располагаются многочисленные бухты до мыса Херсонес, бухта Голубая с основным источником сброса практически неочищенных коммунальных вод г. Севастополя из КОС «Южные» (I-2b), обрывистые берега мыса Фиолент до района Балаклавской бухты и далее до границы региона вблизи мыса Сарыч.

Все относительно чистые воды **южного взморья** без районов очистных сооружений были объединены в одну группу. Исследования часто проводили в разные временные интервалы, поэтому сравнение значений разных параметров может рассматриваться только как ориентировочное. Кроме того, прибрежные воды Севастопольского региона отличаются интенсивной гидродинамикой и являются сильно перемешанными, за исключением бухт и отдельных локальных участков побережья. Определенное единообразие водных масс прослеживается и в общих характеристиках вод. Все значения солености укладываются в пределах одной промилле 17,853–18,970‰ с наименьшей величиной 5 февраля на поверхности у трубы КОС «Южные» в Голубой бухте. Здесь же 5 декабря у оголовка трубы на глубине 85 м закономерно был зафиксирован максимум концентрации взвешенных веществ (1,7 ПДК), а все остальные значения не достигали норматива и были ниже 9,2 мг/дм^3. Показатели щелочности и pH практически одинаковые по всему региону без экстремальных отклонений. Кислородный режим вод региона в целом не нарушенный и случаев дефицита не отмечено. Минимальная величина ожидаемо отмечена в пробе с максимальным содержанием взвешенных веществ около дна у оголовка трубы КОС «Южные». Здесь же в среднем и минимальное среди всех выделенных подрайонов насыщение вод кислородом (98,4%).

Рис. 3.5. *Экогеографические районы прибрежных вод Крыма в пределах 12-мильной зоны и станции отбора проб в 2019 г.*

В семнадцати пробах из 62 содержание легко окисляемого органического вещества (по БПК$_5$) было выше норматива. Ожидаемо такое превышение было отмечено в 7 пробах около КОС «Южные» и Балаклавы, что нашло отражение в статистических характеристиках (рис. 3.6). Однако абсолютный максимум (6,1 ПДК) был зафиксирован 24 июля у мыса Айя.



а *б*

Рис. 3.6. *Схема распределения величин БПК$_5$ (мгО$_2$/дм^3) на поверхностном горизонте в феврале (а) и мае (б) 2019 г.*

Также превышение нормы отмечено у мыса Херсонес (3 пробы), мыса Фиолент, около Балаклавы в Василевой балке, на траверзе Севастопольской бухты, а севернее — у КОС «Северные» и пляжа Учкуевка. Все повышенные значения за единственным исключением у мыса Херсонес отмечены в поверхностном слое вод. Широкая география распространения повышенного содержания органических веществ позволяет сделать вывод о повсеместном высоком уровне загрязнения морских вод Севастопольского региона органическими веществами.

Биогенные вещества. Распределение неорганического и общего фосфора в водах всего севастопольского региона было примерно одинаковым без значительных пятен повышенной концентрации. В большей части проб (50 из 62) концентрация фосфатов была ниже предела обнаружения (DL=5 мкг/дм^3), а наибольшие величины отмечены в створе Севастопольской бухты и у КОС «Северные» в начале ноября. Примечательно, что вблизи выпусков очистных сооружений в Голубой бухте и у Балаклавы фосфаты чаще всего были на фоновом уровне ниже предела обнаружения. Концентрация силикатов наоборот была наибольшей в водах южного взморья от мыса Херсонес до Балаклавы в мае (средняя составила 248 мкг/дм^3), однако причина этого скорее состоит в сезонности появления кремнийкислоты в морских водах. Во время съемок по всему взморью в августе-ноябре средние величины укладывались в узкий диапазон 70–86 мкг/дм^3 и только в декабре возрастали до 130 мкг/дм^3. Аналогичное сезонное распределение отмечено и в Севастопольской бухте (табл. 3.1). Нитриты обнаружены только в четырех пробах из 54 осенью на разных участках взморья, максимум составил половину норматива. Концентрация нитратов была невысокой и варьировала в пределах от аналитического нуля до 83 мкг/дм^3, и только 17 мая его содержание в поверхностном слое у Балаклавской бухты резко возросло до 337 мкг/дм^3 (0,04 ПДК). Аммонийный азот был определен во всех проанализированных пробах, однако относительно повышенные величины более 100 мкг/дм^3 найдены в разное время в шести поверхностных пробах с южного взморья — 4 у очистных сооружений и по одной пробе у мыса Херсонес и мыса Айя. Повышенное содержание аммония на этих участках прибрежья нашло отражение и в статистических характеристиках (табл. 3.3). Концентрация общего азота была в диапазоне 90–1142 мкг/дм^3, а наибольшие величины обычно были зафиксированы в мае, когда среднее значение составило 669 мкг/дм^3, а в остальные месяцы — 443 мкг/дм^3.

Загрязняющие вещества. По небольшому спектру анализируемых загрязняющих веществ в целом прибрежные воды региона являются чистыми. Концентрация нефтяных углеводородов превышала предел обнаружения используемого метода анализа (DL=0,04 мкг/дм^3) только в двух пробах из Голубой бухты из 22 отобранных на взморье; значение в конце августа достигало 2 ПДК. Распределение детергентов по участкам контроля и по времени было примерно равномерным, максимум у выпуска сточных вод Балаклавы почти достигал половины ПДК. В среднем по всему региону средняя концентрация СПАВ составила 15,2 мкг/дм^3. Среди металлов высокие значения отмечены для меди, средняя величина по всем пробам — 6,2 мкг/дм^3 (1,2 ПДК), а максимум (2,9 ПДК) зафиксирован 5 декабря у мыса Херсонес на поверхности. В тридцати пробах из 51 концентрация меди превышала норматив. Также высокие величины зафиксированы для свинца; средняя концентрация составила 7,5 мкг/дм^3 (0,75 ПДК), а максимум (1,6 ПДК) зафиксирован на траверзе Севастопольской бухты на глубине 17 м. В 35,3% проб содержание свинца было выше норматива. Загрязнение вод хромом и марганцем может считаться несущественным, поскольку и средние, и максимальные величины были очень далеки от норматива. Два наибольших значения концентрации хрома отмечены у КОС «Южные», а максимум содержания марганца (0,3 ПДК) — на поверхности в мае у мыса Херсонес. Во всех восьми пробах воды, отобранных в феврале в Камышовой бухте, у мыса Херсонес и у КОС «Южные», концентрация железа была выше норматива, а средняя составила 84,6 мкг/дм^3 (1,7 ПДК).

Таблица 3.3. Значения основных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и загрязняющих веществ в водах Севастопольского региона (пос. Кача — мыс Айя, без Севастопольской бухты, экспедиции СО ГОИН).

Дата съемки	Северная сторона (I-6, I-7) 24.09–10.11.2019 г. (12 проб)[1]			КОС «Южные» (I-2b) 05.02/ 17.05/ 15.08/ 10.11/ 05.12.2019 г. (18 проб)[2]			КОС Балаклавы (I-4a) 17.05/ 29.08/ 05.12.2019 г. (6 проб)[3]			Южное взморье 02–12.2019 г. (26 проб)[4]		
Элемент	**пределы**	**среднее**	**σ**	**пределы**	**среднее**	**σ**	**пределы**	**среднее**	**σ**	**пределы**	**среднее**	**σ**
Соленость,‰	18,0–18,43	18,196	0,2	17,9–18,97	18,31	0,28	18,13–18,57	18,29	0,19	18,0–18,62	18,29	0,167
ВВ, мг/дм^3	0,6–4,8	1,4	1,13	1,2–17,3	3,8	4,38	1,6–3,8	2,6	0,76	0,4–9,2	2,6	1,85
pH	8,3–8,44	8,39	0,05	8,17–8,42	8,33	0,07	8,29–8,42	8,36	0,044	8,19–8,49	8,37	0,06
Alk, мг-экв/кг	3,36–3,42	3,38	0,017	2,92–3,67	3,28	0,17	2,48–3,35	3,17	0,34	2,64–3,44	3,22	0,196
O_2, мг/дм^3	8,04–9,07	8,76	0,32	6,64–10,56	9,13	1,02	7,76–9,70	8,85	0,85	7,8–12,17	9,4	1,097
O_2%	98,6–106,6	101,8	2,76	64,4–111,3	98,4	12,46	91,8–108,1	101,5	6,14	88–127	104,0	7,74
$P_{общ}$, мкг/дм^3	13,2–66,6	27,5	16,03	0–41,6	23,7	12,04	6,3–28,8	16,9	8,17	0–53,3	20,4	11,2
PO_4, мкг/дм^3	0–25,5	7,4	8,72	0–20,2	2,6	5,87	0–6,8	1,1	2,8	0–23,6	1,3	4,9
SiO_3, мкг/дм^3	56,2–102,8	73,9	15,93	13–440,7	170,6	138,43	39–223,3	127,9	76,77	35,0–320,5	124,7	74,81
NO_2, мкг/дм^3	0–11,8	1,5	3,69	0	0	0	0–5	0,8	2,05	0–6,3	0,3	1,41
NO_3, мкг/дм^3	0–37,6	11,2	9,99	0–51,1	19,1	16,12	7,5–336,8	69,0	131,3	0–83,2	15,7	17,83
NH_4, мкг/дм^3	19,2–71,5	44,5	17,26	24,6–181,0	59,1	43,18	11,8–127,0	59,8	45,5	13,5–272,3	49,2	53,55
$БПК_5$, мг/дм^3	0,2–3,23	1,14	1,02	0,38–**5,1**	1,94	1,34	0,48–**5,51**	**2,11**	1,89	0,09–**12,88**	1,91	2,52

НУ, мг/дм^3				0–**0,1**	0,01	0,029	0	0	0	0	0	0
СПАВ, мг/дм^3	0–35,5	9,49	13,0	0–45,0	19,78	18,06	0–47,9	20,03	19,25	0–42,2	14,17	12,8
Pb, мкг/дм^3	1,4–**14,6**	8,69	5,28	0,73–**11,9**	7,03	3,89	5,6–**14,9**	9,0	3,37	0,45–**16,1**	6,95	4,96
Cu, мкг/дм^3	4,1–**10,2**	**6,3**	1,79	0–**12,8**	**5,61**	3,76	3,1–**9,8**	**6,3**	2,89	1–**14,3**	**6,59**	4,06
Cr, мкг/дм^3	0,3–5,0	3,21	1,48	0,3–24,9	5,04	6,9	0–3,9	1,55	1,54	0–13,9	3,36	3,94
Mn, мкг/дм^3	0,1–3,9	1,27	1,24	0,7–9,2	2,83	2,27	0,4–10,0	3,22	4,12	0,4–14,7	4,46	4,7
Fe, мкг/дм^3				**83–111**	**92,5**	12,8				**71–82**	**76,75**	5,56

[1] по металлам — 9 проб
[2] по SS, БПК$_5$, Si, N, СПАВ — 14, НУ-13, Mn — 14, Fe — 4
[3] по НУ — 3 (все значения ниже DL)
[4] по Si, N, СПАВ отобрано 22 пробы, по НУ — 6 (все значения ниже DL), по Pb, Cu, Cr — 18, Mn-14, Fe — 4

3.3.3. Западный Крым

В Ярылгачской бухте и озере Панское Каркинитского залива между пгт Черноморское и селом Межводное 12 июля было отобрано 12 проб воды из поверхностного слоя (рис. 3.5). Все количественные показатели были относительно однородными на большей части исследованной акватории, а заметно отличались только в кутовой части озера Панское. Значения солености укладывались в диапазоне 18,230–19,600‰ и только в самой западной части озера поднималось до 21,550‰; температура 23,7–24,4 °С; концентрация взвешенных веществ варьировала от 2,2 до 8,8 мг/дм^3. Показатели щелочности (2,244–3,537) и pH (8,11–8,89) были практически одинаковые, а соответственно наименьшие и наибольшие значения этих параметров были отмечены в куту озера. Кислородный режим вод района был не нарушенным: 7,67–14,16 мгО$_2$/дм^3 и 101–190% насыщения. Содержание легко окисляемого органического вещества (по БПК$_5$) варьировало в очень широком диапазоне от 0,82 до 7,63 мгО$_2$/дм^3 (3,6 ПДК в западном куту озера), в среднем 2,12 мгО$_2$/дм^3. Содержание фосфатов только в двух пробах превышало предел обнаружения (DL=5 мкг/дм^3), а концентрация общего фосфора составила 8–20 мкг/дм^3, в среднем 13,4 мкг/дм^3. Концентрация силикатов была невысокой (29–418 мкг/дм^3) за исключением вершины озера (1926 мкг/дм^3). Нитриты обнаружены не были, нитраты в среднем составили 8,6 мкг/дм^3, концентрация аммонийного азота изменялась в пределах 14–43 мкг/дм^3, в среднем 29,1 мкг/дм^3; общего азота 448–1172/722 мкг/дм^3. Из загрязняющих веществ была определена концентрация СПАВ, которая варьировала в диапазоне от менее предела обнаружения в двух пробах (DL=10 мкг/дм^3) до 58,3 мкг/дм^3 (0,6ПДК), в среднем 31,3 мкг/дм^3.

В отобранных 14 октября двенадцати пробах воды из прибрежья Каламитского залива температура составила 17,6–18,3 °С на поверхности и опускалась до 8,9 °С на глубине 59 м; соленость была в очень узком диапазоне 18,430–18,600‰; прозрачность по диску Секки — 6,0–13,0 м; концентрация взвешенных веществ — 0,6–5,6 мг/дм^3, максимум отмечен на поверхности у оголовка трубы очистных сооружений г. Саки Показатели щелочности (3,376–3,455) и pH (8,25–8,40) были практически одинаковые во всех пробах. Кислородный режим вод района был в норме: 7,23–8,95 мгО$_2$/дм^3 и 82–106% насыщения. Концентрация органического вещества (по БПК$_5$) была относительно невысокой — 0,15–2,30 мгО$_2$/дм^3, а превышение нормы было зафиксировано только на поверхности на траверзе пос. Новофедоровка, в среднем 1,01 мгО$_2$/дм^3. Содержание неорганического фосфора только в двух пробах достигало 10 мкг/дм^3); а концентрация общего фосфора составила 11–22 мкг/дм^3, в среднем 15,3 мкг/дм^3. Концентрация силикатов была невысокой: 53–301/125 мкг/дм^3. Нитриты обнаружены не были; нитраты в среднем составили 11,6 мкг/дм^3, максимум — 30 мкг/дм^3; концентрация аммонийного азота изменялась в пределах 40–86 мкг/дм^3, в среднем 62,5 мкг/дм^3; общего азота 292–597/439 мкг/дм^3. Из загрязняющих веществ была определена концентрация СПАВ, которая варьировала в диапазоне от менее предела обнаружения в шести пробах до 59,3 мкг/дм^3 (0,6 ПДК), в среднем 17,2 мкг/дм^3.

3.3.4. Прибрежные воды ЮБК и Восточного Крыма

В 46 пробах воды, отобранных вдоль всего южного и восточного берега Крыма вблизи выпусков сточных вод из очистных сооружений различных городов и поселков, в период с апреля по август значения солености изменялись в очень узком диапазоне 17,835–18,910‰; температура 8,3–25,6 °C; концентрация взвешенных веществ варьировала от 0,0 до 20,8 мг/дм^3 (2,1 ПДК), максимум зафиксирован 15 августа в Гурзуфском заливе, а остальные величины не превышали 8,8 мг/дм^3; щелочность — 2,957–4,397 мг-экв/кг с наибольшим значение в конце апреля у Фороса; pH — 8,19–8,39. Кислородный режим прибрежных вод Крыма был в пределах нормы: 7,36–12,15 мгO_2/дм^3 и 71–150% насыщения. Содержание легко окисляемого органического вещества (по БПК$_5$) варьировало в очень широком диапазоне от 0,15 до 4,44 мгO_2/дм^3 (2,1 ПДК на поверхности у оголовка трубы очистных сооружений пос. Санаторное в районе Фороса), в среднем 1,65 мгO_2/дм^3. Содержание фосфатов в трех пробах превышало предел обнаружения (DL=5 мкг/дм^3) и достигала 11 мкг/дм^3, а концентрация общего фосфора составила 11–96 мкг/дм^3, в среднем 21,1 мкг/дм^3. Концентрация силикатов была невысокой: 8–352 мкг/дм^3. Нитриты обнаружены не были; нитраты в среднем составили 8,4 мкг/дм^3; концентрация аммонийного азота изменялась в пределах 9–301 мкг/дм^3 (max=0,1 ПДК), в среднем 60,6 мкг/дм^3; общего азота 72–2946/528 мкг/дм^3. Из загрязняющих веществ была определена концентрация СПАВ, которая варьировала в диапазоне от менее предела обнаружения в 11 пробах (DL=10 мкг/дм^3) до 56,4 мкг/дм^3 (0,6 ПДК), в среднем 9,4 мкг/дм^3. В одной из четырех отобранных у Фороса в июле проб были отмечены нефтяные углеводороды (0,04 мкг/дм^3, 0,8 ПДК).

В апреле и августе выполнялось определение содержания **тяжелых металлов**. Концентрация меди изменялась от 0 до 36,5 нг/дм^{3,} в среднем 13,0 нг/дм^3, свинца — 0,7–21,0/10,8 нг/дм^3, марганца — 0,3–21,6 нг/дм^3, хрома — 0,3–4,0 нг/дм^3. В апреле в поверхностных водах Коктебельской бухты была зафиксирована концентрация марганца 21,6 нг/дм^3, в августе в районе Гурзуфа в поверхностных водах содержание хрома достигало 41,0 нг/дм^3.

3.3.5. Порт Ялта

В 2019 г. исследования гидрохимического режима и загрязнения вод на акватории порта Ялта проводились лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта (ЛМЗОС г. Ялта, ФГБУ «Крымское УГМС») в одной точке с глубиной 6 м в течение всего года с января по декабрь каждую декаду. Всего было отобрано 72 пробы морской воды из поверхностного и придонного слоев. Диапазон и средние значения стандартных гидрохимических параметров вод района составили: температура 8,8–24,5 °C; соленость 7,355–18,790‰, в среднем 17,387‰; pH 8,08–8,74/8,44; щелочность 3,005–3,472/3,278 мг-экв/дм^3. Гидрологические параметры почти полностью соответствовали прошлогодним значениям. Изменения солёности на акватории морского порта зависит от стока реки Дерекойка, которая выносит в море повышенные объемы воды зимой и весной. Минимальное значение было отмечено

16 апреля, а остальные пониженные значения между 12 и 15‰ в январе-апреле. Среднегодовое значение солености во всем столбе воды 17,852‰, что существенно выше прошлогодней величины (16,691‰). Резкое понижение температуры морской воды на семь градусов в поверхностном и придонном слоях до 17,5 °С из-за сгонно-нагонных явлений было зафиксировано только в начале июля.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах акватории п. Ялта, в первом полугодии только в четырех пробах отмечено на нижнем пределе количественного определения (0,01 мг/дм^3), а в июле-ноябре достигало 0,19 мг/дм^3 (3,8 ПДК) у поверхности и 0,13 мг/л (2,6 ПДК) у дна 3 октября. Во второй половине года нефтяное загрязнение вод порта, достигавшее или превышавшее ПДК, зафиксировано в 31% отобранных проб. Средняя за год величина составила 0,015 мг/дм^3, что в три раза больше прошлогоднего значения (рис. 3.7). Концентрация СПАВ превышала предел обнаружения в шести пробах из 24 и достигала 12 мкг/дм^3 в середине декабря в придонном слое, в среднем 1,8 мкг/дм^3. Фенолы в водах порта не обнаружены.

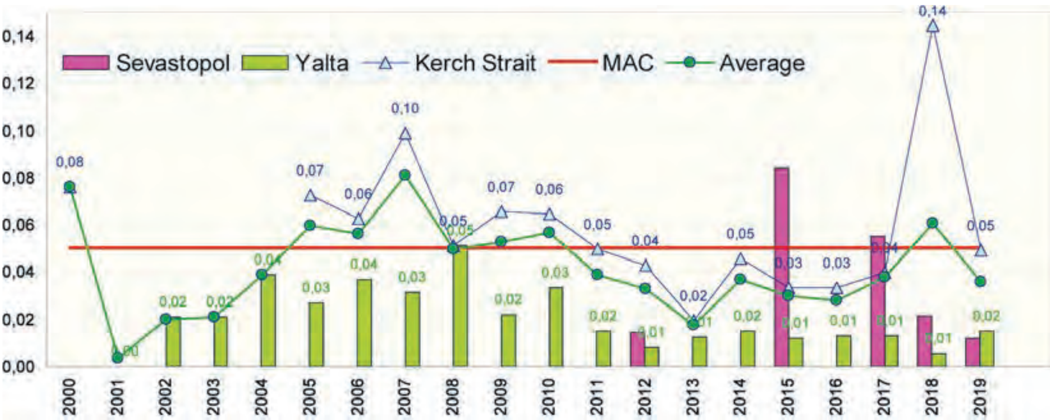


Рис. 3.7. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Крыма.

В водах акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, было обнаружено присутствие хлорорганических пестицидов **(ХОП:** α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ, ДДД, ДДЭ и гептахлор). Все 24 обработанные пробы содержали ГПХ в концентрации от 0,51 до 12,92 нг/дм^3 (1,3 ПДК), в среднем 5,0 нг/дм^3. В трех пробах октября-декабря содержание ГПХ превышало норматив. Из пестицидов группы ДДТ наиболее определялся метаболит ДДД, концентрация которого в 71% отобранных проб превышала аналитический ноль и достигала 7,1 нг/дм^3 в поверхностных водах и 11,1 нг/дм^3 в придонных (1,1 ПДК). ДДТ найден в двух пробах (max 2,06 нг/дм^3), ДДЕ — в трех (max 2,85 нг/дм^3), α-ГХЦГ — в двух (max 0,65 нг/дм^3), γ-ГХЦГ — в четырех (max 1,33 нг/дм^3). Присутствие альдрина, а так же ПХБ не зафиксировано.

Содержание **азота** было значительно ниже ПДК. В целом поверхностные воды содержали его значительно больше, чем придонные. Концентрация общего азота в поверхностных водах акватории п. Ялта в феврале и декабре достигала 2210 и 2290 мкг/дм^3 соответственно, в остальное время не превышало 720 мкг/дм^3. Придонные воды акватории порта содержали не более 230 мкг/дм^3 азота, и только в феврале была зафиксирована концентрация 1000 мкг/дм^3. Многолетняя динамика минерального азота показывает существенные перепады в последние несколько лет, а в 2019 г. среднегодовое содержание (610 мкг/дм^3) значительно снизилось и вернулось

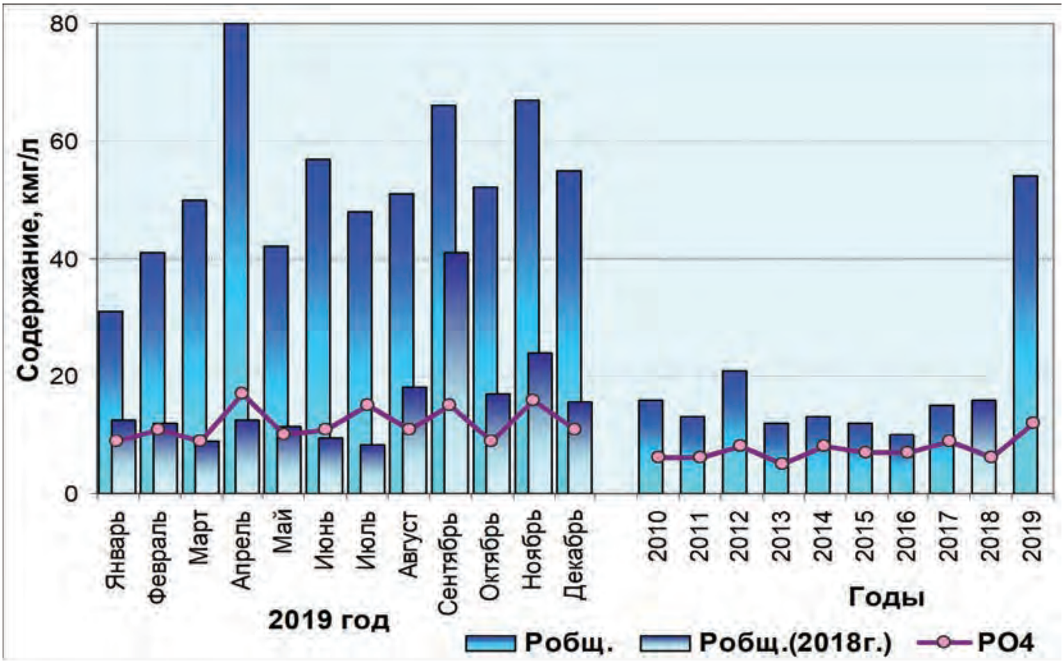


Рис. 3.8. *Сезонные (2019 г.) и межгодовые изменения содержания общего и минерального азота (мкг/дм³) в водах акватории порта Ялта.*

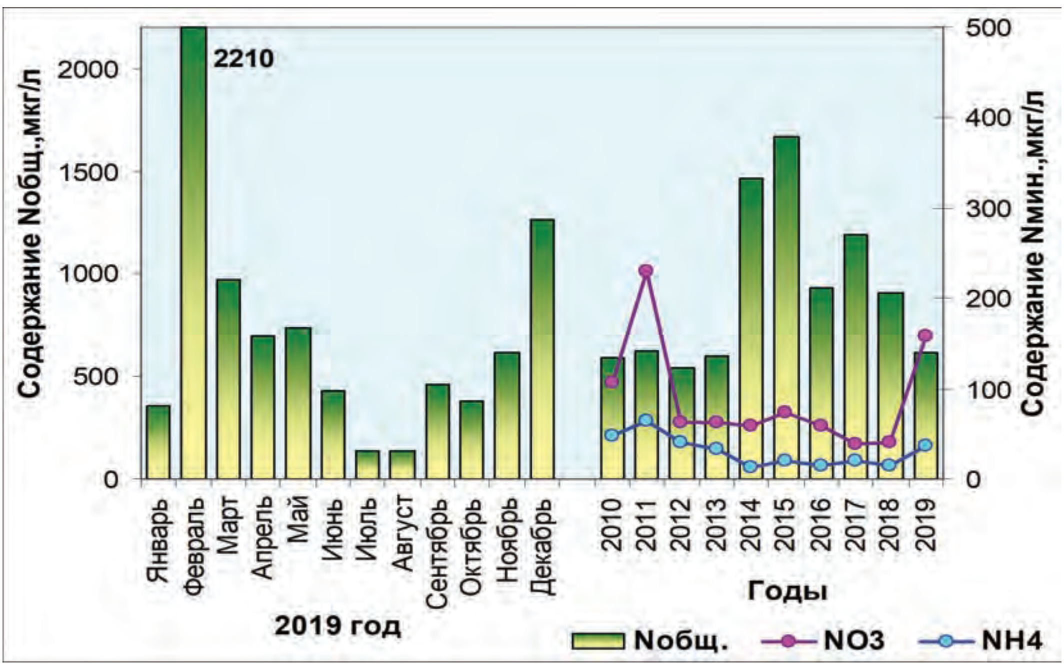


Рис. 3.9. *Сезонные (2019 и 2018 гг.) и межгодовые изменения содержания минерального и общего фосфора (мкг/дм³) в водах акватории порта Ялта.*

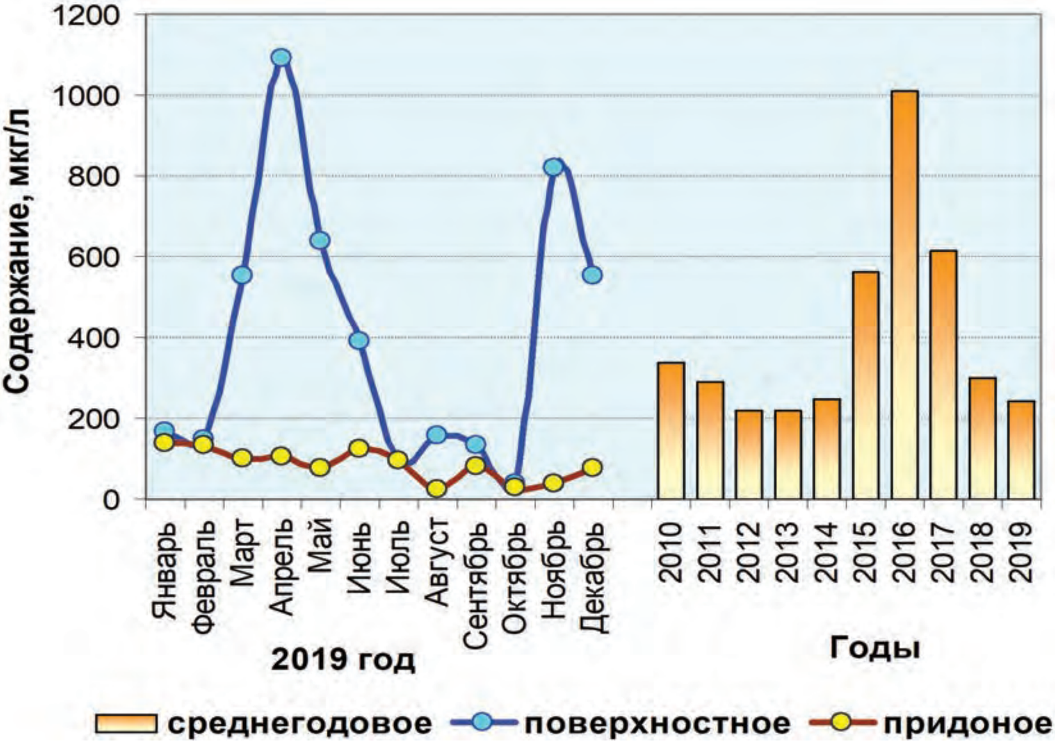


Рис. 3.10. *Сезонное (2019 г.) и межгодовое изменение содержания кремния (мкг/дм^3) в водах акватории порта Ялта.*

к уровню 2010–2013 гг. (рис. 3.8). Сезонные изменения среднемесячного содержания в слое поверхность-дно очевидно показывают значительное повышение в зимний период, а минимум в июле-августе. Концентрация нитритного, нитратного и аммонийного азота в водах акватории п. Ялта содержание неорганического азота изменялось в диапазоне: 1–15/3,8 мкг/дм^3 для нитритного, 8–52/24,4 мкг/дм^3 для аммонийного и 16–870/158 мкг/дм^3 для нитратного азота.

В 2019 г. среднее содержание **фосфора** в водах порта Ялты в слое поверхность-дно значительно возросло и составило 54 и 12 мкг/дм^3 для общего и минерального фосфора соответственно; а максимальные значения достигали 110 и 27 мкг/дм^3 (рис. 3.9)

В поверхностных водах акватории п. Ялта концентрация кремния изменялась от 38 до 1090 мкг/дм^3, в среднем 398 мкг/дм^3 и традиционно была значительно выше значений в придонном слое: 26–140/85 мкг/дм^3. Среднегодовое содержание (242 мкг/дм^3) продолжило тенденцию снижения последних лет (рис. 3.10).

Аэрация вод акватории п. Ялта по-прежнему была недостаточной. По абсолютным значениям содержание растворенного **кислорода** варьировало в пределах 5,44–10,34 мгO_2/дм^3 на поверхности и 6,72–9,47 мгO_2/дм^3 у дна. Единственное значение ниже норматива (соответствовало 71% насыщения) было зафиксировано в конце августа в очень теплом слое у поверхности при температуре 24,4 °С. Насыщение вод растворенным кислородом лишь в единичных случаях достигало или незначительно превышало 100% рубеж. По среднемесячным значениям дефицит растворенного кислорода составил 5–14% насыщения. Среднегодовое содержание растворенного кислорода (8,20 мгO_2/дм^3 или 90,3% насыщения) было минимальным за последние десять лет.

3.3.6. 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 прибрежья Крыма (табл. 3.4). В 2019 г. черноморские воды у берегов Крыма классифицировались как «чистые» (табл. 3.5).

Таблица 3.4. Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Севастопольская бухта	НУ	0,03	0,6	0,04	0,8	0,021	0,42
		0,07	**1,4**	0,06	**1,2**	0,10	**2,00**
	СПАВ	-		-		15,4	0,15
		-		-		44	0,44
	БПК$_5$	1,85	0,9	2,12	**1,0**	1,71	0,81
		3,66	**1,7**	4,26	**2,0**	3,33	**1,59**
	Аммонийный азот	18	<0,1	9	<0,1	59	0,03
		130	<0,1	298	0,1	103	0,05
	Нитритный азот	2	<0,1	2	<0,1	0,9	0,04
		4	0,2	24	1,0	16,6	0,69
	Растворенный кислород	8,69		9,13		9,08	
		6,61		7,30		5,68	**0,95**
Севастопольское взморье	НУ	0,05	1,0	0,03	0,6	0,006	0,12
		0,39	**7,8**	0,12	**2,4**	0,10	**2,00**
	СПАВ	-		-		15	0,15
		-		-		48	0,48
	Аммонийный азот	8	<0,1	24	<0,1	52	0,02
		35	<0,1	223	<0,1	272	0,12
	Нитритный азот	2	<0,1	2	<0,1	0,52	0,02
		4	0,2	68	**2,8**	12	0,50
	Растворенный кислород	9,74		9,32		9,14	
		8,49		8,12		6,64	
Акватория п. Ялта	НУ	0,01	0,2	0,01	0,2	0,015	0,30
		0,03	0,6	0,02	0,4	0,19	**3,80**
	СПАВ	11	0,1	9	<0,1	2	0,02
		43	0,4	42	0,4	12	0,12
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	3,25	0,3	0,91	<0,1	0,14	0,01
		12,88	**1,3**	5,82	0,6	1,33	0,13
	α-ГХЦГ	0		0		0,06	<0,01
		0,4	<0,1	0		0,65	0,07
	ДДТ	0		0,06	<0,1	0,11	0,01
		0		0,94	<0,1	2,06	0,21
	ДДЭ	0		0		0,18	0,02
		0		0		2,85	0,29
	ДДД	0,04	<0,1	0,07	<0,1	1,92	0,19
		0,81	<0,1	1,00	0,1	11,06	**1,11**
	Альдрин	0,07	<0,1	0,15	<0,1	0	
		0,99	<0,1	3,16	0,3	0	
	Гептахлор	0,44	<0,1	0,88	<0,1	4,96	0,50
		2,57	0,3	3,84	0,4	12,92	**1,29**
	ПХБ	0		0		0	
		0		0		0	
	Аммонийный азот	20	<0,1	15	<0,1	24	0,01
		32	<0,1	27	<0,1	104	0,05
	Нитритный азот	3	0,1	2	<0,1	4	0,17
		14	0,6	6	0,2	15	0,63
	Растворенный кислород	8,88		8,33		8,20	
		6,19		5,60	**0,93**	5,44	**0,91**

Таблица 3.5. Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2017–2019 гг. по индексу загрязненности вод ИЗВ.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Севастопольская бухта	0,51	II	0,31	II	0,51	II	НУ 0,42; СПАВ 0,15; $БПК_5$ 0,81; O_2 0,66
Севастопольское взморье	0,39	II	0,48	II	0,45	II	НУ 0,12; СПАВ 0,15; $БПК_5$ 0,85; O_2 0,66
Акватория п. Ялта	0,37	II	0,26	II	0,51	II	НУ 0,30; ГПХ 0,50; Р-PO_4 0,49; O_2 0,73

3.4. Загрязнение прибрежных вод Кавказа

В рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГСН) мониторинг водной среды на прибрежных участках шельфа в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе осуществлялся Устьевой ГМС Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк) (рис. 3.11). Всего в период с января по октябрь было выполнено 5 съемок и отобрано 104 пробы. Дополнительно на станции штормовой информации №2 в порту Туапсе было отобрано 36 проб каждые десять дней в течение всего года. Пробы воды отбирались из приповерхностного слоя на прибрежных станциях с использованием маломерного НИС «Росгидромет-17» (проект NS18 RGM, длина 18 м, грузоподъемность 3,5 т). В состав наблюдений входило определение стандартных гидролого-гидрохимических параметров (температура, соленость S‰, хлорность, водородный показатель pH, растворенный кислород O_2 методом Винклера, щелоч-

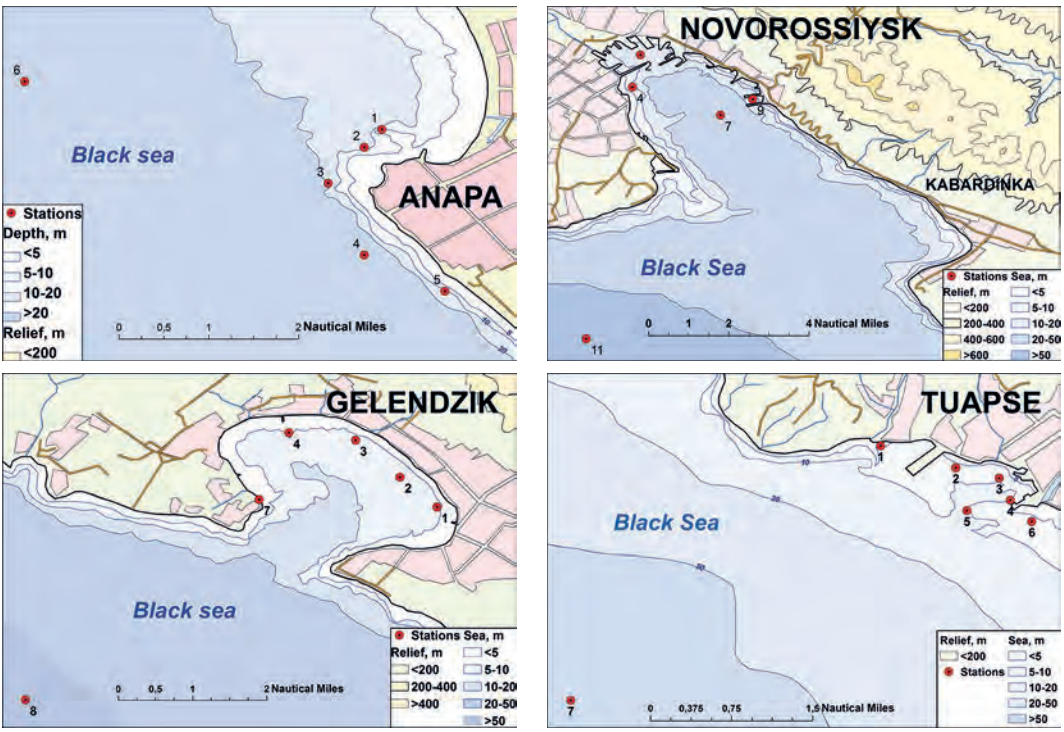


Рис. 3.11. *Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2019 г. (У Кубанская).*

ность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO_4, аммонийного азота, нитритов NO_2 и силикатов SiO_3) и загрязняющих веществ — НУ, СПАВ, пестицидов и растворенной в воде ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производилась четырёххлористым углеродом. Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом на приборе КН-2 (концентратомер). Определение концентрации ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

Анапа. В 2019 г. в районе г. Анапа исследования проводилась на 6 станциях с глубинами 6–30 м. Всего в период с января по октябрь было отобрано и проанализировано из поверхностного слоя 26 проб воды. В период наблюдений соленость изменялась от 16,33 до 18,68‰. И максимальная, и минимальная соленость была отмечена в мае. Средняя за год величина была несколько ниже прошлогодней и составила 17,37‰ (17,90‰ — в 2018 г.); хлорность изменялась в пределах 9,04–10,34‰. Температура воды варьировала от 9,8 °С в январе до 28,3 °С в середине июля. Значение водородного показателя pH изменялось в диапазоне 8,30–9,01, общей щелочности — 3,098–3,470 мг-экв/дм^3. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний (табл. 3.6).

Таблица 3.6. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2019 г.

Район	S,‰	Alk, мг-экв/дм^3	O_2^*, мг/дм^3	pH	PO_4, мкг/дм^3	SiO_3, мкг/дм^3	NH_4, мкг/дм^3	NO_2, мкг/дм^3
Анапа	17,370/ 18,680	3,297/ 3,470	9,01/ 7,89	8,43/ 8,30	3,8/ 16,6	160/ 420	103,5/ 150,0	2,54/ 5,00
Новороссийск	17,362/ 18,570	3,290/ 3,485	8,95/ 7,66	8,47/ 9,04	8,0/ 76,6	144/ 400	110,8/ 150,0	3,25/ 8,00
Геленджик	17,423/ 18,280	3,269/ 3,438	8,79/ 7,43	8,42/ 8,99	3,9/ 28,5	154/ 470	118,4/ 140,0	3,39/ 8,00
Туапсе	17,403/ 18,320	3,224/ 3,643	8,68/ 6,40	8,33/ 9,02	9,6/ 43,7	160/ 530	86,7/ 217,7	4,35/ 18,00
O_2^* — средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.								

В течение года содержание минерального **фосфора** варьировало от аналитического нуля до 76,64 мкг/дм^3. Для прибрежной акватории г. Анапы среднегодовая концентрация неорганического фосфора уменьшилась в 2,6 раза по сравнению с прошлым годом. Для других районов северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация фосфатов тоже оказалась несколько ниже прошлогодней (рис. 3.12). В районе Туапсе концентрация Р-PO_4 уменьшилась

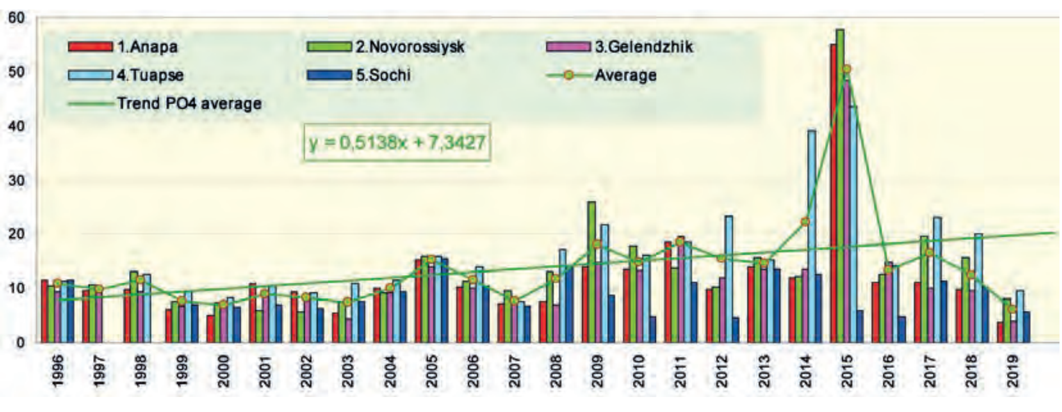


Рис. 3.12. *Средняя концентрация неорганического фосфора Р-PO_4 (фосфаты, мкг/дм^3) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2019 гг.*

с 20,13 до 9,58 мкг/дм^3, для Новороссийска — с 15,78 до 7,97 мкг/дм^3, с 9,70 до 3,85 мкг/дм^3 в районе Геленджика. Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию повышения среднего содержания фосфатов в прибрежных водах. До некоторой степени это обусловлено значительным (в 3–4 раза) скачком значений у Анапы, Новороссийска и Геленджика в 2015 г. Спад в следующем году продолжился увеличением среднегодовой и максимальной концентрации в 2017–2018 гг., что соответствует многолетней тенденции накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья.

Максимальная концентрация фосфатов в районе г. Анапы оказалась ниже прошлогодней и составила 16,6 мкг/дм^3, что ниже величины ПДК (рис. 3.13). Также ниже уровня ПДК оказалась величина максимальной концентрации фосфатов в прибрежной акватории Геленджика и Туапсе — 28,5 и 43,7 мкг/дм^3 соответственно. По сравнению с 2018 г. существенно, почти в два с половиной раза, снизилась максимальная концентрация минерального фосфора в прибрежных районах у Новороссийска — с 187,1 до 76,6 мкг/дм^3. В районе Туапсе максимальное содержание фосфатов уменьшилось с 90,7 до 43,7 мкг/дм^3. Однако многолетняя динамика демонстрирует экспоненциальный рост максимального содержания минерального фосфора на Кавказском побережье Черного моря за последние десять лет.

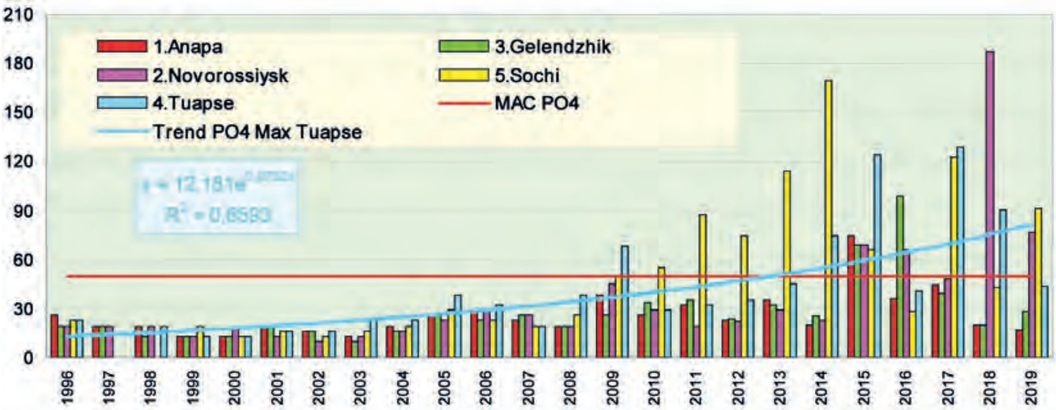


Рис. 3.13. *Максимальная концентрация неорганического фосфора P-PO_4 (фосфаты, мкг/дм^3) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2019 гг.*

Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация кремния изменялась от 8,5 мкг/дм^3 в январе до 420,0 мкг/дм^3 в марте. Содержание аммонийного азота в течение года не превышало ПДК (ПДК=2256 мкг/дм^3) и варьировало от аналитического нуля до 150,0 мкг/дм^3. Величина содержания нитритного азота изменялась от аналитического нуля до 5,00 мкг/дм^3 и в среднем составляла 2,54 мкг/дм^3.

На исследуемой акватории вблизи г. Анапа **нефтяные углеводороды** были обнаружены в 26 пробах из 29 (DL=0,02 мг/дм^3). Их концентрация превышала ПДК в четырех пробах и достигала 2,0 ПДК. Среднегодовая величина увеличилась почти в пять раз по сравнению с предыдущим годом за счет вклада всех районов контроля и составила 0,038 мг/дм^3 (рис. 3.14). Многолетняя динамика среднемноголетних значений содержания НУ в водах прибрежья Кавказа, за исключением района Адлер-Сочи, демонстрирует стабильный линейный тренд на понижение. Однако межгодовая вариабельность очень высокая и показывает волнообразный характер изменений практически во всех районах контроля. Концентрация детергентов превышала предел обнаружения в двух пробах, отобранных в конце апреля (10 и 14 мкг/дм^3).

В четырех проанализированных пробах содержание ртути было ниже предела обнаружения (DL=1 нг/дм^3). Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм^3) во всех пробах.

Кислородный режим в целом был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода не был обнаружен ни в одной пробе. Концентрация кислорода в среднем составила 9,01 мгO_2/дм^3, диапазон 7,89–10,13 мгO_2/дм^3. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 70,1–126,0% насыщения, в среднем было выше предыдущего года и практически равнялось значению 2016 г.(107,42% — 2016, 102,09% — 2017, 85,63% — 2018, 107,19% — 2019 г.). Индекс загрязненности вод ИЗВ (0,40, II класс, «чистые») увеличился по сравнению с прошлым годом в 1,4 раза (табл. 3.7). В расчет индекса вошла средняя концентрация нефтяных углеводородов, фосфатов, нитритного азота и кислорода. Как и в предыдущие годы воды района оцениваются как «чистые».

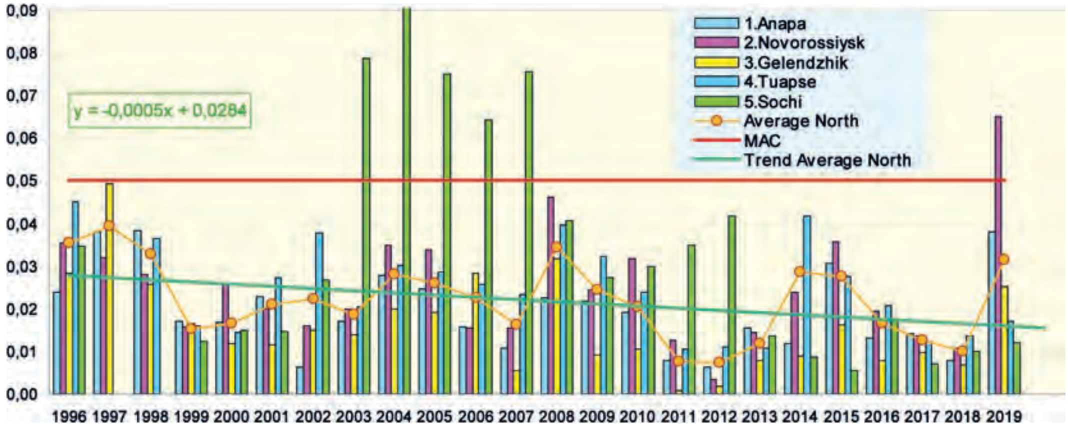


Рис. 3.14. *Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в прибрежных водах Кавказа в 1996–2019 гг. Сокращения: Average North — средняя величина в северной части Кавказского прибрежья; MAC — предельно допустимая концентрация; Trend Average North — тренд концентрации НУ в северной части прибрежья.*

Новороссийск. В 2019 г. на 4 станциях в Цемесской бухте с глубинами от 7 до13 м и одной в открытом море на изобате 57 м в течение года было отобрано 24 пробы воды из поверхностного слоя. Температура варьировала 10,1–27,8 °C и в среднем составила 19,20 °C, что на 1,9 °C выше прошлого года. Соленость изменялась в диапазоне 16,15–18,57‰, среднегодовая величина составила 17,36‰, что на 0,27‰ меньше прошлого года. Наименьшая соленость была отмечена 14 июля, наибольшая — 20 мая. Водородный показатель pH варьировал в пределах 8,25–9,04 и в среднем составил 8,47 ед.pH. Значения общей щелочности (3,161–3,485 мг-экв/дм^3) были в пределах обычной сезонной и межгодовой изменчивости. Концентрация минерального фосфора варьировала от аналитического нуля до 76,64 мкг/дм^3 и в среднем составила 7,97 мкг/дм^3, что в 2 раза ниже прошлогоднего значения (табл. 3.6).

Содержание аммонийного **азота** изменялось в пределах от аналитического нуля до 150 мкг/дм^3. По сравнению с прошлым годом средняя величина увеличилась белее, чем в два раза — с 49,42 мкг/дм^3 до 110,78 мкг/дм^3 в 2019 г., а максимальная величина напротив уменьшилась с 457,30 мкг/дм^3 до 150 мкг/дм^3 (рис. 3.15). В отличие от 2017–2018 гг. среднее содержание аммония в водах Цемесской бухты, Геленджикской бухты и в районе Туапсе было выше, чем в районе Адлера и Сочи.

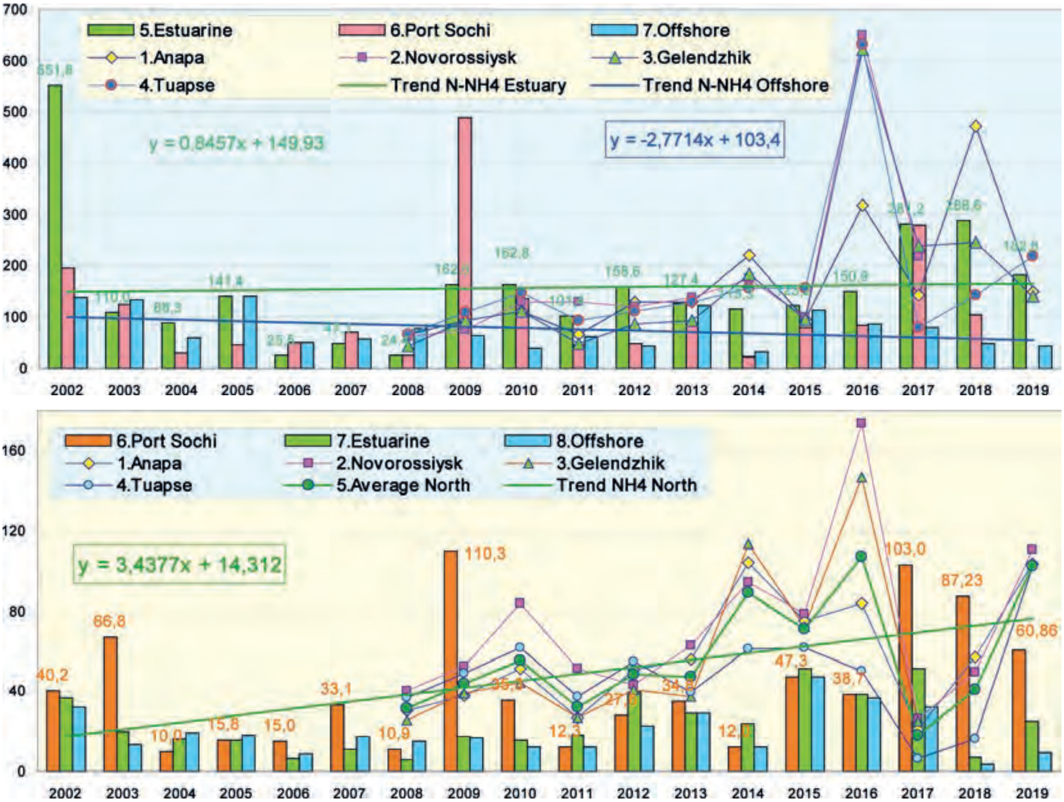


Рис. 3.15. *Средняя (внизу) и максимальная (вверху) концентрация аммонийного азота N-NH_4 (мкг/дм^3) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2019 гг.*

Концентрация нитритов варьировала в диапазоне от аналитического нуля (DL = 0,5 мкг/дм^3, 13 проб) до 8,0 мкг/дм^3; в среднем 3,25 мкг/дм^3, что в 4,6 раза больше прошлогоднего среднего значения. В течение последних двух десятилетий среднее содержание нитритов постепенно снижалось на всех контролируемых участках Кавказского побережья (рис. 3.16). И хотя в 2019 г. среднегодовая величина нитритного азота была выше прошлогодней, общая тенденция осталась прежней. Максимальные значения в северной части прибрежья снижались в последние десятилетия даже быстрее, чем средняя концентрация, хотя и наблюдается значительная межгодовая изменчивость. На юге в районе Сочи-Адлер максимальное содержание нитритов, наоборот, очень резко возросло за период с 2014 по 2016 гг. до абсолютного максимума 40,6 мкг/дм^3 (1,7 ПДК), который был зафиксирован 14 августа 2016 г. в устье реки Сочи на поверхности. В 2017–2018 гг. максимальная концентрация в районе Сочи снизилась до 12,1 и 6,18 мкг/дм^3 соответственно, но тем не менее осталась выше, чем в других районах Кавказского побережья. В 2019 г. максимальная величина нитритов в районе Большого Сочи оказалась ниже, чем в других районах северо-кавказского побережья. Диапазон значений силикатов в Цемесской бухте составил 8,5–400,0 мкг/дм^3, максимум отмечен весной 27 марта в точке, удаленной на пять миль от берега. Средняя за год концентрация кремния резко выросла по сравнению с прошлым годом с 13,1 до 144,2 мкг/дм^3 и почти достигла уровня 2017 г. (173,7 мкг/дм^3).

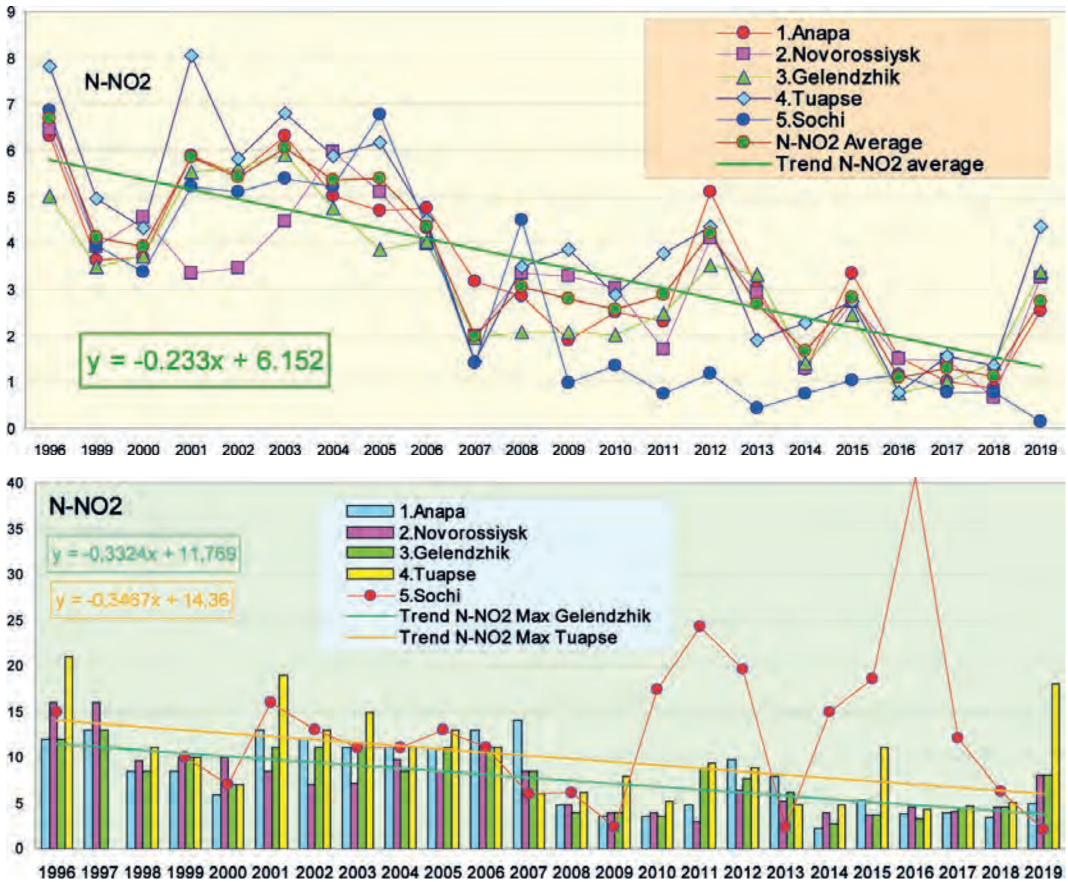


Рис. 3.16. *Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота N-NO$_2$ (мкг/дм^3) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2019 гг.*

На протяжении четырех лет с 2015 г. в водах Цемесской бухты наблюдалась тенденция уменьшения содержания **нефтяных углеводородов**. Однако в 2019 г. среднегодовая концентрация увеличилась в 5,9 раз и составила 0,065 мг/дм^3 (0,011 мг/дм^3–2018 г.). Максимальная составила 0,424 мг/дм^3, что в 19,3 раза больше прошлогодней (0,022 мг/дм^3). Концентрация СПАВ выше предела обнаружения (DL=10 мкг/дм^3) было зафиксировано в двух пробах из 24 проанализированных. Среднее содержание детергентов в Цемесской бухте составило 2,7 мкг/дм^3, максимальное 12,0 мкг/дм^3. Концентрация растворенной ртути в трех проанализированных пробах была ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм^3). Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм^3) во всех пробах. Кислородный режим вод района во все сезоны был в пределах нормы, диапазон концентрации растворенного в воде кислорода составил 7,66–10,06 мгО$_2$/дм^3, в среднем 8,95 мгО$_2$/дм^3. Индекс ИЗВ (0,57, II класс, «чистые») увеличился по сравнению с прошлым годом в 1,6 раза (табл. 3.7). В расчет индекса вошла средняя концентрация нефтяных углеводородов, фосфатов, нитритного азота и кислорода.

Геленджик. В Геленджикской бухте на 5 станциях с глубинами 3–6 м и одной с глубиной 60 м (ст. №8) в течение всего года было отобрано 26 проб воды из приповерхностного слоя. Минимальная соленость (16,73‰) была отмечена 4 сентября на ст. №7, расположенной внутри бухты, а максимальная — 23 января на ст. №1, также расположенной внутри бухты (18,28‰). Значения pH изменялись в диапазоне 8,30–8,99 ед. pH. Наименьшая величина pH была зафиксирована 14 июля на мористой станции, а наибольшая — 23 января на станции внутри Геленджикской бухты. Величина общей щелочности варьировала от 3,133 до 3,438 мг-экв/дм^3,наименьшая величина былазафиксирована 20 мая, наибольшая — 23 января. Максимальная концентрация нитритов, аммонийного азота и минерального фосфора была значительно ниже ПДК (табл. 3.6). Концентрация силикатов изменялась от 8,5 до 470,0 мкг/дм^3. Содержание фосфатов варьировало от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм^3) в семи пробах до 28,45 мкг/дм^3, в среднем — 3,85 мкг/дм^3. Содержание аммонийного азота варьировало от 93,0 до 140,0 мкг/дм^3, среднее содержание за год –118,4 мкг/дм^3, что в 2,6 раз больше 2018 г. Концентрация нитритов была в диапазоне 0 (2 пробы) — 8,00 мкг/дм^3, среднее — 3,39 мкг/дм^3. Максимальное значение было зафиксировано 20 мая на ст. №1.

В 22 отобранных пробах содержание **НУ** изменялось от аналитического нуля до 0,145 мг/дм^3. В восьми пробах содержание НУ было ниже предела обнаружения, а максимальная величина была зафиксирована 23 января на ст. №1. Среднее содержание НУ за год составило 0,025 мг/дм^3, что в 3,6 раза больше прошлогоднего значения (рис. 3.12). Хотя в среднем за весь период наблюдений средняя концентрация НУ показывает незначительный тренд снижения уровня нефтяного загрязнения вод, однако значения практически во всех районах существенно изменялись от года к году. В целом на акватории всего Кавказского прибрежья наблюдается значительная вариабельность среднегодовых величин и существенный уровень различия между районами контроля. Среднегодовая величина превышала ПДК только в районе Большого Сочи в середине первой декады столетия, а в остальных районах контроля обычно была в пределах 0,4–0,7 ПДК. Максимальная среднегодовая величина за весь период наблюдения поднималась существенно выше ПДК преимущественно в районе прибрежных вод Туапсе

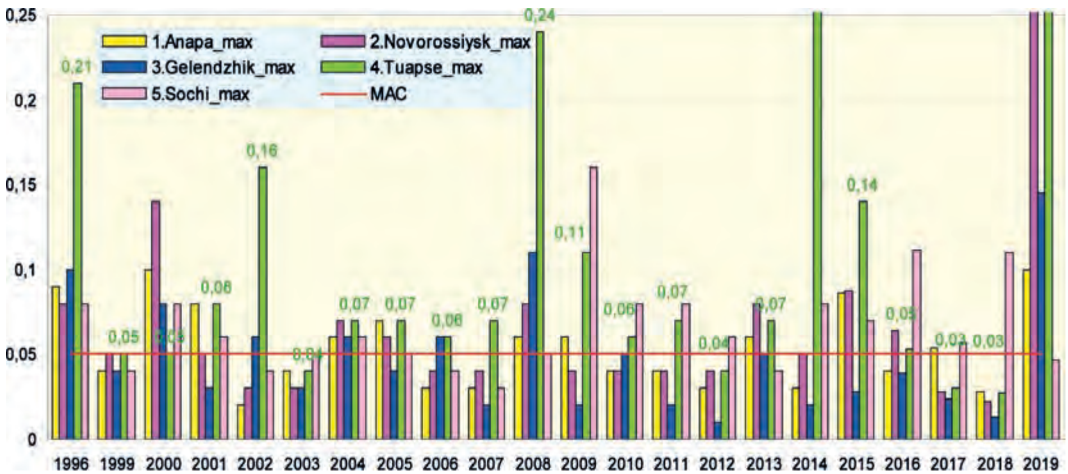


Рис. 3.17. *Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2019 гг. МАС — предельно допустимая концентрация.*

и Сочи (до 8,2 ПДК в 2014 г. в Туапсе и до 7,4 ПДК в 2007 г. в Сочи), (рис. 3.17). С 2014 г. можно отметить снижение средней и максимальной величины НУ на акватории Кавказского побережья в большей степени за счет вклада прибрежных вод Туапсе. В этот период среднегодовая концентрация в акватории Туапсе уменьшилась в три раза, а максимальная — в 15,2 раза.

Концентрация СПАВ в 18 пробах из 22 была ниже предела обнаружения (DL=0,10 мкг/дм^3). Максимальная концентрация СПАВ (13 мкг/дм^3)наблюдалась 27 марта в глубине бухты у набережной. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ (линдан), ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм^3) во всех пробах. Концентрация растворенной ртути в одной пробе из трех проанализированных была ниже предела обнаружения (DL=0,010 мкг/дм^3). В остальных она составила 0,014 и 0,012 мкг/дм^3. Содержание растворенного в воде кислорода изменялось в пределах 7,43–10,19 мгO_2/дм^3, средняя — 8,79 мгO_2/дм^3. Процентное содержание растворенного кислорода изменялось от 90,0% до 126,0%. Относительно низкое значение индекса ИЗВ (0,35) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации ртути, нитритов, нефтяных углеводородов и средней концентрации растворенного в воде кислорода.

Туапсе. Кроме четырех стандартных гидрохимических съемок в марте, мае, июле и сентябре на четырех прибрежных станциях с глубинами 5–12 м (20 проб) и одной удаленной от берега станции с глубиной 70 м, наблюдения также проводились ежедекадно на штормовой ст.№2 с глубиной 6 м у основания волнолома (40 проб). Все пробы отобраны из поверхностного слоя вод. Температура воды за время наблюдений изменялась в интервале 7,8–29,0 °С. Минимальная температура была зафиксирована 5 марта на ст.№2, максимальная — на мористой станции №7. Соленость изменялась от 15,75 до 18,32‰ с максимумом 14 июля ст.№1 и минимумом того же числа на ст.№6. Значения pH и общей щелочности в водах вблизи Туапсе были в пределах обычных межгодовых и сезонных изменений и находились в узком диапазоне 7,84–9,02 ед.pH и 2,501–3,643 мг-экв/дм^3.

Содержание всех анализируемых форм биогенных элементов в исследуемом прибрежном районе было в диапазоне естественной изменчивости (табл. 3.6). Концентрация **фосфатов** варьировала от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм^3) в семи пробах до 43,7 мкг/дм^3, в среднем 9,6 мкг/дм^3. Концентрация кремния была в пределах от 16,4 до 530,0 мкг/дм^3 в марте. На протяжении всего периода исследований наблюдалась тенденция уменьшения среднего содержания кремния на акватории Кавказского побережья (рис. 3.18a). В 2010 г. и в 2017 г. было отмечено довольно сильное увеличение средней концентрации кремния в районе Сочи, что может быть вызвано особенностями материкового стока и появлением экстремальных значений концентрации — 11264 и 9540 мкг/дм^3 соответственно. Многолетняя динамика максимальных значений концентраций в северной части Кавказского прибрежья также демонстрирует существенное снижение значений, за исключением вод акватории Большого Сочи (рис. 3.18b). Содержание аммонийного азота в течение года варьировало от аналитического нуля до 217,7 мкг/дм^3. Величина содержания нитритного азота изменялась от аналитического нуля до 18,0 мкг/дм^3 и в среднем составляла 4,4 мкг/дм^3.

Содержание **нефтяных углеводородов** в поверхностном слое вод района изменялось от аналитического нуля до 0,424 мг/дм^3 (8,5 ПДК). Средняя за год величина составила 0,017 мг/дм^3, что почти совпадает с прошлогодним значением (0,014 мг/дм^3). Содержание СПАВ было выше предела обнаружения (DL=10 мкг/дм^3) в трех пробах из 60 и составило 11, 11 и 15 мкг/дм^3. В 4 пробах из 9 проанализированных содержание ртути было ниже предела обнаружения (DL=0,01 мкг/дм^3). Среднее содержание растворенной ртути составило 0,007 мкг/дм^3 (0,06 ПДК), максимум составил 0,02 мкг/дм^3, что совпадает с результатами

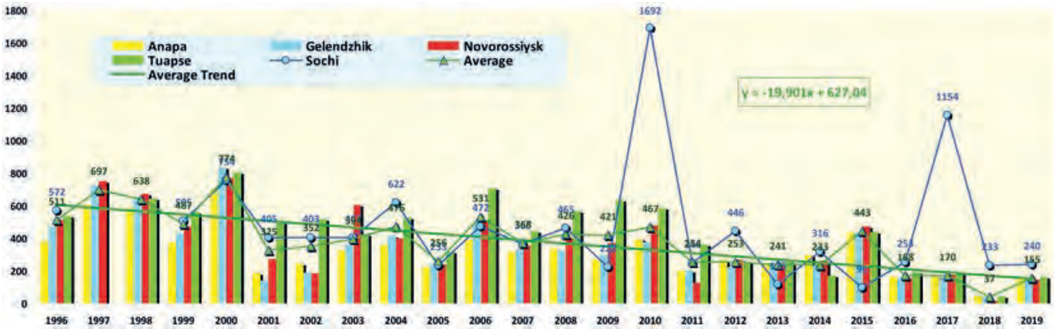


Рис. 3.18a. *Средняя концентрация кремния (мкг/дм^3) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2019 гг.*

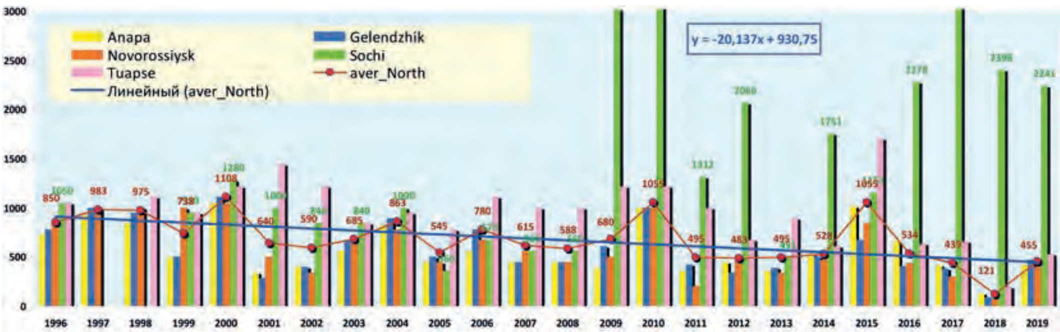


Рис. 3.18b. *Максимальная концентрация кремния (мкг/дм^3) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2019 гг. Экстремальные значения 2010 и 2017 гг. в районе Адлер-Сочи — 11264 и 9540 мкг/дм^3 соответственно, вынесены за рамки рисунка.*

прошлого года. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм^3) во всех пробах. Кислородный режим поверхностного слоя вод в районе Туапсе во все месяцы года был в пределах нормы. Минимальное значение растворенного кислорода (6,40 мгO_2/дм^3) ниже прошлогоднего (7,14 мгO_2/дм^3) и было зафиксировано 4 сентября при температуре воды 26,0 °C и соответствовало 87,00% насыщения. Среднее значение было незначительно выше прошлогоднего и составило 8,68 мгO_2/дм^3 (8,46 мгO_2/дм^3 — в 2018 г.). Индекс ИЗВ (0,35) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, нитритов, фосфатов и кислорода.

Район Сочи-Адлер. В 2019 г. Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗС) специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ, г. Сочи) в прибрежной зоне Сочи — Адлер были проведены 4 гидрохимические съемки в марте, мае, августе и октябре. Наблюдения проводились с борта арендованного малого судна по 23 показателям (гидрология и стандартная гидрохимия 11, биогенные элементы 7, ТМ 3, НУ, СПАВ) на 8 станциях, расположенных на участке от устья реки Сочи до устья реки Мзымта (рис. 3.19). В районе г. Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I), вторая в устье реки Сочи и загрязняется ее

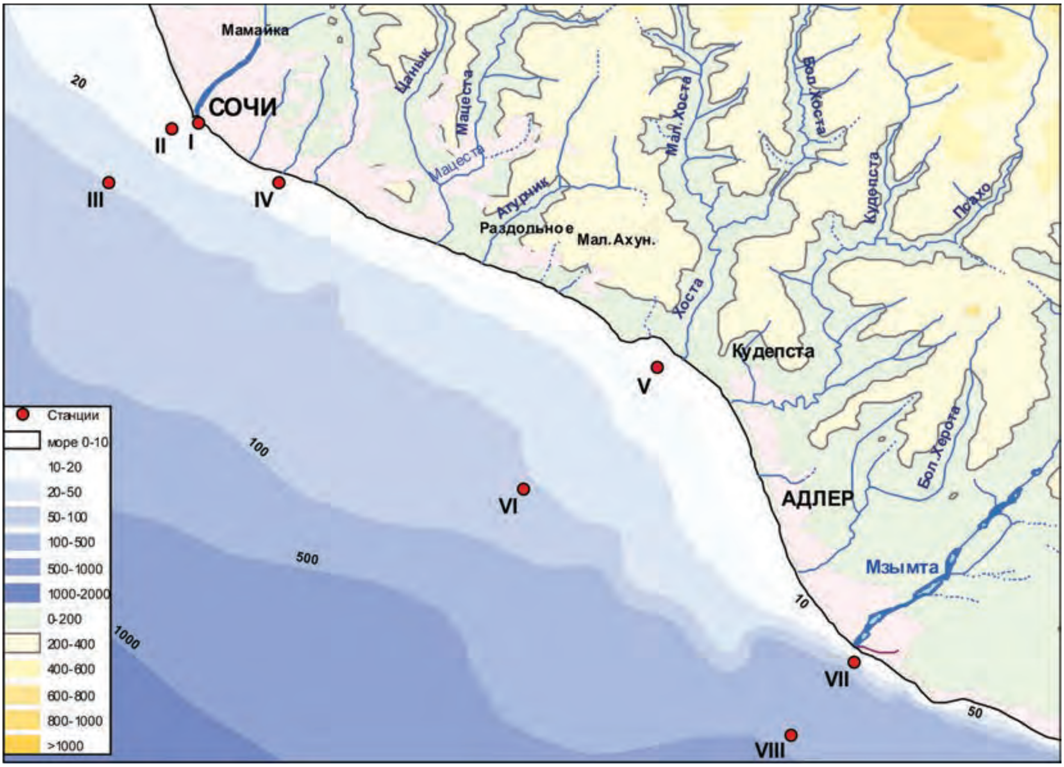


Рис. 3.19. *Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи — Адлер в 2019 г. Станция VIII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.*

стоком (II), третья расположена на траверзе реки, но удалена от берега на 2 морские мили и поэтому может считаться условно чистой зоной (III). Южнее две прибрежные станции в устье ручья Малый (IV) и устье реки Хоста (V) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р. Хоста (VI). В районе Адлера одна станция (VII) также расположена на мелководье (глубина 6 м) немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 370 м).

Пробы воды отбирались батометрами на мелководных станциях из поверхностного и придонного слоев, на глубоких станциях — со стандартных гидрологических горизонтов 0, 10, 25 и 50 м. Максимальная глубина отбора проб составила 70 м. В комплекс гидрохимических наблюдений вошло определение следующих параметров: температура, соленость, хлорность, щелочность, pH, окислительно-восстановительный потенциал морской воды, электропроводность, концентрация взвешенных веществ, растворенного в воде кислорода, аммонийного, нитритного, нитратного и общего азота, фосфатов и общего фосфора, силикатов. На борту судна производилась экстракция нефтяных углеводородов четырёххлористым углеродом и СПАВ хлороформом, консервация проб на определение металлов — свинца, ртути, железа. Последующий химический анализ отобранных проб проводился в стационарной лаборатории ЛМЗС СЦГМС ЧАМ. Всего в 2019 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера — 24 пробы, у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 816 анализов.

Температура воды в исследуемом прибрежном районе изменялась в пределах от 9,6 °С на горизонте 45,0 м на траверзе устья реки Сочи 25 апреля до 25,6 °С на мористой станции на траверзе устья реки Мзымты 17 августа на поверхности. Средняя температура по району за исследуемый период года составила 16,18 °С. Среднее значение солености на 0,895‰ было выше прошлогоднего и составило 18,544‰; минимальное значение (12,353‰) было зафиксировано зимой 21 января в устье реки Сочи; соленость ниже 13‰ в других районах зафиксирована не была. Максимальная соленость (19,917‰) была отмечена на глубине 50 м на траверзе Мзымты 25 апреля; еще в 84 пробах она была выше 17‰ (табл. 3.8). Диапазон значений pH (7,28–8,35 ед.pH) был шире прошлогоднего (8,00–8,43 ед.pH), а среднее (8,16 ед.pH) было ниже прошлогоднего 8,27 ед.pH. Значения щелочности изменялись в пределах 2,905–3,275 мг-экв/дм^3, средняя величина составила 2,905 мг-экв/дм^3. Диапазон значений электропроводности — 19,50–30,10 мСм/см. Содержание взвешенных веществ в водах района изменялось в течение года в пределах 0,0–7,9 мг/дм^3 (в 2018 г. — 0,1–70,1 мг/дм^3; 2017–0,0–22,9 мг/дм^3; 2016–0,4–21,4; 2015–0,1–15,8; 2014–0–5,9; 2013–0,1–7,7; 2012–0,14–14,3; 2011–0,5–37,9 мг/дм^3), наибольшее значение (0,79 ПДК) было отмечено 29 января в устье Хосты у дна; средняя концентрация ВВ — 1,75 мг/дм^3 ниже прошлогоднего уровня — 2,9 мг/дм^3.

Таблица 3.8. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2019 г.

Район	S,‰	Alk	O_2^*	pH	P_{total}	PO_4	SiO_3	NH_4	NO_2	NO_3	N_{total}
порт Сочи	18,101/ 18,639	2,942/ 3,275	7,27/ 5,00	8,17/ 8,32	45,1/ 117,9	24,2/ 90,9	184/ 368	60,9/ 213,9	0,6/ 2,1	7,1/ 13,8	347/ 1362
Эстуарии рек	18,099/ 19,626	2,879/ 3,083	7,709/ 5,80	8,20/ 8,35	34,1/ 285,2	0,7/ 14,8	326/ 2241	24,9/ 182,8	0,1/ 1,1	12,0/ 166,6	186/ 1353
Открытые воды	18,915/ 19,917	2,915/ 3,083	7,75/ 5,40	8,13/ 8,32	41,1/ 190,8	5,9/ 76,9	144/ 429	9,2/ 42,3	0,0/ 0,36	3,9/ 25,4	162/ 788
Суммарно район	18,544/ 19,917	2,905/ 3,275	7,69/ 5,00	8,16/ 8,35	38,1/ 285,217	5,6/ 90,9	240/ 2241	23,5/ 213,8	0,14/ 2,06	8,3/ 166,6	197/ 1362

Alk — мг-экв/дм^3; O_2 — мгO_2/дм^3; биогенные элементы — мкг/дм^3. O_2^* — средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.

Концентрация аммонийного **азота** в водах района Адлер-Сочи изменялась в пределах 0,0–213,8 мкг/дм^3 (0,09 ПДК), три значения, превышающие 100 мкг/дм^3 (0,26 ПДК) были отмечены в эстуарных районах и в акватории порта Сочи в весенне-летний период (табл. 3.8). Содержание аммонийного азота, равное аналитическому нулю, было зафиксировано в 16 пробах из 63 обработанных. Средняя по всем станциям составила 23,48 мкг/дм^3, что в 1,5 раза больше прошлогодней (15,7 мкг/дм^3), и в 2,1 раза меньше позапрошлогодней (50,3 мкг/дм^3). Средняя концентрация аммония в поверхностном и придонном слоях отличалась незначительно — 25,0 и 25,7 мкг/дм^3 соответственно. В эстуариях речек содержание аммонийного азота (средняя величина составила 24,9 мкг/дм^3) было выше, чем в мористой зоне исследуемого района (9,2 мкг/дм^3), в то время как содержание аммония в порту Сочи (60,9 мкг/дм^3) было значительно выше, чем в мористой и эстуарной зонах.

Концентрация нитритного азота изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,1 мкг/дм^3) в 55 пробах из 63 до 2,1 мкг/дм^3 (0,1 ПДК) на поверхности в акватории порта Сочи 21 января; остальные значимые величины были меньше 1,96 мкг/дм^3. Средняя концентрация по всем станциям составила 0,14 мкг/дм^3, что в 5,5 раз меньше прошлогодней (0,77 мкг/дм^3); в поверхностном слое составила 0,15, а в подповерхностном столбе воды до дна — 0,00 мкг/дм^3. Средняя концентрация нитритного азота в последние восемь лет устойчиво держится в районе 1 мкг/дм^3 после многократного снижения в 2006 г. Наибольшие величины показывают очень большие межгодовые колебания, а максимум в нынешнем столетии был отмечен в 2016 г.

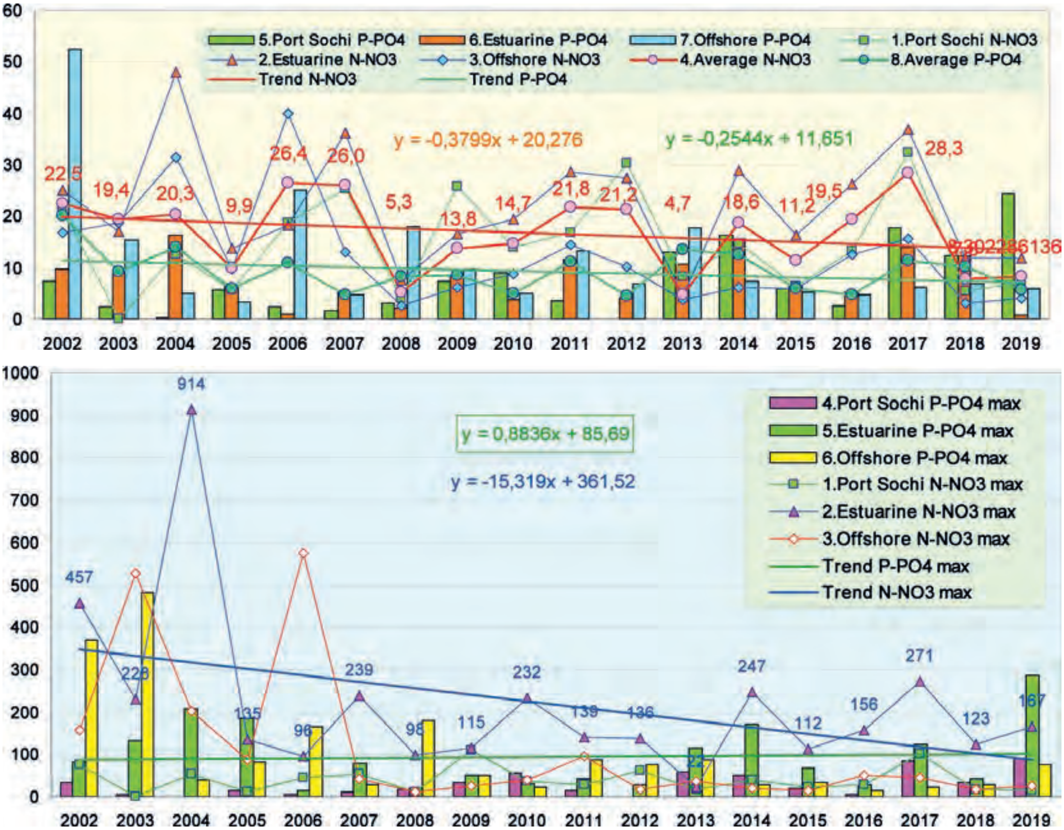


Рис. 3.20. *Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитратов N-NO$_3$ и P-PO$_4$ (мкг/дм^3) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2002–2019 гг.*

Концентрация нитратов изменялась от аналитического нуля (16 проб) до 166,6 мкг/дм^3 на поверхности в приустьевом районе реки Сочи 21 января; в среднем 8,3 мкг/дм^3 (0,001 ПДК), что близко прошлогоднему значению (7,8 мкг/дм^3). В последние полтора десятилетия на всех участках акватории Большого Сочи среднегодовое содержание нитратов резко и почти синхронно изменялось в основном в пределах 10–25 мкг/дм^3; при этом различается общий незначительный тренд на понижение (рис. 3.20). Содержание общего азота изменялось от 22,5 мкг/дм^3 на горизонте 0 и 50 м в двух милях на траверзе устья р. Мзымты 16 августа до 1362,3 мкг/дм^3 25 апреля в акватории порта Сочи на поверхности, составив в среднем 197,1 мкг/дм^3 (увеличение на 11%); максимальная концентрация на 69% выше прошлогодней (422,0 мкг/дм^3). В поверхностном слое среднегодовая концентрация по всем станциям составила 255,3 мкг/дм^3; а в подстилающих водах — 140,0 мкг/дм^3. Среднее содержание суммарного азота в порту Сочи 347 мкг/дм^3 (2018 — 185 мкг/дм^3; 2017 — 382; 2016 — 241; 2015 — 466; 2014 — 345; 2013 — 220), в эстуариях рек 186 мкг/дм^3 (180; 378, 221, 157, 286; 192) и в открытом море 162 мкг/дм^3 (163; 325, 163, 193, 198; 225).

Концентрация **фосфатов** изменялась от аналитического нуля в 44 пробах из 63 проанализированных до максимума 90,9 мкг/дм^3, зафиксированного 8 октября на придонном горизонте района порта Сочи. Средняя за год концентрация по всем станциям составила 5,6 мкг/дм^3 (2018 — 10,4; 2017 — 11,4; 2016 — 4,7; 2015 — 6,0; 2014 — 12,6; 2013 — 13,5); различия между слоями (у поверхности 4,0 мкг/дм^3, глубже — 7,1 мкг/дм^3) могут быть обусловлены большим потреблением фосфатов клетками фитопланктона на поверхности. Средняя концентрация фосфатов наименьшей была в эстуарных районах (0,7 мкг/дм^3), в акватории порта Сочи она была максимальной и составила 24,2 мкг/дм^3, в удаленных от берега районах она была равна 5,9 мкг/дм^3. Содержание общего фосфора (63 пробы) изменялось от 0,0 до 285,2 мкг/дм^3. Минимальная величина была зафиксирована на поверхности в районе влияния речного стока (Малый ручей) в конце апреля, максимальная — в устье р. Мзымта 29 января у дна. Среднее значение составило 38,1 мкг/дм^3, что выше прошлогодней величины на 23,4% (29,0 мкг/дм^3). В поверхностном слое вод района среднее значение составило 30,8 мкг/дм^3, а в подстилающих водах — почти в два раза больше (45,2 мкг/дм^3).

Концентрация **силикатов** в пересчете на кремний варьировала в диапазоне от аналитического нуля до 2241 мкг/дм^3, что отличается незначительно от максимальной величины прошлого года (2398 мкг/дм^3). Максимум был зафиксирован 25 апреля в эстуарии реки Хосты на поверхности. Следующее по величине значение (1751 мкг/дм^3)отмечено в устье реки Сочи 21 января на поверхности. Среднегодовая концентрация во всем районе составила 240 мкг/дм^3, что близко к прошлогоднему значению (233 мкг/дм^3). Поскольку важнейшим источником силикатов является речной сток, их содержание в эстуарной области рек района Большого Сочи было наибольшим (326 мкг/дм^3). Содержание кремния в удаленных от берега открытых водах и в порту Сочи составили 144 и 184 мкг/дм^3, соответственно. В приповерхностном слое вод района исследования содержание кремнийкислоты (325 мкг/дм^3) было в 2 раза выше, чем в промежуточных и придонных водах до глубины 58 м (165 мкг/дм^3).

В 2019 г. в прибрежных водах между Адлером и Сочи уровень содержания **нефтяных углеводородов** изменялся в диапазоне от аналитического нуля (29% — 18 проб из 63) до 47 мкг/дм^3 (0,94 ПДК), (табл. 3.9). В прошлом году 75% проб имели содержание нефтяных углеводородов, равное аналитическому нулю, в позапрошлом — 69%, в отличие от 2016 года, когда всего лишь в трех пробах из 64 был зафиксирован ноль. Среднегодовая величина составила 12 мкг/дм^3 и почти ровнялась величине 2018 г. (13 мкг/дм^3). Максимальная величина была в 2,8 раза меньше прошлогодней и была зафиксирована 16 августа на глубине 50 м в двух милях на траверзе устья р. Мзымты. Средняя концентрация НУ в поверхностных и глубинных водах всего района была практически одинаковой (12 и 13 мкг/дм^3 соответственно). Воды открытого моря на удалении 2 морские мили от берега в периоды наблюдений были наиболее загрязненными НУ (в среднем 14 мкг/дм^3). В акватории порта Сочи и в эстуарном районе значения были одинаковыми и составили в среднем 11 мкг/дм^3. В целом на всей акватории прибрежного района Большого Сочи содержание нефтяных углеводородов постепенно снижается за последние полтора десятилетия до уровня, предшествовавшего 2003 г.

Концентрация синтетических поверхностно-активных веществ (**СПАВ**) была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=25 мкг/дм^3) во всех 64 проанализированных пробах, как и в прошлом году. После относительно высоких значений содержания СПАВ в 2005–2007 гг. их концентрация стабилизировалась около 0,1 ПДК.

Концентрация определяемых по **БПК$_5$** легко окисляемых органических веществ составила 0,00–3,50 мгO$_2$/дм^3; максимум (1,67 ПДК) был отмечен 8 октября в устье р. Сочи у дна при температуре воды 21,0 °C и солености 18,6‰; среднее значение по всему району составило 1,78 мгO$_2$/дм^3 (0,85 ПДК). Различия между мористыми участками, эстуарными и акваторией порта Сочи несущественные — средние 1,78; 1,77 и 1,79 мгO$_2$/дм^3 соответственно. Распределение органических веществ в столбе воды в среднем 1,67 мгO$_2$/дм^3 в поверхностном слое и 1,88 мгO$_2$/дм^3 глубже.

Hg. Концентрация растворенной в морской воде ртути была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL = 0,01 мкг/дм^3) во всех 63 проанализированных пробах. В последние годы растворенная в воде ртуть в прибрежных водах Большого Сочи была обнаружена только в апреле 2013 г.

Pb. Содержание свинца в прибрежных водах района Сочи-Адлер было в диапазоне 0,0–16,8 мкг/дм^3; аналитический ноль зафиксирован в 10 пробах; среднегодовая концентрация увеличилась по сравнению с предыдущим годом до 3,19 мкг/дм^3 (в 2018 г. — 1,69 мкг/дм^3). Максимальное значение (1,7 ПДК) увеличилось в 5,7 раз по сравнению с прошлым годом и было зафиксировано 29 января в устье р. Хоста у дна. В трех пробах из 63 измеренных содержание свинца превышало величину норматива, а в прошлом году ни в одной пробе из такой же выборки превышения не было. В позапрошлом году в 18 пробах из 64 (28%) концентрация свинца была выше норматива, что на 13% ниже, чем в 2016 г. В целом в последние полтора десятилетия наблюдается повышение и средних, и экстремальных значений содержания свинца в водах района (рис. 3.21). В 2015–2016 гг. средняя концентрация превышала ПДК, в 2017 г. составила 0,9 ПДК, в 2018–0,2 ПДК, в 2019–0,3 ПДК.

Fe. Концентрация железа в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи изменялась в диапазоне 4,0–47,0 мкг/дм^3; средняя величина 16,8 мкг/дм^3 (в 2018 г. — 9,2 мкг/дм^3). Ни в одной пробе из 63 измеренных содержание железа не превышало норматива, как и в прошлом году. В позапрошлом году в 18 пробах из 64 (28%) концентрация железа была выше ПДК, преимущественно за счет съемки, проведенной 22 марта по всей исследуемой акватории.

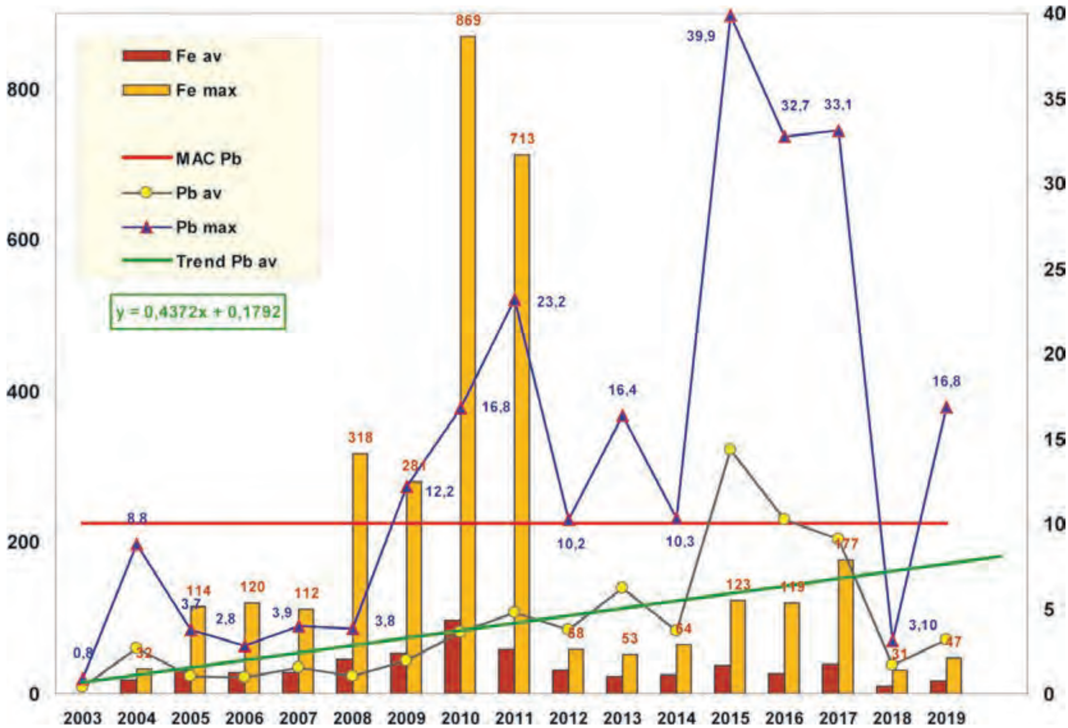


Рис. 3.21. *Средняя и максимальная концентрация железа и свинца (мкг/дм^3) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003–2019 гг. Сокращения: Fe av — средняя концентрация железа; Fe max — максимальная концентрация железа; MAC Pb — ПДК свинца; Pb av — средняя концентрация свинца; Pb max — максимальная концентрация свинца; Trend Pb av — тренд средней концентрации свинца.*

В 2019 г. максимум (0,9 ПДК) был зафиксирован в акватории порта Сочи у дна 21 января. Среднегодовая концентрация железа в акватории порта Сочи составила 22,6; в эстуарных районах 17,8, а мористее 13,4 мкг/дм^3. Средние значения в поверхностном и придонном слоях воды равнялись 16,7 и 17,2 мкг/дм^3 соответственно. В последние 13 лет был зафиксирован четырехлетний период 2008–2011 гг. очень высоких максимальных значений концентрации железа (281–869 мкг/дм^3), до и после которого экстремум обычно был в пределах 1–2,5 ПДК. В 2018 г. наблюдалось значительное уменьшение содержание железа по сравнению с предыдущим годом, сменившееся повышением.

В 2019 г. **кислородный** режим вод исследуемого района между устьями рек Мзымта и Сочи немного отличался от предыдущего года. Минимальная концентрация кислорода понизилась на 0,60 мгO_2/дм^3 до 5,00 мгO_2/дм^3 (60% насыщения, 0,83 ПДК) и была отмечена в акватории порта Сочи 18 августа у дна при температуре воды 24,2 °С. Средняя величина по всем пробам увеличилась и составила 7,69 мгO_2/дм^3 (7,54 мгO_2/дм^3 в 2018 г.). Вертикальное перемешивание вод до дна или до нижнего горизонта отбора проб на мористых станциях (57 м) было достаточным, чтобы различий между поверхностным и подстилающими слоями не наблюдалось: средняя на поверхности — 7,54 мгO_2/дм^3, а в более глубоких слоях — 7,78 мгO_2/дм^3, в 2018 г.— 7,52 и 7,55 мгO_2/дм^3, соответственно. В отличие от абсолютных значений среднее насыщение воды кислородом по всем станциям и горизонтам в 2019 г. понизилось на 3,9% и составило 77,3%, диапазон 58–98%.

Уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи остался практически на уровне предыдущего года. Средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальная концентрация в 2019 г. в отдельных пробах превышала ПДК для легко окисляемых органических веществ, определяемых по БПК$_5$ (1,2 ПДК), для свинца (1,7 ПДК) и ниже норматива для кислорода (0,83 ПДК). Как и в прошлом году, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 25%, поскольку 3 параметра из 12 нормируемых превышали ПДК (БПК$_5$, O_2 и Pb). Воды района характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК (менее 10%) по свинцу (4,8%, 3 проб из 63) и БПК$_5$ (4,7%, 3 пробы из 64), а также неустойчивой повторяемостью по кислороду (11,4%, 10 проб из 88). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением для свинца, органических веществ и кислорода (минимальное значение) был низким (1–2 раза).

Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,57), рассчитанный для разных участков акватории Большого Сочи по средней концентрации БПК$_5$, железа, свинца и кислорода (табл. 3.7), в 2019 г. отличался от прошлогоднего незначительно (0,47). В 2017 г. ИЗВ был существенно выше (0,73), хотя воды акватории также относились к классу «чистые». С 2015 г. можно отметить положительную динамику качества вод района Большого Сочи, связанную преимущественно с уменьшением содержания в водах акватории тяжелых металлов и нефтяных углеводородов. Уровень загрязнения по отдельно взятым районам исследуемой акватории (эстуарный район, район порта Сочи, открытое море) был равномерным в 2019–2018 г., в то время как в 2015–2017 гг. некоторые локальные районы имели отличительно высокий индекс загрязненности вод. Например, в 2015 г. ИЗВ акватории порта Сочи составлял 0,96, а ИЗВ в районе речного стока — 0,82, что в обоих случаях относится к III классу загрязненности вод — «умеренно загрязненные». В 2018–2019 гг. все локальные районы исследуемой акватории относились к уровню «чистые». В многолетней динамике состояние вод района оценивается как стабильное.

Таблица 3.9. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Сочи — Адлер	НУ	0,010 0,057	0,2 **1,1**	0,013 0,131	0,26 **2,62**	0,012 0,047	0,25 0,94
	СПАВ	0,02 0,54	<0,1 <0,1	0,0 0,0	<0,1 <0,1	0,0 0,01	<0,1 <0,1
	Аммонийный азот*	50,3 281,2	<0,1 0,1	15,7 288,6	<0,1 0,1	23,5 213,8	<0,1 0,1
	Нитритный азот	0,78 12,06	<0,1 0,5	0,77 6,18	<0,1 0,26	0,14 2,06	<0,1 0,1
	Железо	38,6 177,0	0,8 **4**	9,2 31,0	0,18 0,62	16,8 47,0	0,34 0,94
	Свинец	9,06 33,1	0,9 **3**	1,69 3,1	0,17 0,31	3,2 16,8	0,32 **1,68**
	$БПК_5$ $мгO_2/дм^3$	1,54 3,2	0,5 **1,1**	1,58 2,80	0,75 **1,33**	1,78 3,50	0,85 **1,67**
	Взвешенные вещества	2,18 23,0	0,2 **2,3**	2,87 70,1	0,29 **7,01**	1,75 7,90	0,18 0,79
	Кислород	8,22 6,0	 **1,00**	7,54 5,60	 **0,93**	7,69 5,00	 **0,83**

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в $мг/дм^3$; аммонийного и нитритного азота, АПАВ, железа и свинца в $мкг/дм^3$.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение.
3. Аммонийный азот* — использовано значение ПДК в пересчете на азот (2256 $мкгN/дм^3$).

Таблица 3.7. Оценка качества вод Кавказского прибрежья Черного моря в 2017–2019 гг.

Районы и подрайоны	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,50	II	0,29	II	0,40	II	НУ 0,76; NO_2 0,10; PO_4 0,08; O_2 0,67
2. Новороссийск	0,46	II	0,35	II	0,57	II	НУ 1,30; NO_2 0,14; PO_4 0,16; O_2 0,67
3. Геленджик	0,41	II	0,27	II	0,35	II	НУ 0,50; Hg 0,09; NO_2 0,14; O_2 0,68
4. Туапсе	0,44	II	0,36	II	0,35	II	НУ 0,34; NO_2 0,18; PO_4 0,19; O_2 0,69
5. Район Сочи — Адлер	0,73	II	0,47	II	0,57	II	Fe 0,34; Pb 0,32; $БПК_5$ 0,85; O_2 0,78
5.1. Акватория порта Сочи	0,79	III	0,51	II	0,56	II	Fe 0,45; ВВ 0,34; $БПК_5$ 0,60; O_2 0,83
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мзымта и ручья Малый	0,73	II	0,51	II	0,52	II	Fe 0,36; Pb 0,35; $БПК_5$ 0,59; O_2 0,78
5.3. Открытое море	0,71	II	0,48	II	0,49	II	НУ 0,28; Pb 0,30; O_2 0,77; $БПК_5$ 0,59

В последние пятнадцать лет в четырех контролируемых районах прибрежных вод в районе «Адлер-Сочи» индекс загрязненности вод варьировал от 0,42 до 0,96 и качество вод относилось либо ко II классу («чистые»), либо к III классу («умеренно загрязненные»), (рис. 3.22). Наибольшие значения индекс ИЗВ достигал в районе порта г. Сочи в 2015 г., а к 2018–2019 гг. индексы загрязненности всех районов не превышали 0,56, что позволяет считать воды этих районов «чистыми» (II класс).

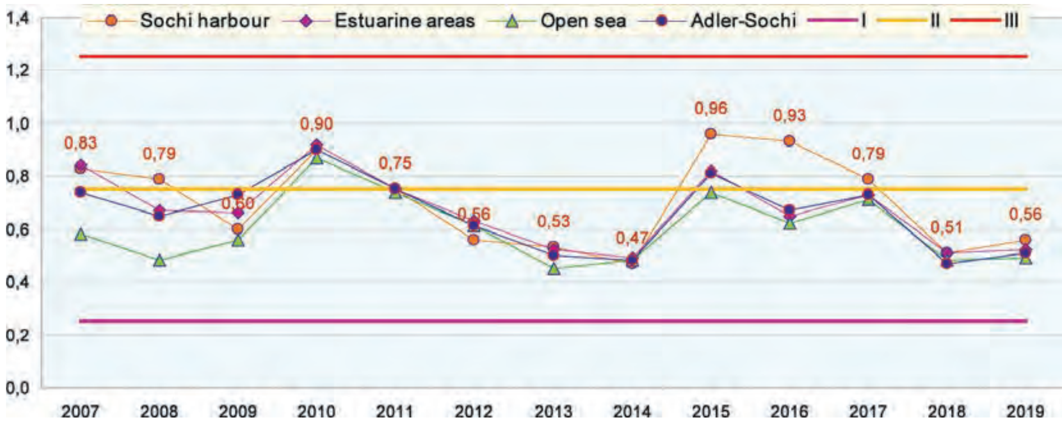


Рис. 3.22. *Многолетняя динамика значений индекса загрязненности вод ИЗВ в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2007–2019 гг.*

4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

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

4.1. Общая характеристика

Физико-географическое описание. Балтийское море относится к бассейну Атлантического океана и является крупнейшим материковым морем севера Европы. Площадь Балтийского моря составляет 422,6 тыс.км^2, объем 20080 км^3. На западе граница Балтийского моря проходит по линии мыс Скаген — юго-западная оконечность о. Черн. Связь Балтийского моря с Северным осуществляется через Датские проливы, которые включают проливы Малый Бельт (наименьшая ширина 0,5 км), Большой Бельт (3,7 км), Эресунн или Зунд (10,5 км), Каттегат (60 км) и Скагеррак (110 км). Вследствие мелководности проливов (глубина на порогах 7–18 м) затрудненный водообмен между Балтийским и Северным морями играет важнейшую роль в формировании природных особенностей Балтийского моря. Средняя глубина моря 48 м, максимальная 459 м. Преобладают глубины до 50 м, на долю которых приходится 60% площади моря, на долю глубин более 200 м — около 0,3%. Балтийское море имеет очень длинную изрезанную береговую линию (22,0 тыс.км), что обусловлено наличием многочисленных заливов и островов, особенно в северной его части. Общее количество островов составляет несколько тысяч, но большинство из них очень мелкие (Гидрометеорология, 1992).

4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы

В 2019 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 Порта (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, pH, щелочность, кислород (абсолютный, относительный), БПК$_5$, 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.

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с современными утвержденными методиками. Биохимическое потребление кислорода за пять суток (БПК$_5$) 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 спектрометрии фильтрованных проб воды.

4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

Метеорологические условия. Климатической особенностью 2019 г. явилось преобладание циклонической атмосферной циркуляции. Наиболее ярко влияние циклонов отмечено в январе, марте, октябре и декабре. Самое низкое атмосферное давление 974,3–974,4 гПа по станциям побережья было отмечено 14 января, самое высокое 1038,9–1040,0 гПа — 22 февраля. 2019 год вошел в пятерку самых теплых лет за всю историю инструментальных наблюдений за погодой (с 1881 г.). Положительные аномалии среднемесячных температур держались в период с февраля по июнь и с сентября по декабрь 2019 года. Годовые суммы осадков на большинстве прибрежных метеостанций немного превысили годовые нормы (на 10–21%). Лишь в Кронштадте годовая сумма осадков составила 90% от климатической нормы. В течение года происходило чередование периодов с избыточным увлажнением и засушливых периодов. Преобладающими в течение года (во все месяцы, кроме апреля и июля) на всех прибрежных метеостанциях были ветра южной и западной четвертей.

Гидрология. В среднем за 2019 год водность р. Невы была близка к норме, модульный коэффициент среднего стока составил 0,98. Наибольшая доля годового стока пришлась, как

Рис. 4.1. *Восточная часть Финского залива. Навалы льда на побережье Золотого пляжа в Зеленогорске (съемка 10 марта 2019 г. СЗУГМС).*

обычно, на летний сезон. В целом в 2019 г. средние годовые уровни были близки к норме в восточной части Финского залива и превышали средние многолетние годовые значения на 5–10 см в Невской губе. Температура воды на поверхности в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе, как обычно, следовала за внутригодовым ходом температуры воздуха, что является характерным для климата без приливных морей умеренных широт. Процессы ледообразования зимой 2018–2019 г. происходили по типу мягкой зимы. Характерной особенностью минувшей зимы было достаточно интенсивное развитие ледяного покрова на акватории Финского залива во второй половине январе и очень слабое в феврале-марте. Сумма градусо-дней мороза составила 370,5 °С (при норме 775 °С), что также характеризует зиму как мягкую. С января по март Невская губа и восточная часть Финского залива были покрыты льдом. Для режима солености 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 2019 г. наблюдалась в Невской губе, наибольшая — в открытых районах восточной части Финского залива.

4.4. Центральная часть Невской губы

В Невской губе в 2019 г. гидрохимические съемки проводились в январе-марте со льда и в период с мая по октябрь (навигационный период) ежемесячно. Отбор проб осуществлялся с поверхностного, промежуточного и придонного горизонтов. За весь период наблюдений на 17 станциях было отобрано 217 проб. Оценка качества вод Невской губы проводилась по 32 показателям, при этом использовались применяемые к поверхностным водам суши нормативы (ПДК).

Значения солености в слое поверхность-дно изменялись в пределах от 0,06‰ до 0,24‰ (табл. 4.1). Величина водородного показателя pH была в диапазоне 6,34–7,94, в среднем — 7,12. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,499 ммоль/дм^3 до 0,776 ммоль/дм^3 в начале февраля в придонном слое на глубине 4,5 м. Кислородный режим в Невской губе был в пределах нормы, случаев дефицита кислорода отмечено не было. Содержание кислорода изменялось в пределах от 7,92 до 13,56 мгO$_2$/дм^3 в поверхностном слое и 8,10–13,29 мгO$_2$/дм^3 в придонном слое. Насыщение вод кислородом было выше нормы (70%) во всех отобранных пробах. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в 32 пробах.

Таблица 4.1. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2013–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°C)	11,67/ 21,12	12,68/ 20,77	14,1/ 22,23	12,97/ 19,42	12,91/ 20,82	13,57 19,27
Соленость (‰)	НД	НД	0,09/ 2,07	0,08/ 2,10	0,06/ 0,31	0,06/ 0,24
Кислород * (мгO$_2$/дм^3)	10,43/ 6,96	10,08/ 7,90	9,83/ 7,43	9,99/ 6,67	10,08/ 7,96	9,86/ 7,92
Кислород (%)	94,50/ 119,40	91,30/ 124,0	94,10/ 120,30	93,56/ 117,50	94,06/ 113,4	93,14/ 122,6
БПК$_5$ (мгO$_2$/дм^3)	1,71/ **7,20**	1,51/ **3,20**	1,49/ **4,20**	1,40/ **3,60**	1,37/ **3,70**	1,46/ **5,6**
pH	7,44/ 8,32	7,41/ 7,99	7,44/ 7,98	7,20/ 7,96	7,14/ 7,68	7,12/ 7,94
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,55/ 0,99	0,52/ 0,78	0,54/ 0,98	0,55/ 1,47	0,52/ 1,01	0,55/ 0,78
Кислород* — здесь и далее приведены средние и минимальные значения растворенного в воде кислорода.						

Биогенные вещества. Концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=10 мкгN/дм^3) в 31 пробе из 217, в остальных варьировала от 20 до 937 мкгN/дм^3 (2,4 ПДК) в поверхностном слое и до 888 мкгN/дм^3 (2,3 ПДК) в придонном (табл. 4.2). Максимальное содержание аммонийного азота наблюдалось в июле на ст.№12 в северной части губы, расположенной очень близко к району сброса сточных вод с комплекса Северных очистных сооружений. Средняя концентрация аммонийного азота вернулась на уровень предыдущих лет, по сравнению с прошлым годом, когда была минимальная концентрация за последние восемь лет (рис. 4.2).

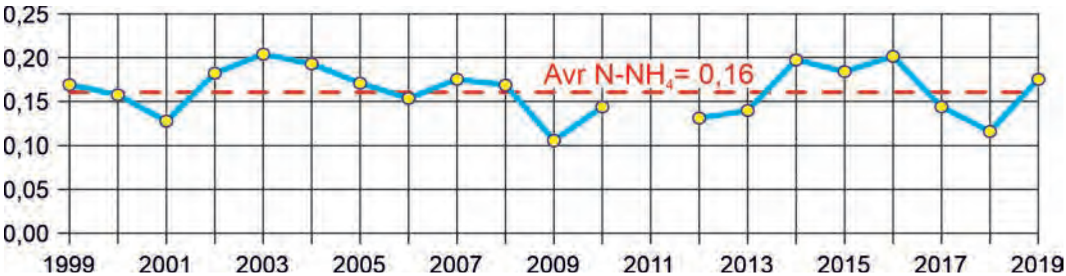


Рис. 4.2. *Изменение среднего содержания аммонийного азота (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

В поверхностном слое значения концентрации нитритов изменялись в диапазоне 2,6–35,0 мкгN/дм^3 (1,5 ПДК) при среднем 9,45 мкгN/дм^3. Диапазон концентрации в придонном слое составил 2,3–42,0 мкгN/дм^3 (1,6 ПДК) при среднем 10,96 мкгN/дм^3 (рис. 4.3). В 167 пробах из 217 отмечено превышение ПДК (24 мкгN/дм^3). В 2019 г. концентрация азота нитратов во всех отобранных пробах была ниже ПДК и изменялась в пределах 25–670 мкгN/дм^3. Среднее значение концентрации азота нитратов 230,41 мкгN/дм^3 вернулось к уровню прошлых лет по сравнению с прошлогодним минимумом. Содержание общего азота была в диапазоне 394–1759 мкгN/дм^3, что приблизительно соответствуют уровню предыдущих лет.

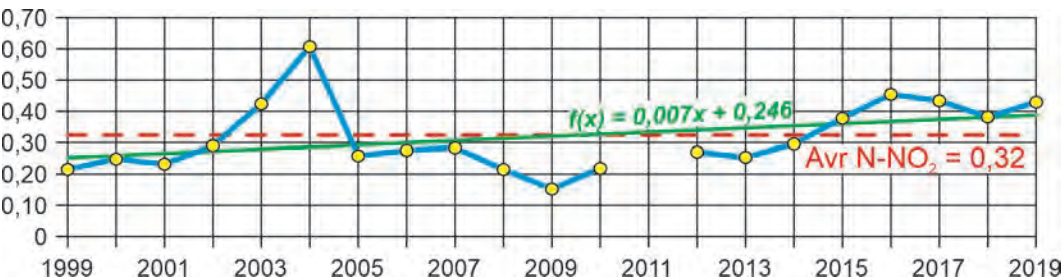


Рис. 4.3. *Изменение среднего содержания азота нитритов (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

Концентрация фосфора фосфатов была ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм^3) в 39 пробах из 217; в 3 пробах было отмечено превышение ПДК (50 мкгP/дм^3). Диапазон концентрации в слое поверхность-дно составлял 0–84 мкгP/дм^3. Значения средней (13,14 мкгP/дм^3) и максимальной (84,0 мкгP/дм^3) концентрации фосфатного фосфора показали наибольшие величины за последние восемь лет (рис. 4.4). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне 5–89 мкгP/дм^3. Максимальное значение зафиксировано в октябре на ст.№12. В 2019 г. концентрация общего фосфора стала максимальной за последние пять лет.

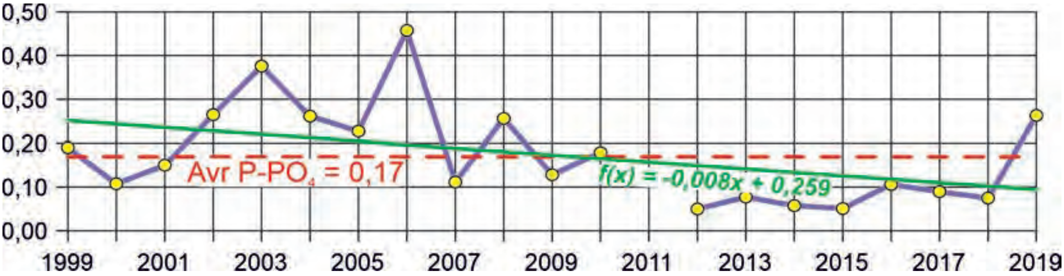


Рис. 4.4. *Изменение среднего содержания фосфора фосфатов (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

Таблица 4.2. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Центральной части Невской губы в 2014–2019 г.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	78,87/ **870,0**	71,60/ **580,0**	78,35/ **550,0**	55,94/ **556,0**	44,97/ **485,0**	68,17/ **937,0**	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	7,10/ **80,0**	9,06/ **80,50**	10,89/ **64,00**	10,40/ **41,00**	9,16/ **54,0**	10,29/ **42,0**	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	215,85/ 690,0	216,26/ 710,0	245,75/ 916,0	259,45/ 820,0	215,15/ 619,0	230,41/ 670,0	9032
Общий азот N_{total} мкгNдм^3	699,69/ 1950,0	612,39/ 1300,0	661,89/ 1315,0	689,45/ 1499,0	636,02/ 1232,0	646,54/ 1759,0	
Фосфатный фосфор P-PO_4 мкгP/дм^3	2,88/ **64,0**	2,50/ 28,0	5,30/ 35,0	4,48/ 41,0	3,75/ **54,0**	13,14/ **84,0**	50
Общий фосфор P_{total} мкгP/дм^3	7,16/ 79,0	6,56/ 43,1	11,47/ 58,0	9,82/ 52,0	9,64/ 63,0	18,10/ 89,0	

Органические загрязняющие вещества. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ превышало установленный норматив (2,1 мгO_2/дм^3) в 41 пробе из 194. Диапазон в поверхностном слое составлял 0–5,6 мгO_2/дм^3; в придонном слое — 0,6–5,0 мгO_2/дм^3. Среднее значение за год во всем столбе воды — 1,46 мгO_2/дм^3. Последние десять лет содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ находится ниже среднего за весь период наблюдений уровня (рис. 4.5). Концентрация нефтяных углеводородов выше уровня ПДК (0,05 мкг/дм^3)была зафиксирована в 2 пробах из 212. Значения концентрации изменялись в диапазоне от аналитического нуля до 0,197 мкг/дм^3 (3,9 ПДК ст.№14, поверхность) при среднем 0,016 мкг/дм^3 во всем столбе воды.

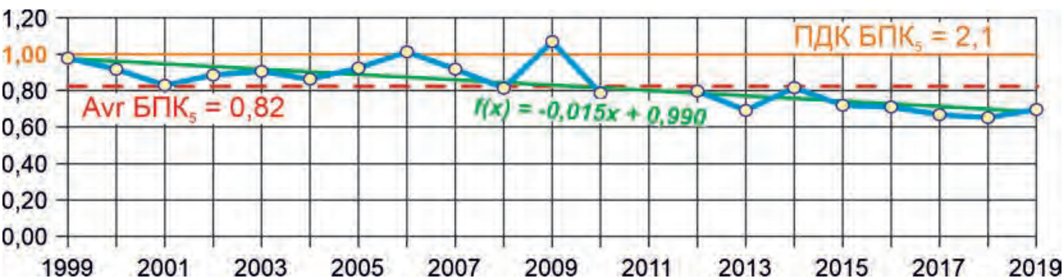


Рис. 4.5. *Изменение содержания БПК$_5$ (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

Только в 14 пробах из 187 отмечено присутствие фенола. Содержание фенола было ниже уровня ПДК во всех отобранных пробах и изменялось в пределах от минимально определяемой величины до 0,6 мкг/дм³. В единственной значимой пробе (ст.№2, июнь, поверхность) величина содержания СПАВ составила 188 мкг/дм³ (1,9 ПДК). 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.

Металлы. В 2019 г. в водах Центральной части Невской губы концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм³) во всех пробах (табл. 4.3), (рис. 4.6). В поверхностном слое диапазон значений составил 1,9–6,1 мкг/дм³, в придонном — 1,9–7,5 мкг/дм³. Наибольшие значения концентрации меди были зафиксированы в поверхностном слое на ст.№7 в феврале (6,1 ПДК) и в придонном слое на ст.№12 в октябре — 7,5 ПДК.

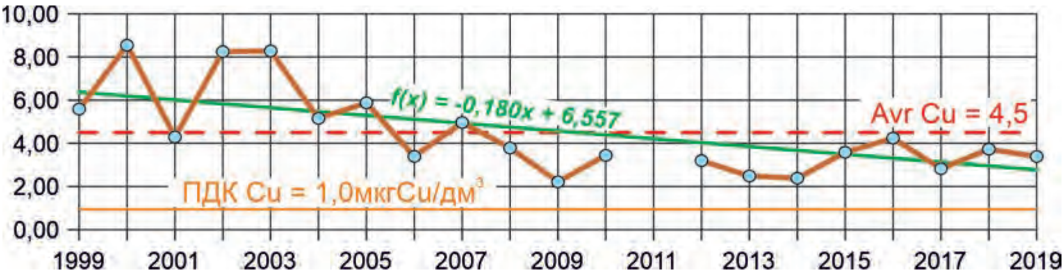


Рис. 4.6. *Изменение среднего содержания Cu (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (10 мкг/дм³) был превышен в 91% проб. Диапазон значений составил от аналитического нуля до максимального 97 мкг/дм³ (9,7 ПДК), зафиксированного на ст.№12 в октябре в придонном слое. Второй год подряд средняя и максимальная концентрация цинка стали наибольшими по сравнению с предыдущей пятилеткой (рис. 4.7).

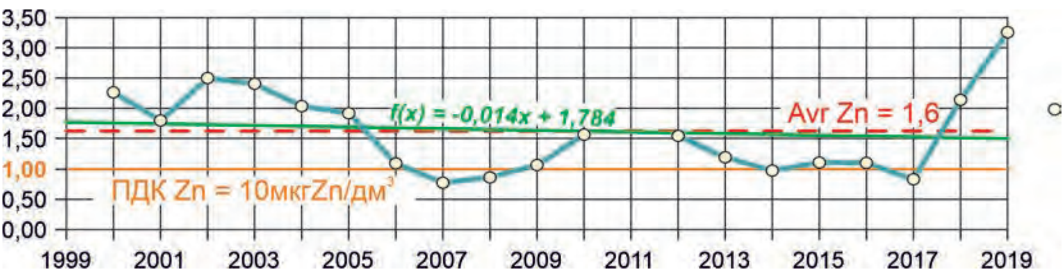


Рис. 4.7. *Изменение среднего содержания Zn (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 гг.*

Концентрация марганца превышала норматив в 11% проб. На поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до 100 мкг/дм³ (10 ПДК, ст.№15, август), а в придонном — до 26,4 мкг/дм³ (2,6 ПДК, ст.№12, июль). Средняя концентрация марганца стала минимальной за последние 10 лет (рис. 4.8).

Предельно допустимый уровень по содержанию общего железа (100 мкг/дм³) был превышен в 7% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась в поверхностном горизонте в мае на ст.№11–190 мкг/дм³, что соответствует уровню 1,9 ПДК. Предельно допустимый уровень

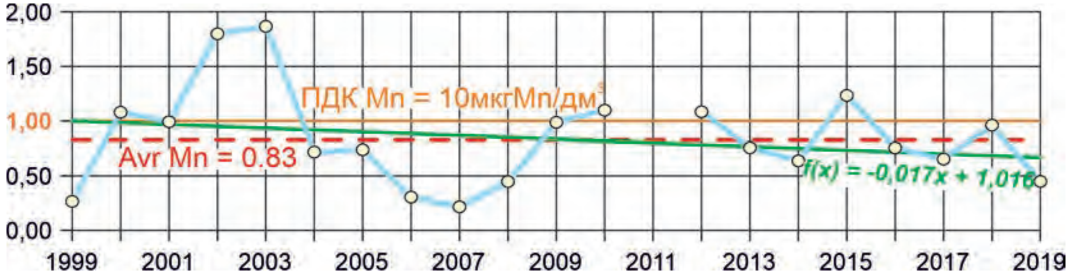


Рис. 4.8. *Изменение среднего содержания Mn (в ПДК) в водах Центральной части Невской губы в 1999–2019 г.*

по содержанию алюминия (40 мкг/дм^3) был превышен в 5% проб. Максимальная концентрация была зафиксирована в придонном горизонте в мае на ст.№25–59 мкг/дм^3 (1,5ПДК). Содержание свинца в водах Невской губы в течение 2019 г. было ниже предела обнаружении (3 мкг/дм^3) во всех отобранных пробах, за исключением одной, отобранной на ст.№11, в июне, на поверхности — 4,6 мкг/дм^3. Содержание никеля и кобальта не превышало установленных ПДК.

Таблица 4.3. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Центральной части Невской губы в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**2,39/10,0**	**3,59/28,0**	**4,24/40,0**	**2,83/9,5**	**3,73/10,6**	**3,39/7,5**	1
Zn, мкг/дм^3	9,77/**62,0**	**11,09/65,0**	**11,04/59,0**	8,33/**30,8**	**21,38/88,0**	**32,58/97,0**	10
Mn, мкг/дм^3	6,37/**37,0**	**12,32/189,0**	7,56/**53,3**	6,54/**212,0**	9,6/**140,0**	**4,49/100,0**	10
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	46,56/**330,0**	**103,66/303,0**	68,85/**358,0**	99,0/**210,0**	46,20/**190,0**	100
Al, мкг/дм^3	Н/Д	20,71/**78,0**	16,31/**58,0**	23,25/**47,0**	25,68/**54,0**	22,18/**59,0**	40
Pb, мкг/дм^3	0,97/4,60	0,66/4,20	0,86/**8,90**	0,43/2,20	0,0/0,0	0,02/4,6	6

Рис. 4.9. *Изменение индекса загрязнения вод ИЗВ в Центральной части Невской губы в 1999–2019 г.*

Выводы. Очевидно, воды Центральной части Невской губы не загрязнены биогенными веществами — концентрация биогенных элементов была существенно ниже ПДК и находилась в пределах средних многолетних значений. В 2019 г. основной вклад в загрязнение вод центральной части Невской губы вносили медь (средняя годовая концентрация составила 3,39 ПДК, максимальная 7,5 ПДК), цинк (3,26/9,7 ПДК) и $БПК_5$ (1,46/5,6 ПДК). В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией следующих веществ: железо (0,46/1,9 ПДК), марганец (0,45/10,0 ПДК), азот нитритов (0,43/1,75 ПДК), фосфатный фосфор (0,26/1,68 ПДК). По сравнению с прошлым годом можно отметить понижение содержания меди. Концентрация цинка растет второй год подряд, достигнув максимального значения за 20 лет. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Центральной части Невской губы в 2019 году составил 1,98, что относится к V классу, и определяет воды как «грязные» (рис. 4.9, табл. 4.1). Качество вод незначительно ухудшилось по сравнению с предыдущим годом, когда ИЗВ=1,86 (V класс).

4.5. Северный курортный район Невской губы

В 2019 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. Средняя температура воды показала наибольшие значения за последние пять лет, превысив прошлогодние рекордные значения (табл. 4.4). Значения солености (0,06–0,07‰) соответствовали прошлогодним значениям. Величина водородного показателя pH повысилась по сравнению с прошлым годом (7,14–7,68, в среднем-7,33). Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,55 ммоль/дм^3 до 0,67 ммоль/дм^3 в конце мая на поверхности, что приблизительно соответствует прошлогодним значениям. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ превышала установленную норму в трех пробах из шести; максимум (7,0 мгO_2/дм^3, 3,3 ПДК) наблюдался в июне. Кислородный режим в районе в течение периода наблюдений был в пределах нормыи изменялся в диапазоне 9,22–14,73 мгO_2/дм^3, в среднем 11,43 мгO_2/дм^3. Случаев дефицита кислорода (<70%) отмечено не было. Перенасыщение вод кислородом (>100%) было зафиксировано в 4 пробах из 6. Максимум был отмечен в июле — 151,4%.

Таблица 4.4. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	14,97/25,2	14,27/19,30	14,73/19,80	14,65/20,6	16,33/23,5	17,1/20,7
Соленость (‰)	НД	НД	0,08/0,11	0,06/0,07	0,06/0,07	0,06/0,07
Кислород* (мгO_2/дм^3)	11,06/8,06	10,66/9,86	11,43/8,82	11,00/9,16	10,23/8,39	11,43/9,22
Кислород (%)	108,67/134,8	103,62/122,7	112,73/153,9	108,18/132,2	104,08/140,7	118,67/151,4
pH	8,07/9,38	7,53/8,35	7,52/8,69	7,34/8,17	7,05/7,37	7,33/7,68
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,63/0,71	0,57/0,61	0,71/1,05	0,67/0,77	0,61/0,71	0,63/0,67
$БПК_5$ (мгO_2/дм^3)	**2,55/3,1**	**2,95/5,9**	**4,12/7,6**	**2,88/4,2**	**2,93/3,8**	**3,58/7,0**

Биогенные вещества. В водах района содержание аммонийного азота в двух пробах из шести было ниже предела обнаружения (DL=10 мкгN/дм^3), а в остальных изменялось в диапазоне 43,0–173,0 мкгN/дм^3 (июль). Все значения содержания аммонийного азота зафиксированы ниже ПДК (рис. 4.10, табл. 4.5). Концентрация нитритного азота изменялась в пределах 4,0–

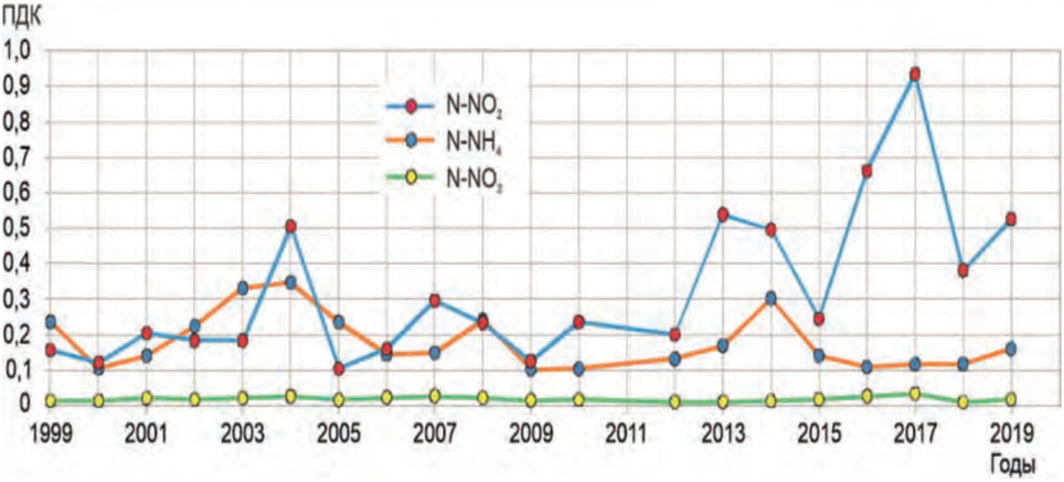


Рис. 4.10. *Изменение среднего содержания $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$ и $N\text{-}NH_4$ (в ПДК) в водах Северного курортного района в 1999–2019 гг.*

23,0 мкгN/дм^3 (0,92 ПДК). Максимальная концентрация нитратного азота наблюдалась в сентябре и также не превышала ПДК. Диапазон значений составил 12,0–386,0 мкгN/дм^3. По сравнению с минимальным значением прошлого года содержание нитратного азота вернулось в норму. Концентрация фосфатов по фосфору варьировала от 11,0 мкгР/дм^3 до 34,0 мкгР/дм^3 (июль), при среднем 20,67 мкгР/дм^3, что является максимальным значением за последние пять лет.

Таблица 4.5. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Северного курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный $N\text{-}NH_4$ мкгN/дм^3	117,67/ **420,0**	55,0/ 180,0	42,33/ 135,0	45,33/ 178,0	45,5/ 138,0	62,0/ 173,0	389
Азот нитритов $N\text{-}NO_2$ мкгN/дм^3	11,92/ **32,0**	5,88/ 16,0	15,9/ **55,0**	22,43/ **60,0**	9,17/ 22,0	12,63/ 23,0	24
Азот нитратов $N\text{-}NO_3$ мкгN/дм^3	118,33/ 290,0	161,5/ 440,0	245,5/ 740,0	313,83/ 592,0	96,17/ 358,0	152,5/ 386,0	9032
Общий азот N_{total} мкгNдм^3	736,67/ 1050,0	613,33/ 750,0	873,0/ 1099,0	887,33/ 1172,0	618.83/ 1101,0	733,83/ 893,0	
Фосфатный фосфор $P\text{-}PO_4$ мкгP/дм^3	3,07/ 12,0	2,47/ 9,2	14,88/ 22,0	4,71/ 9,7	8,68/ 16,0	20,67/ 34,0	50
Общий фосфор P_{total} мкгP/дм^3	9,85/ 19,0	8,12/ 15,0	26,0/ 36,0	15,65/ 23,0	24,5/ 33,0	32,17/ 40,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. концентрация нефтяных углеводородов в водах района выше уровня ПДК зафиксирована не была, диапазон изменений находился в пределах 6–19 мкг/дм^3. Содержание фенола выше предела обнаружения методики было зафиксировано в одной пробе — 0,1 мкг/дм^3. Диапазон концентрации СПАВ в водах района находился в пределах от минимально определяемой величины до 103 мкг/дм^3. 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 2019 г. концентрация меди в водах Северного курортного района Невской губы превышало ПДК в 100% проб; значения изменялись в диапазоне 2,7–16,9 мкг/дм^3 (16,9 ПДК, сентябрь), (табл. 4.6). Содержание цинка также превышало ПДК в 100% проб;

максимум (3,4 ПДК) наблюдался в октябре, а средняя (19,52 мкг/дм^3) уступала только уровню 2016 г. Диапазон концентрации марганца в водах района находился в пределах от минимально определяемой величины до 39,0 мкг/дм^3. Максимальная величина марганца 3,9 ПДК была зафиксирована в середине сентября. Содержание общего железа наблюдалась на уровне норматива (100 мкг/дм^3) только в одной пробе. Среднее содержание железа 71,5 мкг/дм^3 стало минимальным за последние пять лет. В трех пробах содержание общего железа превысило норматив, а значения изменялись в диапазоне от аналитического нуля до 3,4 ПДК в сентябре, средняя 1,4 ПДК. Содержание алюминия превысило ПДК в трех пробах из шести. В 2019 г. концентрация алюминия снизилась после пятилетнего максимума в 2018 г. Содержание кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК, а свинец не был обнаружен.

Таблица 4.6. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Северного курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**3,25/4,20**	**7,32/12,0**	**6,42/9,30**	**4,97/8,40**	**6,37/11,3**	**5,8/16,9**	1
Zn, мкг/дм^3	7,2/**11,0**	**15,32/24,0**	**32,38/94,3**	**12,98/28,7**	**16,11/59,0**	**19,52/34,0**	10
Mn, мкг/дм^3	**6,87/18,0**	**13,40/57,0**	**5,27/12,80**	**5,08/16,90**	**6,37/19,0**	**15,27/39,0**	10
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	78,60/**162,0**	**231,50/648,0**	**100,67/201,0**	**168,0/340,0**	71,5/**100,0**	100
Al, мкг/дм^3	Н/Д	28,67/39,0	39,17/**108,0**	32,50/**64,0**	**53,0/120,0**	**47,83/86,0**	40
Pb, мкг/дм^3	1,0/2,0	1,00/2,0	1,58/4,60	1,0/2,0	0/0	0/0	6

Выводы. Очевидно, воды Северного курортного района не загрязнены биогенными веществами — концентрация биогенных элементов была существенно ниже ПДК и находилась в пределах средних многолетних значений. В 2019 г. основной вклад в загрязнение вод Северного курортного района Невской губы вносили медь (5,8 ПДК), цинк (1,95 ПДК) и БПК$_5$ (1,71 ПДК). Как и в предыдущие годы медь и цинк являются самыми постоянными загрязняющими элементами акватории Северного курортного района. Средняя концентрация марганца (1,53 ПДК) и алюминия (1,20 ПДК) также превышала установленные нормативы. Среднее содержание железа (0,72 ПДК)стало минимальным за последние пять лет. Содержание всех органических ЗВ было ниже предела обнаружения. Значение индекса загрязненности вод (2,50, V класс качества) Северного курортного района в 2019 г. фактически осталось на уровне прошлого года. Как и в прошлом году воды района характеризуются как «грязные».

4.6. Южный Курортный район Невской губы

В 2019 г. наблюдения в Южном курортном районе выполнялись на ст. №11а,14а,17а в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь. Отбор всех 18 проб осуществлялся только на поверхности. При оценке качества вод использовались нормативы (ПДК), применяемые к поверхностным водам суши. Значения солености изменялись в пределах 0,06–0,12‰ (табл. 4.7). Средняя соленость в период наблюдения составила 0,08‰, что немного ниже значений 2018 г. Диапазон значений водородного показателя pH составил 6,94–8,84, в среднем — 7,57. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,62 ммоль/дм^3 до максимального 2,54 ммоль/дм^3. Как и в прошлом году максимальное значение щелочности было зафиксировано на ст.№14а. Диапазон значений содержания легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ составил 1,3–3,7 мгО$_2$/дм^3 (0,61 ПДК-1,76 ПДК), в среднем 2,43 мгО$_2$/дм^3 (1,16 ПДК). Из 17 отобранных проб в 9 случаях содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ превысило допустимый норматив (2,1 мгО$_2$/дм^3). Средняя и максимальная концентрация органических веществ показали минимальные значения за последние пять лет.

Диапазон концентрации кислорода находился в пределах от 7,82 до 12,20 мгO_2/дм^3, в среднем 9,95 мгO_2/дм^3, 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 38% проб. Максимум был отмечен в июне на ст. 14а — 136,4%.

Таблица 4.7. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	14,56/24,1	14,96/ 19,0	15,30/ 21,0	15,54/ 19,6	15,91/ 23,1	17,02/ 22,9
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	0,11/ 0,41	0,08/ 0,11	0,11/ 0,35	0,08 0,12
Кислород* (мгO_2/дм^3)	10,24/**5,19**	10,21/ 9,33	9,74/ 7,80	10,27/ 8,25	10,24/ 7,45	9,95/ 7,82
Кислород (%)	99,55/148,1	100,70/112,4	96,70/119,0	102,82/143,0	103,05/129,9	103,02/136,4
pH	7,71/9,67	7,48/8,38	7,64/8,68	7,50/8,23	7,20/7,85	7,57/8,84
Щелочность (ммоль/дм^3)	1,06/1,52	0,87/1,57	1,18/2,90	1,34/3,20	0,93/2,21	1,04/2,54
БПК$_5$ (мгO_2/дм^3)	**2,97/5,20**	**2,78/5,00**	**2,37/6,40**	**2,76/6,0**	**2,56/4,40**	**2,43/3,70**

Биогенные вещества. Средняя (7,98 мкгN/дм^3) и максимальная (13,0 мкгN/дм^3) концентрация нитритного азота показали наименьшие значения за последние годы, превышение ПДК зафиксировано не было. Значения средней (120,82 мкгN/дм^3) и максимальной (366,0 мкгN/дм^3) концентрации нитратного азота возросли после минимума 2018 г, но остались ниже средних пятилетних значений. Превышение ПДК нитратного азота не было отмечено. Концентрация аммонийного азота изменялась в пределах от минимально определяемой величины (DL=20 мкгN/дм^3) до максимального значения 222 мкгN/дм^3 (0,6 ПДК), зафиксированного в августе на ст.№11а (табл. 4.8). И средняя и максимальная концентрация аммонийного азота приблизительно соответствуют низким прошлогодним значениям. Содержание общего азота находилось на уровне прошлых лет. Диапазон концентрации фосфатов находился в пределах от аналитического нуля (DL=5мкгP/дм^3) до 93 мкгP/дм^3 (сентябрь, ст.№11а), что составляет 1,86 ПДК. Средняя концентрация фосфатного фосфора показала максимальное значение с 2015 г. Средняя концентрация общего фосфора соответствует уровню двух предыдущих лет (рис. 4.4).

Таблица 4.8. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Южного курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	232,80/ 850,0	74,90/ 350,0	60,0/ 292,0	78,72/ 265,0	54,72/ 188,0	55,82/ 222,0	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	15,99/ 66,0	10,59/ 43,0	12,49/ 42,0	12,09/ 21,0	10,38/ 21,0	7,98/ 13,0	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	194,60/ 530,0	113,90/ 490,0	229,40/ 587,0	189,56/ 467,0	91,28/ 323,0	120,82/ 366,0	9032
Общий азот N_{total} мкгN/дм^3	885,60/ 1670,0	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	21,09/ 190,0	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	31,20/ 190,0	6,60/ 16,0	33,20/ 99,0	24,17/ 89,0	23,21/ 66,0	25,61/ 102,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. концентрация нефтяных углеводородов в водах Южного курортного района выше уровня ПДК зафиксировано не было, диапазон значений находился в пределах от 6 мкг/дм^3 до 20 мкг/дм^3, при среднем 12,9 мкг/дм^3 (0,26 ПДК). Содержание фенола выше предела обнаружения было зафиксировано только в одной пробе на ст.№14а — 0,1 мкг/дм^3. В 6 из 17 проб зафиксирована концентрация СПАВ, превышающая предел обнаружения. Диапазон значений концентрации СПАВ находился в пределах от минимально определяемой величины до 153 мкг/дм^3 (0,31 ПДК). Во всех отобранных пробах содержание хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. В 2019 г. концентрация меди в водах Южного курортного района Невской губы превышала норматив во всех отобранных пробах, максимальное значение составило 9,0 Cu мкг/дм^3 (9,0 ПДК). Среднее содержание меди 5,99 Cu мкг/дм^3(6,0 ПДК) стало максимальным за последние пять лет. Предельно допустимый уровень по содержанию цинка в водах района был превышен в 13 пробах из 17, а максимальная величина 27 Zn мкг/дм^3 (2,7 ПДК) зафиксирована на станции ст. 11а. Среднее 16,72 Zn мкг/дм^3 (1,7 ПДК) и максимальное содержание цинка уменьшились по сравнению с прошлым годом, но остаются на высоком уровне. Значащее содержание марганца было зафиксировано в 11 пробах из 17, а концентрация изменялась от аналитического нуля (DL=1 мкг/дм^3) до 45 Mn мкг/дм^3 (4,5 ПДК). Средняя концентрация марганца в период наблюдения составила 6,75 Mn мкг/дм^3(0,7 ПДК)., что превышает значение абсолютного минимума 2018 г. В 8 пробах из 17 было зафиксировано значащая концентрация железа ниже уровня ПДК. Максимальная концентрация железа составила 0,68 ПДК. В двух случаях из 16 концентрация алюминия превышала ПДК. Содержание алюминия изменялось в диапазоне от аналитического нуля до 46,0 мкг/дм^3 (1,2 ПДК) при среднем 23,35 мкг/дм^3 (0,6 ПДК). Содержание свинца, хрома и кобальта было ниже уровня аналитического определения во всех пробах. Кадмий обнаружен в 7 пробах из 17, средняя концентрация составила 0,09 Cd мкг/дм^3. Присутствие никеля было зафиксировано во всех пробах. Средняя концентрация никеля составила 1,39 Niмкг/дм^3, что существенно ниже ПДК (10 мкг/дм^3).

Таблица 4.9. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3)в водах Южного Курортного района Невской губы в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**3,06/5,20**	**4,21/9,40**	**4,59/9,80**	**3,92/8,10**	**5,62/12,3**	**5,99/9,0**	1
Zn, мкг/дм^3	9,03/**20,0**	10,60/**29,0**	**14,33/26,20**	8,40/**18,70**	**31,8/140,0**	**16,72/27,9**	10
Mn, мкг/дм^3	5,66/**20,0**	6,25/**33,0**	5,33/**18,0**	**10,67/146,0**	3,57/**17,9**	6,75/**45,0**	10
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	45,3/93,0	**154,5/604,0**	52,78/**159,0**	74,5/**150,0**	28,71/68,0	100
Al, мкг/дм^3	Н/Д	34,0/**106,0**	34,69/**87,0**	18,94/35,0	25,89/**52,0**	23,35/**46,0**	40
Pb, мкг/дм^3	0,44/2,0	0,78/2,0	0,95/4,3	0,11/2,0	0/0	0/0	6

Выводы. Основной вклад в загрязнение вод Южного курортного района Невской губы, как и в прошлом году, вносили металлы медь (5,99 ПДК) и цинк (1,67 ПДК). Другим основным элементом загрязнения стало содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ (1,16 ПДК). Средняя концентрация меди показала максимальное значение за последние пять лет. Содержание цинка вернулось в среднее значение после экстремально высокой концентрации прошлого года. В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией марганца и алюминия. Средняя концентрация железа 28,71 мкг/дм^3 показала минимальное значение с 2014 г. Содержание аммонийного и нитритного азота стало минимальным за последние годы. По сравнению с прошлым годом концентрация нитратного азота увеличилась, но все равно остается на низком уровне. Содержание всех органических загрязняющих веществ было значительно ниже ПДК. В 2019 г. значение индекса загрязненности вод Южного курортного района определялось по меди, цинку и БПК$_5$. Индекс ИЗВ составил 2,35 (V класс), что характеризует воды района как «грязные». По сравнению с прошлым годом показатель загрязненности уменьшился (в 2018 г. ИЗВ составил 2,65).

4.7. Морской торговый порт (МТП)

В 2019 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 10,39 °С показала максимальное значение с 2014 г. Значения солености изменялись в пределах от 0,06‰ до максимального 0,10‰ (придонный горизонт, октябрь), при среднем 0,07‰, что соответствует многолетним значениям (табл. 4.10). Величина водородного показателя pH в водах порта в течении 2 лет повышается относительного минимального значения 2017 г. Диапазон значений pH составил 6,72–7,53. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,52 ммоль/дм^3 до максимального 0,64 ммоль/дм^3 (февраль, поверхность) при среднем во всем столбе воды 0,57 ммоль/дм^3. Максимальное содержание органических веществ по БПК$_5$ в водах Морского торгового порта наблюдалось в январе-феврале на поверхности 3,0–3,1 мгО$_2$/дм^3 (1,43 ПДК-1,48 ПДК) и, как и во все предыдущие годы, превышало норматив. Среднее содержание органических веществ по БПК$_5$ в 2019 г. составило 1,49 мгО$_2$/дм^3 (0,71 ПДК). Содержание кислорода превышало минимальную установленную норму и изменялось в течение всего года в пределах 7,67–13,66 мгО$_2$/дм^3 в поверхностном слое и 7,67–10,55 мгО$_2$/дм^3 в придонном. Случаев дефицита кислорода (<70% насыщения) в 2019 г. на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было. Перенасыщение вод кислородом (>100%) вод кислородом наблюдалось в мае на поверхностном горизонте (102,8%).

Таблица 4.10. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2014–2019 г.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	7,44/18,16	8,69/18,49	9,27/21,32	9,77/18,95	10,14/19,94	10,39/18,4
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	0,08/0,15	0,07/0,10	0,08/0,2	0,07/0,1
Кислород* (мгО$_2$/дм^3)	11,06/7,91	10,62/7,66	10,59/6,60	10,52/8,07	10,59/7,87	10,29/7,67
Кислород (%)	89,47/95,70	88,20/101,0	88,46/106,50	89,94/98,60	90,67/110,30	88,69/79,2
pH	7,48/7,76	7,43/7,79	7,42/7,86	7,11/7,42	7,12/7,49	7,22/7,53
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,59/0,71	0,57/0,70	0,61/0,72	0,61/0,78	0,55/0,68	0,57/0,64
БПК$_5$ (мгО$_2$/дм^3)	1,61/**3,30**	1,47/**3,40**	1,79/**3,80**	1,52/**2,90**	1,29/**2,40**	1,41/**3,1**

Биогенные вещества. В 2019 г. по данным наблюдений в водах Морского торгового порта диапазон значений концентрации аммонийного азота на поверхностном горизонте изменялся от уровня обнаружения методики до 120 мкгN/дм^3 (июль), в придонном слое — от 54 мкгN/дм^3 до 92 мкгN/дм^3 (табл. 4.11). Превышение ПДК по аммонийному азоту зафиксировано не было, среднее и максимальное содержание остается ниже многолетних значений. Максимальная концентрация нитратного азота составила на поверхностном горизонте 339 мкгN/дм^3 (март), а у дна — 283 мкгN/дм^3 (сентябрь). Превышение ПДК по нитратному азоту зафиксировано не было, среднее (232 мкгN/дм^3) и максимальное (339 мкгN/дм^3) содержание остается ниже многолетних значений. На поверхности значения нитритного азота изменялись в диапазоне 2,4–13,0, при среднем 7,47 мкгN/дм^3; в придонном слое — 7,8–13,0/9,37 мкгN/дм^3. Среднее и максимальное содержание нитритного азота показали минимальное значение с 2014 г.

На поверхности содержание фосфатов изменялось в пределах от значений ниже предела обнаружения (апрель) до 15,0 мкгР/дм^3 (март) при среднем 9,29 мкгР/дм^3. В придонном слое диапазон значений составил 6,9–17,0 мкгР/дм^3 при среднем 10,73 мкгР/дм^3. Превышение ПДК по фосфатам зафиксировано не было, однако его концентрация в водах Морского торгового порта показала максимальное значение с 2014 г. Низкие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о незначительном уровне загрязнения вод Морского торгового порта биогенными элементами.

Таблица 4.11. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Морского торгового порта в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный $N\text{-}NH_4$ мкгN/дм^3	167,13/ **490,0**	151,91/ **390,0**	114,43/ **305,0**	76,47/ 120,0	55,67/ 102,0	65,72/ 120,0	389
Азот нитритов $N\text{-}NO_2$ мкгN/дм^3	13,14/ **78,0**	13,81/ **46,0**	11,28/ **53,0**	13,85/ **45,0**	8,22/ 16,0	8,10/ 13,0	24
Азот нитратов $N\text{-}NO_3$ мкгN/дм^3	287,39/ 420,0	273,64/ 770,0	300,29/ 460,0	271,29/ 449,0	205,56/ 330,0	232,0/ 339,0	9032
Общий азот N_{total}мкгNм^3	793,04/ 1140,0	740,91/ 1370,0	730,33/ 1149,0	686,18/ 865,0	648,83/ 842,0	618,72/ 797,0	
Фосфатный фосфор $P\text{-}PO_4$ мкгР/дм^3	4,31/ 14,0	6,77/ 13,0	7,27/ 15,0	5,84/ 13,0	2,71/ 9,3	9,77/ 17,0	50
Общий фосфор P_{total} мкгР/дм^3	9,57/ 19,0	11,72/ 22,0	12,91/ 29,0	11,92/ 25,0	8,06 15,0	13,63/ 24,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. содержание нефтяных углеводородов в водах Морского торгового порта изменялось на поверхности в диапазоне 0,007–0,026 мг/дм^3, при среднем 0,019 мг/дм^3, в придонном слое — 0,012–0,028 мг/дм^3, при среднем 0,019 мг/дм^3. Из 18 отобранных проб в 6 пробах зафиксировано присутствие фенола. Максимальное значение содержания фенола (0,8 мкг/дм^3) отмечено в августе в придонном слое. Наличие синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) было зафиксировано в одной пробе (120 мкг/дм^3) в июле на поверхности. Во всех отобранных пробах концентрация всех хлорорганических пестицидов была ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. В водах Морского торгового порта превышение допустимых значений наблюдалось для железа, меди, цинка, алюминия и марганца (табл. 4.12). Содержание меди превышало норматив ПДК во всех отобранных в МТП пробах и стало максимальным с 2014 г. Диапазон концентрации на поверхности 2,3–18,1 мкг/дм^3 (18,1 ПДК, декабрь) при среднем 5,23 (5,2 ПДК), в придонном слое 2,6–7,4 мкг/дм^3 (7,4 ПДК, сентябрь) при среднем 3,97 (4,0 ПДК). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка был превышен в 88% отобранных проб. Максимум (62,0 мкг/дм^3,6,2 ПДК) наблюдался в июле на дне. Средняя концентрация цинка на поверхности составила 24,52 мкг/дм^3 (2,5 ПДК), а в придонном слое 32,55 мкг/дм^3 (3,3 ПДК). Средняя и максимальная концентрация цинка показали максимальные значения с 2014 г. Диапазон значений концентрации марганца во всем столбе воды изменялся в пределах от аналитического нуля до 71,0 мкг/дм^3 (7,1 ПДК) в сентябре на поверхности. Средняя концентрация марганца на поверхности 8,81 мкг/дм^3 (0,9 ПДК), в придонном слое 5,17 мкг/дм^3 (0,5 ПДК). Несмотря на высокую концентрацию марганца, его среднее значение за 2019 г. стало минимальным с 2014 г. Содержание железа превышало допустимую норму в 5 пробах из 18; максимум 460 мкг/дм^3(4,6 ПДК) был зафиксирован в марте на поверхности. Средняя концентрация железа во всем столбе воды составила 102,06 мкг/дм^3(1,0 ПДК). Содержание железа вернулось к уровню 2015 г. после трехлетнего роста. Концентрация алюминия превышала ПДК в 44% проб, наибольшая (78,0 мкг/дм^3,2,0 ПДК), наблюдалась в мае на поверхности. Средняя концентрация алюминия на поверхности — 33,92 мкг/дм^3 (0,85 ПДК), в придонном слое 34,5 мкг/дм^3 (0,86 ПДК). По сравнению с прошлым годом концентрация алюминия незначительно уменьшилась, но остается высокой. В 7 пробах из 18 зафиксировано присутствие кадмия, максимальная концентрация составила 0,2 мкг/дм^3 (0,02 ПДК). Концентрация кобальта и свинца находились ниже уровня аналитического определения во всех пробах. Средняя концентрация никеля 1,08 мкг/дм^3 была существенно ниже ПДК (10 мкг/дм^3).

Таблица 4.12. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3)в водах Морского торгового порта в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**3,08/4,10**	**3,70/7,80**	**3,83/7,80**	**3,68/11,7**	**4,77/12,0**	**4,8/18,1**	1
Zn, мкг/дм^3	**11,62/25,0**	**11,57/37,0**	**11,66/37,0**	**16,85/51,9**	**24,7954,0**	**27,19/62,0**	10
Mn, мкг/дм^3	**10,83/30,0**	**11,20/61,0**	**10,60/61,0**	**14,01/107,0**	**13,76/47,0**	7,59/**71,0**	10
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	96,27/**460,0**	**112,09/238,0**	**117,59/452,0**	**129,33/260,0**	**102,05/460,0**	100
Al, мкг/дм^3	Н/Д	25,7/**77,0**	27,7/**68,0**	33,11/**59,0**	35,33/**58,0**	34,11/**78,0**	40
Pb, мкг/дм^3	2,04/**6,4**	1,71/**11,0**	1,79/**12,2**	0,86/2,6	0,17/3,1	0/0	6

Выводы. Металлы были наиболее важными загрязняющими веществами акватории Морского торгового порта: медь (средняя годовая 4,80 ПДК, максимальная 18,1 ПДК — наибольшее значение с 2003 г.), цинк (2,71/6,2 ПДК) и железо (1,0/4,6 ПДК). Средняя концентрация меди стала максимальной с 2010 г, цинка — с 2003 г. Средняя концентрация железа вернулась на уровень 2015 г. после 4-х летнего роста. В отдельных случаях содержание алюминия превышало установленные нормативы. Низкие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о незначительном уровне загрязнения вод Морского торгового порта биогенными элементами. Однако, содержание фосфатного фосфора стало максимальным за последние пять лет. Кислородный режим был в пределах нормы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Морского торгового порта в 2019 г. составил 2,28, что позволяет отнести район к V классу качества, «грязные». По сравнению с прошлым годом качество вод практически не изменилось (в 2018 г. индекс ИЗВ составил 2,29) и остается высоким по сравнению с периодом 2006–2017 гг.

4.8. Северная станция аэрации

В 2019 г. на Северной станции аэрации (С2) наблюдения проводились в феврале и с мая по октябрь. Всего было отобрано 14 проб. Отбор проводился на поверхности и у дна на глубине 4 метра. Значения солености в слое поверхность-дно изменялись в пределах от 0,06‰ до 0,08‰ (табл. 4.13). Величина водородного показателя pH была в диапазоне 6,37–7,34, в среднем — 7,03. Значения показателя щелочности варьировали в интервале 0,510–0,710 ммоль/дм^3, зафиксированного в конце сентября на дне. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ превышало установленный норматив (2,1 мгO$_2$/дм^3) в 12 пробах из 14. Диапазон концентрации в поверхностном слое составлял 1,6–4,2 мгO$_2$/дм^3 (0,8–2,0 ПДК); в придонном слое — 2,5–7,5 мгO$_2$/дм^3 (1,2–3,6 ПДК). Среднее значение во всем столбе воды — 3,29 мгO$_2$/дм^3 (1,6 ПДК) стало максимальным за последние 19 лет. В 2019 г. содержание растворенного кислорода во пробах воды, отобранных в районе Северной станции аэрации с поверхностного и придонного горизонта, было в пределах нормы за исключением одной пробы 5,93 мгO$_2$/дм^{3,} отобранной на поверхности в июне. Диапазон значений составил 5,93–12,90 мгO$_2$/дм^3 на поверхности и 7,29–11,83 мгO$_2$/дм^3 у дна. Единственный случай дефицита кислорода (<70% насыщения) в 2019 г. на акватории Северной станции аэрации был зафиксирован в июне на поверхности. Перенасыщение вод кислородом (> 100%) отмечено не было.

Таблица 4.13. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северной станции аэрации в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°C)	11,61/19,99	12,39/17,96	14,14/21,76	12,30/18,69	12,52/19,23	13,27/18,92
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	0,06/0,07	0,06/0,07	0,06/0,07	0,06/0,08
Кислород* (мгO_2/дм^3)	10,14/8,45	10,16/8,35	9,73/7,56	9,84/8,46	10,00/8,09	9,08/5,93
Кислород (%)	91,39/100,9	92,97/102,70	92,33/105,50	90,21/96,40	91,80/103,52	84,31/96,2
pH	7,42/7,72	7,35/7,65	7,42/7,70	7,23/7,58	7,34/7,64	7,03/7,34
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,53/0,69	0,54/0,61	0,55/0,64	0,56/0,61	0,55/0,63	0,55/0,71
БПК$_5$ (мгO_2/дм^3)	**2,57/4,80**	2,11/**2,70**	**2,44/5,40**	**2,14/3,9**	**2,29/4,23**	**3,29/7,5**

Биогенные вещества. В 2019 г. содержание аммонийного азота в поверхностном слое изменялось в интервале от 83 мкгN/дм^3 до 775 мкгN/дм^3; в придонном слое диапазон значений составил 120–1347 мкгN/дм^3 (табл. 4.14). Максимум (3,5 ПДК) наблюдался в конце февраля. Среднее содержание аммонийного азота в слое поверхность — дно 316.93 мкгN/дм^3 (0,8 ПДК) уменьшилось по сравнению с 2018 и 2017 гг. Средняя концентрация азота нитритов во всем столбе воды 35,79 мкгN/дм^3 (1,2 ПДК) показала максимальное значение, за исключением абсолютного максимума 2014 г. На поверхности содержание нитритов изменялось в интервале 18–55 мкгN/дм^3 (2,3 ПДК), в придонном слое 23–61 мкгN/дм^3 (2,5 ПДК). В 2019 г. концентрация в воде нитратного азота (в слое поверхность — дно) изменялась в диапазоне 559–973 мкгN/дм^3; наибольшее содержание на поверхностном горизонте (963 мкгN/дм^3) и у дна (973 мкгN/дм^3) отмечалось в сентябре. Средняя и максимальная концентрации азота нитратов показали наибольшие значения за 20 лет наблюдений. В 2019 г. в районе Северной станции аэрации значение ПДК по фосфатному фосфору было превышено в 57% отобранных проб. На поверхности диапазон значений составил 16–135 мкгP/дм^3 (2,7 ПДК, июнь), в придонном слое 31–127 мкгP/дм^3 (2,5 ПДК, февраль). Средняя 66 мкгP/дм^3 (1,3 ПДК) и максимальная 135 мкгP/дм^3 (2,7 ПДК) концентрации фосфатов показали наибольшие значения за 20 лет наблюдений. Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов и показал максимальные значения. Высокие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о значительном уровне загрязнения вод Северной станции аэрации биогенными элементами.

Таблица 4.14. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Северной станции аэрации в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	424,93/ **890,0**	216,0/ **720,0**	278,64/ **708,0**	**374,0**/ **688,0**	329,71/ **775,0**	316,93/ **1347,0**	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	**40,99/ 110,0**	**31,19/ 95,6**	15,67/ **28,0**	**29,92/ 68,0**	**24,32 47,0**	**35,79/ 61,0**	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	470,0/ 860,0	250,71/ 470,0	365,14/ 581,0	437,43/ 841,0	283,57/ 513,0	559,64/ 973,0	9032
Общий азот N_{total} мкгN/дм^3	1370,0/ 2230,0	837,14/ 1140,0	1003,3/ 1836,0	1208,9/ 1987,0	1116,7/ 1835,0	1317,9/ 2423,0	
Фосфатный фосфор P-PO_4 мкгP/дм^3	15,62/ 47,0	5,74/ 12,0	12,69/ 34,0	11,51/ 25,0	20,54/ **60,0**	**66,0/ 135,0**	50
Общий фосфор P_{total} мкгP/дм^3	25,71/ 59,0	10,86/ 17,0	24,18/ 80,0	18,96/ 32,0	34,23/ 94,0	76,21/ 145,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. содержание нефтяных углеводородов в водах Северной станции аэрации изменялось на поверхности в диапазоне 0,007–0,031 мг/дм^3, при среднем 0,018 мг/дм^3, в придонном слое — 0,006–0,032 мг/дм^3, при среднем 0,017 мг/дм^3. Превышений ПДК по нефтяным углеродам зафиксировано не было. Во всех пробах воды содержание СПАВ, фенолов и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения. Очевидно, акватория Северной станции аэрации не загрязнена органическими веществами.

Металлы. В 2019 г. концентрация меди в водах Северной станции аэрации превышала норматив во всех отобранных пробах. Диапазон значений в поверхностном слое составил 1–24 мкг/дм^3 (24 ПДК, июнь), на дне — 2,1–4,1 мкг/дм^3 (4,1 ПДК, сентябрь). Средняя концентрация меди во всем столбе воды 4,61 мкг/дм^3 (4,6 ПДК) почти достигла абсолютного максимума 2016 г. (5,75 мкг/дм^3), а максимальная концентрация меди показала наибольшее значение за весь период наблюдений. В 86% проб содержание цинка превысила ПДК. На поверхности концентрация цинка изменялась в диапазоне 8,8–45,0 мкг/дм^3 (4,5 ПДК, сентябрь), в придонном слое 8,9–53,0 мкг/дм^3 (5,3 ПДК, сентябрь). В 2019 г. средняя концентрация цинка 26,96 мкг/дм^3 (2,7 ПДК) показала абсолютный максимум с 2008 г. Концентрация марганца изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 65,0 мкг/дм^3. Максимальная концентрация ингредиента (6,5 ПДК), зафиксированная в мае в поверхностном слое, стала абсолютным максимумом с 2008 г. Среднее содержание марганца 13,85 мкг/дм^3 (1,4 ПДК) понизилось по сравнению с 2018 г., но все равно остается экстремально высоким. Только в 1 пробе из 14 содержание железа превысило норматив, его концентрация изменялась в диапазоне от аналитического нуля до 110 мкг/дм^3 (1,1 ПДК, июль, дно). Средняя концентрация железа 0,6 ПДК в 2 раза уменьшилась по сравнению с экстремально высоким значением прошлого года. Превышений норматива по содержанию алюминия зафиксировано не было. Диапазон значений изменялся в интервале от аналитического нуля до 36 мкг/дм^3 (0,9 ПДК, октябрь, поверхность). Никель обнаружен в 11 пробах из 14, средняя концентрация составила 1,79 мкг/дм^3, а максимальная 8,3 мкг/дм^3 (0,8 ПДК, июнь, поверхность). Кобальт (1,1 мкг/дм^3) и хром (1,2 мкг/дм^3) были зафиксированы в одной пробе в июне, на поверхности. Содержание свинца было ниже уровня аналитического определения во всех пробах. Кадмий обнаружен в пяти пробах, средняя составила 0,18 мкг/дм^3, а максимум равнялся 1,9 мкг/дм^3 (0,2 ПДК).

Таблица 4.15. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Северной станции аэрации в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**3,38/7,1**	**3,36/10,0**	**5,75/22,9**	**2,71/4,3**	**4,08/9,6**	**4,61/24,0**	1
Zn, мкг/дм^3	**18,04/52,0**	9,61/**15,0**	**15,81/30,50**	9,44/**14,20**	**25,1662,0**	**26,96/53,0**	10
Mn, мкг/дм^3	5,62/**21,0**	**10,04/37,0**	2,51/**12,0**	**10,66/41,60**	**18,37/37,0**	**13,85/65,0**	10
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	50,57/72,0	**117,5/247,0**	85,64/**145,0**	**125,79/180,0**	60,5/**110,0**	100
Al, мкг/дм^3	Н/Д	17,21/27,0	18,2/39,0	21,43/28,0	27,78/36,0	21,36/36,0	40
Pb, мкг/дм^3	0,81/2,90	1,22/2,60	0,77/4,90	0,57/2,0	0/0	0/0	6

Выводы. Основной вклад в загрязнение вод Северной станции аэрации, как и в прошлом году, вносили металлы: медь (4,6 ПДК) и цинк (2,7 ПДК). Другим основным элементом загрязнения стало содержание легкоокисляемых органических веществ по $БПК_5$ (1,6 ПДК). Зафиксированные средние и максимальные концентрации меди, цинка и марганца находятся на экстремально высоких уровнях. Также, высокие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о значительном уровне загрязнения вод Северной станции аэрации биогенными элементами. Средняя 559 мкгN/дм^3 и максимальная 973 мкгN/дм^3 концентрации азота нитратов показали наибольшие значения за 20 лет наблюдений. Средняя 66 мкгР/дм^3 (1,3 ПДК) и максимальная 135 мкгР/дм^3 (2,7 ПДК) концентрации фосфатов показали наибольшие значения с 2000 г. Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов и также показал максимальные значения. Кислородный режим был практически в пределах нормы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Северной станции аэрации в 2019 г. составил 2,38, что относит район к V классу качества, «грязные». По сравнению с прошлым годом качество вод ухудшилось (в 2018 г. индекс ИЗВ составил 2,26) Снижение качества вод, в первую очередь, было определено ростом среднегодовой концентрации меди и цинка.

4.9. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива

В 2019 г. гидрохимическая съемка курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива проводились в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь на станциях 19а и 20а (рис. 4.11). Отбор проб осуществлялся с поверхностного горизонта; всего было отобрано 12 проб. В 2019 г. средняя температура воды 16,75 °С показала максимальное значение с 2014 г. Значения солености изменялись в пределах 0,12–1,96‰ (ст. 19а, июль) при среднем 0,6‰ (табл. 4.16). Величина водородного показателя pH варьировала в диапазоне 6,66–7,59, в среднем — 7,16. Водородный показатель повысился относительно минимального уровня 2018 г., но остается ниже среднего пятилетнего значения. Значения показателя щелочности, оставаясь на уровне прошлых лет; изменялись в интервале от 0,554 ммоль/дм^3 до максимального 0,909 ммоль/дм^3, зафиксированного в июле на ст.№19а при среднем 0,66 ммоль/дм^3. В 67% проб содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ превысило ПДК (2,1 мгO$_2$/дм^3). Диапазон концентрации составил от 1,5 мгO$_2$/дм^3 (июль, ст.№19а) до 4,8 мгO$_2$/дм^3 (2,3 ПДК, конец августа, ст.№19а); в среднем 2,93 мгO$_2$/дм^3 (1,4 ПДК), что является максимальной величиной за последние пять лет. В 2019 году во период наблюдений кислородный режим был удовлетворительным. Во всех отобранных пробах значения кислорода соответствовали установленным нормам и изменялись в пределах от 6,07 (июль, ст.№19а) до 11,07 мгO$_2$/дм^3 (май, ст.№19а) при среднем 9,39 мгO$_2$/дм^3. Единственный случай дефицита кислорода (<70% насыщения) в 2019 г. был зафиксирован в июле на ст.№19а. Перенасыщение вод кислородом (> 100%) было отмечено в одной пробе на ст. №19а в мае и в двух пробах на ст.№20а в мае и июне.

Рис. 4.11. *Станции мониторинга морской среды в восточной части Финского залива в 2019 г.*

Таблица 4.16. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	14,76/20,60	14,93/18,20	14,57/21,8	15,39/20,5	16,04/21,7	16,75/20,7
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	1,19/3,26	0,32/0,71	0,43/0,88	0,60/1,96
Кислород* (мгO_2/дм^3)	10,70/8,95	10,0/8,87	9,62/8,33	10,15/8,92	10,01/8,55	9,39/6,07
Кислород (%)	105,34/130,2	98,61/110,5	94,63/113,8	101,29/121,5	102,26/135,7	96,48/114,9
pH	7,53/8,53	7,49/8,58	7,37/7,61	7,19/7,70	7,11/7,35	7,16/7,59
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,63/0,78	0,60/0,70	0,72/1,08	0,60/0,68	0,60/0,71	0,66/0,91
БПК$_5$ (мгO_2/дм^3)	**2,23/4,0**	**2,21/3,3**	**2,27/4,0**	**2,26/4,5**	2,0/**3,8**	**2,93/4,8**

Биогенные вещества. В 2019 г. во всех пробах, отобранных в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива, концентрация аммонийного азота не превышала допустимых значений. Содержание ингредиента изменялось в интервале от минимально определяемого значения до 260,0 мкгN/дм^3 (июль, ст.№19а) при среднем 94,17 мкгN/дм^3. Среднее содержание аммонийного азота увеличилось по сравнению с минимумом 2018 г. в 6 раз и стало максимальным за последние пять лет. Значения концентрации азота нитритов изменялись в диапазоне 4,4–21,0 мкгN/дм^3 (0,9 ПДК, октябрь, ст.№19а). Среднее значение за период наблюдений — 9,38 мкгN/дм^3, что существенно ниже ПДК (24 мкгN/дм^3). В 2019 г. во всех отобранных пробах средняя и максимальная концентрации ингредиента не превышала ПДК, однако показали значения выше предыдущих 5 лет. В 2019 г. концентрация в воде нитратного азота изменялась в диапазоне 7–850 мкгN/дм^3 (май, ст.№19а) при среднем 208,8 мкгN/дм^3. В целом, содержание ингредиента оставалось на уровне прошлых лет, не превышая ПДК. Концентрация фосфатного фосфора изменялась в диапазоне от минимально определяемого значения (DL=5 мкгР/дм^3) до 40 мкгР/дм^3 (0,8 ПДК, сентябрь, ст.№19а). Несмотря на то, что превышения ПДК по фосфатному фосфору зафиксировано не было, его концентрация существенно выросла по сравнению с предыдущей пятилеткой. Годовой ход общего фосфора практически идентичен динамике фосфатов. Низкие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о несущественном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива.

Таблица 4.17. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	52,17/180,0	50,92/230,0	78,17/214,0	18,17/100,0	16,08/59,0	94,17/260,0	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	7,92/15,0	3,69/14,3	7,03/17,0	8,9/15,0	8,28/20,0	9,38/21,0	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	198,67/ 390,0	106,08/ 320,0	218,5/420,0	222,5/521,0	175,95/ 408,20	208,83/ 481,0	9032
Общий азот N_{total} мкгN/дм^3	791,67/ 1290,0	590,83/ 790,0	736,83/ 1073,0	736,42/ 1436,0	741,98/ 1261,80	742,33/ 1068,0	
Фосфатный фосфор P-PO_4 мкгР/дм^3	5,11/20,0	1,61/7,3	9,23/22,0	5,22/18,0	6,69/33,06	17,32/40,0	50
Общий фосфор P_{total} мкгР/дм^3	11,63/26,0	5,2/12,0	18,72/31,0	14,86/30,0	14,27/43,80	28,75/47,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. только в одной пробе из 12, содержание нефтяных углеводородов было ниже уровня определения. Диапазон содержания ингредиента составил от предела обнаружения до 0,019 мг/дм^3 (0,4 ПДК, июль, ст.№19а) при среднем

0,012 мг/дм^3. Превышения ПДК по нефтяным углеводородам зафиксировано не было. В 83% проб содержание фенола было ниже уровня определения. В 2 сентябрьских пробах концентрация фенола показала значащие величины на уровне аналитического нуля — 0,1 мкг/дм^3 (ст.№19а, ст.№20а). Единственная значащая концентрация СПАВ 103 мкг/дм^3 (1,0 ПДК) была зафиксирована в мае на ст.№20а. В остальных случаях содержание ингредиента было ниже уровня определения. Присутствие хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ не было отмечено. Очевидно, акватория Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива не загрязнена органическими веществами.

Металлы. В 2019 г. в 50% проб было зафиксировано превышение ПДК (5 мкг/дм^3) по содержанию меди. Диапазон концентрации составил 2,8–16,5 мкг/дм^3 (табл. 4.18). Максимальное значение 3,3 ПДК (для морских вод) зафиксировано на ст.№20а в сентябре. Среднее значение содержания меди за период наблюдений — 6,33 мкг/дм^3 (1,3 ПДК) уменьшилось по сравнению с максимумом 2018 г. и приблизительно соответствует среднему многолетнему уровню. Концентрация цинка изменялась в диапазоне 7,2–31,0 мкг/дм^3, при среднем 18,8 мкг/дм^3. Максимальное значение (0,6 ПДК) зафиксировано в мае на ст.№20а. Превышения ПДК (для морских вод) по цинку в 2019 г. не отмечено. Концентрация марганца изменялась в диапазоне от предела обнаружения до 170 мкг/дм^3 (3,4 ПДК), зафиксированного в июле на ст.№19а. Среднее содержание ингредиента за период наблюдений составило 23,85 мкг/дм^3 (0,5 ПДК). Превышение ПДК по марганцу отмечено в одном случае. В четырех пробах концентрация железа была ниже предела обнаружения, в остальных случаях было отмечено превышение ПДК ингредиента, диапазон значений составил 51–280 мкг/дм^3, при среднем 79,67 мкг/дм^3. Максимальное содержание железа (5,6 ПДК) было зафиксировано в июне на ст.№20а. В целом, и средняя и максимальная концентрации железа показали минимальные значения с 2015 г. В 2019 г. концентрация алюминия изменялась в диапазоне от предела обнаружения до 65 мкг/дм^3 (1,6 ПДК), зафиксированного в мае на ст.№19а. Среднее содержание ингредиента за период наблюдений составило 23,67 мкг/дм^3 (0,6 ПДК). Содержание никеля изменялось в диапазоне от предела обнаружения до 5,2 мкг/дм^3 (0,5 ПДК, сентябрь, ст.№20а) при среднем 1,4 мкг/дм^3 (0,1 ПДК). Концентрация свинца, кобальта и хрома была ниже уровня определения.

Таблица 4.18. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	**3,28/5,9**	**5,22/9,4**	**6,58/21,2**	**6,68/13,3**	**11,38/30,0**	**6,33/16,5**	5
Zn, мкг/дм^3	6,91/19,0	9,23/18,0	35,03/**88,0**	9,47/16,5	24,68/**74,0**	18,18/31,0	50
Mn, мкг/дм^3	6,54/27,0	15,28/**57,0**	36,49/**147,0**	10,66/33,0	11,93/36,0	23,85/**170,0**	50
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	**108,42/258,0**	**284,67/1279,0**	**305,08/1190,0**	**146,3/400,0**	**79,67/280,0**	50
Al, мкг/дм^3	Н/Д	25,67/**57,0**	**46,4/105,0**	29,25/**69,0**	28,7/**51,0**	23,67/**65,0**	40
Pb, мкг/дм^3	0,64/5,7	1,17/2,0	3,6/**19,0**	0,86/2,3	0/0	0/0	10

Выводы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2019 г. был рассчитан по среднегодовым значениям концентрации железа (1,6 ПДК), легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ (1,4 ПДК), меди (1,3 ПДК) и кислорода (0,60). Среднее концентрация железа показало минимальное значение с 2015 г. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ стало максимальным с 2008 г. после абсолютного минимума 2018 г. Содержание меди находится на среднем многолетнем уровне. Низкие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о несущественном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива. В отличие от прошлого 2018 г., отмечено присутствие фенола, синтетических активных поверхностных веществ и нефтяных углеводородов. Во всех отобранных пробах значения кислорода соответствовали установленным нормам. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2019 г. составил 1,22, что относит район к III классу качества, «умеренно-загрязненные». Это минимальный показатель за последние два года. Улучшение гидрохимического состояния вод произошло за счет существенного уменьшения содержания железа в водах района, показавшего минимальное значение с 2015 г.

4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива

В 2019 г. гидрохимическая съемка мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в сентябре на ст.№19, 20, 21, 22, 24 и 26. Отбор проб осуществлялся с разных горизонтов. Всего было отобрано 20 проб. Средняя температура воды по всем станциям показала 17,63 °C (табл. 4.19). В поверхностном слое значение солености вод изменялось в диапазоне от 0,25‰ до 1,23‰, в придонном слое от 0,69 до 3,86‰, зафиксированного в придонном слое на ст.№22. Среднее значение во всем столбе воды (1,35‰) было на уровне прошлых лет. Величина водородного показателя pH была в диапазоне 7,49–8,26, в среднем — 7,95, что соответствует средним многолетним показателям за исключением минимального значения 2018 г. Значения щелочности воды варьировали в интервале от 0,62 ммоль/дм^3(ст.№20) до максимального 1,19 ммоль/дм^3, зафиксированного в придонном слое на ст.№24. Анализ содержания легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ не проводился. Кислородный режим в данном районе в течение всего года был удовлетворительным. Во всех пробах значение кислорода соответствовало установленным нормам и изменялось на поверхности в пределах 8,82 (ст.№20) — 9,53 мгO$_2$/дм^3 (ст.№26), в придонном слое от 4,51 (ст.№22) до 9,05 мгO$_2$/дм^3 (ст.№26). На поверхности диапазон значений насыщения вод кислородом изменялся в пределах 93,5 (ст.№20) — 100,0% (ст.№24), в придонном горизонте 46,6(ст.№22) — 96,0% (ст.№26). Среднее насыщение кислородом во всем столбе воды составило 86,4%, что соответствует норме.

Таблица 4.19. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°C)	13,57/24,9	13,71/19,8	5,97/7,99	18,75/19,67	19,82/20,24	17,63/18,2
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	2,0/3,56	0,59/2,88	1,28/2,58	1,35/3,86
Кислород* (мгO$_2$/дм^3)	8,63/**4,69**	9,08/**3,76**	10,58/8,23	8,62/**5,69**	8,31/**5,72**	8,19/**4,52**
Кислород (%)	83,27/119,4	85,63/115,5	86,03/99,8	92,53/113,2	91,55/111,2	86,38/100,0
pH	7,36/7,82	7,55/7,86	7,56/7,66	7,76/8,32	6,85/7,41	7,95/8,26
Щелочность (ммоль/дм^3)	0,86/1,41	0,74/1,23	0,87/1,11	0,63/1,10	0,79/1,03	0,79/1,19
БПК$_5$ (мгO$_2$/дм^3)	Н/Д	**2,37/3,9**	1,33/1,5	Н/Д	Н/Д	Н/Д

Биогенные вещества. В 2019 г. содержание аммонийного азота на поверхности было ниже предела обнаружения (DL=20,0 мкгN/дм^3) в 4 пробах из 6 и изменялось в диапазоне 23–33 мкг/дм^3. В придонном горизонте содержание ингредиента изменялось от аналитического нуля до 236 мкгN/дм^3, зафиксированного на ст.№21. Содержание аммонийного азота вернулось на уровень 2015 г. после 3-х летнего спада. Превышение ПДК ингредиента отмечено не было. Концентрация нитритного азота была выше предела обнаружения во всех пробах. На поверхности диапазон значений составил 5,4–14 мкгN/дм^3 (0,6 ПДК) при среднем 9,2 мкгN/дм^3. В придонном горизонте содержание ингредиента изменялось от 4,9 мкгN/дм^3 до максимального 48 мкгN/дм^3 (2,0 ПДК), зафиксированного на ст.№22. Среднее содержание нитритного азота во всем столбе воды составило 11,49 мкгN/дм^3 (0,48 ПДК). И среднее и максимальное значение содержания нитритного азота показали максимальные величины с 2009 г. Содержание нитратного азота изменялось в диапазоне 16–131 мкгN/дм^3 на поверхности; в придонном горизонте 26–81 мкгN/дм^3. Среднее значение ингредиента во всем столбе воды составило 58,9 мкгN/дм^3, превышения ПДК зафиксировано не было. Содержание фосфатного фосфора изменялось в пределах от минимально определяемой величины в восьми пробах (DL=5,0 мкг/дм^3) до 20 мкгP/дм^3 (0,4 ПДК, ст.№19) на поверхностном горизонте, и от 5 мкгP/дм^3 до 43 мкгP/дм^3 (0,86 ПДК, ст.№21) в придонном слое. Несмотря на то что превышения ПДК зафиксировано не было, содержание фосфатного фосфора находится на высоком уровне по сравнению с предыдущими годами. Содержание общего фосфора соответствует многолетнему значению. Низкие значения концентрации азото- и фосфоросодержащих ингредиентов свидетельствует о несущественном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод Мелководной зоны восточной части Финского залива.

Таблица 4.20. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный $N\text{-}NH_4$ мкгN/дм^3	33,73/67,0	55,15/ 260,0	8,07/39,0	26,27/ 148,0	25,8/113,0	55,2/236,0	389
Азот нитритов $N\text{-}NO_2$ мкгN/дм^3	5,20/15,0	8,11/18,0	7,61/15,0	10,41/20,0	6,52/14,0	11,49/**48,0**	24
Азот нитратов $N\text{-}NO_3$ мкгN/дм^3	88,94/ 290,0	141,95/ 430,0	204,6/ 258,0	110,4/218,0	46,6/140,0	58,87/ 131,0	9032
Общий азот N_{total}	485,56/ 790,0	548,10/ 960,0	576,27/ 684,0	526,2/ 639,0	525,73/ 730,0	565,8/ 755,0	
Фосфатный фосфор $P\text{-}PO_4$	4,68/22,0	5,8/27,0	9,7/20,0	15,74/**59,0**	7,61/33,00	10,87/43,0	50
Общий фосфор P_{total}	8,24/25,0	8,64/33,0	20,55/39,0	25,03/83,0	19,67/54,0	19,79/62,0	

Органические загрязняющие вещества. Во всех отобранных пробах концентрация нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ была на уровне и ниже предела чувствительности метода определения. Присутствие хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ зафиксировано не было. Очевидно, акватория Мелководной зоны восточной части Финского залива. не загрязнена органическими веществами.

Металлы. В 2019 г. основными загрязняющими ингредиентами среди металлов стали марганец, медь и цинк. Концентрация марганца на поверхности изменялась в диапазоне 20,3–54 мкг/дм^3 (1,1 ПДК, ст.№22); в придонном слое — 11,2–110 мкг/дм^3 (2,2 ПДК, ст.№22). Средняя концентрация ингредиента во всем столбе воды — 45,78 мкг/дм^3 (0,92 ПДК). Начиная с 2016 г., отмечается повышение концентрации марганца. В 2019 г. во всех пробах не было зафиксировано превышение ПДК по меди. Диапазон значений в поверхностном слое находился в пределах 1,5–2,4 мкг/дм^3 (0,48 ПДК, ст.№26), в придонном слое — от аналитического нуля до 1,9 мкг/дм^3 (0,38 ПДК, ст.№26). Среднее значение ингредиента во всем столбе воды 1,63 мкг/дм^3 (0,33 ПДК) показало минимальное значение с 1999 г. Концентрация цинка в поверхностном горизонте изменялась от аналитического нуля до 9,51 мкг/дм^3, в придонном горизонте — от 5,7 до 10,8 мкг/дм^3; средняя концентрация во всем столбе воды — 8,25 мкг/дм^3. стала минимальной с 2014 г. Превышение ПДК по цинку зафиксировано не было. Диапазон значений концентрации алюминия находился в пределах от аналитического нуля до 20 мкг/дм^3 (0,5 ПДК, ст.№26) при среднем 7,92 мкг/дм^3. Превышение ПДК по алюминию зафиксировано не было. В 2019 г. во всех отобранных пробах концентрация железа, свинца, хрома и никеля была ниже уровня определения использованных методик.

Таблица 4.21. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	2,87/**8,2**	3,36/**8,3**	1,6/2,3	3,69/**7,4**	**8,74/23,5**	1,63/2,4	5
Zn, мкг/дм^3	4,98/14,9	9,18/19,0	10,16/12,7	11,3/29,8	12,63/21,6	8,25/15,3	50
Mn, мкг/дм^3	3,22/15,0	**72,29/343,0**	7,98/14,9	17,03/**81,7**	35,96/**190,0**	45,78/**110,0**	50
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	24,25/**85,0**	33,58/**106,0**	7,0/26,0	0/0	0/0	50
Al, мкг/дм^3	Н/Д	19,0/**56,0**	2,1/13,0	6,5/15,0	4,58/17,0	7,92/20,0	40
Pb, мкг/дм^3	0,58/2,6	0,0/0,0	0,67/2,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0/0	10

Выводы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Мелководной зоны восточной части Финского залива в 2019 г., был рассчитан по среднегодовым значениям концентрации марганца (0,92 ПДК), азота нитритов (0,48 ПДК), меди (0,33 ПДК) и кислорода (0,73) и составил 0,61 (II класс, «чистые»). Признаков эвтрофикации вод района не обнаружено, а средняя концентрация аммонийного, нитратного и нитритного азота, а также минерального фосфора не превышала нормативы. Присутствие органических загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, пестицидов, фенола и СПАВ) не отмечено. Очевидно, воды Мелководной зоны восточной части Финского залива. не загрязнены органическими веществами. Среднегодовая концентрация меди показала минимальное значение с 1999 г. Содержание цинка стало минимальным с 2015 г. за последние 5 лет. Кислородный режим был в пределах нормы, среднее (8,19) превышало установленный норматив. В двух случаях было отмечено содержание ниже норматива. Качество вод улучшилось по сравнению с предыдущим годом 2018 г., когда ИЗВ составил 0,87 (III класс, «умеренно-загрязненные воды»). Улучшение качества вод произошло за счет уменьшения концентрации меди.

4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива

В 2019 г. гидрохимическая съемка глубоководной зоны восточной части Финского залива проводилась в сентябре на ст.№1,2,3,4 и в августе на ст.№А.Всего было отобрано 35 проб с разных горизонтов. В Средняя температура воды на поверхности составила 17,34 °C, в придонном слое — 5,5 °C. На поверхности диапазон значений солености составил 3,02–4,943‰, в придонном слое 5,03–7,94‰ (табл. 4.22). Как и в прошлых годах, максимальные значения солености были зафиксированы на самой западной станции №4. С увеличением глубины значение солености возрастало, что объясняется притоком солоноватых вод из центральной части залива. Величина водородного показателя pH была в диапазоне 7,35–8,31 на поверхности, в придонном горизонте 7,25–7,46, в среднем, во всем столбе воды — 7,76, что соответствует среднему многолетнему показателю после минимума 2018 г. Значения показателя щелочности варьировали в интервале 1,04–1,30 ммоль/дм^3 на поверхности, 1,35–1,62 ммоль/дм^3 на дне, в среднем, во всем столбе воды 1,33 ммоль/дм^3. Анализ содержания легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ не проводился. В целом, кислородный режим вод Глубоководного района восточной части Финского залива был удовлетворительным. На всех станциях района в поверхностном горизонте значение кислорода не выходило за пределы норматива. Диапазон значений на поверхности составил 8,53–9,69 мгO$_2$/дм^3, при среднем 9,15 мгO$_2$/дм^3. В придонном горизонте все значения концентрации кислорода были ниже допустимой нормы, диапазон составил 3,34–5,47 мгO$_2$/дм^3. Минимум наблюдался на ст№4 на глубине 61 м. Дефицит кислорода наблюдался в 30% проб также на промежуточных горизонтах почти всех станций. Среднее значение содержания кислорода во всем столбе воды составило 7,21 мгO$_2$/дм^3. На поверхности случаев дефицита кислорода (<70% насыщения) в 2019 г. зафиксировано не было;

перенасыщение вод кислородом (>100%) вод кислородом наблюдалось на ст№4 (104,0%). На дне, во всех пробах зафиксирован дефицит кислорода, диапазон значений составил 27,1–45,1%. Среднее насыщение кислорода во всем столбе воды составило 70,98%.

Таблица 4.22. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°C)	9,98/23,10	12,67/19,0	7,35/9,10	12,12/19,24	12,23/20,24	12,58/17,65
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	4,65/8,27	3,71/6,53	4,17/7,08	4,83/7,94
Кислород* (мгO_2/дм^3)	7,99/**1,86**	7,99/**4,92**	8,78/**3,40**	7,33/**3,86**	6,72/**3,02**	7,21/**3,35**
Кислород (%)	71,65/102,4	66,03/102,9	75,69/97,1	70,93/104,0	65,14/104,1	70,98/105,8
pH	7,56/8,64	7,58/7,82	7,60/7,78	7,75/8,34	7,39/7,9	7,76/8,31
Щелочность (ммоль/дм^3)	1,31/1,65	1,20/1,46	1,28/1,61	1,24/1,62	1,36/1,71	1,33/1,62

Биогенные вещества. В 40% проб, отобранных на разных горизонтах, концентрация аммонийного азота была ниже предела обнаружения (DL=20 мкг/дм^3). Диапазон значащей концентрации ингредиента во всем столбе воды составил 23–84 мкгN/дм^3 при среднем 19,62 мкгN/дм^3 (табл. 4.23). Максимальное содержание аммонийного азота было зафиксировано на ст№А в придонном горизонте. Несмотря на то, что превышение ПДК зафиксировано не было, среднее значение содержания аммонийного азота стало максимальным с 2012 г. На поверхности диапазон содержания нитритного азота составил 1,0–2,8 мкгN/дм^3 (ст.№4), в придонном слое 1,2–8,7 мкгN/дм^3 (ст.№А). Среднее содержание ингредиента 2,83 мкгN/дм^3 соответствует многолетнему уровню. Превышение ПДК по нитритному азоту зафиксировано не было. Концентрация нитратного азота на поверхности составила 5–26 мкгN/дм^3 (ст.№1), у дна — 158–233 мкгN/дм^3 (ст.№2). Среднее содержание ингредиента во всем столбе воды 101,92 мкгN/дм^3 показало максимальное значение с 2011 г., почти в два раза превысив среднее многолетнее. Превышение ПДК по нитратному азоту зафиксировано не было. В поверхностном слое была зафиксирована только одна проба со значащей концентрацией фосфатов 17 мкгP/дм^3 (ст№А), остальные были ниже предела обнаружения (DL=5 мкг/дм^3). У дна значения находились в диапазоне 33–122 мкгP/дм^3. Превышение ПДК (2,4 ПДК) было зафиксировано в придонном горизонте на ст.№3. Среднее содержание фосфатного фосфора 29,7 мкгP/дм^3 (0,6 ПДК)показало максимальное значение с 2007 г. Содержание общего фосфора на поверхности менялось от 7,5 мкгP/дм^3 до 17 мкгP/дм^3 (ст.№А), у дна — 37–129 мкгP/дм^3 (ст.№3).

Таблица 4.23. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	14,45/48,0	13,58/63,0	9,15/41,0	12,42/51,0	5,85/38,0	19,62/84,0	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	1,64/7,3	3,96/8,8	1,7/12,0	5,03/**28,00**	3,31/11,0	2,83/8,7	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	51,30/ 170,0	54,73/ 220,0	99,0/164,0	55,04/153,0	55,69/127,0	101,92/ 241,0	9032
Общий азот N_{total}	431,54/ 870,0	436,54/ 620,0	458,35/ 553,0	427,08/ 679,0	457,27/ 579,0	553,04/ 897,0	
Фосфатный фосфор P-PO_4	14,14/**73,0**	9,55/36,0	26,75/**93,0**	17,319/ **86,0**	24,62/**95,0**	29,70/ **122,0**	50
Общий фосфор P_{total}	19,83/85,0	12,70/44,0	45,81/131,0	23,10/100,0	32,20/108,0	38,02/129,0	

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. на всех станциях Глубоководного района восточной части Финского залива содержание нефтяных углеводородов находилось в диапазоне 0,007–0,009 мг/дм^3, у дна 0,006–0,009мг/дм^3. Превышение ПДК (0,05 мг/дм^3) зафиксировано не было. Содержание фенола, СПАВ, а также хлорорганических пестицидов было ниже предела чувствительности метода определения.

Металлы. Концентрация меди в Глубоководном районе восточной части Финского залива в период проведения гидрохимической съемки на поверхности изменялась в диапазоне от 1,3–3,3 мкг/дм^3 (0,7 ПДК, ст.№А), в придонном горизонте — от аналитического нуля до 2,8 мкг/дм^3 (0,6 ПДК, ст.№А). Средняя концентрация меди во всем столбе воды составила 1,51 мкг/дм^3 (0,3 ПДК). Начиная с 2015 г. уровень средней концентрации меди находится ниже среднего многолетнего значения. В поверхностном слое концентрация цинка изменялась в пределах от предела обнаружения до 9,8 мкг/дм^3 (0,2 ПДК, ст.№3), в придонном слое — 0–21,9 мкг/дм^3 (0,44 ПДК, ст.№4). По имеющимся данным в 2019 г. среднее содержание цинка 5,52 мкг/дм^3 показало абсолютный минимум. Среднее содержание марганца в глубоководном районе превысило уровень ПДК в 50% проб. Диапазон значений на поверхности составил 0–50,0 мкг/дм^3 (1 ПДК, ст.№1) и 110–470 мкг/дм^3 (9,4 ПДК, ст.№1) — на дне. Концентрация марганца во всем столбе воды составила 175,31 мкг/дм^3 (3,51 ПДК). Как и в прошлом году марганец стал основным загрязняющим веществом в 2019 г., его концентрация стала максимальной за последние 20 лет. Концентрация никеля в семи пробах была ниже DL=1,0 мкг/дм^3, в остальных четырех варьировала до 2,4 мкг/дм^3 (0,2 ПДК). Во всех отобранных в районе пробах концентрация железа, алюминия, свинца, кобальта, кадмия, хрома и ртути была ниже предела обнаружения использованных методик.

Таблица 4.24. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	3,85/**9,20**	1,94/3,40	1,01/1,10	2,47/3,7	0,37/2,6	1,51/3,3	5
Zn, мкг/дм^3	6,61/21,60	6,56/7,80	7,87/12,20	6,4/9,70	12,84/24,1	5,52/21,9	50
Mn, мкг/дм^3	5,06/**55,0**	**106,9/239,0**	7,03/21,0	45,31/**232,0**	**105,4/360,0**	**175,31/470,0**	50
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	2,2/10,0	0,0/0,0	Н/Д	0,0/0,0	0,0/0,0	50
Al, мкг/дм^3	Н/Д	3,8/8,0	0,0/0,0	Н/Д	0,0/0,0	0,0/0,0	40
Pb, мкг/дм^3	0,50/3,20	0,0/0,0	0,2/2,0	Н/Д	0,0/0,0	0,0/0,0	10

Выводы. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2019 г., был рассчитан по среднегодовым значениям концентрации марганца (3,51 ПДК), фосфатов (0,59 ПДК) и меди (0,30 ПДК). Значение индекса составило 1,31, что относит воды района к IV классу и характеризует их как «загрязненные». По сравнению с предыдущим годом, когда ИЗВ составил 0,93 (III класс, «умеренно-загрязненные»), отмечается ухудшение качество вод в первую очередь за счет роста содержания марганца. Средняя концентрация марганца в водах залива достигла абсолютного максимума. Максимальная и средняя концентрация аммонийного и нитритного азота, а также минерального фосфора на поверхности не превышала нормативы и свидетельствует о несущественном влиянии биогенных элементов на уровень загрязнения вод. Высокое содержание фосфатов в придонных водах определяется притоком глубинных морских вод из центральной Балтики. Присутствие органических загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, пестицидов, фенола и СПАВ) не отмечено. Кислородный режим в поверхностном слое вод был в пределах нормы (8,5–9,69 мгO_2/дм^3), а на придонном и промежуточных горизонтах наблюдается существенный дефицит растворенного кислорода, диапазон значений составил 3,34–5,47 мгO_2/дм^3.

4.12. Копорская губа

В 2019 г. гидрохимическая съемка Копорской губы была выполнена в начале сентября с двух станциях на разных горизонтах. Всего было отобрано 9 проб. На ст.№3к с глубиной 13 м температура на поверхности 17,9 °С практически не отличалась от температуры на дне 17,65 °С, в то время как на ст.№6к с глубиной 26 м, температура изменялась от 17,65 °С на поверхности до 14,52 °С. Среднее значение солености по двум станциям на поверхности составило 4,21‰, на дне — 4,26‰. Максимальное значение солености 4,48‰ было отмечено на ст.№6к в придонном горизонте. Во всех пробах величина водородного показателя **(**7,89–8,21) не выходила за рамки нормативной величины (6,5<pH<8,5), вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными. Также, были отмечены минимальные различия в показателях щелочности на поверхности (1,20–1,24 ммоль/дм^3) и в придонном горизонте (1,22–1,24 ммоль/дм^3). Анализ содержания легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ не проводился. Кислородный режим вод района был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода отмечено не было. Среднее содержание кислорода на поверхности 9,13 мгО$_2$/дм^3, на дне 7,58 мгО$_2$/дм^3. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) отмечено не было. Насыщение вод кислородом ниже нормы (70%) зафиксировано на ст.№6к в придонном горизонте — 64,7%, среднее насыщение кислорода в слое поверхность-дно составило 90,48%.

Таблица 4.25. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	11,22/21,6	15,68/17,90	7,94/8,42	17,10/19,4	15,55/21,0	17,25/17,9
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	4,12/4,93	2,89/3,71	3,21/4,97	4,29/4,48
Кислород* (мгО$_2$/дм^3)	8,21/6,27	7,31/**3,46**	9,46/6,66	7,95/6,22	7,55/**4,57**	8,50/6,43
Кислород (%)	74,94/100,0	74,93/103,6	81,7/95,7	84,05/98,0	81,05/102,4	90,48/99,4
pH	7,56/8,21	7,40/7,58	7,50/7,6	7,92/8,17	7,72/7,95	8,17/8,29
Щелочность (ммоль/дм^3)	1,20/1,44	1,12/1,33	1,22/1,33	1,14/1,29	1,14/1,48	1,22/1,24

Биогенные вещества. На ст.№3к присутствие аммонийного азота на всех горизонтах отмечено не было. На ст.№6к его содержание в слое поверхность-дно изменялось в диапазоне 32–66 мкгN/дм^3. Среднее содержание по станциям составило 24,67 мкгN/дм^3, что существенно ниже ПДК(389 мкгN/дм^3). Случаев нарушения норматива (24 мкгN/дм^3) по содержанию азота нитритного в водах губы зафиксировано не было. Концентрация нитритов в слое поверхность-дно находилась в пределах 1,5–3,2 мкгN/дм^3, при среднем 2,02 мкгN/дм^3. Максимальное значение ингредиента зафиксировано на ст.№6к в придонном слое на глубине 26 м. Во всех пробах содержание нитратного азота было значительно меньше ПДК (9032 мкгN/дм^3). Концентрация менялась в диапазоне от 11 до 19 мкгN/дм^3 на поверхности, у дна — в интервале 23–36 мкгN/дм^3. По сравнению со средним многолетним значением содержание нитратного азота 20 мкгN/дм^3 находится на рекордно низком уровне. На ст.№3к присутствие фосфорного фосфата обнаружено не было. На ст.№6к содержание ингредиента в слое поверхность-дно изменялось в диапазоне 7,5–14,0 мкгP/дм^3. Среднее содержание ингредиента 3,58 мкгP/дм^3 стало минимальным за последние 20 лет. Содержание общего фосфора на двух станциях в слое поверхность-дно менялось от 9,0 до 20 мкгP/дм^3, максимум был зафиксирован на ст.№6к на придонном горизонте. Очевидно, воды Копорской губы не загрязнены биогенными веществами — концентрация всех биогенных элементов была существенно ниже ПДК.

Таблица 4.26. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Копорской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH_4 мкгN/дм^3	15,44/47,0	15,33/39,0	3,67/22,0	26,0/45,0	3,67/22,0	24,67/66,0	389
Азот нитритов N-NO_2 мкгN/дм^3	2,18/6,7	10,53/21,0	1,3/1,9	5,95/**27,0**	3,22/4,5	2,02/3,2	24
Азот нитратов N-NO_3 мкгN/дм^3	55,33/120,0	64,83/160,0	107,67/125,0	17,33/49,0	25,83/118,0	20,0/36,0	9032
Общий азот N_{total}	437,78/ 560,0	386,67/ 560,0	489,83/ 513,0	511,83/ 558,0	479,33/ 576,0	479,67/ 537,0	
Фосфатный фосфор P-PO_4	10,42/27,0	8,0/27,0	27,83/42,0	4,68/23,0	8,03/41,0	3,58/14,0	50
Общий фосфор P_{total}	14,64/33,0	11,45/33,0	45,67/59,0	15,25/33,0	15,95/47,0	12,48/20,0	

Органические загрязняющие вещества. Во всех пробах содержание нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов находилось на уровне предела чувствительности использованных методов химического анализа.

Металлы. В двух пробах из четырех концентрация марганца превысила норматив (ПДК=50 мкг/дм^3). На поверхности концентрация ингредиента изменялась от 48 мкг/дм^3 (ст.№6к) до 56 мкг/дм^3 (1,1 ПДК ст.№3к), на дне — от 22,7 мкг/дм^3 (ст.№3к) до 140 мкг/дм^3 (2,8 ПДК ст.№6к). Содержание марганца понизилось по сравнению с прошлым годом, но остается на экстремально высоком уровне. Как и в прошлом году, марганец является основным загрязняющим веществом вод Копорской губы. Концентрация меди зафиксирована на уровне, близком к аналитическому нулю (DL=1 мкг/дм^3). Начиная с 2014 г. содержание меди держится на низком уровне. Содержание цинка на поверхности составило 5,8 мкг/дм^3 (ст.№3к) и 6,6 мкг/дм^3 (ст.№6к). Присутствие цинка в придонном горизонте зафиксировано не было. Зафиксированная средняя концентрация цинка вод Копорской губы стала минимальной за 20 лет. Содержание железа, алюминия, свинца, никеля, кобальта, хрома, ртути и свинца во всех пробах было ниже предела определения использованных методик.

Таблица 4.27. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Копорской губы в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	3,57/**7,9**	1,85/2,4	1,1/1,4	1,73/2,9	0,0/0,0	0,88/1,3	5
Zn, мкг/дм^3	4,11/7,5	6,63/7,7	5,7/8,4	8,45/16,0	13,4/26,4	3,1/6,6	50
Mn, мкг/дм^3	0,94/4,4	**212,0/682,0**	3,08/3,8	**62,53/209,0**	**92,93/250,0**	**66,68/140,0**	50
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	3,25/11,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	50
Al, мкг/дм^3	Н/Д	3,75/5,0	0,0/0,0	0,0/0,0	3,25/13,0	0,0/0,0	40
Pb, мкг/дм^3	2,05/2,1	0,5/2,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	10

Выводы. Индекс загрязненности вод Копорской губы в 2019 г., рассчитанный по средней концентрации марганца (1,33 ПДК), меди (0,18 ПДК), и азота нитритов (0,08 ПДК), составил 0,57 (II класс, «чистые». По сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=0,77, III класс, «умеренно-загрязненные») отмечается небольшое улучшение качества вод в первую очередь за счет уменьшения концентрации марганца. Признаков эвтрофикации вод района не обнаружено, а содержание всех форм биогенных элементов было стабильным последние годы. Присутствие органических загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, пестицидов, фенола и СПАВ) не отмечено. Акватория Копорской губы не загрязнена органическими веществами. Кислородный режим вод района был удовлетворительным

4.13. Лужская губа

Гидрохимическая съемка Лужской губы проводилась 7 сентября на ст.№6л с глубиной 28 м и на ст.№18л (10 м) на разных горизонтах. Значения солености вод изменялись на ст.№6л в диапазоне 3,56–4,01‰, а на мелководье (ст.№18л) 4,05–5,61‰ (табл. 4.28). Во всех пробах величина водородного показателя (7,42–8,34) не выходила за рамки нормативной величины (6,5<pH<8,5), вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными. Минимальная и максимальная величина водородного показателя была зарегистрирована на глубоководной станции на дне и поверхности соответственно. Также, были отмечены минимальные различия в показателях щелочности на поверхности (1,26–1,35 ммоль/дм^3), (ст.№6л) и в придонном горизонте (1,27–1,35 ммоль/дм^3), (ст.№18л). Анализ содержания легкоокисляемых органических веществ по БПК$_5$ не проводился. Содержание кислорода во время проведения съемки было удовлетворительным за исключением одной пробы, отобранной в придонном горизонте на ст.№6л, где наблюдался дефицит кислорода 4,22 мгО$_2$/дм^3. Среднее содержание кислорода в слое поверхность-дно по всем станциям составило 8,08 мгО$_2$/дм^3.

Таблица 4.28. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Температура (°С)	11,64/21,10	15,14/17,8	7,38/7,94	16,68/18,8	14,82/20,0	15,55/18,2
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	4,43/4,80	3,44/4,0	3,38/5,23	4,28/5,61
Кислород* (мгО$_2$/дм^3)	8,36/**5,91**	6,91/**4,27**	9,65/8,76	7,49/6,13	7,24/**4,69**	8,08/**4,22**
Кислород (%)	74,91/94,7	69,8/97,1	82,2/86,2	78,45/92,4	76,27/101,8	84,77/107,6
pH	7,52/8,35	7,43/7,49	7,52/7,58	7,91/8,28	7,587,80	8,09/8,34
Щелочность (ммоль/дм^3)	1,30/1,80	1,25/1,33	1,33/1,65	1,37/1,64	1,271,53	1,29/1,35

Таблица 4.29. Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм^3) в водах Лужской губы в 2014–2019 гг.

Ингредиент	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Азот аммонийный N-NH$_4$ мкгN/дм^3	20,11/65,0	9,17/28,0	12,67/54,0	17,0/45,0	16,0/45,0	8,0/26,0	389
Азот нитритов N-NO$_2$ мкгN/дм^3	2,15/7,5	8,9/16,0	1,68/6,5	7,05/**28,0**	4,08/5,5	3,37/4,2	24
Азот нитратов N-NO$_3$ мкгN/дм^3	71,5/140,0	58,0/150,0	108,5/128,0	27,33/59,0	21,67/75,0	40,5/189,0	9032
Общий азот N$_{total}$	493,89/ 1000,0	381,67/ 480,0	505,0/ 679,0	521,33/ 604,0	520,0/ 576,0	548,67/ 660,0	
Фосфатный фосфор P-PO$_4$	10,26/25,0	6,8/31,0	28,0/36,0	5,92/22,0	10,02/45,0	8,23/40,0	50
Общий фосфор P$_{total}$	16,19/28,0	8,5/38,0	48,5/57,0	13,82/32,0	18,56/45,00	16,28/44,0	

Биогенные вещества. На мелководной ст.№18л присутствие аммонийного азота зафиксировано не было. На глубоководной ст.№6л аммонийный азот зафиксирован только в поверхностном и промежуточном слое 26 мкгN/дм^3 и 22 мкгN/дм^3 соответственно, что существенно ниже ПДК. Средние и максимальные значения ингредиента оказались наименьшими с 1999 г. Содержание нитритного азота в слое поверхность-дно на мелководной ст.№18л изменялось в диапазоне 3,7–2,8 мкгN/дм^3 и на глубоководной ст.№6л 4,2–3,7 мкгN/дм^3. Среднее содержание ингредиента составило 3,37 мкгN/дм^3, что составляет 0,14 ПДК. Содержание нитратного азота в слое поверхность-дно на мелководной ст.№18л изменялось в диапазоне 19,0–8,0 мкгN/дм^3 и на глубоководной ст.№6л — 8,0–189,0 мкгN/дм^3. Повышенное содержание нитратного азота в придонном горизонте на глубоководной станции отмечается постоянно. Фосфатный фосфор отмечен только в двух пробах — на поверхности мелководья (ст.№18л) и на дне глубоководной ст.№18л — 9,4 мкгР/дм^3 (0,2 ПДК) и 40 мкгР/дм^3 (0,8 ПДК) соответственно, что существенно ниже многолетних средних значений. Содержание общего фосфора соответствовало содержанию фосфатного. Очевидно, воды Лужской губы не загрязнены биогенными веществами — концентрация биогенных элементов была существенно ниже ПДК и находилась в пределах средних многолетних значений.

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г. во всех пробах, отобранных в Лужской губе, содержание нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов было ниже предела чувствительности использованных методов химического анализа.

Металлы. В 2019 г. марганец, как и в предыдущие года, является основным загрязняющем веществом вод Лужской губы. На мелководье его концентрация составила на поверхности 60 мкг/дм^3 (1,2 ПДК) и 50 мкг/дм^3 (1,0 ПДК) в придонном горизонте. На глубоководной станции максимальная концентрация марганца была зафиксирована на дне — 330 мкг/дм^3(6,6 ПДК), в то время как на поверхности концентрация составила 44 мкг/дм^3 (0,88 ПДК). Средняя концентрация ингредиента 121 мкг/дм^3 (2,4 ПДК) стала максимальной с 1999 г. На мелководье (ст.№18л) диапазон концентрации меди в слое поверхность-дно составил 1,3–1,9 мкг/дм^3, на глубоководной станции (ст.№6л) — 1,8–1,4 мкг/дм^3. Начиная с 2013 г. концентрация меди находится на низком уровне — среднее по станциям 1,6 мкг/дм^3 (0,32 ПДК). На мелководной станции присутствие цинка было зафиксировано только в придонном горизонте — 7,7 мкг/дм^3. На глубоководной станции концентрация ингредиента менялась от 5,3 мкг/дм^3 на поверхности до 6,4 мкг/дм^3 на дне. Средняя концентрация цинка 4,85 мкг/дм^3 существенно ниже ПДК=50 мкг/дм^3. Содержание железа, алюминия, свинца, никеля, кобальта, хрома, ртути и свинца во всех пробах было ниже предела определения использованных методик.

Таблица 4.30. Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм^3) в водах Лужской губы в 2014–2019 гг.

Металлы	2014	2015	2016	2017	2018	2019	ПДК
Cu, мкг/дм^3	3,6/**8,7**	1,5/1,7	1,1/1,4	1,25/2,0	0,65/2,6	1,6/1,9	5
Zn, мкг/дм^3	15,06/**76,0**	7,3/8,1	7,53/10,1	4,28/4,9	12,68/17,4	4,85/7,7	50
Mn, мкг/дм^3	3,48/21,0	**109,25/296,0**	9,1/25,1	45,2/**121,0**	**94,23/280,0**	**121,0/330,0**	50
Fe, мкг/дм^3	Н/Д	1,0/3,0	46,3/**172,0**	46,0/46,0	0,0/0,0	0,0/0,0	50
Al, мкг/дм^3	Н/Д	1,3/2,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	40
Pb, мкг/дм^3	2,1/2,2	0,53/2,1	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,0/0,0	10

Выводы. Индекс загрязненности вод Лужской губы, рассчитанный по средней концентрации марганца (2,4 ПДК), меди (0,32 ПДК) и фосфатов (0,17 ПДК) составил 0,88 (III класс, «умеренно-загрязненные». По сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=0,75, II класс, «чистые») отмечается ухудшение качества вод, которое произошло в первую очередь за счет роста содержания марганца и фосфатов. Признаков эвтрофикации вод района не обнаружено, а содержание некоторых форм биогенных элементов было минимальным за последние годы. Присутствие органических загрязняющих веществ (нефтяных углеводородов, пестицидов, фенола и СПАВ) не отмечено. Небольшой дефицит кислорода наблюдался только в придонном слое глубокой станции. Содержание кислорода было существенно сниженным (4,22 мгO_2/дм^3) только у дна на глубине 27 м.

1.14. Сравнительный анализ районов российского сектора Балтийского моря

Биогенные элементы. Сравнительный анализ содержания биогенных элементов показывает, что воды Невской губы более подвержена загрязнению биогенными элементами, чем воды Финского залива. В первую очередь, это связано с антропогенным воздействием и спецификой гидрологического режима в Невской губе, связанной с Комплексом Защитных Сооружений (КЗС). В то же время, положительный эффект на качество вод Финского залива оказывает приток свежих вод Балтийского моря. В 2019 г. среднее содержание аммонийного азота Невской губы составило 0,29 ПДК, при максимальном 3,46 ПДК, азота нитритов 0,62/2,54 ПДК, азота нитратов 0,03/0,11 ПДК, фосфатного фосфора 0,52/2,7 ПДК, легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$ 1,16/3,57. В акватории районов Финского залива содержание биогенных элементов было соответственно 0,10/0,67 ПДК, 0,24/2,0 ПДК, 0,01/0,09 ПДК, 0,28/2,44 ПДК. Абсолютным «лидером» по загрязнению биогенными элементами стали воды Северной станции аэрации, где были отмечены максимальные величины содержания биогенных элементов. Среди районов Невской губы воды Морского торгового порта минимально подвержены загрязнению биогенными элементами. В некоторых случаях в прибрежных водах Финского залива были отмечены случаи высокого содержания биогенных элементов, что также связано с антропогенным воздействием. Самым загрязненным биогенными веществам районом Финского залива стал Курортный район мелководной части Финского залива. Самым чистым — воды Копорской губы.

Органические загрязняющие вещества. В 2019 г содержание нефтяных углеводородов в акватории Невской губы менялось от аналитического нуля в водах Северный курортного района до 0,37 ПДК в водах Морского торгового порта. Среднее содержание ингредиента в Невской губе составило 0,17 ПДК, а в водах районов Финского залива — 0,11 ПДК. В Копорской и Лужской губы присутствие нефтяных углеводородов не зафиксировано. В остальных районах содержание ингредиента изменялось от 0,15 ПДК до 0,24 ПДК (Курортный район Финского залива). Содержание фенола в водах Невской губы зафиксировано только в акватории Морского торгового порта — среднее 0,1 ПДК/ максимальное 0,8 ПДК. Присутствие фенола в водах Финского залива отмечено практически во всех районах за исключением Лужской губы. Содержание ингредиента варьировало от 0,01 ПДК (Мелководный район Финского залива) до 0,1 ПДК (Глубоководный район Финского залива). Присутствие СПАВ в водах Невской губы зафиксированы во всех районах за исключением Северной станции аэрации. Диапазон средних значений составил 0,01–0,39 ПДК (Южный курортный район), диапазон максимальных значений составил 1,03–1,88 ПДК (Центральная часть Невской губы). Среднее содержание СПАВ в водах Финского залива составило 0,02 ПДК, что существенно ниже среднего по Невской губе (0,13 ПДК). Присутствие СПАВ отмечено только в водах курортного района Финского залива. Очевидно, что в 2019 г. воды российского сектора Балтийского моря не загрязнены органическими веществами.

Металлы. Основной вклад в загрязнение вод Невской губы вносили металлы. Во всех районах среднее содержание меди превышало ПДК и изменялось от 3,39 ПДК (Центральная часть Невской Губы) до 5,99 ПДК (Южный курортный район). Диапазон максимальных значений составил от 7,50 ПДК (Центральная часть Невской Губы) до абсолютного максимума 2019 г. 24,0 ПДК (Северная станция аэрации). Среднее значение ингредиента по всем районам составило 4,92 ПДК. Медь является основным загрязняющим элементом вод Невской губы. В водах Финского залива содержание меди во всех районах за исключением Курортного района, находилось в интервале 0,18–0,33 ПДК. Средняя концентрация меди в водах Курортного района превысила норматив и составила 1,27 ПДК при максимальном 3,3 ПДК.

Цинк также является основным загрязняющим элементом вод Невской губы. Диапазон средней концентрации цинка по районам составил от 1,67 ПДК (Южный курортный район) до 3,26 ПДК (Центральная часть Невской губы). Максимальные величины концентрации ингредиента изменялись от 2,79 ПДК (Южный курортный район) до абсолютного максимума 2019 г. 9,7 ПДК (Центральная часть Невской Губы). Средняя концентрация цинка по всем районам Невской губы составила 2,46 ПДК. В отличие от Невской губы, воды Финского залива не загрязнены цинком. И средние, и максимальные значения концентрации ингредиента не превышали ПДК. Средняя концентрация цинка по всем районам Финского залива составила 0,16 ПДК. Среднее содержание марганца в водах районов Невской губы изменялось от 0,45 ПДК (Центральная часть Невской губы) до 1,53 ПДК (Северный курортный район), диапазон максимальных значений составил 3,90 ПДК (Северный курортный район) до абсолютного максимума концентрации ингредиента в 2019 г.— 10 ПДК (Центральная часть Невской губы). Средняя концентрация марганца по всем районам Невской губы составила 0,96 ПДК. Вместе с тем, необходимо отметить, что марганец не входит в список элементов, по которым рассчитывается ИЗВ отдельных районов. В отличие от вод Невской губы, марганец является одним из основных загрязняющих элементов вод Финского залива. Его средняя концентрация изменялась в пределах 0,48 ПДК (Курортный район) — 3,51 ПДК (Глубоководный район), а максимальная в диапазоне 2,2 (Мелководный район) — 9,40 (Глубоководный район). Среднее содержание марганца по всем районам Финского залива в 2019 г. составило 1,73 ПДК. Средняя концентрация железа в водах Невской губы изменялась в диапазоне от 0,46 ПДК (Центральная часть) до 1,02 ПДК (Морской торговый порт), максимальная концентрация изменялась от 1,0 (Северный курортный район) до 4,6 ПДК (Морской торговый порт). Средняя концентрация ингредиента по всем районам Невской губы составила 0,62 ПДК. В водах Финского залива только в Курортном районе было отмечено присутствие железа, его средняя концентрация составила 1,59 ПДК, однако, этому району принадлежит абсолютный максимум 2019 г.— 5,6 ПДК. Средняя концентрация алюминия в водах Невской губы превысила ПДК только в одном районе — 1,20 ПДК (Северный курортный район), в остальных районах концентрация находилась в пределах 0,53–0,58 ПДК. Абсолютный максимум 2019 г. по концентрации алюминия 2,15 ПДК принадлежит Северному курортному району. В водах Финского залива присутствие алюминия было отмечено только в Курортном и Мелководном районах на уровне 0,2 ПДК. Присутствие свинца было зафиксировано только в Центральной части Невской губы, в остальных районах Невской губы и Финского залива его концентрация была ниже уровня определения. Воды Невской губы загрязнены металлами. Самыми загрязненными стали воды Северного курортного района и Морского торгового порта, самыми чистыми — акватории Лужской губы и Мелководной зоны Финского залива.

По индексу ИЗВ все районы Невской губы относятся к V классу, который определяет качество вод как «грязные». При расчете ИЗВ во всех случаях учитывалась концентрация меди и цинка, как основных загрязняющих веществ. ИЗВ Центральной части Невской губы растет третий год подряд и стал самым высоким с 1999 г. Тем не менее, из всех районов Невской губы, ИЗВ Центрального района является самым низким. ИЗВ Северного курортного района остался практически на уровне прошлого года. Качество вод Южного курортного района незначительно улучшилось по сравнению с прошлым годом, но остается выше уровня 2017 г. ИЗВ Морского торгового порта также незначительно снизился, улучшение произошло из-за уменьшения концентрации марганца. В 2019 г. совокупный ИЗВ Невской губы составил 2,3 — V класс, «грязные» воды.

В 2019 г. совокупный индекс загрязнения вод Финского залива составил 0,9 — III класс, что определяет воды как «умеренно загрязненные». Качество вод Курортного района, Мелководной зоны и Копорской губы улучшилось по сравнению с прошлым годом. Причем, в Курортном районе улучшение наблюдается 2 год подряд. В Глубоководном районе и в Лужской губе качество вод ухудшилось.

В 2019 г. самым грязным стал район Северной станции аэрации (ИЗВ=2,38, V класс, «грязные» воды), самым чистым — акватория Копорской губы (ИЗВ=0,57, II класс, «чистые» воды).

Таблица 4.1. Оценка качества вод Невской губы и восточной части Финского залива Балтийского моря в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Невская губа							
1. Центральная часть	1,24	III	1,86	V	1,99	V	Cu 3,39; Zn 3,26; БПК$_5$0,70; O_2 0,61
2. Северный курортный р-н	1,96	V	2,49	V	2,5	V	Cu 5,8; Zn 1,95; БПК$_5$ 1,71; O_2 0,52
3. Южный курортный р-н	1,72	IV	2,65	V	2,36	V	Cu 5,99; Zn 1,67; БПК$_5$ 1,16; O_2 0,60
4. Морской торговый порт	1,83	V	2,30	V	2,28	V	Cu 4,81; Zn 2,72; Fe 1,02; O_2 0,58
5. Северная станция аэрации	1,41	IV	2,26	V	2,38	V	Cu 4,61; Zn 2,70; БПК$_5$ 1,56; O_2 0,66
Финский залив							
6. Курортный район	2,28	V	1,63	IV	1,22	III	Fe 1,59; БПК$_5$ 1,39; Cu 1,27; O_2 0,64
7. Мелководная зона	0,55	II	0,86	III	0,61	II	Mn 0,92; N-NO_2 0,48; Cu 0,33; O_2 0,73
8. Глубоководная зона	0,64	II	0,94	III	1,31	IV	Mn 2,11; PO_4 0,49; Cu 0,30; O_2 0,83
9. Копорская губа	0,65	II	0,77	III	0,57	II	Mn 1,33; Cu 0,18; N-NO_2 0,08; O_2 0,71
10. Лужская губа	0,54	II	0,75	II	0,88	III	Mn 2,4; Cu 0,32; P-PO_4 0,17; O_2 0,61

Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

Плакуева М.В., Красавина А.С., 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.км^2 (вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова), объем воды 4,4 тыс.км^3 (Лоция Белого моря, 1995). Белое море имеет довольно сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами, с сильно изрезанной береговой линией. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский (рис. 5.1). Акваторию Белого моря принято делить на несколько районов — Воронка, Горло, Бассейн и заливы. Берега Белого моря имеют собственные названия и традиционно разделяются в порядке перечисления против часовой стрелки от побережья Кольского полуострова на Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний, Мезенский и Канинский берега; иногда Мезенский разделяют на Абрамовский и Конушинский, а часть Онежского называют Лямицким берегом. Берега северной части Белого моря мало изрезаны, преимущественно обрывисты и безлесны. Береговая линия Горла также мало изрезана и образует лишь несколько небольших губ. Берега Бассейна и его заливов на всем протяжении покрыты лесом и отличаются большой изрезанностью (Лоция, 1995). Северо-западные берега высокие и скалистые, юго-восточные — пологие и низкие; длина сильно изрезанной береговой линии не менее 2000 км (в скандинавской мифологии Белое море известно под названием «Гандвик», а также как «Bäy of Serpents» из-за изогнутой береговой линии). Белое море представляет собой сравнительно неглубокий водоём. Рельеф дна сложный. Большая отмель в южной части моря с глубинами до 50 м в Двинском и Онежском заливах переходит в склон, а потом во впадину в центральной части моря с глубинами 100–200 м. В северо-западной части Бассейна моря и юго-восточной части Кандалакшского залива наблюдаются глубины свыше 250 м; для Горла моря характерны глубины свыше 50 м. Средняя глубина моря 67 м, а максимальная глубина 340 м. Центральную часть моря занимает замкнутая котловина, отделяемая от Баренцева моря порогом с малыми глубинами, препятствующими обмену глубинными водами. Донные осадки на мелководье и в Горле состоят из гравия, гальки, песка и иногда ракушечника, а в центре моря дно покрыто мелкозернистым глинистым илом коричневого цвета.

Климатический режим региона Белого моря можно охарактеризовать как переходный от морского к континентальному; по условиям образования он принадлежит к атлантико-арктической зоне умеренного пояса (Гидрометеорология…, 1991; Филатов, 2007). В летний период поверхностные воды заливов и центральной части моря прогреваются до 15–16^{O}С, а в Онежском заливе и Горле не выше 9^{O}С. Зимой температура поверхностных вод понижается до –1,3…–1,7^{O}С в центре и на севере моря, а в заливах — до –0,5…–0,7^{O}С. 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 °С. Весной поверхность моря прогревается до глубин примерно 20 м, а далее следует резкое понижение температуры до 0 °С 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 (Лоция, 1995). Раньше всего лед образуется в районах устьев рек, далее появляется у отмелых 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 км^3.

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.ascp.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. Источники поступления загрязняющих веществ

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

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

5.3. Двинский залив

Две гидрохимические съёмки в центральной части залива на семи стандартных станциях были выполнены 31 июля — 1 августа и 1–2 ноября 2019 г. (рис. 5.1).

Пробы воды были отобраны из поверхностного и придонного слоев на мелководных станциях и дополнительно со стандартных гидрологических горизонтов на глубоководных. Всего отобрано и проанализировано 54 пробы. В состав наблюдений вошло определение температуры, солености, pH, концентрации растворенного в воде кислорода, фосфатов и общего фосфора, силикатов, аммонийного, нитритного и нитратного азота, нефтяных углеводородов, пестицидов, меди и свинца. Содержание металлов стало анализироваться начиная с 2018 г. Пробы отбирались и обрабатывались в судовой лаборатории океанологом и гидрохимиком на солёность, pH и кислород. Определение остальных показателей проводилось в лаборатории мониторинга за загрязнением поверхностных вод ЦМС.

Температура варьировала от –0,6 °С до 11,1 °С. Минимум наблюдался в ноябре на поверхности на ст.№9 придонном слое. Соленость на исследованной акватории в среднем соста-

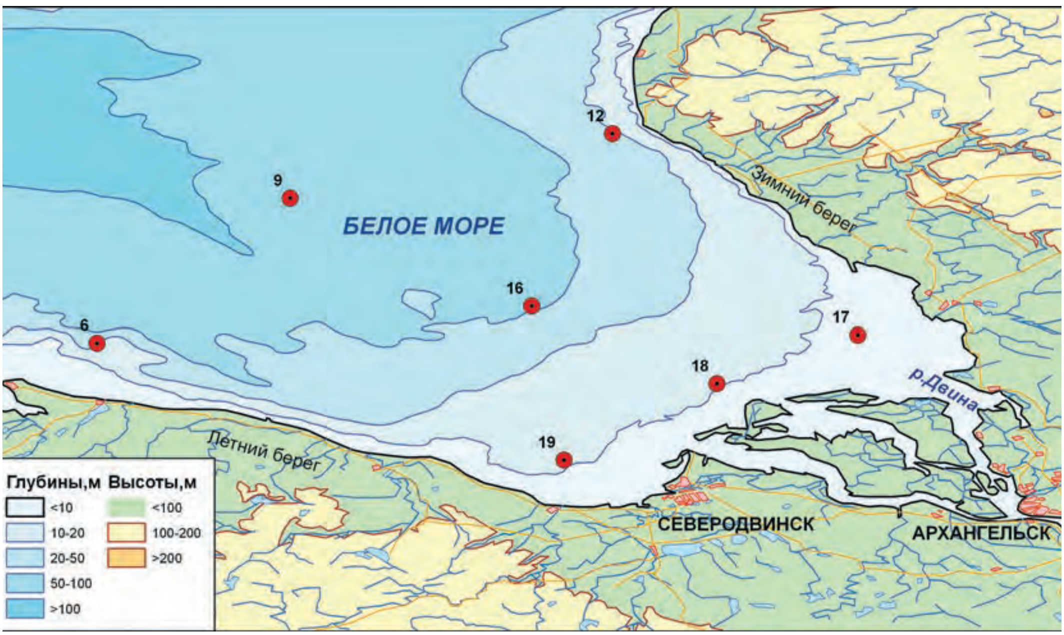


Рис. 5.1. *Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2019 г.*

вила 22,5‰ с наибольшими значениями в придонном слое, диапазон значений 1,98–27,8‰. Минимум солености, связанный с влиянием речных вод, наблюдался в ноябре на ст.№17 в поверхностном слое. Значения pH изменялись в узком диапазоне 7,57–8,14, составив в среднем 7,99.

Содержание нефтяных углеводородов изменялось от предела обнаружения до 0,107 мг/дм^3 (2 ПДК), при среднем значении 0,021 мг/дм^3. Превышение ПДК было обнаружено в 3 пробах. СПАВ в водах Двинского залива не выявлены, хлорорганические пестициды не определялись.

Содержание аммонийного азота в среднем по всем пробам составило 5,8 мкг/дм^3; пределы — от 0 до 21,96 мкг/дм^3 Концентрация нитратного азота была в диапазоне 2,9–176,2 мкг/дм^3, в среднем 27,2 мкг/дм^3; Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации нитратов в поверхностном, промежуточном и придонном слоях показывает относительно небольшой диапазон значений, а линия линейного тренда практически горизонтальная (за исключением двух экстремальных значений 903 и 404 мкг/дм^3 в 1992–1993 гг.), (рис. 5.2). Содержание нитритного азота изменялось в пределах 0,86–7,32 мкг/дм^3, в среднем составило 2,9 мкг/дм^3; общего фосфора — 10,47–42,44/19,7 мкг/дм^3, фосфатов 2,9–35,8/11,9 мкг/дм^3. Среднегодовая концентрация силикатов 371 мкг/дм^3, диапазон составил 139–902 мкг/дм^3, это немного мень-

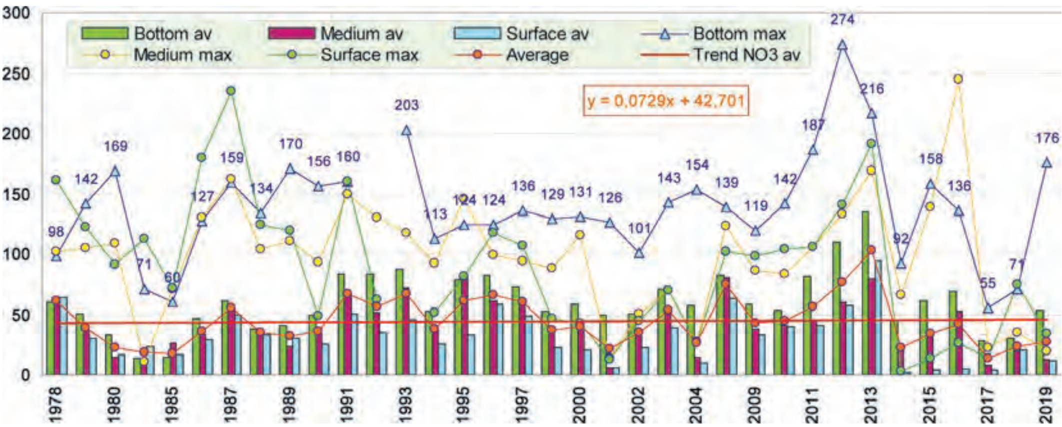


Рис. 5.2. *Динамика средней и максимальной концентрации нитратов (мкг/дм^3) в поверхностном, промежуточном и придонном слоях в водах Двинского залива Белого моря в 1978–2019 гг.*

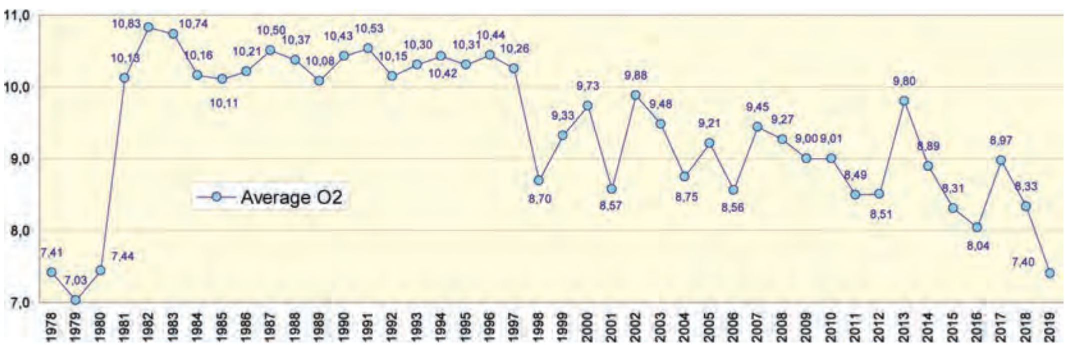


Рис. 5.3. *Динамика средней концентрации растворенного в воде кислорода (мгO$_2$/дм^3) в водах Двинского залива Белого моря в 1978–2019 гг.*

ше прошлогодних значений. Все максимальные значения не превышали нормативы. Кислородный режим вод Двинского залива ухудшился по сравнению с 2018 г.: среднее содержание растворенного кислорода составило 7,40 мгO_2/дм^3 против прошлогоднего 8,33 мгO_2/дм^3; диапазон изменений 6,55–9,16 мгO_2/дм^3 (рис. 5.3). Снижение значений частично может быть связано с изменением метода определения растворенного кислорода с титриметрического на кондуктометрический. Для определения точности их соответствия в водах Двинского залива потребуются дополнительные исследования. Процент насыщения изменялся от 54,9% до 80,2%, в среднем составил 68,1%, что является очень низким значением.

Содержание меди в среднем составило 2,12 мкг/дм^3 (0,42 ПДК), изменяясь в диапазоне 0,31–29,27 мкг/дм^3. Максимум (5,9 ПДК) отмечен в ноябре на ст.№19 в поверхностном слое. Концентрация свинца в среднем составила 0,28 мкг/дм^3 (<0,1 ПДК), изменяясь от предела обнаружения до 8,9 мкг/дм^3 (0,9 ПДК). По сравнению с 2018 г. содержание и меди, и свинца в Двинском заливе значительно возросло.

5.4. Кандалакшский залив

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 0,8 °С (в марте) до 10,7 °С (в июне). Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 7,7‰ до 24,5‰ при среднегодовом значении 13,6‰. Водородный показатель в пробах воды варьировал в пределах 7,36–7,83 ед.рН, среднее значение 7,53 ед.рН. Общая щелочность изменялась в диапазоне 0–1,596 мг-экв/дм^3. Кислородный режим в районе расположения водпоста был удовлетворительным, но с меньшими значениями по сравнению с 2018 г. Содержание растворенного кислорода в воде в течение года изменялось от 6,85 до 9,48 мгO_2/дм^3, среднегодовое значение 7,93 мгO_2/дм^3 против 11,22 мгO_2/дм^3 в 2018 г. Процент насыщения изменялся от 74,5% до 112,1%, в среднем составил 98,1% против 101,4% в прошлом году. Показатель БПК$_5$ был равен нулю во всех пробах. Содержание нефтяных углеводородов в водах порта было незначительным и изменялось в диапазоне 0,007–0,014 мг/дм^3, в среднем составило 0,01 мг/дм^3 (0,2 ПДК).Концентрация хлорорганических пестицидов групп ГХЦГ и ДДТ в водах водпоста была ниже предела обнаружения.

Концентрация растворенных форм тяжелых металлов изменялась в следующих пределах: медь — 3,3–16,5 мкг/дм^3, при среднем значении 8,4 мкг/дм^3 (1,68 ПДК); никель — 2,0–9,9/4,8 мкг/дм^3; марганец — 2,8–20/9,2 мкг/дм^3; кадмий — 0–0,3 мкг/дм^3; железо — 13,5–64/38,6 мкг/дм^3, максимум отмечен в мае и составлял около 1,3 ПДК; ртуть была выше предела обнаружения в одной пробе из шести — 0,026 мкг/дм^3. Свинец и хром в пробах были в концентрации ниже предела обнаружения. Содержание меди превышало ПДК в пяти пробах из 6, максимальное значение отмечалось в марте — 16,5 мкг/дм^3 (3,3 ПДК), это почти в 2 раза выше максимума, отмеченного в 2018 г.

Содержание всех биогенных элементов было ниже установленной предельно допустимой концентрации. Диапазон изменения содержания аммонийного азота 0–56,7 мкг/дм^3, среднее 25,7 мкг/дм^3; нитритов 0–3,26/1,2 мкг/дм^3; нитратов 9,6–76,1/40,7 мкг/дм^3; силикатов 1342–2812/1813 мкг/дм^3. Содержание фосфатов изменялось в диапазоне 5,87–20,14 мкг/дм^3, среднегодовое значение 11,9 мкг/дм^3. Качество вод по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,92) ухудшилось по сравнению с прошлогодним уровнем, воды оценивались как «умеренно загрязненные», III класс качества. Для расчета ИЗВ использовались средняя концентрация меди, железа, никеля и растворенного в воде кислорода.

Таблица 5.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0,002	0,04	0		0,021	0,42
		0,03	0,6	0		0,107	**2,14**
	Нитриты	2,21	<0,1	3,28	0,14	2,9	0,12
		6,19	0,26	6,23	0,26	7,32	0,31
	Аммонийный азот	6,33	<0,1	2,88	<0,1	5,8	<0,1
		48,44	<0,1	12,26	<0,1	21,96	<0,1
	Медь			0,89	0,18	2,12	0,42
				3,77	0,75	29,27	**5,9**
	Свинец			0,034	<0,1	0,28	<0,1
				0,24	<0,1	8,9	0,89
	Растворенный кислород	8,97		8,33		7,40	
		7,33		7,6		6,55	
	% насыщения	82,9		82,05		68,1	
		73,8		69,3		54,9	
Кандалакшский залив: порт Кандалакша	НУ	0,012	0,24	0,014	0,28	0,01	0,20
		0,024	0,5	0,018	0,36	0,014	0,28
	СПАВ	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	
	Медь	5,23	**1,05**	6,58	**1,32**	8,4	**1,68**
		5,9	**1,18**	8,5	**1,70**	16,5	**3,30**
	Никель	0		4,43	0,44	4,8	0,48
		0		8,0	0,80	9,9	0,99
	Свинец	0		0		0	
		0		0		0	
	Марганец	9,35	0,2	8,93	0,18	9,2	0,18
		16	0,3	19,3	0,39	20	0,40
	Железо	41,3	0,8	33,2	0,67	38,6	0,77
		175	**3,5**	73	**1,46**	64	**1,28**
	Ртуть	0,005	<0,1	0,005	<0,1	0,004	<0,1
		0,014	0,1	0,028	0,28	0,026	0,26
	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	0		17,1	<0,1	25,7	<0,1
		0		42,2	<0,1	56,7	<0,1
	$БПК_5$ $мгO_2/дм^3$	0		0		0	
		0		0		0	
	Растворенный кислород	9,94		11,22		7,93	
		5,81	**0,96**	9,59		6,85	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ), $БПК_5$ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; металлов, СПАВ, аммонийного азота и нитритов — в мкг/дм^3, пестицидов — в нг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.

В Двинском заливе в 2019 г. было выполнено только две гидрохимических съемки в июле/августе и ноябре, поэтому оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ — НУ, нитритов, меди определили ИЗВ=0,44, что соответствует классу II, «чистые» (табл. 5.2). Превышение ПДК в 3 и 6 раз по меди наблюдалось в двух пробах из 38 на расположенных близко к берегу станциях №18 и №19. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось.

Воды Кандалакшского залива в 2019 г. (ИЗВ=0,92) можно отнести к III классу качества вод, «умеренно загрязненные». Превышение ПДК было зафиксировано по меди (в 5 пробах из 6) и по железу (в одной пробе было 1,28 ПДК). Приоритетными загрязняющими веществами в 2019 г. являлись медь, железо и никель. Среднегодовое содержание фосфатов снизилось по сравнению с 2018 г.; СПАВ и легкоокисляемые органические вещества не обнаружены. Концентрация кислорода во всех пробах была выше установленного норматива, но среднее значение было ниже прошлогоднего. Некоторое снижение качества вод в пределах III класса произошло из-за ухудшения кислородного режима и увеличения содержания тяжелых металлов.

Таблица 5.2. Оценка качества вод в районах Белого моря в 2017–2019 гг.

Район моря	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Двинский залив					0,44	II	НУ 0,42; Cu 0,42; NO_2 0,12; O_2 0,81
Торговый порт, г. Кандалакша	0,68	II	0,76	III	0,92	III	Cu 1,68; Fe 0,77; Ni 0,48; O_2 0,76

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. км^2, объем 316 тыс. км^3, средняя глубина 222 м, наибольшая 600 м. Годовой речной сток равен около 163 км^3/год. Климат полярный морской.

Море находится под сильным влиянием теплых вод течения Гольфстрим, поэтому южная и западная его части не замерзают. Температура воды на поверхности зимой составляет 0–5 °C, летом на юге 8–9 °C, в центральной части 3–5 °C, на севере 0 °C. Вертикальное распределение температуры зависит от распределения атлантических вод, интенсивности зимнего охлаждения и рельефа дна. В юго-западной части моря температура плавно понижается ко дну. На северо-востоке моря зимой температура понижается до горизонта 100–200 м, а затем снова повышается ко дну. Летом невысокая температура поверхностных вод понижается до глубины 25–50 м (до -1,5 °C). В слое 50–100 м температура повышается до –1 °C, а затем ко дну — до +1 °C. Между горизонтами 50 и 100 м располагается холодный промежуточный слой. В результате обтекания глубинными атлантическими водами подводных возвышенностей над ними образуются «шапки холода», характерные для банок Баренцева моря.

Соленость составляет на юго-западе 35‰, на севере 32–33‰. Вертикальное распределение солености характеризуется ее увеличением от 34‰ на поверхности до 35,1‰ у дна. Сезонные изменения вертикального хода солености выражены довольно слабо. Глубина проникновения вертикальной зимней циркуляции составляет 50–75 м. Выделяются следующие водные массы: поверхностные атлантические воды с повышенными температурой и соленостью; поверхностные арктические воды с пониженными температурой и соленостью; прибрежные воды, поступающие из Белого моря, Норвежского моря и с материковым стоком. Последние характеризуются летом высокой температурой и низкой соленостью, а зимой низкими и температурой, и соленостью.

Общий характер поверхностной циркуляции циклонический. Приливы полусуточные, достигают высоты 6,1 м и вызываются главным образом атлантической приливной волной. Хорошо выражены сгонно-нагонные колебания уровня моря у Кольского побережья (до 3 м) и у Шпицбергена (порядка 1 м).

Водообмен с соседними морями имеет большое значение в водном балансе Баренцева моря. В течение года в море через проливы поступает (и столько же выходит из него) примерно ¼ часть общего объема воды моря. Наибольшее количество воды несет теплое Нордкапское течение, оказывающее исключительно большое влияние на гидрометеорологический режим моря. Общий речной сток в море составляет в среднем 200 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.

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

6.3. Загрязнение вод Кольского залива

В период с января по ноябрь 2019 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 $БПК_5$, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

Температура воды за весь период наблюдений варьировала в пределах от 0,8 до 0,9 °С, минимальное значение температуры воды на 0,5 °С выше по сравнению с 2018 г. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 8,7–24,7‰, минимум отмечен в июле, как и в 2018 г., а максимум в мае. Величина pH была в диапазоне 7,5–8,9; максимум наблюдался в сентябре. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в пределах от 0 до 1,420 мг-экв/дм^3; среднегодовая 0,975 мг-экв/дм^3. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода $БПК_5$ было в двух пробах из 6 (в июле и ноябре) на уровне аналитического нуля, а в остальных четырех пробах менялось в диапазоне от 0,9 до 1,8 мгO_2/дм^3. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде, также как и в 2018 г., 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 течение 2019 г. изменялось в диапазоне от 0,04 до 0,256 мг/дм^3. Максимальное значение отмечено в ноябре и составляет 5,1 ПДК, что почти в 2 раза выше максимума 2018 г. Среднее за год содержание НУ составило 0,094 мг/дм^3, что составляет 1,9 ПДК, но среднее значение находилось на уровне прошлого года. Анализ многолетней изменчивости показал, что средняя и максимальная концентрация нефтяных углеводородов в водах порта повысилась по сравнению с 2017 г (рис. 6.2).

Загрязнение тяжелыми **металлами** в 2019 г. осталось примерно на уровне прошлых трёх лет, начиная с 2016 г. (табл. 6.1). Содержание меди понизилось: 1,09 ПДК против 1,22 ПДК в 2018 г. Содержание кадмия в 2019 г. было ниже уровня определяемой методики анали-

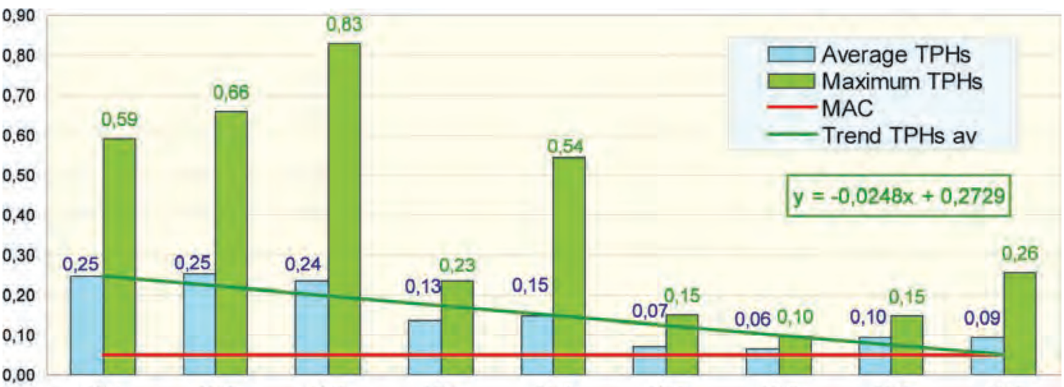


Рис. 6.2. *Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов в торговом порту Мурманска в 2011–2019 гг.*

за; марганца — снизилось, среднее значение составило 4,2 мкг/дм^3 против прошлогоднего 6,1 мкг/дм^3. Концентрация железа немного повысилась до 0,84 ПДК в сравнении с 0,59 ПДК прошлого года. Превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено для меди, по максимальным — для железа (1,4 ПДК). В целом в период 2013–2019 гг. содержание железа уменьшилось в 10–12 раз (табл. 6.2). В пробах 2019 г. был обнаружен никель: максимальное значение — 6,4 мкг/дм^3, минимальное — 2,6 мкг/дм^3. Ртуть и свинец в пробах воды на водпосту в торговом порту г. Мурманска не зафиксированы.

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

Параметр	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
НУ	5,0	2,7	3,0	1,4	1,2	1,9	1,9
Железо	9,0	6,0	1,2	0,76	0,65	0,59	0,84
Медь	1,7	2,2	0,9	1,07	1,17	1,22	1,09

Концентрация аммонийного азота в течение года изменялась от нулевого значения (в июле) до 218,3 мкг/дм^3 (максимум зафиксирован в марте), при среднем значении 123,7 мкг/дм^3 (0,2 ПДК); нитритный азот находился в пределах 0–16,3 мкг/дм^3, в среднем 4,3 мкг/дм^3 (0,05 ПДК); нитраты определялись в диапазоне 31,14–65,77 мкг/дм^3, среднее значение составило 54,2 мкг/дм^3; силикаты варьировали в пределах 1553,1–266,4 мкг/дм^3 при среднем значении 2054,6 мкг/дм^3.

Содержание фосфатов в водах вблизи водпоста в течение всего года изменялось в узком диапазоне от 6,35 до 121,15 мкг/дм3 (0,1–2,4 ПДК), в среднем 63,06 мкг/дм3 (1,3 ПДК). Содержание фосфатов в 2019 г. увеличилось почти в 2 раза по сравнению с прошлым годом (рис. 6.3). В 2018–2019 гг. и среднее, и максимальное значения концентрации фосфатов существенно снизились на фоне многолетнего периода 2008–2018 гг.

В районе расположения ВПМ среднегодовая концентрация **кислорода** составляла 10,2 мгO_2/дм^3, минимум (8,9 мгO_2/дм^3) был существенно выше норматива. Процент насыщения вод кислородом варьировал в диапазоне 82,4–101,5%. По индексу загрязненности вод ИЗВ (1,13) качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск осталось на уровне прошлого года и оценивается III классом, «умеренно загрязненные» (табл. 6.3). Концентрация нефтяных углево-

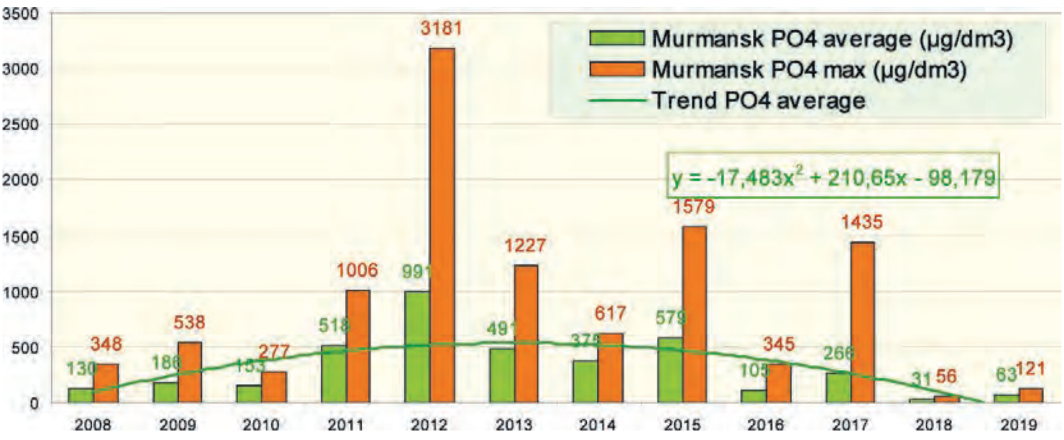


Рис. 6.3. *Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO_4 (мкг/дм^3) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2019 гг.*

дородов в 2019 г. в среднегодовом значении составила 1,88 ПДК, сохраняя уровень 2018 г. Средняя концентрация меди превысила норматив в 1,10 раз, оставаясь примерно на уровне прошлогоднего значения. Содержание железа немного увеличилось по сравнению с прошлогодним, но также не превысило ПДК (0,83 ПДК). Концентрация кислорода оставалась примерно на том же уровне. Из-за небольшого повышения средней концентрации железа и снижения содержания кислорода индекс загрязнения вод (ИЗВ) по сравнению с прошлогодним значением немного повысился**.**

Таблица 6.1. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2017–2019 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,064	**1,2**	0,095	**1,90**	0,094	**1,88**
	0,097	**1,9**	0,146	**2,92**	0,256	**5,12**
Медь	5,8	**1,2**	6,1	**1,22**	5,48	**1,10**
	7,3	**1,5**	9,1	**1,82**	9,0	**1,80**
Никель	0		0		2,63	0,26
	0		0		6,4	0,64
Свинец	1,57	0,2	0,35	0,04	0	
	5,0	0,5	2,1	0,21	0	
Ртуть	0		0,003	0,03	0	
	0,012	0,12	0,017	0,17	0	
Кадмий	0,09	<0,1	0,07	<0,1	0	
	0,15	<0,1	0,1	<0,1	0	
Марганец	5,45	0,1	6,13	0,12	4,25	0,09
	7,9	0,16	7,0	0,14	8,0	0,16
Железо	32,5	0,65	29,3	0,59	41,5	0,83
	55,0	**1,1**	60	**1,20**	71	**1,42**
Азот аммонийный	246,8	0,1	74,9	0,04	123,7	0,05
	1010	0,45	113,1	0,05	218,3	0,097
$БПК_5$, $мгO_2/дм^3$	0,63	0,30	0,30	0,14	0,98	0,47
	2,8	**1,33**	1,8	0,86	1,8	0,86
Кислород	8,44		10,4		8,44	
	5,10	**0,85**	8,0		5,10	**0,85**

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; СПАВ, аммонийного азота и металлов — в мкг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.

Таблица 6.3. Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2017–2019 гг.

Район моря	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	0,95	III	1,07	III	1,13	III	НУ 1,88; Cu 1,10; Fe 0,83; O_2 0,71

Выводы

Воды в районе водпоста в торговом порту г. Мурманск оцениваются как «умеренно загрязненные», III класс (ИЗВ=1,13). По сравнению с прошлым годом качество осталось практически на том же уровне. В 2019 г. содержание фосфатов увеличилось почти в 2 раза по сравнению с прошлым годом, в среднем 63,06 мкг/дм^3. В последние годы среднее и максимальное значения фосфатов существенно снизилось на фоне многолетнего периода 2008–2018 гг. Приоритетным загрязняющими веществами, так же, как в 2018 г., остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Содержание кислорода осталось на том же уровне, минимум (8,9 $мгO_2/дм^3$) был существенно выше норматива.

7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демешкин А.С., Сторожилова А.В., Чекменева Н.А.

7.1 Общая характеристика

Гренландское море — часть Северного Ледовитого океана, расположенная между островами Гренландия, Исландия, архипелагом Шпицберген и островом Ян-Майен. В южной части сообщается с Норвежским морем и Атлантическим океаном через Датский пролив, на востоке — с Баренцевым морем. Дно моря представляет собой обширную котловину с подъёмами и впадинами, ограниченную подводными хребтами Мона и Книповича, Гренландско-Исландским порогом. Побережья Гренландского моря представляют собой скалистые бухты, заливы и фьорды. Приливы здесь полусуточные, достигающие более 4 метров высоты. Площадь моря составляет 1 195 тыс.км^2, средняя глубина 1444 м, наибольшая 5527 м.

Климат арктический и значительно варьируется на обширной морской территории. Температура воздуха колеблется между –49 °С вблизи Шпицбергена зимой и 25 °С у побережья Гренландии летом. Средние значения составляют –10 °С на юге и –26 °С на севере в феврале, который является самым холодным месяцем. Соответствующие значения для самого теплого месяца, августа, составляют 5 °С на юге и 0 °С на севере. Лето очень короткое. Количество дней в году с температурой выше 0 °С 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 °С и ниже на севере и 1–2 °С на юге; соответствующие летние температуры составляют около 0 и 6 °С. 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 2019 г. в июле в прибрежных водах поселка Баренцбург на акватории залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген, Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» был выполнен отбор 22 пробы морской воды из поверхностного и придонного горизонтов. Пробы были отобраны на десяти станциях в восточной части акватории залива Гренфьорд, прилегающей к территории п. Баренцбург, и на одной станции в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории п. Пирамида (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель (pH), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Eh), общая щелочность, растворенный кислород, БПК$_5$, концентрация биогенных элементов — нитритов,

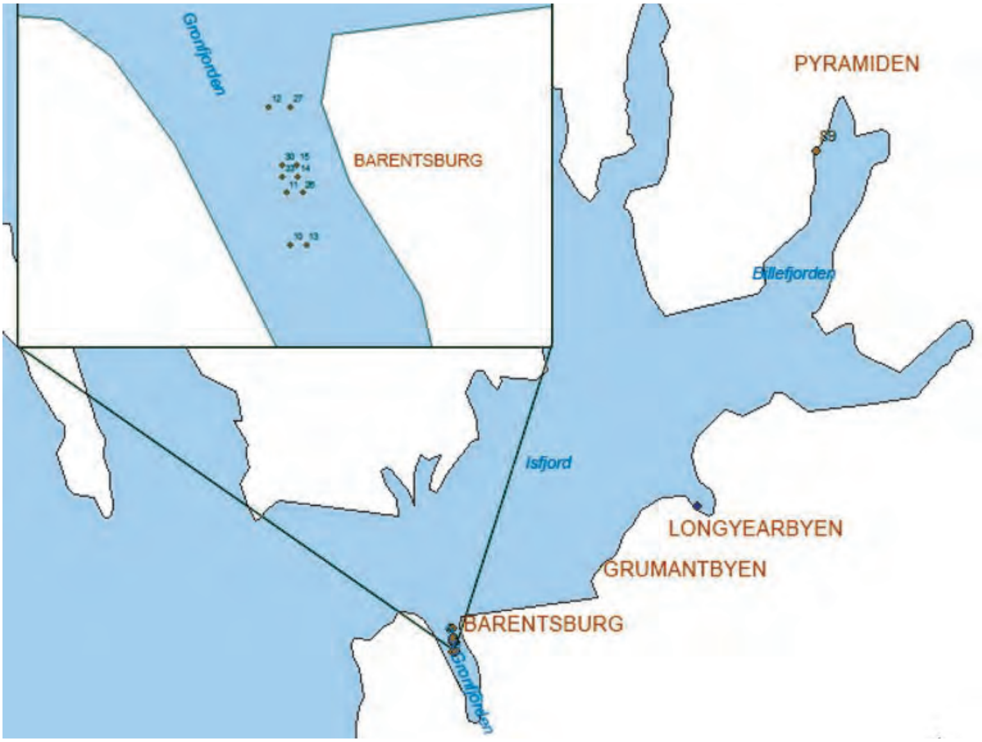


Рис. 7.1. *Район наблюдений на акватории залива Гренфьорд архипелага Шпицберген в 2019 г.*

нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремнекислоты, концентрации взвешенных в воде веществ, а также уровень содержания в воде суммарных нефтяных углеводородов (НУ), СПАВ, индивидуальных фенолов (алкил-, хлор- и нитрофенолов), неполярных алифатических углеводородов (НАУ), летучих ароматических углеводородов (ЛАУ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), 10 тяжелых металлов и мышьяка, хлорорганических соединений (ХОС) и ПХБ. Каждая проба воды анализировалась на содержание примерно ста показателей.

7.3. Гидрохимические показатели

Значения водородного показателя (pH) морских вод находились в узком интервале 7,92–8,12 ед. pH и были сдвинуты в сторону чуть более щелочной реакции по сравнению с прошлым годом. Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) морских вод обследованной акватории варьировал в диапазоне от 294 до 459 мВ, составляя в среднем 348 мВ. Значение электропроводности морской воды восточной части залива Гренфьорд в июле 2019 г. изменялось от 43,8 до 47,1 мС/см при средней величине 46 мС/см, на станции в западной части залива концентрация была на уровне 37,5 мС/см.

Значения концентрации общего **азота** в водах восточной части залива Гренфьорд изменялись от 117,9 до 217,3 мкг/дм^3, на станции в западной части залива концентрация в поверхностном горизонте составила 201 мкг/дм^3, в придонном — 143 мкг/дм^3. Содержание минерального фосфора в водах района исследований было ниже уровня количественного определения используемой методики (DL=0,01 мкг/дм^3). Концентрация силикатов была в диапазоне

0–31,7 мкгSi/дм^3, при среднем значении 12,4 мкгSi/дм^3; на станции в западной части залива концентрация в поверхностном горизонте составила 12,9 мкгSi/дм^3, в придонном — 9,7 мкгSi/дм^3.

Содержание растворенного **кислорода** на всех станциях находилось в пределах от 10,16 до 11,37 мгO_2/дм^3 (97,6–101% насыщения); в придонном слое значения были немного ниже, чем на поверхностном горизонте. Значения биохимического потребления кислорода (БПК$_5$) в июле были относительно высокими и варьировали в узком диапазоне 2,38–2,76 мгO_2/дм^3 (1,1–1,3 ПДК).

7.4. Загрязняющие вещества

Суммарное содержание нефтяных углеводородов **(НУ)** в 2019 г. в водах акватории восточной части акватории залива Гренфьорд в летний период находилось в пределах 2–42 мкг/дм^3 (0,8 ПДК), при среднем значении 20,8 мкг/дм^3, что немного выше значений 2018 г. (рис. 7.2). Максимальное содержание НУ было зафиксировано на ст.№12 в придонном слое морских вод на глубине 87 м в Гренландском море севернее п. Баренцбург, ближе к центральной части залива Гренфьорд. На станции в западной части залива в заливе Биллефьорд концентрация составила 1 мкг/дм^3 в поверхностном горизонте и нулевое значение в придонном.

Концентрация **СПАВ** на всех станциях была ниже предела обнаружения методики (DL=10 мкг/дм^3), по сравнению с прошлым годом содержание СПАВ снизилось. Содержание фенолов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ, бензол, толуол, сумма пара- и мета-ксилолов, орто-ксилол и др.) в водах как восточной, так и западной части залива также было ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (**ПАУ**) в водах залива Гренфьорд было зафиксировано наличие всех соединений, кроме аценафтилена, бенз(а)антрацена, индено(123cd)пирена и бенз(g,h,i)перилена. Максимальная концентрация соединений ПАУ составила (нг/дм^3): для нафталина — 19, флуорена — 3, аценафтена — 1, фенантрена — 10, антрацена — 2, флуорантена — 2, пирена — 2, хризена — 1, бенз(b)флуорантена+перилена — 2, бенз(k)флуорантена — 1, бенз(а)пирена — 2 и бенз(ghi)перилена —

Рис. 7.2. *Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм^3) в прибрежных водах залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.*

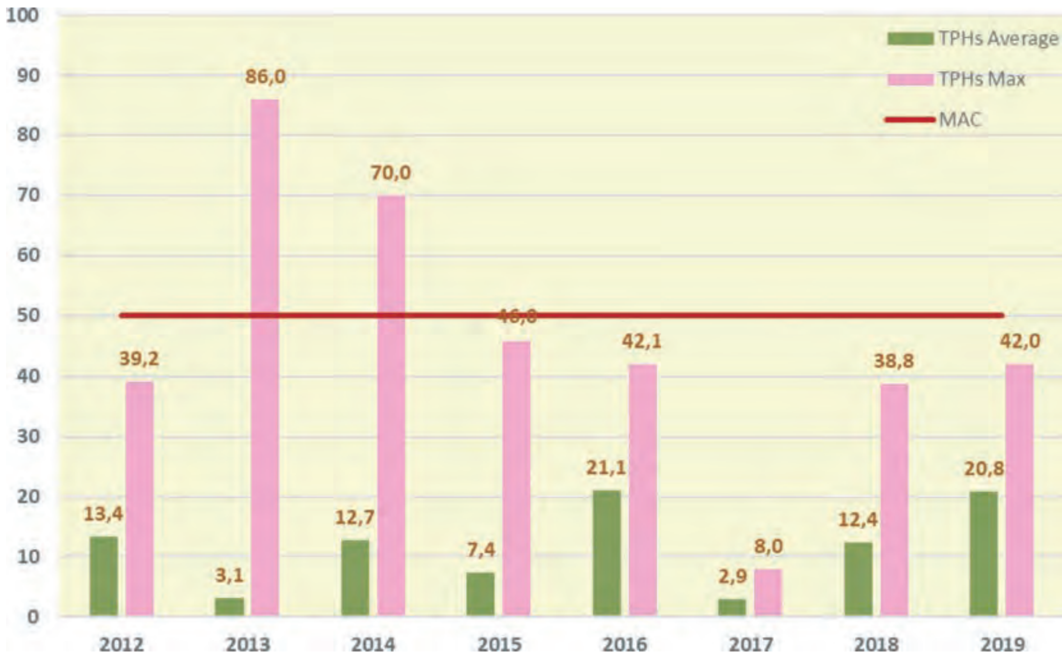


Рис. 7.3. *Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (мкг/дм^3) в прибрежных водах залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.*

1 нг/дм^3. Среднее суммарное содержание приоритетных соединений группы ПАУ в водах в летний период составило 12,7 нг/дм^3, максимальное — 23 нг/дм^3. В водах восточной части акватории залива Гренфьорд суммарная концентрация ПАУ в 4,4 раза меньше по сравнению с 2018 г. На станции в западной части акватории залива Биллефьорд, прилегающей к территории п. Пирамида содержание почти всех определяемых ПАУ было ниже значений определяемой методики анализа или близка к ней.

В летний период было зафиксировано содержание хлорорганических пестицидов (α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ). Максимальное значение для суммы ГХЦГ составило 1,61 нг/дм^3 и зафиксировано в заливе Гренфьорд. Наибольшее содержание ХОС составляло: для суммы ДДТ — 7,62 нг/дм^3, что во много раз превышает прошлогоднее значение 0,02 нг/дм^3, для суммы ПХБ — 17,56 нг/дм^3, в сравнении с прошлогодним значением — 1,35 нг/дм^3 в морской воде. По сравнению с прошлым годом было зафиксировано большее количество конгенеров полихлорированных бифенилов ПХБ в морской воде: помимо #52, #101 и #118, были получены значения, превышающие пределы обнаружения методики для #99, #105, #128, #138, #156 и #187. Также в поверхностных горизонтах в водах залива Гренфьорд были отмечены небольшие концентрации следующих хлорорганических пестицидов: гептахлорэпоксид — 0,21 нг/дм^3, цис-хлордан — 0,49, 0,22 и 0,16 нг/дм^3, транснонахлор — 1,45 нг/дм^3 и цис-нонахлор — 0,075 и 0,059 нг/дм^3.

Содержание большинства определяемых тяжелых металлов в водах залива снизилось по сравнению с 2018 г. Увеличение содержания наблюдалось по никелю и железу (рис. 7.3).

Концентрация свинца и хрома была ниже предела обнаружения во всех пробах. Железо было зафиксировано только в четырех пробах, отобранных в водах залива Гренфьорд. Максимальная концентрация составила 72 мкг/дм^3 (1,4 ПДК), на станции в заливе Биллефьорд значение на поверхностном горизонте было 54 мкг/дм^3, в придонном слое ниже предела обнаружения. Наибольшее содержание определяемых тяжелых металлов в пробах морской воды составляло: марганца — 7 мкг/дм³, меди — 4,2 мкг/дм³, кобальта — 1,3 мкг/дм³, кадмия — 0,42 мкг/дм³, мышьяка — 9 мкг/дм³. Цинк был зафиксирован только в одной пробе на придонном горизонте — 102мкг/дм³, 2 ПДК (табл. 7.1).

Таблица 7.1. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Гренфьорд в 2012–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
средняя	0,9/ 0,4/ 1,4 0,1 3,9 3,0 3,7 2,0	0,1/ 0,1/ 0,002 0,66 0,08 0 0,0 0	0,01/ 0,1/ 0,07 0,04 6,49 0,10 2,9 0,29	0,4/ 0,02/ 0,08 0,31 0,13 1,04 0,2 0,35	0,9/ 0,7/ 0,3 1,6 2,7 8,95 4,84 13	2,6/ 1,4/ 1,7 1,4 20,1 5,2 12,4 5	2,1/ 3,7/ 1,9 6,5 6,6 15,2 10,0 3	2,3/ 3,1/ 2,1 0,4 16,8 4,6 2,3 14	0,3/ 0,3/ 0,05 0 2,77 0 1,7 0	0/ 0/ 0,008 0,011 0,006 0,003 <0,01 0,005
макс	2,7/ 1,7/ 2,6 0,55 9,00 11,00 5,3 4	0,5/ 0,8/ 0,04 2,22 3,20 0 0,0 0	0,11/ 0,3/ 0,16 0,16 12,00 0,36 3,9 0,42	1,2/ 0,1/ 0,6 0,44 2,80 2,50 3,2 1	1,7/ 2,4 0,99 2,9 4,8 18,0 8,40 16	5,5/ 5,6/ 14,0 4,7 36,0 28,0 19,3 102	8,2/ 14,0/ 6,5 14,6 12,0 44,0 25,0 5	5,7/ 6,4/ 3,8 1,4 370,0 17,0 29,5 72	1,0/ 1,2/ 0,6 0 5,30 0 3,4 0	0/ 0/ 0,06 0,016 0,080 0,023 <0,01 0,008
ПДК сред	0,2/ <0,1/ 0,3 <0,1 0,8 0,6 0,7 0,4	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 <0,1 - - -	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,65 <0,1 0,2 0,03	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 <0,1 0,2 0,04 0,07	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,2 0,3 0,9 0,5 **1,3**	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,4 0,1 0,2 0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,1 0,1 0,3 0,2 0,06	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,3 <0,1 <0,1 0,28	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,14 - <0,1 -	0/ 0/ <0,1 0,1 <0,1 <0,1 - 0,05
ПДК max	0,5/ 0,3/ 0,5 0,1 **1,8** **2,2** **1,06** 0,8	<0,1/ <0,1/ <0,1 0,2 0,3 - - -	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 **1,20** <0,1 0,4 0,04	0,2/ <0,1/ 0,1 <0,1 0,6 0,5 0,64 0,2	0,2/ 0,2/ <0,1 0,3 0,5 **1,8** 0,84 **1,6**	0,1/ 0,1/ 0,3 <0,1 0,7 0,6 0,4 **2,04**	0,2/ 0,3/ 0,1 0,3 0,24 0,9 0,5 0,1	0,1/ 0,1/ <0,1 <0,1 **7,4** 0,3 0,6 **1,4**	<0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1 0,27 - 0,2 -	0/ 0/ 0,6 0,2 0,80 0,2 - 0,08

В водах обследованных акваторий в 2019 г. СПАВ и фенолы не были зафиксированы, поскольку их концентрация во всех пробах была ниже пределов обнаружения используемых методик.

Выводы. По результатам исследований 2019 г. значения основных гидрохимических показателей в водах заливов были характерны для Норвежского и Гренландского морей и не превышали установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов. Отмечено повышенное содержание фосфатов в водах залива Гренфьорд, максимальная концентрация составила 14,89 мкг/дм³, при среднем значении 10,82 мкг/дм³.

Оценка качества морских вод позволяет классифицировать воды акватории залива Гренфьорд в летний период 2019 г. как «умеренно загрязненные» (ИЗВ=0,85) со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию, а воды залива Биллефьорд — как «чистые» (ИЗВ=0,70). Содержание нефтяных углеводородов, ПАУ, тяжелых металлов, СПАВ и фенолов стало значительно ниже по сравнению с 2018 г. Однако в 2019 г. наблюдалось весьма значительное повышение содержания хлорорганических пестицидов и ПХБ.

Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА. ЗАГРЯЗНЕНИЕ МОРСКИХ ВОД АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА «ТРАНСАРКТИКА-2019»

Чекменева Н.А., Коршенко А.Н., Зимина И.А.

8.1. Общая характеристика

Проект «ТРАНСАРКТИКА-2019» был реализован Росгидрометом в рамках Государственной программы во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 февраля 2019 года №276-р. В весенне-осенний период 2019 г. были организованы четыре комплексные экспедиции с целью исследования экосистем Баренцева и других арктических морей. Проект является дальнейшим развитием программ научных исследований высокоширотной Арктики, реализуемых организациями Росгидромета начиная с 1937 г. на основе дрейфующих станций «Северный полюс», морских и воздушных экспедиций. Он был призван восстановить комплексные научные исследования на акваториях Арктического бассейна и окраинных морей российской Арктики. Крупные экспедиции являются этапами реализации проекта и они были выполнены на научных исследовательских судах: НИС «Академик Трешников» (Этап I), НЭС «Михаил Сомов» (Этап II), НИС «Профессор Молчанов» (Этап III) и НИС «Профессор Мультановский» (Этап IV).

Таблица 8.1. Количество анализов, выполненных в разных средах в рамках Этапов I–III проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019».

Вид работ/ Этапы	Гидрохимические исследования											Загрязняющие вещества			
	O_2	pH	Щелочность	$Si–SiO_3$	$P–PO_4$	$N–NO_2$	$N–NO_3$	$N–NH_4$	$C_{орг}$	$P_{общ}$	$N_{общ}$	ХОС и ПАУ	СПАВ и НУ	ТМ	ВВ
Этап I: НИС «Академик Трешников»															
Океан ст.	1306	622	70	1417	1415	1415	1296	747	206	217	217	12	31	458	
Морской лед и снег	–	4	4	89	89	–	–	–	32			8	4	4	
Итого	1306	626	74	1506	1504	1415	1296	747	206	217	217	20	35	462	
Всего:	8474											1157			
Этап II: НЭС «Михаил Сомов»															
Океан ст.	977	977	158	158	158	158	158	158	–	158	158	30	53	74	100
Всего:	2902											573			
Этап III: НИС «Профессор Молчанов»															
Океан ст.	441	442	–	106	106	106	106	106	–	106	106	23	40/61	67	60
Всего:	1413											396			

На всех судах выполнялись гидрохимические исследования с отбором и анализом проб морской воды и донных отложений на станциях вековых и стандартных океанографических разрезов, а также на дополнительных станциях по ходу движения судов. В судовых химических лабораториях на борту исследовательских судов были выполнены определения неустойчивых показателей, таких как растворенный кислород, pH и биогенные элементы: азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, фосфор общий, фосфаты и кремний. Также выполнено определение концентрации в воде анионных СПАВ и нефтяных углеводородов. Пробы воды, отобранные для последующего определения в них взвешенных веществ, тяжелых металлов, включая общего железа, и некоторых органических соединений были профильтрованы и подготовлены к хранению в соответствии с методиками измерений. Хлорорганические пестициды и другие СОЗ были переведены в экстракты, которые затем анализировались в береговой лаборатории. Пробы донных отложений помещали в морозильную камеру, где они хранились при постоянной температуре –18 °C. Все химические анализы были выполнены в соответствии с утвержденными методиками в Руководящих Документах Росгидромета по отдельным параметрам и ингредиентам. В таблице 8.1 представлен объем выполненных работ по количеству проб морской воды и определяемых веществ в ней в рамках Этапов I–III; в таблице 8.2 — в рамках Этапа IV.

Таблица 8.2. Количество анализов, выполненных в рамках Этапа IV проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019»

Вид и район работ	Количество определений, выполненных на борту судна													Количество отобранных проб для анализа в стационарных условиях					
	O_2	pH	Щелочность	$Si–SiO_3$	$P–PO_4$	$N–NO_2$	$N–NO_3$	$N–NH_4$	НП	Фенолы	Мутность	$БПК_5$	СПАВ	Щелочность	Биогенные элементы	CDOM/ FDOM/ DOC	Взвешенные вещества	Изотопы Ba/ Si/Nd	Общий и орг. углерод
Берингово море	25	25	25	25	25	25	25	25	8	-	25	-	2	10	10	3	-	2	-
Чукотское море	74	74	73	74	74	74	74	70	18	18	74	18	18	74	74	-	-	-	-
Карское море	341	341	318	341	341	341	341	232	52	52	341	52	52	168	184	-	-	-	-
Баренцево море	134	134	121	134	134	134	134	65	18	18	134	18	18	-	-	-	-	-	-
море Лаптевых	226	226	155	225	225	225	225	195	36	36	226	36	36	116	120	55	32	12	-
Восточно-Сибирское	263	263	261	263	263	263	263	220	44	44	263	44	44	99	103	121	14	16	63
Пробы с поверхности океана	-	-	128	133	133	133	133	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Итого	1063	1063	1072	1195	1195	1195	1195	907	176	176	1063	176	176	467	491	179	46	29	63
Всего	10652													1275					

8.2. Этап I. НИС «Академик Трешников»

В рамках первого этапа исследований на НИС «Академик Трешников» в период с 20 марта по 28 мая 2019 г., было выполнено изучение пространственной изменчивости гидрохимической структуры вод Баренцева моря в слое от поверхности до дна во время дрейфа судна на 32 станциях, а также на 25 станциях по пути следования судна к началу дрейфа по 39°00′в.д. и на разрезе через желоб Франц–Виктория. На обратном пути движения судна было выполнено несколько разрезов в Баренцевом море (100 станций), а в конце экспедиции 25–28 мая пробы воды были отобраны на 18 станциях на географической границе Баренцева моря с Атлантическим океаном (маршрут м.Нордкап — о.Медвежий — м.Сёркапп) (рис. 8.1).

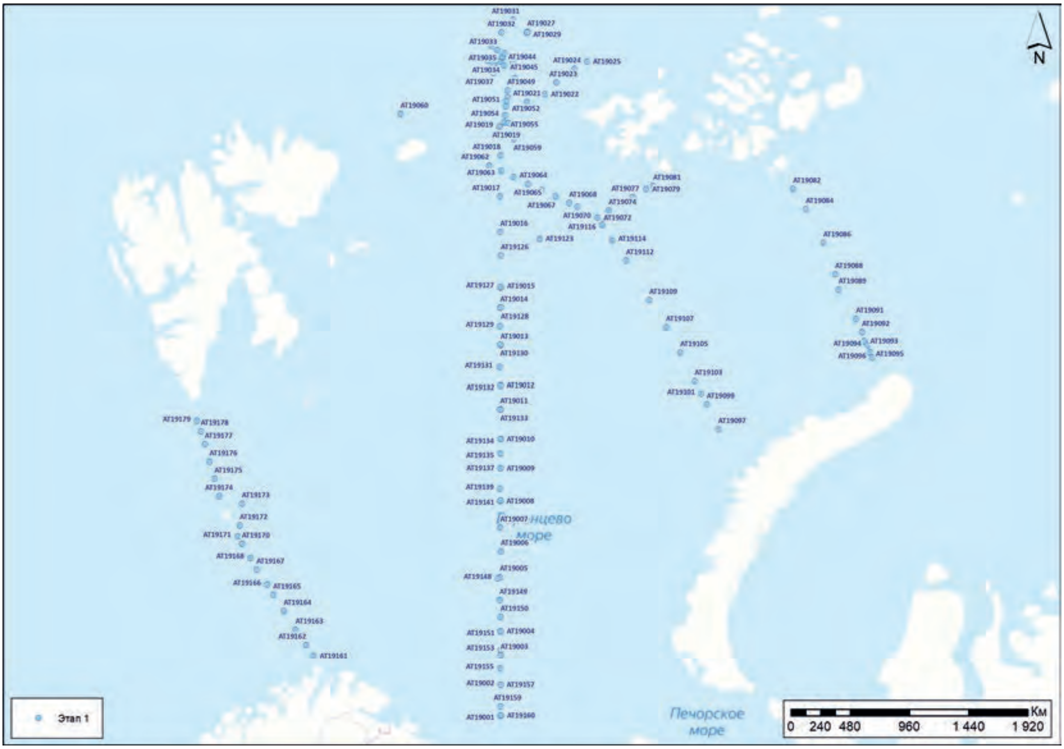


Рис. 8.1. *Станции отбора проб во время I этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019», экспедиция НИС «Академик Трешников» в Баренцевом море в период 20.03–28.05.2019.*

На двух станциях на самом севере района исследований (81°15.90′с.ш., 39°09.31′в.д.; 80°48.87′с.ш., 39°31.69′в.д.) из поверхностного слоя, на горизонте максимальной температуры (около 110 м) и из слоя у дна (430 м и 285 м) было отобрано шесть проб воды. В лаборатории Баренцбурга (Шпицберген) в этих пробах определялось содержание хлорорганических соединений (ХОС) и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Концентрация ПАУ в большинстве образцов была на очень низком уровне и находилась на пределе обнаружения, а некоторые соединения (бенз(a)антрацен, бенз(b)флуорантен, бенз(a)пирен, дибенз(a, h)антрацен и индено(1,2,3-c, d)пирен) не были выявлены. Концентрация нафталина достигала 4 нг/дм^3 в одной пробе с поверхности. Аценафтен, флуорен и антрацен были отмечены в трех пробах из всех слоев воды в концентрации 1–4 нг/дм^3; 0,3–6,2 нг/дм^3 и 0,3–0,8 нг/дм^3 соответственно. Фенантрен был найден во всех пробах в диапазоне 0,3–9,0 нг/дм^3, максимум 0,9 ПДК; флуорантен — в пяти (0,6–1,3 нг/дм^3); пирен — в четырех (0,3–1,3 нг/дм^3). Бенз(g, h, i)перилен был отмечен в одной пробе с поверхности в концентрации 0,2 нг/дм^3. Существенно выше концентрация ПАУ была зафиксирована в пробах растопленного льда и снега. В самом нижнем слое льда их суммарное содержание составило 29,1 нг/дм^3, а в среднем, поверхностном слое льда и в снегу во много раз больше — 168,3; 210,0 и 197,7 нг/дм^3 соответственно. Преобладали в этой группе углеводородов нафталин (максимальное значение 189 нг/дм^3), флуорен (max 150 нг/дм^3) и фенантрен (49 нг/дм^3), (табл. 8.3). Хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ, давно запрещенные к использованию, а также более современные вещества, применяемые как инсектициды в сельском хозяйстве (цис-хлордан, транс-хлордан, цис-нонахлор, транснонахлор, 1,2,3,4-трансхлорбензол, 1,2,3,5-трансхлорбензол, мирекс, гептахлор и гексахлорбензол) обнаружены не были. Их концентрация в водах северной части Баренцева моря во всем столбе воды до дна была ниже предела обнаружения 0,01 нг/дм^3. Также не были обнаружены ни в воде, ни в растопленном льду 15 конгенеров полициклических хлорированных бифенилов (ПХБ #28-#187), которые являются индикаторам промышленного загрязнения.

Таблица 8.3. Средняя, максимальная и минимальная концентрация ПАУ в пробах морской воды и растопленного льда по данным Этапа I проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019».

Показатель	Фенантрен	Флуорантен	Пирен	Нафталин
Сред.	4,6	0,95	0,8	113
Мин.	0,3	0,6	0,3	4,0
Макс	9,0	1,3	1,3	189

8.3. Этап II. НЭС «Михаил Сомов»

На втором этапе проекта был выполнен комплексный мониторинг состояния и загрязнения акватории Баренцева моря на вековых океанографических разрезах на борту НЭС «Михаил Сомов» в период с 15 мая по 14 июня 2019 г. Маршрут экспедиции пролегал по всей российской части акватории моря (рис. 8.2). В период рейса были выполнены три вековых разреза и шесть стандартных океанографических разрезов. В состав полной программы исследований входил отбор проб на все основные гидрохимические показатели, а также загрязняющие вещества. По такой схеме были выполнены работы на VI разрезе по Кольскому меридиану, который соответствует II вековому океанографическому разрезу. Был произведен

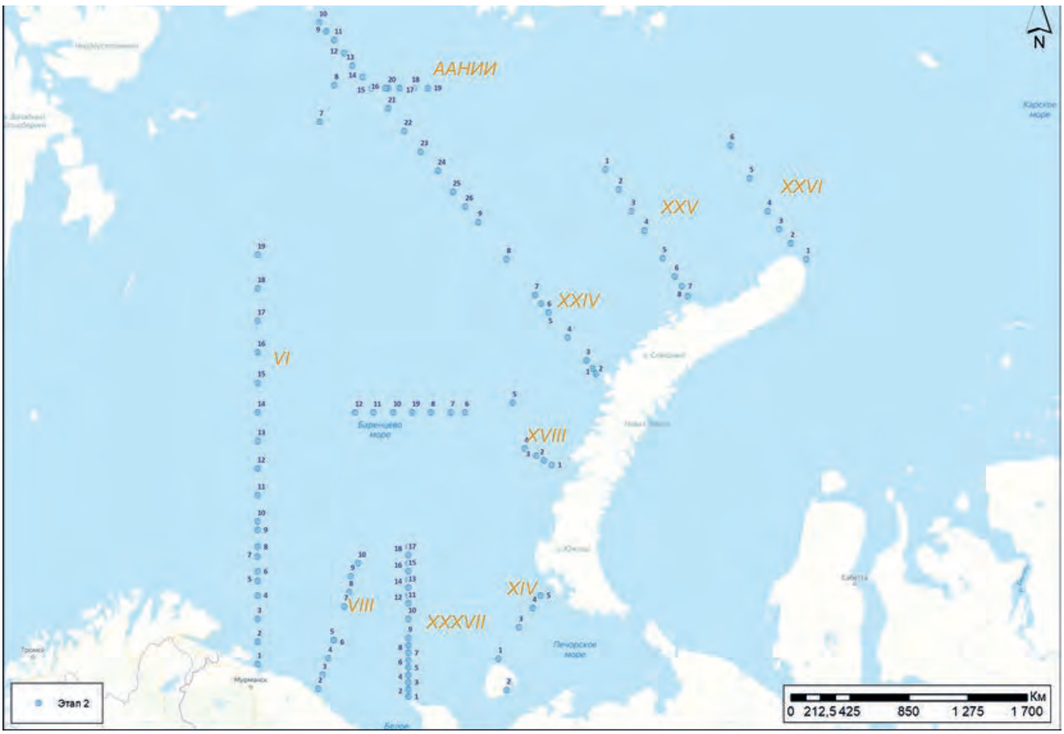


Рис. 8.2. *Станции отбора проб во время II этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019», экспедиция НЭС «Михаил Сомов» в Баренцевом море в период 15.05–14.06.2019.*

отбор проб донных отложений, выполнено 19 измерений концентрации СПАВ и НУ. В береговой лаборатории Архангельского ЦМС было обработано 19 экстрактов хлорорганических пестицидов, выполнено 38 определений тяжелых металлов и железа общего, произведено 36 определений количества взвешенных веществ. Всего на VI разрезе обработано 604 проб морской воды. Также отдельные гидрохимические показатели были определены на других океанографических разрезах и на ряде дополнительных точек по ходу следования судна. На станциях по сокращенной программе измеряли только растворенный кислород и pH.

Концентрация нефтяных углеводородов в поверхностном слое вод на всех станциях VI разреза была ниже 0,005 мг/дм^3. Содержание анионных СПАВ в трех точках было близким к 100 мкг/дм^3 (1 ПДК), на всех остальных станциях существенно ниже. Незначительное превышение норматива взвешенных веществ отмечено в поверхностном горизонте одной прибрежной станции и составило12,7 мг/дм^3 (1,3 ПДК).

Значения концентрации меди на всех станциях по всей длине разреза составило <3,6 мкг/дм^3 (0,7 ПДК). Максимальное значение свинца в пробах морской воды разреза составило 0,27 мкг/дм^3, а минимальное — 0,1 мкг/дм^3. Содержание этого металла в придонном слое было меньше по сравнению с поверхностным. Концентрация железа в поверхностном и придонном слоях на половине разрезе находилась ниже предела обнаружения методики (DL=20 мкг/дм^3). На второй половине обнаружено высокое содержание железа, что может объясняться выносом вод из Кольского залива с высоким уровнем загрязненности тяжелыми металлами. По полученным исходным данным рейса 18.05–10.06.2019 на акватории Баренцева моря были выделены нормируемые химические соединения и определена их средняя концентрация (табл. 8.4). Воды Баренцева моря в мае-июне 2019 г. по расчетному индексу ИЗВ=0,65 (в расчет приняты кислород, взвешенные вещества, фосфаты и железо) оцениваются как «чистые», ближе к границе класса «умеренно-загрязненные».

Таблица 8.4. Средняя концентрация нормируемых химических ингредиентов в водах Баренцева моря в 18.05–10.06.2019 г.

№	Ингредиент	Средняя	ПДК
1	Кислород O_2 мгO_2/дм^3	8,215	**0,73**
2	Взвешенные вещества мг/дм^3	7,18	**0,72**
3	Фосфаты PO_4 мкг/дм^3	10,50	**0,21**
4	Нитриты NO_2 мкг/дм^3	0,95	0,04
5	Аммонийный азот NH_4 мкг/дм^3	0,33	0
6	Нефтяные углеводороды НУ мг/дм^3	0	-
7	СПАВ мкг/дм^3	6	0,06
8	Медь Cu, мкг/дм^3	0,049	0,01
9	Никель Ni, мкг/дм^3	0,022	0,002
10	Свинец Pb, мкг/дм^3	0,074	0,007
11	Железо Fe, мкг/дм^3	46,6	**0,93**
12	ДДТ, нг/дм^3	0	-
13	ДДЭ, нг/дм^3	0	-
14	γ-ГХЦГ (линдан), (γ-HCH, lindane), нг/дм^3	0	-
15	α-ГХЦГ, (α-HCH), нг/дм^3	0	-

8.4. Этап III. НИС «Профессор Молчанов»

Программа работ на НИС «Профессор Молчанов» включала оценку пространственной изменчивости основных гидрохимических характеристик в водах Баренцева и Белого морей

Рис. 8.3. *Станции отбора проб во время III этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019», экспедиция НИС «Профессор Молчанов» в Баренцевом море в период 22–28.07.2019.*

(рис. 8.3, рис. 8.4). Произведен отбор проб воды и донных отложений на вековом океанографическом разрезе от мыса Святой Нос до мыса Канин Нос), а также на девяти станциях в юго-восточной части Баренцева моря, у пролива Югорский шар и мыса Белый нос. На разрезе Святой Нос — Канин Нос пробы морской воды на определение тяжелых металлов и общего железа, хлорорганических пестицидов, нефтяных углеводородов и анионных СПАВ были отобраны на трех станциях. Полученные значения концентрации нефтяных углеводородов находились в диапазоне 0,019–0,030 мг/дм^3 (0,38–0,60 ПДК). Содержание анионных СПАВ было ниже предела обнаружения используемой методики (DL=100 мг/дм^3). Концентрация железа на поверхностном горизонте всех трех станций была ниже предела обнаружения методики (DL=20 мкг/дм^3), но в придонном слое наблюдалось увеличение показателя до 44 мкг/дм^3 (0,88 ПДК), что возможно связано с повышенным содержанием железа в донных отложениях в этой части моря.

В юго-восточной части Баренцева моря пробы на нефтяные углеводороды и анионные СПАВ были отобраны на девяти станциях. Максимальное содержание нефтяных углеводородов составило 0,042 мг/дм^3, минимальное — 0,05 мг/дм^3, пробы были отобраны с поверхностного и придонного горизонта, закономерности увеличения или уменьшения содержания НУ на поверхности или у дна не наблюдалось. Значения АСПАВ и общего железа было ниже предела обнаружения методик. Содержание нитритов в водах разреза было в диапазоне 0,54–6,78 мкг/дм^3 (0,28 ПДК). Повышенная концентрация аммонийного азота отмечена в придонных водах; максимальное значение (32,11 мкг/дм^3) зафиксировано на глубине 100 м.

Отбор проб воды и донных отложений производился на вековых и стандартных океанографических разрезах и океанографических станциях Белого моря (рис. 8.4): стандартный океанографический разрез XVII м. Титов — м. Кочинный; вековой океанографический разрез XVIII м. Зимнегорский — Ивановы Луды; вековой океанографический разрез IX м. Инцы — р. Пулоньга; рейдовая станция у о. Сосновец; стандартный океанографический разрез XXVI м. Керецкий — Унская губа; летняя съемка станций ГСН в Двинском заливе.

Температура воды в Белом море во время рейса изменялась в интервале 6,44–7,40 °C; соленость 26,29–27,65‰ с максимумом на придонном горизонте. Значения pH были в обычных пределах для морских вод и находились в диапазоне 7,62–8,01 ед.pH, при среднем значении 7,92 ед.pH. Концентрация взвешенных веществ в морской воде была в пределах нормы, а средняя составила 4,57 мг/дм^3.

Кислородный режим был в пределах нормы, его содержание изменялось в диапазоне 7,25–8,01 мгO_2/дм^3, при среднем значении 7,53 мгO_2/дм^3. Насыщение водных масс разреза кислородом изменялось в пределах 70,4–79,5%.

Средняя концентрация нитратного и аммонийного азота составила 58,87 и 26,17 мкг/дм^3 соответственно, что не превышает предельно допустимого значения. Среднее содержание азота нитритного в период наблюдений на разрезе IX составило 3,35 мкг/дм^3 (0,14 ПДК). Средняя концентрация фосфатов составила 9,96 мкг/дм^3 (0,2 ПДК), а общего фосфора — 16,18 мкг/дм^3. Концентрация силикатов в пересчете на кремний изменялась от 250,41 до 285,99 мкг/дм^3, при среднем значении 267,56 мкг/дм^3.

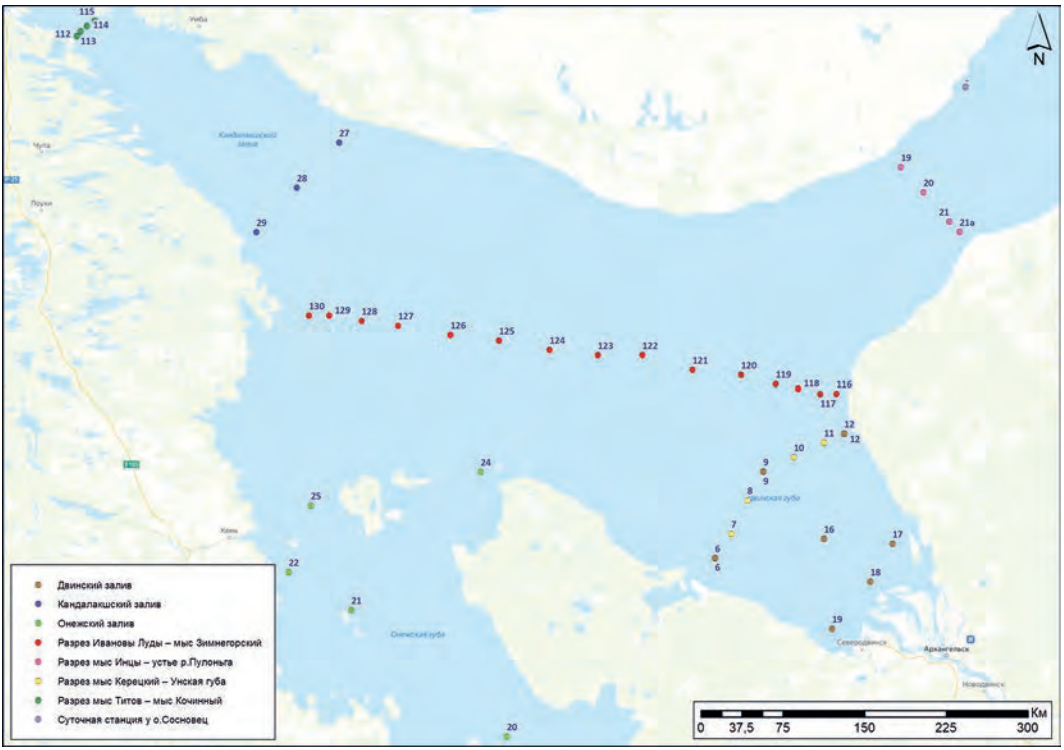
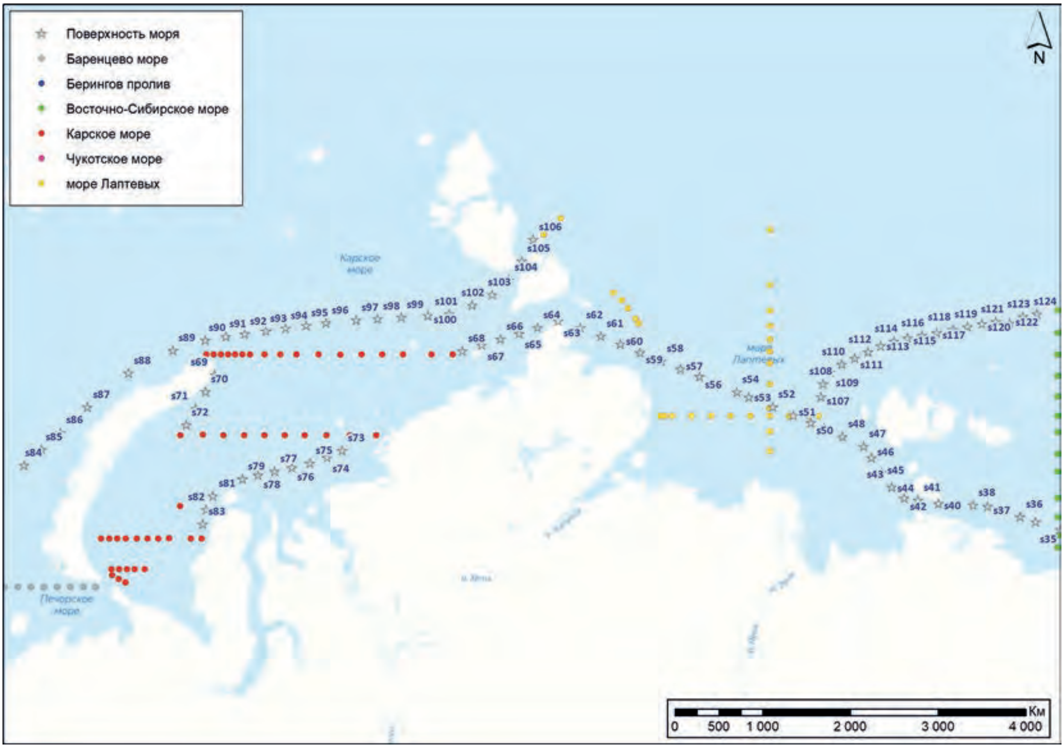
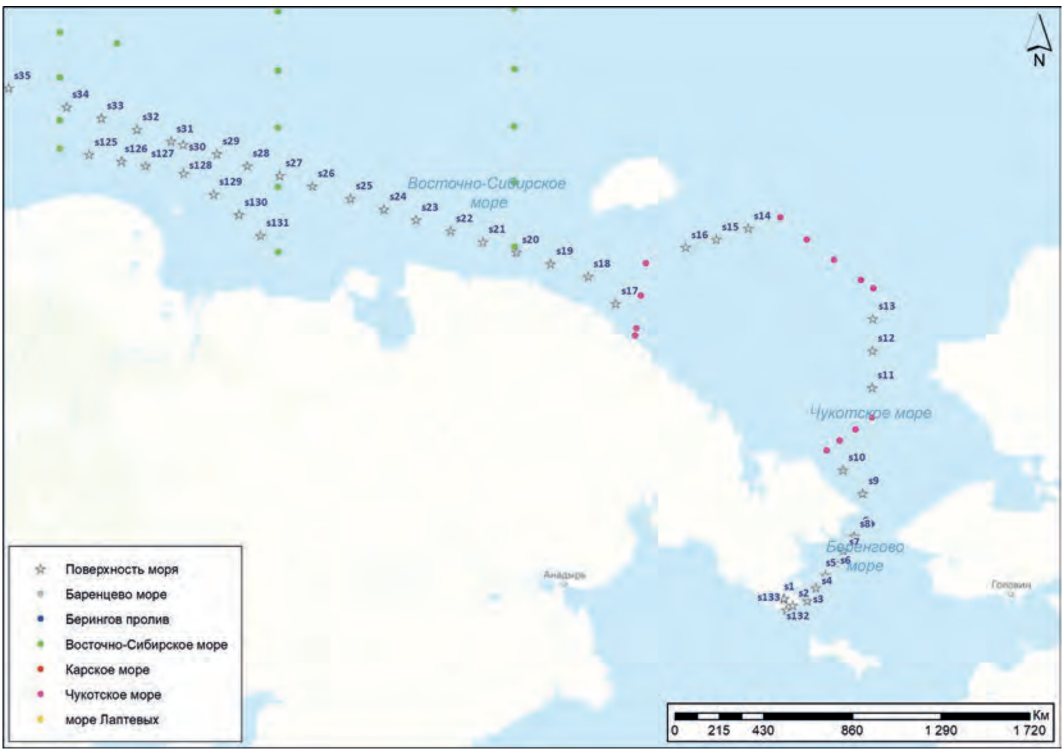


Рис. 8.4. *Станции отбора проб во время III этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019», экспедиция НИС «Профессор Молчанов» в Белом море.*


Поверхность моря
Баренцево море
Берингов пролив
Восточно-Сибирское море
Карское море
Чукотское море
море Лаптевых
N
Карское море
Печорское море
море Лаптевых
Км
0 500 1 000 2 000 3 000 4 000


N
Восточно-Сибирское море
Чукотское море
Берингово море
Анадырь
Головин
Поверхность моря
Баренцево море
Берингов пролив
Восточно-Сибирское море
Карское море
Чукотское море
море Лаптевых
Км
0 215 430 860 1 290 1 720

Концентрация общего железа изменялась в пределах 46–92 мкг/дм^3 при среднем значении 65 мг/дм^3 (1,3 ПДК). Содержание анионных СПАВ было ниже предела обнаружения методики измерений. Средняя концентрация нефтяных углеводородов в пробах воды составила 0,015 мг/дм^3, а максимальная была зафиксирована на станции в Онежском заливе и составила 0,054 мг/дм^3 (1,1 ПДК).

8.5. IV этап. НИС «Профессор Мультановский»

Экспедиция IV этапа проекта была проведена на научно-исследовательском судне НИС «Профессор Мультановский» ФГБУ «ДВНИГМИ» в период с 26 июля по 23 октября 2019 г. Рейс продолжительностью 90 суток выполнялся в Чукотском, Восточно-Сибирском, Лаптевых, Карском и Баренцевом морях (основной район работ, рис. 8.5), а также в дополнительных районах работ в Охотском и Японском морях (рис. 8.6).

Во время первой части экспедиции с 14 августа по 6 сентября судном были последовательно пересечены все арктические моря России с востока на запад, начиная с северной части Берингова моря и заканчивая Баренцевым. По полученным данным отдельных гидрохимических показателей на поверхности можно хорошо разделять поверхностные водные массы различного происхождения: по щелочности и кремнию хорошо выделяются речные воды, по кремнию и фосфору — тихоокеанские, а по нитратам — области недавнего подъема глубинных вод. В северной части Берингова моря отмечались наиболее высокие значения концентрации основных биогенных элементов: кремния (более 1100 мкг/дм^3), фосфора (более 30 мкг/дм^3) и нитратного азота (более 200 мкг/дм^3), свидетельствующие о непрерывном подпитывании этих вод биогенными элементами в результате мощных апвеллингов, происходящих в районе континентального склона.

Содержание нефтяных углеводородов на большей части акватории арктических морей не достигло нижнего диапазона измерений используемой методики (DL=0,04 мг/дм^3), за исключением станции в Карском море вблизи пролива Карские ворота, станции в южной части Баренцева моря и прибрежной станции в Восточно-Сибирском море вблизи устья реки Колыма на поверхностном горизонте, где концентрация НУ составила 0,04 мг/дм^3.

В Беринговом проливе концентрация АПАВ была незначительной и составила 4–22 мкг/дм^3. В Чукотском море диапазон составил 24–121 мкг/дм^3 (1,2 ПДК); в Восточно-Сибирском море их содержание незначительное — 6–39 мкг/дм^3; в море Лаптевых максимальная концентрация АПАВ достигала 1,2 ПДК и была зафиксирована на придонном горизонте ближайшей к устью реки Лена прибрежной станции; в Карском море на поверхности — 21–128 мкг/дм^3, а у дна — 98 мкг/дм^3. В Баренцевом море концентрация АПАВ варьировала от 30 до 87 мкг/дм^3.

Фенольное загрязнение на большей части акватории арктических морей отсутствует, исключение составили три станции в Карском море (1,2–1,3 ПДК) и две в Беринговом проливе. В Беринговом проливе станции выполнялись повторно с разницей в 52 дня. В августе

НА С. 150:

Рис. 8.5. *Станции отбора гидрохимических проб IV этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019» на НИС «Профессор Мультановский» в Баренцевом, Карском и море Лаптевых* (вверху).

Рис. 8.6. *Станции отбора гидрохимических проб IV этапа проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019» на НИС «Профессор Мультановский» в Восточно-Сибирском, Чукотском и Беренговом морях* (внизу).

на придонном горизонте концентрация фенолов составила 4,6 мкг/дм^3 (4,6 ПДК), а в октябре 2,7 мкг/дм^3.

8.6. Выводы по итогам проекта ТРАНСАРКТИКА-2019

По результатам проведенных гидрохимических исследований в рамках проекта «ТРАНСАРКТИКА-2019» в течение сезона весна-осень 2019 г. индексы загрязненности вод на большинстве исследуемых разрезов и районов морей характеризуют морскую воду как чистую и редко, как умеренно-загрязненную. Исключение составил разрез VI в Баренцевом море (II этап), ИЗВ на нем составил 1,34, что характеризует морскую воду как загрязненную. Значительный вклад в уровень ИЗВ на рассматриваемом участке внесло загрязнение южной части разреза железом. Содержание растворенного кислорода, pH и биогенных элементов на большинстве станций находилось в типичном диапазоне, соответствовало средним многолетним значениям для каждого моря и сезона. Из загрязняющих веществ были зафиксированы единичные станции с превышением значений ПДК по нефтяным углеводородам, железу и АПАВ.

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

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

Рис. 9.1. *Распределение глубин вокруг полуострова Камчатка.*

Таблица 9.1. Объем сточных вод и основные загрязняющие вещества, поступившие от отдельных предприятий в Авачинскую губу в 2019 г.

Предприятие	Отведено всего (тыс.м^3)	без очистки	недостаточно очищенной	нормативно чистой	нормативно-очищенной/ Всего	АСПАВ (кг)	Аммоний-ион (т)	Взвешенные вещества (т)	НСПАВ (кг)	Нефтепродукты (нефть) (т)	Нитрат-анион (кг)	Нитрит-анион (кг)	Сульфат-анион (сульфаты) (т)	Фенол, гидроксибензол (кг)	Фосфаты (по фосфору) (т)	Хлорид-анион (хлориды) (т)
г. Петропавловск-Камчатский																
ОАО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт»	10,560	10,560	0,000	0,000	0,000		0,137	0,617	7,190	0,003	15,411	2,314	0,244		0,050	0,294
АО «ПСРЗ»	203,990	203,990	0,000	0,000	0,000		0,016	0,113	0,302	0,002	4,142	0,200	0,084		0,004	0,169
ООО «Жестяно-баночная фабрика и Ко»	109,480	0,000	109,480	0,000	0,000			2,410	17,198	0,012	159,556	3,379	1,486		0,020	1,605
ООО «Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод»	78,030	0,000	78,030	0,000	0,000		0,120	2,042	9,281	0,466	231,507	1,235	42,828		0,465	321,605
ООО «Экология»	2,000		2,000					0,005	1,380	0,001	0,362	0,020		168,00	0,002	18,008
ЗАО «Судоремсервис»	455,140	0,000	255,140	200,00	0,000		2,994	4,970	36,582	0,036	1563,865	64,767	7,021		0,273	9,445
Рыболовецкий колхоз им. В.И.Ленина	118,350	0,000	118,350	0,000	0,000		0,004	0,591	4,098	0,001	149,690	1,402	0,916		0,025	0,758
ООО «Аквафиш»	6,980	0,000	0,000	0,000	6,980			0,402	1,668		3,373	0,292	0,217		0,015	2,093
Краевое ГУП «Камчатский водоканал»	8525,61	3499,32	0,000	0,000	5026,290		233,350	734,700	11 216,980	4,350	88260,28	10270,79	389,97		97,100	456,350
ООО «Терминал «Сероглазка»	25,680		25,680					0,014		0,861						
ООО «УКР»	254,40	254,400	0,000	0,000	0,000		0,012	0,588	18,380	0,002	76,892	30,401			0,002	
ООО «Камчаттралфлот»	0,000	0,000	0,000	0,000	11,230			0,050	0,130		4,490	0,220	1,940			13,330
ОАО «Камчатскэнерго»	26746,420	71,560	34,860	26640,00	0,000			0,194	0,824	0,005	173,081	6,060	9,162	0,107	0,022	75,526
г. Вилючинск																
«Вилючинский водоканал»	1699,700	1699,700				659,046	42,325	114,693		0,274	2024,000	410,821	100,382		11,280	70,135
ОАО «СВРЦ»	492,340	0,000	138,740	352,000	1,600		0,308	1,911	4,988	0,492	425,821	9,792	2,389		0,006	2,096
ДВЦ «ДальРАО»	0,510	0,000	0,510	0,000	0,000	0,011	0,001	0,005			22,000	1,530	0,040		0,002	0,008

по Камчатскому краю Амурского БВУ (табл. 9.1). В 2019 г. в Авачинскую губу предприятиями было сброшено 32,7 млн.м^3 сточных вод. Из них без очистки — 5,7 млн.м^3, недостаточно очищенных — 0,8 млн.м^3, нормативно очищенных — 5,0 млн.м^3, нормативно чистых — 27,1 млн.м^3. По сравнению с 2018 г. все приведённые выше параметры снизились. Уменьшилось количество и всех сбрасываемых загрязняющих веществ, кроме соединений азота (аммонийного, нитратного и нитритного) и хлоридов. Особенно следует отметить нефтепродукты, их поступление снизилось в 2,3 раза.

Количество загрязняющих веществ, поступивших в Авачинскую губу с речным стоком рек Авача и Паратунка, в отличие от 2018 г. изменилось следующим образом: содержание нефтепродуктов выросло в 2 раза, биогенных элементов (соединения азота и фосфора) уменьшилось на 40%, остальные вещества остались на прежнем уровне. Расход воды реки Авача, по сравнению с многолетними данными, уменьшился на 8%, а реки Паратунка увеличился на 18% (табл. 9.2).

Таблица 9.2. Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2019 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
Расход воды (м^3/с)	125,0		41,9		166,9
Наименование вещества	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	тыс. т
Детергенты	0,004	0,016	0,000	0,000	0,016
Фенолы	0,004	0,016	0,009	0,012	0,028
Нефтепродукты	0,246	0,970	0,110	0,145	1,115
Взвешенные вещества	10,20	40,21	10,40	13,74	53,95
Азот нитритный	0,006	0,024	0,000	0,000	0,024
Азот нитратный	0,217	0,855	0,246	0,325	1,180
Азот аммонийный	0,086	0,339	0,002	0,003	0,342
Фосфор минеральный	0,024	0,095	0,012	0,016	0,110

9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2019 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.

Соленость в водах Авачинской губы изменялась в очень широком диапазоне от 2,24‰ до 33,01‰; минимальное значение зафиксировано в поверхностном слое у входа в бухту Крашенинникова на ст.№3. Значения ниже 10‰ были зафиксированы в 5 пробах, отобранных из поверхностного слоя с мая по август по всей акватории губы, включая эстуарные районы рек и бухту Моховая. В подповерхностных водах на глубине 10 м соленость не опускалась ниже 28,00‰. В придонном слое она изменялась в диапазоне 26,56–33,00‰. Многолетняя динамика солености в различных частях губы позволяет предположить наличие небольшо-

Рис. 9.2. *Схема расположения станций мониторинга морских вод в Авачинской губе в 2019 г.*

го положительного тренда, особенно выраженного в последние три года. Значения хлорности изменялись в диапазоне 1,24–18,27‰, составив в среднем для всей толщи 15,40‰. Средняя для поверхностного слоя — 12,0‰; промежуточного — 17,38‰ и придонного — 17,70‰. Температура морской воды изменялась от 1,27 °С в придонном слое в центре Авачинской губы (ст. №2) 30 мая до 16,26 °С в приустьевой зоне р. Паратунка (ст.№48) 7 августа. В течение года температура в толще вод изменялась в диапазоне 2,39–10,32 °С; на поверхности в пределах от 4,68 до 16,26 °С; в придонном слое 1,27–8,62 °С. Значения pH были в диапазоне 7,63–9,19. Мутность воды варьировала в диапазоне от 15,0 в устьевой зоне реки Авача до 151,0 мг/дм^3 в бухте Раковая; среднегодовой показатель 83,75 мг/дм^3.

Наибольшее количество растворенных **нефтяных углеводородов** наблюдалось, как правило, 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 мор-

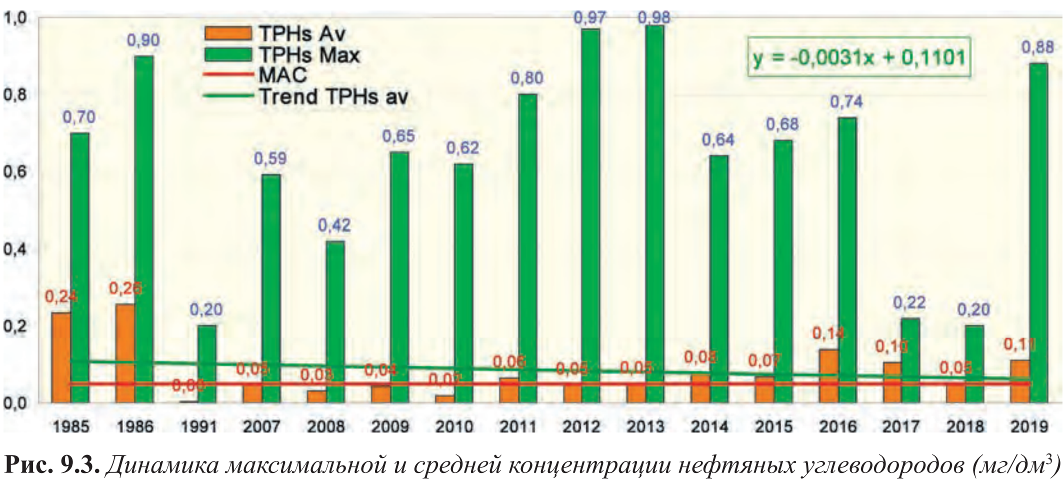


Рис. 9.3. *Динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах Авачинской губы в 1985–2019 гг.*

скую 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 увеличилось в 2 раза по сравнению с 2018 г. и составило 2,2 ПДК. Повышенная концентрация отмечалась в 83% всех отобранных проб; в 2018 г. этот показатель составил 37%. В большей степени воды Авачинской губы были загрязнены в августе (4,0 ПДК), с максимумом (0,88 мг/дм^3, 17,6 ПДК) на придонном горизонте бухты Раковой. В 2019 г. значения концентрации НУ вернулись на уровень последнего десятилетия после небольшого снижения в два предыдущих года (табл. 9.3, рис. 9.3).

В 2019 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 (Алеутские острова, Тихий океан) у пирса, в районе стоянки и швартовки рыбопромысловых и транспортных судов в апреле, июне, августе, сентябре, октябре и декабре (с повторяемостью от 2 до 21 дня) отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности (1 балл), с покрытием 10% видимой акватории, наблюдалась с марта по декабрь. В апреле отмечено наибольшее количество дней (28) с загрязнением. С июля по ноябрь нефтяная пленка регистрировалась с повторяемостью более 50% от количества наблюдаемых дней с хорошей видимостью. В остальное время пятна нефтепродуктов фиксировались в течение 4–9 дней. С мая по сентябрь 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) с февраля по октябрь отмечалась нефтяная пленка слабой интенсивности с покрытием 10% видимой части морской акватории. С апреля по сентябрь нефтяная пленка регистрировалась с наибольшей повторяемостью в количестве от 16 до 23 дней. В остальные месяцы загрязнение нефтепродуктами наблюдалось 1–11 дней. В 8% случаев в течение года визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами были невозможны из-за туманов и моросящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости (до 7 дней в июле).

Фенолы образуются при биохимическом распаде 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. Концентрация изменялась от 0,1 до 3,1 мкг/дм^3 (июль, придонный горизонт на глубине 12 м, выход из Авачинской губы), а среднегодовое значение составило 0,8 ПДК. Частота обнаружения величин больше или равных нормативу за год достигла 35% (37 проб из 106). Наибольшая повторяемость (56%) зарегистрирована в июле, когда была обнаружена максимальная величина (3 ПДК). На протяжении ряда лет концентрация фенолов оставалась стабильно повышенной на уровне 2–3 ПДК, и только в 2019 г. этот показатель снизился до менее 1 ПДК. Детергенты, поступающие в морскую среду с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в составе моющих и чистящих средств, в 2019 г. в водах Авачинской губы были представлены во всех пробах в концентрации равной пределу обнаружения (DL=50 мкг/дм^3). И только в двух пробах из приустьевой зоны р. Авача и на выходе из залива составила 160 (1,6 ПДК) и 110 мкг/дм^3.

Биогенные элементы. Концентрация минерального фосфора в водах Авачинской губы изменялась в широком диапазоне 0,8–258,0 мкг/дм^3; общего фосфора — 2,5–267,1 мкг/дм^3. Средние значения составили 46,3 и 59,3 мкг/дм^3 соответственно, что очень близко к прошлогодним значениям. Средняя концентрация фосфатов в толще вод варьировала от 20,78 мкг/дм^3 в июле до 68,46 мкг/дм^3 в октябре, а общего фосфора от 34,67 мкг/дм^3 в мае до 75,64 мкг/дм^3 в сентябре. Летом, в период активного фотосинтеза, содержание фосфора в морской воде снижается за счет 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. Распределение фосфора вполне закономерно. Наибольшие значения концентрации регистрировались вблизи устьев рек и в центральной части Авачинской губы, где в силу её чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона.

Концентрация **нитритов** в водах Авачинской губы во всех пробах превышала предел обнаружения и варьировала от 0,25 до 164,2 мкг/дм^3 (6,8 ПДК), максимум зафиксирован в центре Авачинской губы у дна. В среднем по толще содержание нитритов в водах Авачинской губы (10,7 мкг/дм^3) по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 18%. Тем не менее, в 8% случаев от общего количества проанализированных проб (136), зарегистрировано превышение допустимого норматива. Нитриты являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до **нитратов,** которые преобладают в морской воде как конечный продукт минерализации. Средняя концентрация нитратов в водах Авачинской губы снизилась на 34% и составила 87,4 мкг/дм^3. Наибольшие величины отмечались в приустьевой зоне реки Паратунка — 137,0 мкг/дм^3, с максимумом в июне — 414,6 мкг/дм^3. В октябре, в среднем по толще, зафиксировано наибольшее содержание нитратного азота — 178,3 мкг/дм^3. Содержание аммонийного азота в период отбора проб с мая по октябрь изменялось в диапазоне 10–434 мкг/дм^3; среднегодовое значение (59,4 мкг/дм^3, 0,03 ПДК) почти в 2 раза меньше прошлогоднего значения (110,1 мкг/дм^3). Наибольшее среднее количество аммонийного азота (121 мкг/дм^3) и максимум на дне центральной части Авачинской губы зарегистрированы в июне.

В 2019 г. концентрация **силикатов** в водах губы варьировала в широком диапазоне 16–6280 мкг/дм^3; среднегодовая величина незначительно увеличилась до 1493 мкг/дм^3. 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. Среднегодовое значение для поверхностного слоя составило 2108 мкг/дм^3, для придонного — 1274 мкг/дм^3, а для промежуточной водной толщи — 1480 мкг/дм^3. Сезонные изменения количества кремния в морских водах в значительной степени зависят от интенсивности речного стока. По данным многолетних наблюдений повышенная концентрация силикатов отмечается в периоды половодья и дождевых паводков в начале лета и зимы в зонах влияния рек Авача и Паратунка. В 2019 г. наибольшее содержание кремния было зарегистрировано на поверхностном горизонте ст.№17 и №4 — 6280 и 5484 мкг/дм^3 соответственно.

Кислородный режим Авачинской губы характеризуется постоянным перенасыщением кислородом поверхностного горизонта и дефицитом его в придонном слое в теплый период

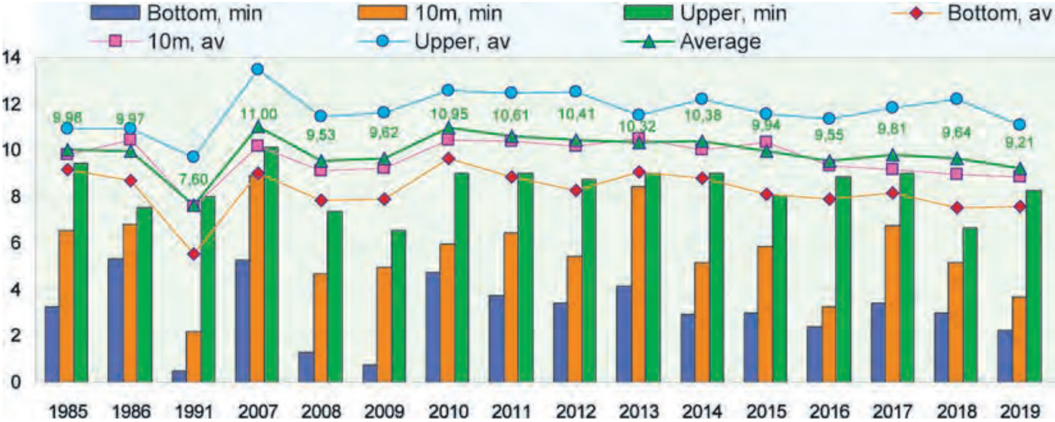


Рис. 9.4. *Динамика средней и минимальной концентрации растворенного кислорода (мгO_2/дм^3) в поверхностных, промежуточных и придонных водах Авачинской губы в 1985–2019 гг.*

года. Содержание растворенного в воде кислорода в период наблюдений изменялось в пределах 2,23–13,62 (20,6–141,8% насыщения), составив в среднем 9,21 мгO_2/дм^3 (89,7% насыщения) (табл. 9.3). В 2019 г. среднее насыщение вод Авачинской губы кислородом было удовлетворительным: на поверхностном ярусе — 111%, на придонном — 70%, среднее по толще вод — 90% при норме 70%, что практически соответствует величинам прошлого года (рис. 9.4).

С прогревом водных масс увеличивается потребление кислорода на процессы биохимического окисления, содержание растворенного кислорода уменьшается. Так, с июля по сентябрь было отмечено 13 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже норматива (6 мгO_2/дм^3) на среднем и придонном горизонтах, два из них соответствовало высокому уровню загрязнения (ВЗ), зафиксированному в центральной части губы у дна 23 июля (2,34 мгO_2/дм^3) и 13 сентября (2,23 мгO_2/дм^3). За последний пятилетний период столь низкие концентрации кислорода (ВЗ) были зарегистрированы только в 2016 году.

Таблица 9.3. Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,10	**2,0**	0,05	**1,0**	0,110	**2,20**
		0,22	**4,4**	0,2	**4,0**	0,88	**17,60**
	Фенолы	2,4	2,4	2,0	**2,0**	0,79	0,79
		22	22	20	**20**	3,1	**3,10**
	СПАВ	60	0,6	50	0,5	51,23	0,51
		300	**3,0**	100	**1,0**	160	**1,60**
	Азот аммонийный	62	<0,1	110	<0,1	59,4	0,03
		261	0,1	865	0,3	434	0,19
	Растворенный кислород	9,81		9,64		9,21	
		3,42	**0,57**	3,0	**0,50**	2,23	**0,37**

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; СПАВ, аммонийного азота, фенолов — в мкг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.

Расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) выполнен на основе осредненной концентрации приоритетных для морских вод загрязняющих веществ (фенолы, детергенты и нефтяные углеводороды) и растворенного в воде кислорода. Значение индекса осталось на уровне прошлого года (табл. 9.4). В 2016–2017 гг. произошел рост содержания загрязняющих веществ и особенно НУ в водах Авачинской губы. В следующие годы произошло небольшое улучшение и акватории был присвоен III класс качества — «умеренно загрязненные».

Таблица 9.4. Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	1,43	IV	1,04	III	1,03	IV	НУ 2,20; СПАВ 0,51; фенолы 0,79; O_2 0,65

Выводы

Наибольший вклад в загрязнение вод Авачинской губы п-ова Камчатка вносят нефтяные углеводороды, среднее содержание которых увеличилось в 2 раза по сравнению с предыдущим годом до 2,2 ПДК. Повышенные значения концентрации отмечались в 83% от всех отобранных проб. В большей степени воды Авачинской губы были загрязнены в августе (4,0 ПДК), с максимумом на придонном горизонте бухты Раковой — 17,6 ПДК. В среднем содержание фенолов составило 0,74 ПДК, максимальная величина в 3 ПДК обнаружена в придонном слое на выходе из Авачинской губы. В течение последних пяти лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была невысокой. Насыщение морских вод растворенным кислородом в целом по толще в течение года было достаточным — 90% при норме 70%. В июле и сентябре 2019 г. у дна в центральной части губы было определено низкое содержание кислорода, соответствующее уровню высокого загрязнения (ВЗ). Содержание нитритов в водах Авачинской губы по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 18%, однако в 8% случаев от общего количества проанализированных проб было зарегистрировано превышение допустимого норматива. Средние значения минерального фосфора в водах Авачинской губы были близкими к прошлогодним значениям. Наибольшее содержание фосфора отмечено вблизи устьев рек и в центральной части Авачинской губы, где в силу её чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона. Большинство других форм биогенных элементов находились в пределах естественной межгодовой изменчивости. Расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ=1,03) выполнен по средней концентрации нефтяных углеводородов, фенолов и АПАВ. Значение индекса осталось на уровне прошлого года (III класс качества, «умеренно загрязненные»).

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.км^2, объем — 1316 тыс.км^3, 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 –1,5 °С–1,7 °С. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой –1,7 °С. 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 °С, а летом — 7–14 °С; с глубиной температура понижается до 1,5–2,5 °С на горизонте 400 м (Охотское море, 1992).

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

В Охотское море впадает довольно много преимущественно небольших рек, поэтому при столь значительном объеме его вод материковый сток относительно невелик. Он равен примерно 600 км^3/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 2019 г. Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) ежемесячно в безледный период с мая по октябрь выполнялись наблюдения в районе поселка Стародубское 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.

10.2.1. Район поселка Стародубское

Температура поверхностного слоя воды в 2019 г. была в диапазоне 6,6–15,2°С, соленость 27,57–31,07‰, хлорность морской воды 15,26–17,20‰, концентрация ионов водорода (pH) менялась в пределах 6,89–8,19, значения щелочности варьировали от 2,004 до 2,368 мг-экв/дм^3. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля до 318 мг/дм^3 (21 августа), в среднем 83,3 мг/дм^3 (8,3 ПДК), а легко окисляемого органического вещества по БПК$_5$ от нуля до 6,0 мгО$_2$/дм^3 (2,9 ПДК).

Из всех загрязняющих веществ, наибольшее значение в районе поселка имели **нефтяные углеводороды** (табл. 10.1). Среднегодовой уровень их содержания в шести пробах из прибрежной акватории п. Стародубское был низким и составил в среднем 0,017 мг/дм^3 (0,3 ПДК), а максимальная концентрация достигала 0,039 мг/дм^3 (0,8 ПДК), (рис. 10.2). По сравнению с 2018 г. среднегодовое значение немного снизилась. В целом район поселка Стародубское в последнее десятилетие почти всегда был наименее загрязненным нефтяными углеводородами. Фенолы в предыдущие годы на исследуемой акватории не были обнаружены, однако в конце августа 2019 г. было зафиксировано значение 4,0 мкг/дм^3 (4 ПДК).

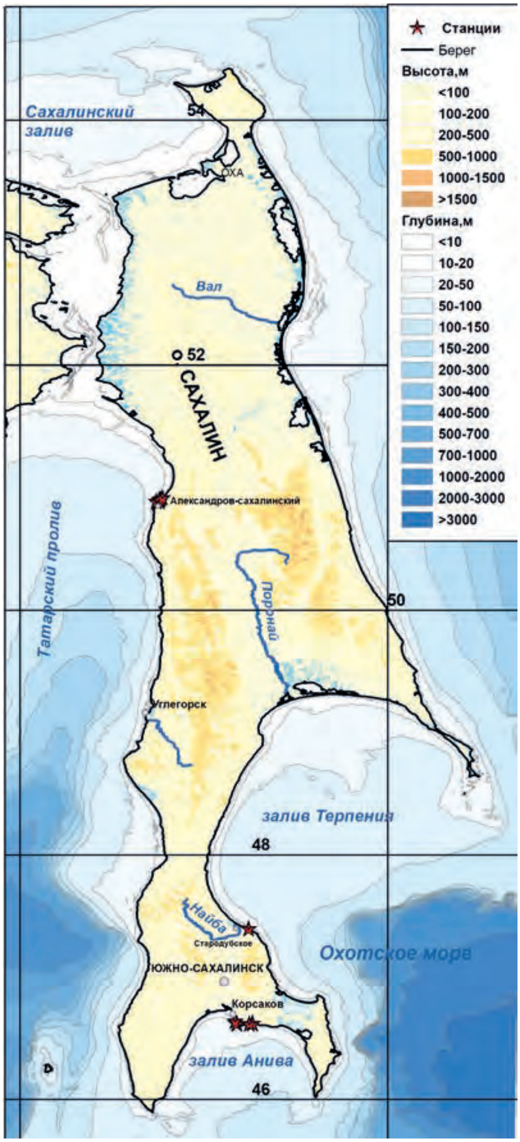


Рис. 10.1. *Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2019 г.*

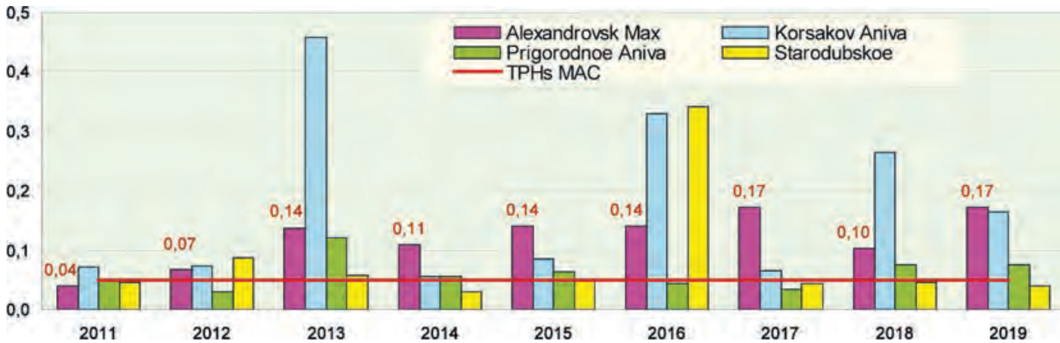


Рис. 10.2. *Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах шельфа о. Сахалин в 2011–2019 гг.*

Концентрация **металлов** (цинк, кадмий и свинец) в течение 2019 г. изменялась незначительно. Содержание меди варьировало от 0,7 в сентябре до 4,5 мкг/дм^3 в мае, в среднем 2,6 мкг/дм^3. Максимум концентрации цинка составил в мае 4,0 мкг/дм^3, минимум в сентябре — 2,1 мкг/дм^3. Свинец отмечен в трех пробах из шести в концентрации 0,3–1,1 мкг/дм^3; а содержание кадмия было ниже предела обнаружения методики (DL=0,3 мкг/дм^3).

Концентрация растворенного в воде **кислорода** в 2019 г. существенно снизилась и была в диапазоне 5,83–11,86 мгO_2/дм^3, средняя за период наблюдений составила 7,90 мгO_2/дм^3, на 11% меньше прошлогоднего. Уровень загрязненности морских вод района у пос. Стародубское по ИЗВ (0,82) в сравнении с прошлым годом несущественно уменьшился и находится близко к границе классов «чистые» и «умеренно загрязненные» (табл. 10.2). В целом в 2019 г. в поверхностных водах отмечено небольшое снижение содержания нефтяных углеводородов и металлов, но немного возросла концентрация СПАВ, фенолов и органических веществ по БПК$_5$. Концентрация различных форм азота была значительно ниже установленных нормативов ПДК.

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе пос. Стародубское значительно увеличилось по сравнению с предыдущим годом, в среднем примерно на 1 ДК до 2,8 ДК, а максимум достигал 5,2 ДК (табл. 10.3). Концентрация цинка, кадмия, свинца, меди и фенолов от предыдущих лет отличалась незначительно.

10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова

В районе порта г. Корсакова в 2019 г. мониторинг состояния морской среды проводился с мая по октябрь на трех станциях. На исследуемой акватории температура поверхностного слоя воды была в диапазоне 11,5–20,3°C, соленость 21,26–31,72‰, хлорность морской воды 11,77–17,56‰, концентрация ионов водорода (pH) менялась в пределах 7,42–8,13, значения щелочности варьировали от 1,824 до 2,384 мг-экв/дм^3. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля до 185 мг/дм^3 (3 июля), в среднем 41,7 мг/дм^3 (4,2 ПДК), а легко окисляемого органического вещества по БПК$_5$ в диапазоне 1,2–9,5/4,1 мгO_2/дм^3 (max 4,5 ПДК).

Концентрация **НУ** в прибрежных водах залива в районе порта Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм^3, в 3 пробах из 18) до 0,164 мг/дм^3 (3,3 ПДК, 6 сентября). Средняя за год величина составила 0,050 мг/дм^3 (1,0 ПДК), что почти точно соответствует уровню прошлого года. Содержание фенолов в водах залива было ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм^3) во всех пробах, кроме одной (2,6 мкг/дм^3). Концентрация СПАВ

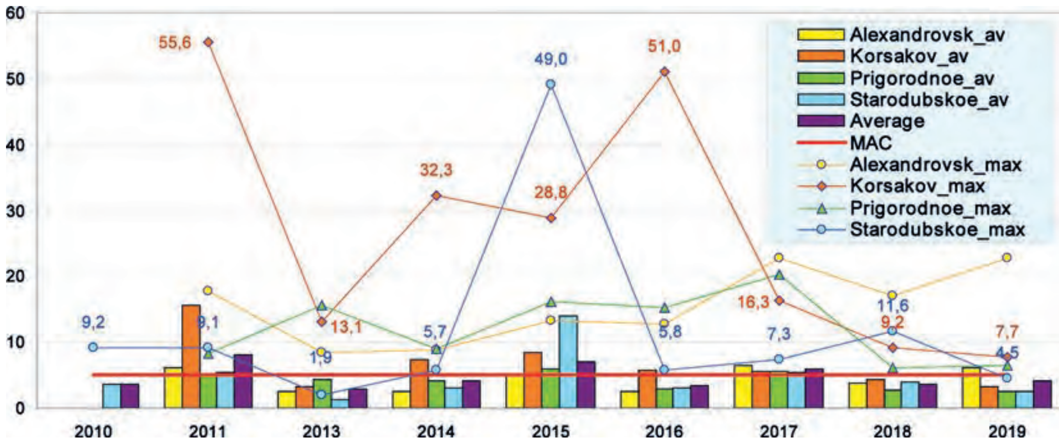


Рис. 10.3. *Средняя и максимальная концентрация меди (мкг/дм³) в водах шельфа о. Сахалин в 2010–2019 гг.*

в четырех пробах была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм³), а в остальных достигала 91 мкг/дм³ (0,9 ПДК); в среднем 22,6 мкг/дм³.

Концентрация **меди** в морской воде в районе порта Корсаков изменялась в диапазоне 0,5–7,7 мкг/дм³; максимальное и среднее значение (3,2 мкг/дм³) были немного меньше прошлогодних (табл. 10.3, рис. 10.3). Уровень содержания свинца и цинка в морских водах практически не изменился за последние годы. Концентрация кадмия была ниже предела обнаружения во всех пробах.

Таблица 10.3. Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Анива в районе п. Корсаков в 2013–2019 гг.

	Cu	Cd
сред	3,2/7,3/8,5/5,7/5,5/4,3/3,2	0/0,025/0,3/0,57/0/0
макс	13,1/32,3/28,8/51,0/16,3/9,2/7,7	<0,3/<0,3/0,3/1,9/5,0/<0,3/0,5/0
мин	1,0/0,7/0,9/<0,3/0,8/1,2/0,5	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/0
ПДК сред	0,6/**1,5**/**1,7**/**1,1**/**1,1**/0,8/0,64	<0,1/<0,1/<0,1/<0,1/<0,1/<0,1/-
ПДК max	**2,6/6,5/5,8/10,2/3,3/1,8/1,5**	<0,1/<0,1/<0,1/0,5/<0,1/<0,1/-

	Pb	Zn
сред	0,94/2,4/1,2/0,8/0,9/0,9/0,51	5,5/10,5/13,0/13,3/5,2/4,7/4,7
макс	3,4/7,3/4,4/3,2/3,5/3,2/2,2	27,5/45,9/69,0/56,7/21,2/12,2/12,9
мин	<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/<0,3/0	1,4/<0,3/1,1/2,1/2,0/1,9/2,5
ПДК сред	<0,1/0,2/0,1/<0,1/<0,1/<0,1/0,05	0,1/0,2/0,3/0,3/0,1/0,1/0,09
ПДК max	0,3/0,7/0,4/0,3/0,4/0,3/0,2	0,6/0,9/**1,4**/**1,1**/0,4/0,2/0,3

Концентрация различных форм **азота** в водах залива в районе п. Корсаков была в пределах естественной межгодовой изменчивости: средняя концентрация аммонийного азота составила 78,5 мкг/дм³ (примерно в 2 раза больше прошлогодней), максимальная — 390 мкг/дм³, при этом в 5 пробах из 18 значения были ниже предела обнаружения DL=20 мкг/дм³; нитритов — 0,93–8,98/3,0 мкг/дм³, максимум 0,37 ПДК; нитратов — 5,47–307/42,3 мкг/дм³. Концентрация фосфатов изменялась в пределах 12,3–147,3 мкг/дм³, средняя величина повторила прошлогоднюю и составила 57,7 мкг/дм³. Содержание силикатов в водах района изменялось в диапазоне 91–2440 мкг/дм³, составив в среднем 506 мкг/дм³.

Кислородный режим в водах порта Корсаков в целом был нарушенным. Среднее содержание растворенного кислорода в период проведения наблюдений было очень невысоким и составило 6,87 мгO_2/дм^3, что на 15% ниже прошлогоднего; диапазон концентрации 4,79–9,15 мгO_2/дм^3. Ниже норматива содержание растворенного кислорода было в пяти пробах. Процент насыщения находился в пределах 69,2–148,8%, в среднем 105,0%, что почти равно прошлогоднему значению. По ИЗВ (1,12) воды залива Анива в районе порта Корсаков в 2019 г. относятся к III классу, «умеренно-загрязненные» (табл. 10.3). По сравнению с предыдущим годом качество вод в районе порта немного ухудшилось. Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК$_5$) и медь.

В шести пробах **донных отложений** из прибрежной зоны залива Анива в районе порта Корсаков содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 250–634 мкг/г с максимумом в июне, в среднем 474 мкг/г (9,5 ДК), в 2018 г.— 3,0 ДК; 2017–3,8 ДК, 2016–3 ДК, 2015–2 ДК. Средняя и максимальная концентрация НУ возросла почти в 3 раза. Значения концентрации фенолов варьировали в пределах 0,08–1,26 мкг/г, в среднем 0,41 мкг/г, что примерно в 3 раза больше прошлогоднего уровня. Содержание тяжелых металлов в осадках у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 12,3–32,5 мкг/г (среднее 24,7 мкг/г, 0,71 ДК, что равно прошлогоднему); цинк 54–69 мкг/г (среднее 59,8 мкг/г, 0,43 ДК). Концентрация кадмия варьировала в пределах 0,12–0,55 мкг/г, в среднем 0,27 мкг/г, что равно прошлогоднему. Содержание свинца изменялось в диапазоне 5,0–6,4 мкг/г, среднее составило 5,9 мкг/г, (равно прошлогоднему).

10.2.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное

В заливе Анива в поселке Пригородное восточнее города Корсаков в 2009 г. был запущен первый в России завод СПГ в рамках проекта Сахалин-2 с проектной производственной мощностью 9,6 млн.тонн сжиженного природного газа. В прибрежных водах поселка в 2019 г. было отобрано 18 проб воды и 18 проб донных отложений на трех станциях с мая по октябрь. Температура поверхностного слоя вод изменялась в диапазоне 11,9–18,6 °C; соленость 8,38–31,52/29,03‰; хлорность 4,64–17,45/16,1‰; pH 7,86–8,25/8,05; щелочность изменялась в диапазоне 0,984–2,368/2,065 мг-экв/дм^3. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 0 до 97 мг/дм^3 в середине августа, средняя 35,6 мг/дм^3 (3,6 ПДК), а легко окисляемого органического вещества по БПК$_5$ от значений <1,0 мгO_2/дм^3 до 5,1 мгO_2/дм^3, в среднем 2,7 мгO_2/дм^3 (1,3 ПДК); в прошлом году было 1,0 ПДК. Стандартные параметры морских вод в районе Пригородного в целом были в пределах естественных межгодовых колебаний. Как и в прошлом году в середине августа был отмечен случай сильного (ниже 9,0‰) распреснения поверхностных вод района на ст.№101.

Концентрация **НУ** в поверхностном слое вод изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм^3) в 9 пробах из 18, а в остальных достигала 0,076 мг/дм^3, составив в среднем 0,023 мг/дм^3 (0,46 ПДК). Уровень загрязнения НУ по сравнению с прошлогодними значениями не изменился (табл. 10.1, рис. 10.2). Содержание фенолов было ниже предела обнаружения (DL=2 мкг/дм^3) во всех пробах; а СПАВ — ниже DL в 2 пробах, а в остальных достигало 51 мкг/дм^3 (0,5 ПДК), в среднем 23,0 мкг/дм^3. Концентрация меди в морской воде в районе пос. Пригородное изменялась в диапазоне 0,5–6,5 мкг/дм^3, составив в среднем 2,5 мкг/дм^3 (0,5 ПДК). Содержание цинка 1,5–15,2 мкг/дм^3, в среднем 4,2 мкг/дм^3 (0,08 ПДК). Концентрация свинца в 14 пробах из 18 была ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/дм^3, а максимальная достигала 0,7 мкг/дм^3 (0,07 ПДК). Кадмий во всех пробах был в концентрации ниже предела обнаружения (DL=0,3 мкг/дм^3).

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива в районе п. Пригородное изменялась от аналитического нуля в 12 пробах до 164,0 мкг/дм^3, среднее значение составило 22,8 мкг/дм^3 (на треть меньше прошлогоднего); азот нитритов 0,75–12,97/2,8 мкг/дм^3; нитратов 0,75–60,96/18,6 мкг/дм^3. Концентрация неорганического фосфора варьировала в диапазоне 24,5–160,0 мкг/дм^3 (max 3,2 ПДК); средняя величина увеличилась до 55,0 мкг/дм^3. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне 112–3650 мкг/дм^3, максимум зафиксирован 15 августа, а среднее значение (577 мкг/дм^3) примерно в два раза ниже прошлогоднего.

В теплые месяцы 2019 г. концентрация растворенного **кислорода** изменялась в диапазоне 5,42–11,50 мгО$_2$/дм^3, в среднем 7,88 мгО$_2$/дм^3. На прибрежной станции №103, расположенной в месте выхода дороги из Корсакова в поселок Пригородное, среднегодовое значение составило 7,48; восточнее на городском пляже на ст.№102 эта величина была ниже (6,88), а немного восточнее на ст.№101 составила 9,28 мгО$_2$/дм^3. Две пробы с дефицитом кислорода зафиксированы на пляже в конце мая и середине августа. По ИЗВ (0,75) прибрежные воды залива Анива вблизи пос. Пригородное в 2019 г. находятся на границе II и III класс, «чистые» — «умеренно загрязненные» (табл. 10.2). Приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК$_5$) и медь.

Донные отложения. Уровень содержания загрязняющих веществ в донных отложениях оставался стабильным в течение всего периода мониторинга за исключением нефтяных углеводородов. По сравнению с 2018 г. среднегодовая концентрация НУ увеличилась в 2 раза с 18 до 49 мкг/г. Концентрация фенолов в донных отложениях варьировала в пределах аналитического нуля в трех пробах до 0,71 мкг/г. Среднегодовая концентрация увеличилась практически в два раза до 0,19 мкг/г. В 2019 г. наблюдалось незначительное повышение концентрации меди и кадмия. Содержание цинка и свинца в донных отложениях исследуемой акватории было ниже предела обнаружения методики. В целом накопление тяжелых металлов варьирует от года к году, однако находятся в пределах среднемноголетних значений.

Таблица 10.1. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах шельфа о. Сахалин в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
пос. Стародубское (6 проб в 2019 г.)	НУ	0,018 0,043	0,4 0,9	0,027 0,046	0,54 0,92	0,017 0,039	0,34 0,78
	Фенолы	0 0		0 0		0,67 4,0	0,67 **4,00**
	СПАВ	28 46	0,28 0,46	13 21	0,13 0,21	27,8 47	0,28 0,47
	Кадмий	0,07 0,4	<0,01 0,04	0,1 0,5	0,01 0,05	0 0	
	Медь	5,4 7,3	**1,1** **1,5**	4,0 11,6	0,8 **2,3**	2,58 4,5	0,52 0,90
	Цинк	2,7 10,3	<0,1 0,2	2,4 3,4	<0,1 <0,1	3,20 5,6	0,06 0,11
	Свинец	1,6 3,4	0,2 0,3	0,5 1,1	<0,1 <0,1	0,36 1,1	0,04 0,11
	Аммонийный азот	82 348	0,2 0,9	53 235	0,1 0,6	16,5 39	<0,01 0,02
	Нитритный азот	3,9 5,92	0,16 0,25	2,6 5,79	0,11 0,24	4,50 9,45	0,19 0,39
	БПК$_5$	1,7 5,1	0,6 **1,7**	3,2 4,0	**1,0** **1,3**	2,78 6,0	**1,32** **2,86**

	Кислород	9,58 7,90		8,9 6,3		7,90 5,83	 **0,97**
Залив Анива: порт г. Корсакова (18 проб в 2019 г.)	НУ	0,02 0,07	0,4 **1,4**	0,05 0,263	**1,0** **5,3**	0,050 0,164	**1,00** **3,28**
	Фенолы	0,2 2,3	0,2 **2,3**	0 0		0,14 2,6	0,14 **2,60**
	СПАВ	21 60	0,21 0,6	16 88	0,16 0,88	22,6 91	0,23 0,91
	Кадмий	0 0		0,03 0,5	<0,01 0	0 0	
	Медь	5,5 16,3	**1,1** **3,26**	3,4 9,2	0,6 **1,8**	3,23 7,7	0,65 **1,54**
	Цинк	5,2 21,2	0,1 0,4	4,7 12,2	0,09 0,24	4,67 12,9	0,09 0,26
	Свинец	0,93 3,5	0,09 0,35	0,88 3,2	0,09 0,32	0,51 2,2	0,05 0,22
	Аммонийный азот	73,6 408	0,19 **1,05**	30,1 293	0,1 0,75	78,5 390	0,20 **1,00**
	Нитритный азот	9,3 64,3	0,39 **2,68**	4,0 14,7	0,17 0,61	3,00 8,98	0,13 0,37
	$БПК_5$	2,46 8,1	**1,17** **3,86**	3,23 6,4	**1,54** **3,05**	4,13 9,5	**1,97** **4,52**
	Кислород	8,12 6,53		8,10 6,19		6,87 4,79	 **0,80**
Залив Анива: район пос. Пригородное (18 проб в 2019 г.)	НУ	0,004 0,033	0,08 0,66	0,017 0,075	0,34 **1,50**	0,023 0,076	0,46 **1,52**
	Фенолы	0,29 3,0	0,29 **3,0**	0 0		0 0	
	СПАВ	11,6 30	0,12 0,30	9,8 51	0,10 0,51	11,6 51	0,12 0,51
	Кадмий	0,06 0,7	0,01 0,07	0,04 0,7	<0,01 0,07	0 0	
	Медь	5,53 20,2	**1,1** **4,0**	2,63 6,1	0,53 **1,20**	2,48 6,5	0,50 **1,30**
	Цинк	3,7 7,8	0,07 0,16	2,94 8,8	0,06 0,18	4,16 15,2	0,08 0,24
	Свинец	0,72 2,3	0,07 0,23	0,41 1,4	0,04 0,14	0,12 0,7	0,01 0,07
	Аммонийный азот	52,1 310	0,13 0,8	16,8 70	0,04 0,18	22,8 164	0,06 0,42
	Нитритный азот	6,3 24,9	0,26 **1,04**	1,5 2,98	0,06 0,12	2,80 12,97	0,03 0,54
	$БПК_5$	1,55 4,3	0,74 **2,05**	2,1 3,8	**1,00** **1,81**	2,70 5,1	**1,29** **2,43**
	Кислород	7,86 5,03	 **0,84**	8,34 5,58	 **0,93**	7,88 5,42	 **0,90**

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (C*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и $БПК_5$ приведена в мг/дм^3; СПАВ, фенолов, металлов, нитритного и аммонийного азота в мкг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.

Таблица 10.2. Оценка качества морских вод Охотского моря в прибрежной акватории о. Сахалин в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Содержание ЗВ в 2019 г. (от ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
поселок Стародубское	0,59	II	0,88	III	0,82	III	Фенолы 0,67; БПК$_5$ 1,32; Cu 0,52; O_2 0,76
порт Корсаков	0,85	III	1,06	III	1,12	III	НУ 1,00; БПК$_5$ 1,97; Cu 0,65; O_2 0,87
поселок Пригородное	0,68	II	0,65	II	0,75	III	НУ 0,46; БПК$_5$ 1,29; Cu 0,50; O_2 0,76

Таблица 10.3. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в донных отложениях шельфа о. Сахалин в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		C*	ДК	C*	ДК	C*	ДК
пос. Стародубское (6 проб в 2019 г.)	НУ	99,8 228	**2,0** **4,6**	84 204	**1,7** **4,1**	138 259	**2,8** **5,2**
	Фенолы	0,035 0,14		0,33 1,46		0,31 0,84	
	Медь	4,05 5,9	0,1 0,2	3,7 5,8	0,1 0,16	4 6,1	0,1 0,2
	Цинк	10,5 17,9	0,08 0,13	0 0		9,7 58	0,07 0,41
	Кадмий	0,1 0,37	0,1 0,5	0,07 0,1	0,08 0,1	0,08 0,10	0,10 0,13
	Свинец	1,5 2,4	<0,1 <0,1	0 0		0 0	
порт г. Корсакова (6 проб в 2019 г.)	НУ	191 324	**3,8** **6,5**	149 236	**2,3** **4,7**	474 634	**9,5** **12,7**
	Фенолы	0,1 0,17		0,1 0,34		0,41 1,26	
	Медь	45,1 105,6	**1,3** **3**	23,2 30,5	0,7 0,9	24,7 32,5	0,71 0,93
	Цинк	62,5 109,4	0,4 0,8	39 65	0,3 0,5	60 69	0,4 0,5
	Кадмий	0,39 1,17	0,5 **1,5**	0,28 0,89	0,3 **1,1**	0,27 0,55	0,3 0,7
	Свинец	8,3 17,9	0,1 0,2	5,6 6,2	<0,1 <0,1	5,9 6,4	<0,1 <0,1
пос. Пригородное (18 проб в 2019 г.)	НУ	14,9 61	0,3 **1,2**	17,9 30	0,4 0,6	49,1 77	**1,0** **1,5**
	Фенолы	0,08 0,40		0,10 0,59		0,19 0,71	
	Медь	5,8 10,2	0,2 0,3	4,3 5,8	0,1 0,2	4,7 6,1	0,1 0,2
	Цинк	11,9 19,5	0,1 0,1	0 0		0 0	
	Кадмий	0,06 0,11	0,1 0,1	0,04 0,07	0,05 0,09	0,05 0,10	0,06 0,13
	Свинец	2,1 3,3	0,02 0,04	0 0		0 0	

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

10.3. Выводы

По данным мониторинга уровень загрязнения вод в трех прибрежных участках шельфа острова Сахалин оставался незначительным. Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, фенолы, медь и легко окисляемые органические вещества по $БПК_5$. Органическое загрязнение достигало 1,3–2,0 ПДК в контролируемых районах и было наибольшим у города Корсаков. Здесь же достигало норматива среднее содержание нефтяных углеводородов, максимальная концентрация которых в районе порта Корсаков достигала 3,3 ПДК, а восточнее у завода СПГ в поселке Пригородное — 1,5 ПДК. У пос. Стародубское нефтяное загрязнение прибрежья незначительное. Из тяжелых металлов в наибольшей концентрации в воде встречается медь, хотя в среднем ее содержание на разных участках составляло примерно половину норматива, а максимальное значение достигало 1,5 ПДК у Корсакова. Динамика изменений средней и наибольшей концентрации меди в последние годы не показывает значительных изменений. В 2019 г. во всех районах прибрежные морские воды оцениваются как «умеренно загрязненные» (III класс качества). Значение индекса ИЗВ составили 0,82; 1,12 и 0,75 у пос. Стародубское, в районе порта Корсаков и пос. Пригородное соответственно. Существенных изменений по сравнению с прошлым годом не отмечено.

В 2019 г., как и в предыдущие годы, в донных отложениях контролируемых районов шельфа Сахалина среднегодовое содержание меди, цинка, кадмия и свинца было меньше норматива и обычно составляло небольшую долю ДК. Максимальная концентрация меди в осадках в районе порта Корсаков достигала 0,93 ДК. Максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов в южной части шельфа острова у порта Корсаков сильно выросла в 2,7 и 4,1 раза соответственно и достигала 12,7 ДК и 9,5 ДК. Рост содержания НУ примерно в два раза также отмечен у поселков Стародубское и Пригородное. Содержание фенолов было примерно одинаковым в последние годы во всех районах контроля. В целом прибрежные воды и донные отложения близ порта Корсаков остаются наиболее загрязненными на шельфе о. Сахалин.

Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

Подкопаева В.В., Наумец А.Е., Артамонова Е.М., Матвейчук И.Г., Жохова Н.В., Коршенко А.Н., Долгова А.О.

11.1. Общая характеристика

Японское море — полузамкнутое море Тихого океана. Проливами Татарским, Невельского и Лаперуза оно соединяется с Охотским морем, проливом Цугару (Сангарским) — с Тихим океаном, а Корейским проливом — с Восточно-Китайским и Желтым морями. Площадь моря составляет 1062 тыс.км^2, объем воды — 1715 тыс.км^3, 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 бытовые (коммунальные сбросы жилых массивов) сточные воды, воды рек Раздольной, Артёмовки, Партизанской, Рудной и Объяснения, 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. Материалы о поступлении загрязняющих веществ в морскую воду залива Петра Великого предоставлены региональным отделом Водных ресурсов по Приморскому краю на основании таблиц 2ТП-водхоз. По состоянию на 01.01.2020 года количество организаций, отчитывающихся по сбросу вод в Приморском крае, по сравнению с прошлым годом увеличилось на два и составило 299 респондента. Суммарный забор воды из водных объектов в 2019 г. уменьшился на 6,07% и составил 558,42 млн.м^3 против 594,53 млн.м^3 прошлого года. Забор пресной воды из поверхностных источников уменьшился на 11,85% и составил 288,35 млн.м^3 против 327,13 млн.м^3 прошлого года; забор воды из подземных источников по краю увеличился на 26,87% и составил 67,14 млн.м^3; забор морской воды уменьшился на 5,41% и составил 202,82 млн.м^3. Расход воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения в 2019 г. увеличился на 0,31% и составили 1978,7 млн.м^3.

Объем сточных вод, сбрасываемых в водные объекты края в 2019 г., уменьшился на 1,4% и составил 411,76 млн.м^3, в том числе загрязненных сточных вод — 258,9 против 265,95 млн. м^3 прошлого года (уменьшение на 2,65%), из которых сброшенные без очистки составили 214,88 против 232,2 млн.м^3 прошлого года (уменьшение на 7,46%), а недостаточно очищенные — 44,02 против 33,76 млн.м^3 прошлого года (увеличение на 30,39%). Увеличение произошло по ООО «Лучегорский водоканал» вследствие аномального увеличения выпавших осадков в летний период. Объем нормативно очищенных составил 76,51 против 75,79 млн. м^3 прошлого года (увеличение на 0,95%); нормативно чистых 76,35 против 75,86 млн.м^3 прошлого года (увеличение на 0,65%). Мощность очистных сооружений перед сбросом сточных вод в водные объекты составила 556,77 млн.м^3.

Наибольший вклад в загрязнение морских вод вносит г. Владивосток (71,96%), сбрасывающий 241,36 млн.м^3 загрязненных сточных вод, из них 99,47% являются неочищенными и 0,53% — недостаточно очищенными. Неочищенные и недостаточно очищенные сточные воды города сбрасываются в бухты Золотой Рог и Диомид, пролив Босфор Восточный, Амурский и Уссурийский заливы. Основным загрязнителем является структурное подразделение Владивостокская ТЭЦ-2 филиала Приморская генерация АО «Дальневосточная генерирующая компания» — 194,2 млн.м^3, а также КГУП «Приморский водоканал» — 45,97 млн.м^3.

Река Раздольная с притоками является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Уссурийска и Октябрьского муниципального района. В водоток с очищенными и недостаточно-очищенными стоками МУП «Уссурийск-Водоканал» поступило: аммоний-иона 32,259 т, железа 2,357 т, алюминия 150 кг, фосфатов (по фосфору) 10,382 т, нефтепродуктов 0,937 т, нитратов 647,930 т, нитритов 1,036 т, сульфатов 749,192 т, органических веществ по БПК$_{\text{полн}}$. 97,186 т, взвешенных веществ 112,198 т, фенолов 21,754 кг, таннидов 7842,426 кг, НСПАВ 982,084 кг, титана 369,78 кг, хлоридов 706,038 т, хрома трехвалентного 493,041 кг и цинка 406,758 кг.

Река Партизанская с притоками является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Партизанская и Партизанского муниципального района. В водоток с загрязненными сточными водами структурного подразделения Партизанская ГРЭС «Приморская генерация» поступило органических веществ по БПК$_{\text{полн}}$ 0,216 т, взвешенных веществ 0,320 т, сухого остатка 25,247 т, фосфатов 0,033 т и сульфатов 3,494 т.

Заливы и бухты Японское море принимают нормативно-очищенные и загрязненные сточные воды городов Владивосток, Находка, Артем, Большой Камень, Фокино, Шкотовского, Хасанского, Надеждинского муниципальных районов. В воды бассейна Японского моря было сброшено 23,1 т нефтепродуктов, 2567,6 т взвешенных веществ, 3479029,1 т хлоридов, 3100,8 т органических веществ по $БПК_{полное}$, 590,9 т аммония, 2423,7 т нитратов, 29,0 т нитритов, 213,1 т кальция, 16,9 т АСПАВ, 9,5 т НСПАВ, 4,183 т жиров природного происхождения, 23,6 т железа, 1,2 т бора, 7842,4 кг таннидов, 1117,0 кг марганца, 489,3 кг меди, 1647,6 кг цинка, 329,7 кг никеля, 218,9 кг свинца, 527,6 кг хрома 3+, 256,98 кг хрома 6+, 461897,8 т сульфатов, 432,9 кг фенолов, 135,5 т фосфора фосфатов. Реками побережья Японского моря принесено 295,48 тыс.$м^3$ сточных вод с загрязняющими веществами. Основной вклад в загрязнение побережья Японского моря вносит река Объяснения, которая является приемником сточных вод Владивостокской ТЭЦ-2 (194,2 млн.$м^3$ сточных вод), а также КГУП «Приморский водоканал» (62,73 млн.$м^3$). В бухту Золотой Рог было сброшено 4,440 млн.$м^3$/год сточных вод, имеющих загрязняющие вещества.

В 2019 г. гидрохимические исследования Японского моря проводились лабораторией мониторинга загрязнения вод и почв Приморского Центра по мониторингу окружающей среды Приморского УГМС (г. Владивосток) с апреля по октябрь в прибрежных акваториях (в шести районах) залива Петра Великого на 39 стандартных станциях. Пробы донных отложений на загрязнение и анализ гранулометрического состава отбирались два раза в год — весной и осенью. Работы осуществлялись в рамках программы Государственной системы наблюдений (ГСН). Оценка степени загрязнения донных отложений выполняется на основе соответствия уровней содержания загрязняющих веществ по критериям экологической оценки загрязнённости грунтов по Neue Niderlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица А.5).

11.3. Бухта Золотой Рог

Бухта Золотой Рог — длинная узкая бухта к северу от пролива Босфор Восточный Японского моря. Она защищена от всех ветров, кроме штормовых и волнения, вдаётся в северный берег пролива Босфор Восточный между мысом Тигровый (43°06′ с. ш. 131°53′ в. д.) и находящимся в 1,2 морской мили к востоку-северо-востоку от него мысом Голдобина. Глубины во входе в бухту 20–27 м и далее к вершине они постепенно уменьшаются. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает чрезвычайно загрязненная речка Объяснения. С северо-запада бухта Золотой Рог ограничена полуостровом Шкота с холмистыми берегами, а в южной части они обрывистые и на всем протяжении приглубые. Северный, южный и восточный берега возвышенные, кое-где обрывистые и окаймлены узкой низкой прибрежной полосой, искусственно выровненной и местами расширенной для портовых сооружений. Они почти на всем протяжении укреплены стенками, оборудованы причалами и пирсами. На берегах бухты Золотой Рог расположен город Владивосток (605 тыс. жителей) с торговым и рыбным портами, судоремонтными предприятиями, а также частями Тихоокеанского флота. Через бухту проложен вантовый Золотой мост. Площадь поверхности бухты — 4,44 $км^2$. Грунт в бухте илистый. Летом в бухте Золотой Рог преобладают южные и юго-восточные ветра, часты дожди и туманы. Осенью и зимой дуют преимущественно северные и северо-западные ветра, сопровождающиеся сухой и ясной погодой, значительным понижением температуры и повышением атмосферного давления. Зимние и осенние ветра бывают продолжительными и достигают скорости 6–8 м/с и более. Весной и летом скорость ветра несколько меньше. Туманы в бухте Золотой Рог наблюдаются с апреля по август и наиболее часто они бывают в июне-июле. Обычно туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива, а при штиле туманы бывают реже. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамёрзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.

Рис. 11.1. *Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид в 2019 г.*

В 2019 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в мае, августе и октябре на 5 постоянных станциях мониторинга (рис. 11.1). В 39 пробах воды из бухты Золотой Рог значения **температуры** морской воды изменялись в период наблюдений от 8,70 °C в мае на ст.№12 и 14 на выходе из бухты до 29,00 °C в августе в вершине бухты на ст.№1; среднегодовое значение составило 14,93 °C.

Соленость изменялась в поверхностном слое от 13,99‰ в августе на ст.№14 до 33,10‰ в октябре на ст.№12; в придонном слое — от 29,70‰ в августе на ст.№1 до 33,73‰ в октябре на ст.№12. Среднегодовой показатель составил 30,20‰. Значения водородного показателя pH на поверхностном горизонте изменялись от 7,76 (ст.№1 в августе) до 8,42 (ст.№12 в октябре); на придонном горизонте — от 7,80 (ст.№1 в августе) до 8,57 (ст.№7 в октябре); среднегодовое значение составило 8,18. Средняя концентрация взвешенных частиц составила 11,35 мг/дм^3 (в 2016 г. — 6,4; 2017–6,9; 2018–9,04 мг/дм^3). Максимум — 28,8 мг/дм^3 (2,9 ПДК) был зафиксирован в мае на ст.№1 в поверхностном слое. Прозрачность вод бухты не превышала 4 м. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК$_5$) в толще воды бухты изменялось в диапазоне 0,50–7,0 мгO$_2$/дм^3; максимум (3,3 ПДК) отмечен в августе в вершине бухты на ст.№1 на поверхности. Среднегодовое значение БПК$_5$ составило 2,63 мгO$_2$/дм^3, что выше прошлогоднего значения (2,10 мгO$_2$/дм^3) в 1,25 раза.

В 2019 г. средний уровень загрязненности вод бухты Золотой Рог **нефтяными углеводородами** (НУ) снизился с 1,9 до 0,9 ПДК (табл. 11.11). Концентрация НУ превысила норматив в 33,3% проб, что в 2,3 раза меньше по сравнению с 2018 г. — 77,8%. В период проведения наблюдений содержание НУ изменялось в диапазоне 0,01–0,13 мг/дм^3. Максимальное значение

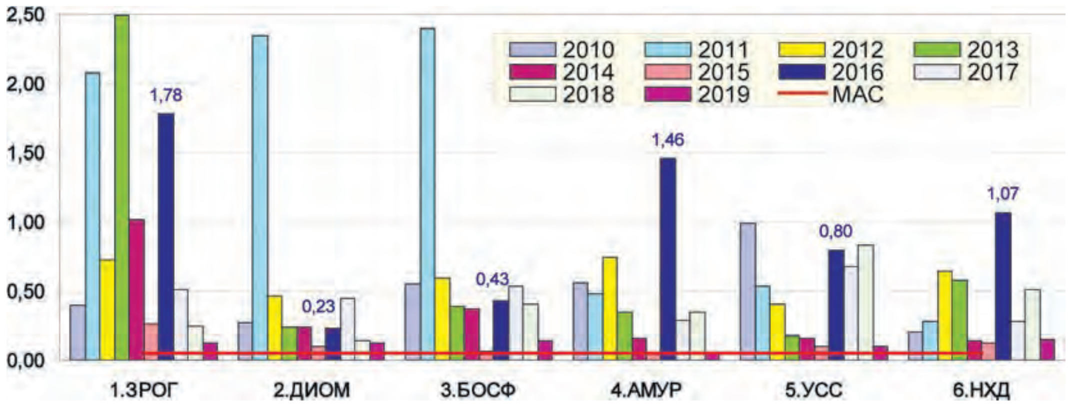


Рис. 11.2. *Многолетние изменения максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

(2,6 ПДК) зарегистрировано в августе на ст.№7 в придонном слое. В 2019 г. среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшее значение средней концентрации нефтяных углеводородов (0,9 ПДК) было зафиксировано в бухте Золотой Рог и бухте Диомид. Максимальные значения концентрации НУ в морской воде в разных прибрежных районах залива Петра Великого не превысили 3 ПДК (рис. 11.2). По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Золотой Рог местами наблюдался плавающий мусор. В октябре 2019 г. в районе ст.№1 была зафиксирована пленка нефтепродуктов со степенью покрытия 51–60%, с густой 6 баллов и интенсивностью 1 балл. На остальной акватории бухты интенсивной нефтяной плёнки не зарегистрировано.

Концентрация **фенолов** в бухте Золотой Рог в течение безлёдного периода изменялась в диапазоне 0,6–2,1 мкг/дм^3; максимальное значение (2,1 ПДК) зарегистрировано в мае на ст.№7 на поверхностном горизонте. Как и в прошлом году среднегодовая концентрация фенолов в водах бухты составила 1,2 ПДК. Содержание фенолов превышало норматив в 66,7% проб воды, а в 2018 г. этот показатель составил 56,4%. В 2019 г. среднегодовое содержание АПАВ в водах бухты снизилось с 3,3 до 2,7 ПДК. Диапазон концентрации составил 17,0–731,0 мкг/дм^3. Максимальное значение (7,3 ПДК) было отмечено в мае на ст.№12 в придонном слое. Концентрация детергентов превысила предельно-допустимое значение в 79,5% проб. В течение последних лет уровень загрязненности вод бухты АПАВ постоянно повышался. До 2015 г. их среднее содержание не превышало 1 ПДК, а в 2016 г. произошло резкое в 5 раз повышение уровня загрязненности морских вод АПАВ с 0,4 до 2 ПДК. В 2017 г. оно составило уже 2,8 ПДК, а в 2018 г. — 3,3 ПДК. В 2019 г. уровень загрязненности морских вод АПАВ вернулся к уровню 2017 года.

В 2019 г. среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах бухты Золотой Рог не превышала предельно-допустимых значений (табл. 11.1). Максимальная концентрация железа превысила ПДК в 2,9 раза и была отмечена в мае на ст.№14 в придонном слое. По всем остальным определяемым металлам превышения норматива не отмечено.

Концентрация аммонийного **азота** в толще вод бухты Золотой Рог изменялась в диапазоне 30–952 мкг/дм^3, составив в среднем 235,5 мкг/дм^3. Максимум был зафиксирован в августе в вершине бухты вблизи устья реки Объяснение на ст.№1 в поверхностном слое. Среднегодовое содержание аммонийного азота не превысило 0,1 ПДК; по сравнению с 2018 г. в абсолютном выражении оно повысилось с 213 до 235,5 мкг/дм^3. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще воды повысилась в 2,6 раза: с 11,15 до 28,5 мкг/дм³; максимальная составила 177,4 мкг/дм³ (8,9 ПДК) и была зафиксирована в августе на ст.№1 в поверхностном слое (рис. 11.3).

Таблица 11.1. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах бухты Золотой Рог в 2012–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	1,2/ 0,8/ 1,5/ 1,6/ 1,8/ 1,6/ 1,9/ 0,7	0,2/ 0,2/ 0,5/ 0,2/ 0,6/ 0,3/ 2,2/ 0,03	0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 1,3/ 0,8/ 0,3/ 0,01	-/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -	0,3/ 0,3/ 1,6/ 0,7/ 0,5/ 0,8/ 0,6/ 0,4	7,1/ 6,0/ 21,4/ 19,1/ 9,1/ 17,0/ 13,9/ 3,6	19,0/ 5,4/ 10,5/ 5,7/ 6,0/ 2,0/ 0,9/ 1,6	76,6/ 27,7/ 32,6/ 33,9/ 24,7/ 55,6/ 36,5/ 25,5	0,3/ 0,3/ 0,6/ -/ -/ -/ -/ -	0,01/ 0,00/ 0,023/ 0,026/ 0,041/ 0,04/ 0,03/ 0,03
Максимальная	6,3/ 2,3/ 4,9/ 6,1/ 4,7/ 3,9/ 4,2/ 2,1	1,2/ 0,7/ 7,9/ 2,1/ 2,3/ 3,2/ 9,9/ 0,3	5,5/ 1,9/ 2,2/ 0,7/ 16,0/ 3,5/ 0,8/ 0,1	0,1/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -	0,9/ 0,5/ 7,3/ 6,0/ 2,3/ 1,5/ 1,7/ 2,0	31/ 55/ 100/ 61,0/ 23,0/ 112/ 37,5/ 9,6	73,0/ 29,0/ 103,/ 33,0/ 36,0/ 12,0/ 3,3/ 35,5	624/ 220/ 181/ 99,0/ 47,0/ 214/ 193/ 142,6	1,5/ 1,2/ 4,3/ -/ -/ -/ -/ -	0,12/ 0,01/ 0,34/ 0,09/ 0,16/ 0,10/ 0,09/ 0,06
ПДК сред.	0,24/ 0,16/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1	<0,1/ <0,1 <0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ - -/ -	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	0,14/ 0,12/ 0,4/ 0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,28/ <0,1	0,38/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	1,5/ 0,5/ 0,65/ 0,7/ 0,5/ **1,1/** 0,7/ 0,5	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	0,1/ <0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3
ПДК max.	**1,26**/ 0,46/ **1,0/** **1,2/** 0,9/ 0,8/ 0/8/ 0,4	0,12/ <0,1/ 0,8/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ **1,0/** <0,1	0,55/ 0,2/ 0,2/ 0,1/ **1,6/** 0,35/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	<0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,6/ 0,2/ 0,15/ 0,17/ 0,2	0,6/ **1,1/** **2,0/** **1,2/** 0,5/ **2,2/** 0,75/ 0,2	**1,46/** 0,6/ **2,0/** 0,7/ 0,7/ 0,2/ <0,1/ 0,7	**12,5**/ **4,4/** **3,6/** **2,0/** 0,9/ **4,3/** **3,9/** **2,9**	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	**1,2/** 0,1/ **3,4/** 0,9/ **1,6/** **1,0/** 0,9/ 0,6

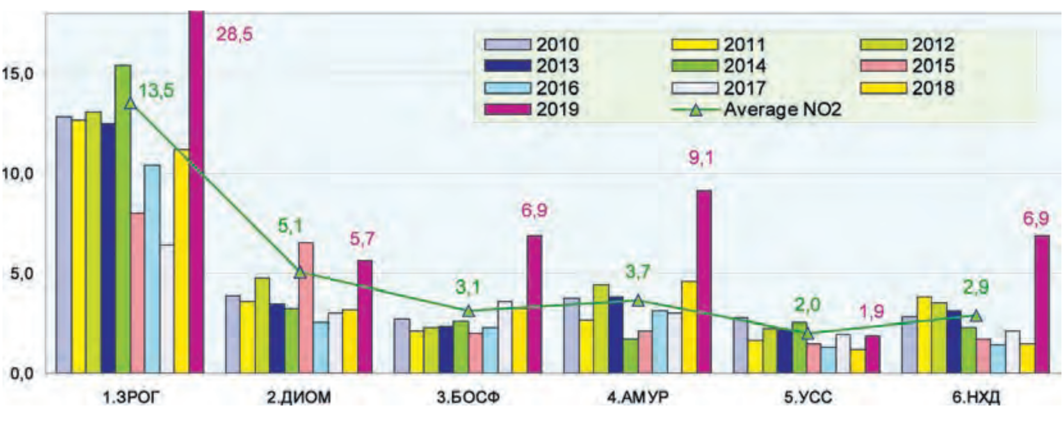


Рис. 11.3. *Многолетние изменения средней концентрации нитритного азота N-NO_2 (мкг/дм³) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

Среднее содержание нитратов повысилось по сравнению с 2018 г. в 1,4 раза и составило 44,6 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 32,11 мкг/дм^3); максимум — 190,7 мкг/дм^3 был отмечено в мае на ст.№11 в поверхностном слое. Значения общего азота в бухте Золотой Рог изменялись в пределах 1131–2987 мкг/дм^3; среднегодовая концентрация повысилась в 1,5 раза с 1209 до 1829 мкг/дм^3. Среднегодовая концентрация органического азота составила 1528 мкг/дм^3, повышение по сравнению с прошлым годом в 1,6 раза; значения варьировали в диапазоне 694–2765 мкг/дм^3. В 2019 году отмечен рост всех соединений азота в водах бухты Золотой Рог.

В 2019 г. среднегодовая концентрация минерального (**фосфатов**) и общего фосфора в бухте Золотой Рог составила 31,82 и 39,64 мкг/дм^3 соответственно; в 2018 г.— 39,31 и 46,62 мкг/дм^3. Максимальное содержание фосфатов (108 мкг/дм^3) было зафиксировано в августе и дважды в октябре на ст.№1 в вершине бухты; там же отмечен в августе максимум общего фосфора — 118 мкг/дм^3. Среднегодовая концентрация минерального и общего фосфора снизилась по сравнению с 2018 годом.

Средняя концентрация кремния повысилась с 436 до 586 мкг/дм^3; значения изменялись в течение периода наблюдений в очень широком диапазоне 112–3186 мкг/дм^3. Максимальная концентрация была зафиксирована в августе на ст.№12 на промежуточном горизонте на глубине 10 м.

Содержание растворенного в воде **кислорода** во время наблюдений изменялось в пределах 3,95–12,99 мгO_2/дм^3 (51–164% насыщения), а в среднем за год составило 7,87 мгO_2/дм^3 (93,9% насыщения). В период проведения работ (в мае, августе и октябре) было отмечено 3 случая, когда концентрация растворенного кислорода была ниже 6 мгO_2/дм^3. Абсолютный минимум ниже норматива в 1,5 раза был зафиксирован в августе на ст.№1 в устье реки Объяснения в придонном слое. В целом насыщение вод кислородом было почти во всех районах залива повышенным по сравнению с предыдущими годами. Минимальные величины почти во все годы последнего десятилетия были зафиксированы в бухте Золотой Рог, в проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе вблизи Владивостока (рис. 11.4).

В 2019 г. качество вод бухты Золотой Рог по ИЗВ (1,47) улучшилось по сравнению с прошлым годом и соответствовало IV классу («загрязненные»), (табл. 11.12, рис. 11.5). Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, растворенное органическое вещество по БПК$_5$, железо, медь, цинк и ртуть. Воды бухты также

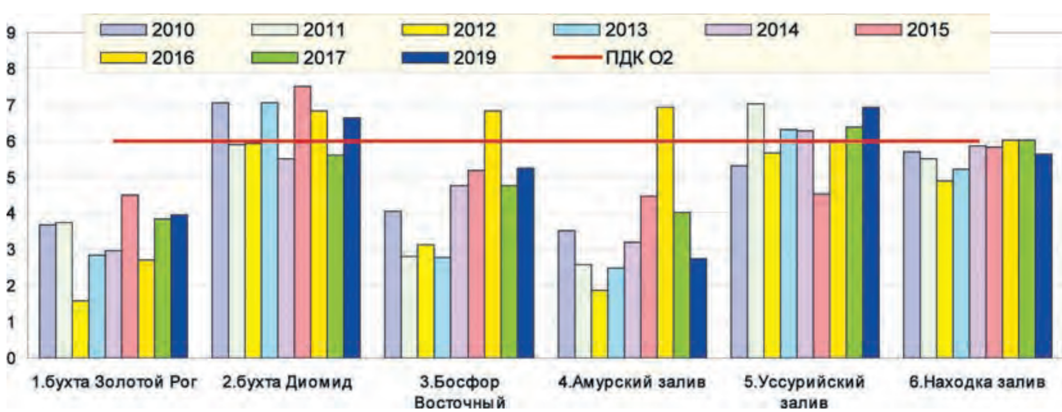


Рис. 11.4. *Многолетние изменения минимальной концентрации растворенного кислорода (мгO_2/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

Рис. 11.5. *Динамика комплексного индекса загрязненности вод ИЗВ в водах залива Петра Великого и в бухте Золотой Рог Японского моря в 1984–2019 гг.*

весьма мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода в целом пониженное, а в период с мая по октябрь трижды было ниже норматива.

В 2019 г. в бухте Золотой Рог наблюдения за **донными отложениями** проводились в весенний период в мае и осенью в октябре; было отобрано 10 проб. Грунты в бухте почти на всех станциях илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Весной гранулометрический состав донных отложений бухты Золотой Рог был представлен частицами размером от 0,001 мм до 2,0 мм, а преобладали фракции с размером от 0,1 мм до 0,2 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 мм составило 0,06%; 0,005–0,01 мм — 7,96%; 0,01–0,05 мм — 23,90%; 0,05–0,1 мм — 21,20%; 0,1–0,2 мм — 27,66%; 0,2–0,5 мм — 15,26%; 0,5–1,0 мм — 3,46% и размером 1,0–2,0 мм составило 0,50%. Осенью гранулометрический состав донных отложений бухты Золотой Рог был представлен частицами размером 0,001 мм до 5,0 мм. Преобладали фракции с размером частиц от 0,1 мм до 0,2 мм. Среднее содержание частиц размером 0,001–0,005 мм составило 0,10%; 0,005–0,01 мм — 8,32%; 0,01–0,05 мм — 18,76%; 0,05–0,1 мм — 18,18%; 0,1–0,2 мм — 21,82%; 0,2–0,5 мм — 18,24%; 0,5–1,0 мм –12,44%; 1,0–2,0 мм — 2,06% и размером 2,0–5,0 мм составило 0,08%.

Содержание НУ в пробах изменялось в пределах 3060–33740 мкг/г, составив в среднем 14788 мкг/г, что в 1,1 раза ниже прошлогодней величины. В 2005 г.— 1440 мкг/г; 2006–12850; 2007–15830; 2008–4900; 2009–8150; 2010–8350; 2011–8930; 2012–6966; 2013–6136; 2014–10524; 2015–13089; 2016–10080, 2017–128604 и 2018–16728 мкг/г. Средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов (ДК) в 296 раз (табл. А.4). Максимальное значение (**675 ДК**) было отмечено в мае в районе ст. №1. Превышение допустимого уровня отмечалось в 100% проб. Содержание фенолов изменялось в пределах 4,0–8,0 мкг/г; в среднем — 6,2 мкг/г, по сравнению с прошлогодним (2,9 мкг/г) отмечен двукратный рост. Максимум отмечен в октябре на ст.№14 на выходе из бухты Золотой Рог.

В 2019 г. наблюдения за состоянием загрязнения донных отложений бухты Золотой Рог **пестицидами** проводились только в мае. В ходе исследования концентрация α-ГХЦГ в пробах изменялась в диапазоне от 0,3 до 1,3 нг/г сухого вещества; в среднем — 0,82 нг/г, что в 1,2 раза меньше прошлого года (0,96 нг/г). Концентрация γ-ГХЦГ (линдан) была в диапазоне 0,4–1,8 нг/г (36 ДК), а в среднем составила 1,08 (22 ДК), что выше уровня 2018 г. в 4,4 раза

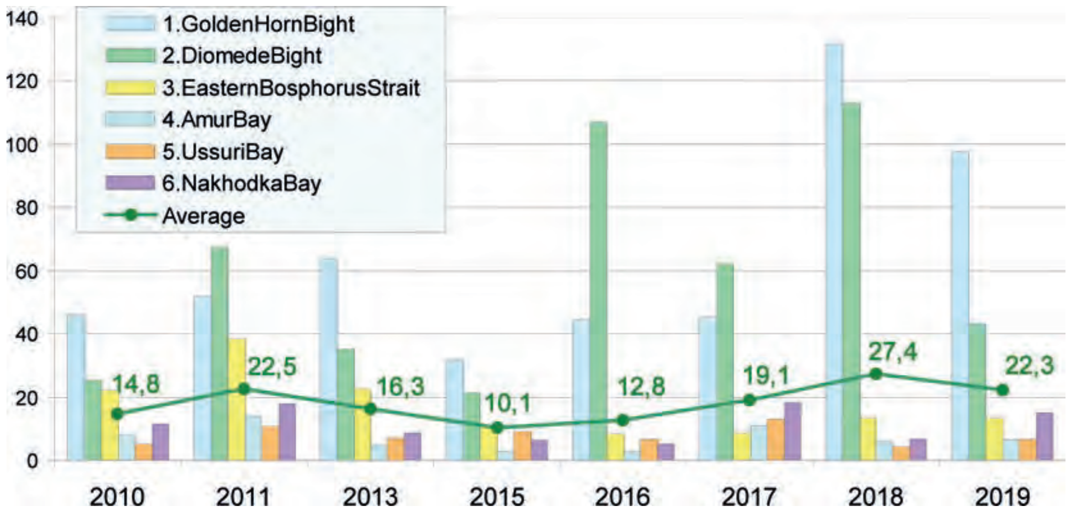


Рис. 11.6. *Изменения средней суммарной концентрации пестицидов группы ДДТ (нг/дм^3) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

(0,24 нг/г — 5 ДК). Максимальная концентрация как α-ГХЦГ, так и γ-ГХЦГ была зафиксирована на ст.№12 на выходе из бухты Золотой Рог.

Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог составила: ДДТ — 7,08 и 14,5 нг/г; ДДЭ — 32,6 и 66,1 нг/г; ДДД — 57,8 и 97,6 нг/г. Среднее содержание ДДТ повысилось 1,4 раза по сравнению с 2018 г., ДДЭ — в 1,35 раза, а ДДД снизилось в 1,8 раза. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ уменьшилась в 1,35 раза (с 131,7 до 97,5 нг/г) и составила 39 ДК (рис. 11.6). Максимальная концентрация несколько снизилась с 196 до 169,5 нг/г и составила 68 ДК. Аналогично НУ, конгенеров ГХЦГ и альдрину максимальное суммарное содержание пестицидов группы ДДТ было зафиксировано в центральной части бухты на ст.№7. Средняя концентрация альдрина составила 4,26 нг/г сухого остатка, что ниже уровня прошлого года (5,2 нг/г). В период наблюдений концентрация варьировала от 0,7 до 9,3 нг/г. Максимум зафиксирована в районе ст.№7 в центральной части бухты.

Средняя за 2019 г. концентрация полихлорированных бифенилов **(ПХБ)** в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 940,16 (47 ДК), диапазон значений 286,9–1653,2 нг/г (макс. 82,6 ДК); в 2018 г.— 256,1 нг/г (12,8 ДК); Наиболее загрязнены ПХБ донные отложения в районе ст.№7 практически в центре города Владивостока.

В 2019 г. исследования загрязнения донных отложений бухты Золотой Рог **тяжелыми металлами** проводились только в мае. Исключение — ртуть, содержание которой в донных отложениях определяли и в мае, и в октябре. Средняя концентрация меди, свинца, кобальта, марганца, хрома и ртути снизилось, а содержание железа и кадмия очень незначительно повысилось (табл. 11.2). Среднее содержание кобальта, никеля и хрома была ниже уровня допустимой концентрации, а меди превысила ДК в 5 раз, свинца — в 2 раза, кадмия — в 3,5 раза, цинка — в 4 раза. Максимальное содержание меди (10 ДК), кадмия (6,4 ДК), свинца (3 ДК) и цинка (5,8 ДК) зарегистрировано в мае на ст.№7 в центре бухты. Показатели органических загрязняющих веществ также были наибольшими в донных осадках на этой станции в центре Золотого Рога.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2011–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg**
Средняя	122,3/ 128,0/ 132,8/ 131,4/ 149,9/ 89,8/ 145,8/ 212,4/ 178,9	155,9/ 118,4/ 142,2/ 121,2/ 195,3/ 92,4/ 168,1/ 211,3/ 181,1	1,5/ 1,6/ 1,9/ 1,8/ 3,7/ 1,9/ 2,8/ 2,4/ 2,8	5,3/ 5,3/ 4,5/ 3,4/ 6,1/ 4,1/ 4,2/ 5,1/ 4,5	12,3/ 12,8/ 15,2/ 13,4/ 20,9/ 11,5/ 12,6/ 13/ 16,4	321/ 335/ 339,4/ 299,3/ 380,5/ 285,3/ 382,7/ 549,0/ 592,3	177/ 227/ 189,8/ 93,0/ 199,5/ 199,6/ 185,4/ 213,8/ 205,6	29632/ 33106/ 32871/ 27872/ 28742/ 25609/ 25024/ 26996/ 27359	39,7/ 41,6/ 39,4/ 37,9/ 76,0/ 37,6/ 16,6/ 39,88/ 34	0,65/ 0,81/ 0,46/ 0,69/ 1,54/ 0,68/ 1,07/ 1,13/ 0,28
Максимальная	249/ 275/ 242/ 310/ 280,0/ 161,0/ 416/ 493,2/ 355	340/ 265/ 368/ 273/ 439/ 181/ 351/ 519,9/ 267,1	3,5/ 3,9/ 3,7/ 3,9/ 6,2/ 3,6/ 9,3/ 4,4/ 5,1	7,7/ 7,2/ 5,8/ 6,1/ 14,0/ 6,8/ 6,0/ 6,9/ 5,4	19/ 15/ 20/ 21/ 32,0/ 18,0/ 16/ 16,7 20,4	603/ 559/ 612/ 678/ 611,0/ 441/ 832/ 977,2/ 808	357/ 458/ 388/ 207/ 321,0/ 522,0/ 294,0/ 389,3/ 349,2	51076/ 35317/ 35957/ 34982/ 35161/ 30735/ 27690/ 27907/ 31555	58/ 59/ 68/ 59/ 130,0/ 87,0/ 25/ 61,5/ 48,4	1,74/ 1,32/ 1,84/ 1,21/ 5,27/ 1,84/ 2,10/ 2,69/ 0,60
ДК* сред.	**3,5/ 3,7/ 3,8/ 3,7/ 4,3/ 2,6/ 4,1/ 6,0/ 5,1**	**1,8/ 1,4/ 1,7/ 1,4/ 2,3/ 1,1/ 2/ 2,5/ 2,1**	**1,9/ 2,0/ 2,4/ 2,3/ 4,6/ 2,4/ 3,5/ 3,0/ 3,5**	0,3/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,25/ 0,2	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,3/ 0,36/ 0,4/ 0,5	**2,3/ 2,4/ 2,4/ 2,1/ 2,7/ 2,0/ 2,7/ 4,0/ 4,2**	-	-	0,4/ 0,4/ 0,39/ 0,38/ 0,76/ 0,4/ 0,17/ 0,4/ 0,3	**2,2/ 2,7/ 1,5/ 2,3/ 5,1/ 2,3/ 3,7/ 3,8/** 0,9
ДК max.	**7,1/ 7,9/ 6,9/ 8,9/ 8,0/ 4,6/ 11,9/ 14,0/ 10,1**	**4,0/ 3,1/ 4,3/ 3,2/ 5,2/ 2,1/ 4,1/ 6,0/ 3,1**	**4,4/ 4,9/ 4,6/ 4,9/ 7,75/ 4,5/ 11,6/ 5,5/ 6,4**	0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,7/ 0,3/ 0,3/ 0,35/ 0,3	0,5/ 0,4/ 0,6/ 0,6/ 0,9/ 0,5/ 0,46/ 0,5/ 0,6	**4,3/ 4,0/ 4,4/ 4,8/ 4,4/ 3,1/ 5,9/ 7,0/ 5,8**	-	-	0,6/ 0,6/ 0,68/ 0,6/ **1,3/** 0,9/ 0,25/ 0,6/ 0,5	**5,8/ 4,0/ 6,1/ 4,0/ 17,6/ 6,1/ 7,0/ 9,0/ 2,0**

* выделенные значения выше ДК.
** пробы на содержание ртути в донных отложениях отбирались в мае и октябре

11.4. Бухта Диомид

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

В 2019 г. гидрохимические наблюдения в бухте Диомид проводились в мае, августе и октябре на одной станции (№22) (рис. 11.1), всего отобрано 6 проб воды и 2 пробы грунта. Среднегодовое значение **температуры** воды в бухте Диомид составил 14,58°С. Значения на поверхностном горизонте изменялись в интервале 11,80–22,90 °С, в придонном слое 10,90–17,90 °С. Соленость изменялась от 14,21‰ в августе на поверхности до 33,17‰ в октябре на глубине 12 м; среднее значение составило 28,98‰ (2016 г. — 32,053‰; 2017 — 29,625‰; 2018 — 31,64‰). Показатель pH варьировал от 8,0 в августе до 8,35 в октябре; в среднем — 8,23 (в 2016 г. — 8,16; 2017 — 8,15; 2018 — 8,13). Содержание взвешенных в воде частиц было в диапазоне 3,6–22,5 мг/дм^3, max составил 2,3 ПДК; в 2018 г. — 15,7 мг/дм^3, 1,6 ПДК. Максимум отмечен в августе в поверхностном слое; средняя величина была выше прошлогодней (8,15 мг/дм^3) и составила 12,1 мг/дм^3 (1,2 ПДК). Среднегодовое значение показателя биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК$_5$) повысилось с 1,17 до 2,67 мгО$_2$/дм^3; максимальное значение (6,0 мгО$_2$/дм^3, 2,9 ПДК) зарегистрировано в августе на поверхности. Прозрачность воды бухты не более 2 м.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** составило 0,045 мг/дм^3, а диапазон изменений — 0,01–0,13 мг/дм^3 (табл. 11.16). По сравнению с 2018 г. среднегодовое содержание НУ в исследуемом районе снизилось почти в 2 раза с 1,6 до 0,9 ПДК. Максимальная концентрация (2,6 ПДК) зарегистрирована в августе в поверхностном слое. Превышение ПДК отмечено только в одной пробе. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод бухты Диомид покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафиксировано.

Концентрация **фенолов** изменялась в пределах 1,0–1,3 мкг/дм^3; среднее содержание составило 1,10 ПДК; максимум зафиксирован в мае в поверхностном слое — 1,3 ПДК; норматив был превышен в 50% проб. Уровень загрязненности вод бухты фенолами в последние годы существенно снизился по сравнению с началом десятилетки и стабилизировался в последние годы на уровне 1–3 ПДК во всех районах залива (рис. 11.7).

Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 0,8–4,7 ПДК (470 мкг/дм^3). Среднегодовая величина снизилась с 3,0 до 2,6 ПДК. Максимальная концентрация была отмечена в мае в придонном слое. В 2019 г. среднегодовая и максимальная концентрация исследуемых тяжелых металлов в водах бухты не превышала норматива.

В 2019 г. содержание аммонийного **азота** изменялось в пределах 69–321 мкг/дм^3; среднегодовая концентрация составила 165,6 мкг/дм^3 (<0,1 ПДК), что в абсолютном выражении в 1,4 раза выше уровня 2018 г. Среднее и максимальное содержание нитритов, нитратов, общего и органического азота в морской воде повысилось и составило 5,6/14,8 мкг/дм^3 (в 2018 г. —

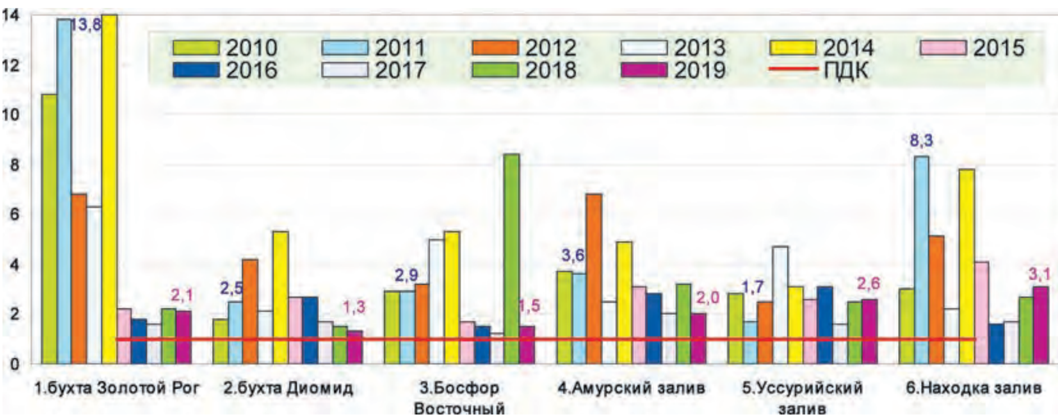


Рис. 11.7. *Максимальная концентрация фенолов (мкг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

3,2); 46,6/151,7 мкг/дм^3 (18,6); 1763,7/2203 мкг/дм^3 (1228 мкг/дм^3) и 1546/2022 мкг/дм^3 (1091 мкг/дм^3) соответственно. По сравнению с 2018 г. среднее содержание органического азота повысилась в 1,4 раза.

В период проведения работ концентрация **фосфатов** была в диапазоне 9,8–25,0 мкг/дм^3, средняя — 17,5 мкг/дм^3; максимум отмечен в октябре. Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 17,0–38,0 мкг/дм^3, среднее — 26,3 мкг/дм^3; максимум также в октябре. По сравнению с прошлым годом среднее содержание фосфатов и общего фосфора снизилось с 25,6 до 17,5 мкг/дм^3 и с 31,2 до 26,3 мкг/дм^3, соответственно. Содержание кремния изменялось в пределах 146–364 мкг/дм^3, средняя величина снизилась в 1,3 раза и составила 252,8 мкг/дм^3 (в 2018 г. 340 мкг/дм^3); максимум зафиксирован в августе на горизонте 9 м. В период с 2014 по 2017 гг. содержание кремния в водах бухты Диомид росло: 187,6/289,2/405/463 мкг/дм^3 соответственно; а в 2018/2019 г. оно снизилось.

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** составила 8,71 мгO_2/дм^3 (103% насыщения). Минимальное значение (6,65 мгO_2/дм^3 или 74,2% насыщения) было отмечено в октябре в придонном слое. По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (1,45 — IV класс, «загрязненные») класс качества вод бухты Диомид не изменился по сравнению с 2018 г. (1,61 — IV класс, «загрязненные»), однако значение немного меньше за счет снижения в 2 раза уровня загрязненности вод НУ. Приоритетными ЗВ по-прежнему остаются детергенты, фенолы, органические вещества и нефтяные углеводороды. Концентрация тяжелых металлов в 2019 г. в водах бухты не превышала норматива.

В 2019 г. в бухте Диомид в мае и октябре были отобраны пробы **донных отложений,** в которых проводилось определение содержания нефтяных углеводородов, фенолов, тяжелых металлов и пестицидов. Весной гранулометрический состав донных отложений бухты Диомид был представлен частицами размером от 0,005 мм до 10,0 мм. Преобладают фракции с размером частиц 0,1–0,2 мм. Осенью гранулометрический состав донных отложений бухты Диомид был представлен частицами размером от 0,005 мм до 5,0 мм, а преобладают фракции с размером частиц 0,05–0,10 мм.

Содержание нефтяных углеводородов в майской пробе составило 9,76 мг/г сухого вещества (195 ДК), в октябрьской — 7,13 мг/г (143 ДК); среднее — 8,44 мг/г (169 ДК). По сравнению с 2018 г. среднее содержание снизилось почти в 2 раза. В последние 10 лет уровень загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений бухты Диомид имеет тренд

Рис. 11.8. *Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

к повышению. До 2014 г. среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид редко превышала 100 ДК: 2006 г. — 108 ДК; 2007 г. — 107 ДК; 2008 г. — 56 ДК; 2009 г. — 133 ДК; 2010 г. — 66 ДК; 2011 г. — 89 ДК; 2012 г. — 57 ДК; 2013 г. — 29 ДК, а с 2014 г. этот показатель всегда превышает 100 ДК: 2014 г. — 110 ДК; 2015 г. — 132 ДК; 2016 г. — 129 ДК; 2017 г. — 222 ДК и 2018 г. — 333 ДК. По сравнению с другими районами залива Петра Великого осадки в бухте Диомид сильно загрязнены нефтяными углеводородами (рис. 11.8).

Среднее содержание фенолов в донных отложениях составило 6,65 мкг/г, что в 2,8 раза выше уровня 2018 г. (2,40 мкг/г).

Содержание **α-ГХЦГ** в донных отложениях бухты Диомид составило 0,8 нг/г, γ-ГХЦГ — 1,0 нг/г (20 ДК). Содержание ДДТ в донных отложениях составило 4,2 нг/г, ДДЭ — 32,5 нг/г, ДДД — 3,9 нг/г. Суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила 43,3 нг/г (17,3 ДК). Содержание альдрина и ПХБ составило 6,2 и 1554 нг/г. Концентрация ртути в донных отложениях бухты Диомид в 2019 году изменялась в диапазоне 0,11–0,68 мкг/г, составив в среднем 0,395 мкг/г (1,3 ДК). Содержание тяжелых металлов составило: медь — 1266,5; кобальт — 7,8; кадмий — 5,4; свинец — 258,2, никель — 40,3, цинк — 2056,8, железо — 42479, хром — 208,4 мкг/г.

11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс)

Босфор Восточный — пролив в заливе Петра Великого Японского моря, соединяет Амурский и Уссурийский заливы и отделяет полуостров Муравьёва-Амурского от островов Русского и Елены. Глубины в средней части пролива Босфор Восточный 26–38 м. По мере приближения к западному проходу пролива они постепенно увеличиваются до 50 м, а к восточному — до 42 м. Грунт в проливе Босфор Восточный преимущественно ил и песок. При свежих юго-восточных и восточных ветрах в пролив заходит крупная зыбь. Для якорной стоянки судов выставляются швартовные бочки. В проливе действуют постоянные поверхностные течения, идущие из Амурского залива в Уссурийский вдоль южного берега и из Уссурийского залива в Амурский вдоль северного берега. Средняя скорость этих течений в узостях пролива колеблется от 0,2 до 1,2 узлов. Приливные течения в проливе Босфор Восточный слабые. С конца декабря пролив и все бухты вдоль его берега, за исключением бухты Золотой Рог, покрываются льдом. Замерзанию восточной части пролива препятствуют непрекращающиеся всю зиму судоходство и ледокольные работы.

В 2019 г. наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод (28 проб) и донных отложений (6 проб) в проливе Босфор Восточный (ст.№18,23) и бухте Улисс (ст.№19) проводились на трех станциях в мае, августе и октябре (рис. 11.9). В период наблюдений минимальная **температура** воды была зафиксирована в мае на ст.№18 и ст.№23 в придонном слое и составила 5,50 °C, максимальная — в августе на ст.№23 на поверхностном горизонте — 23,3 °C; среднегодовое значение 12,88 °C. Значения солености изменялись от 12,24‰ в августе на ст.№23 в поверхностном слое до 33,82‰ в октябре на ст.№18 и №19 (бухта Улисс) в придонном слое; среднегодовая величина 30,19‰. Значения pH изменялись от 7,77, зафиксированного в августе на ст.№18 в поверхностном слое, до 8,56 в октябре на ст. №19 на горизонте 10 м; среднее значение pH составило 8,19. Концентрация взвешенных частиц в воде была в диапазоне от 5,3 мг/дм^3 в мае на ст.№19 (бухта Улисс) в поверхностном слое до 27,3 мг/дм^3 (2,7 ПДК) в октябре на ст.№19 в придонном слое; средняя величина — 10,56 мг/дм^3. Среднее за 2019 г. значение БПК$_5$ составило 1,93 мгО$_2$/дм^3 (0,9 ПДК); по сравнению с 2018 г. (2,13 мгО$_2$/дм^3–1,0 ПДК) оно изменилось незначительно. Максимальное значение БПК$_5$ превысило ПДК в 1,9 раза (4,00 мгО$_2$/дм^3) и было зафиксировано в августе на ст.№18 на 10-метровом горизонте и на ст.№23 в поверхностном слое. Прозрачность воды в проливе не более 5 м.

Рис. 11.9. *Схема расположения станций мониторинга в проливе Босфор Восточный и бухте Улисс в 2019 г.*

Концентрация **НУ** в морской воде пролива Босфор Восточный в 2019 г. изменялась в диапазоне 0,01–0,14 мг/дм³ (2,8 ПДК); среднее содержание в снизилось по сравнению с 2018 г. в 3,7 раза и составило 0,03 мг/дм³ (0,6 ПДК). Максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст.№23 в поверхностном слое. Превышение ПДК отмечено в 11,1% проб в отличие от 77,8% в прошлом году. Концентрация фенолов в пробах воды варьировала от 0,6 до 1,5 мкг/дм³. Среднегодовое содержание повысилось незначительно и составило 1,0 ПДК. Максимум отмечен в августе в районе мыса Безымянный вблизи о. Елены на ст.№23 на 10-метровом горизонте и в бухте Улисс в придонном слое. Превышение ПДК отмечено в 41% проб, что почти в 1,8 раза ниже прошлого года (74,1%). Концентрация АПАВ в морских водах была в пределах 34–542 мкг/дм³ (5,4 ПДК), а среднее содержание составило 2,25 ПДК. Максимальное значение было отмечено в мае на ст.№18 на горизонте 10 м. Концентрация АПАВ превышала норматив в 85,2% проб.

Среднегодовая концентрация всех определяемых в водах пролива Босфор Восточный **металлов** не превышала установленный норматив (табл. 11.3). Максимальная концентрация превысила ПДК только по железу (3,8 ПДК) и была зафиксирована в бухте Улисс в мае на 10-метровом горизонте. По сравнению с 2018 г. уровень загрязнения вод пролива тяжелыми металлами снизился.

Таблица 11.3. Среднее и максимальное значение концентрации тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах пролива Босфор Восточный в 2012–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	0,8/ 0,6/ 1,4/ 3,1/ 1,2/ 1,7/ 1,3/ 0,7	0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,1/ 0,6/ 0,3/ 2,01/ 0,19	0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,16/ 0,8/ 0,96/ 0,2/ 0,04	0/ 0 0 -/ -/ -/ -/ -	0,3/ 0,3/ 1,0/ 0,69/ 0,7/ 1,1/ 1,0/ 0,5	6,9/ 5,7/ 11,8/ 26,7/ 9,6/ 18,2/ 18,7/ 6,6	16,8/ 4,4/ 5,3/ 3,8/ 5,0/ 4,6/ 2,1/ 2,6	84,1/ 27,6/ 26,6/ 27,0/ 26,9/ 62,3/ 33,1/ 29,7	0,8/ 0,4/ 0,5/ -/ -/ -/ -/ -	0,0/ 0,0/ 0,03/ 0,022/ 0,04/ 0,03/ 0,02/ 0,02
Макс.	2,3/ 1,4/ 3,7/ 55/ 3,3/ 5,2/ 5,1/ 3,7	0,4/ 0,8/ 1,0/ 0,5/ 2,9/ 0,8/ 12,5/ 1,6	0,5/ 0,56/ 0,4/ 0,4/ 6,6/ 3,8/ 0,4/ 0,5	0,1/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -	0,7/ 0,5/ 2,9/ 6,5/ 1,4/ 2,8/ 3,1/ 2,0	113/ 118/ 38/ 301/ 27/ 89/ 63,7/ 42,1	111/ 46/ 31/ 13/ 23,0/ 43,0/ 17,7/ 20,3	711/ 302/ 91/ 45/ 81/ 155/ 87/ 187,8	12/ 2,9/ 1,1/ -/ -/ -/ -/ -	0,02/ 0,0/ 0,40/ 0,05/ 0,28/ 0,10/ 0,07/ 0,04

ПДК сред.	0,16/ 0,12/ 0,3/ 0,6/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,1/ <0,1/	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,5/ 0,2/ 0,4/ 0,4/ 0,1	0,3/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/	**1,7/** 0,6/ 0,5/ 0,5/ 0,5/ **1,3/** 0,7/ 0,6	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,3/ 0,2/ 0,2
ПДК max.	0,5/ 0,28/ 0,7/ **11,0/** 0,7/ **1,0/** **1,0/** 0,7	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,1/ **1,25/** 0,2	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,4/ <0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,65/ 0,1/ 0,3/ 0,3/ 0,2	**2,3/** **2,4/** 0,8/ **6,0/** 0,5/ **1,8/** **1,3/** 0,8	**2,2/** 0,9/ 0,6/ 0,26/ 0,5/ 0,9/ 0,4/ 0,4	**14,2/** **6,0/** **1,8/** 0,9/ 0,9/ **1,6/** **1,7/** **3,8**	<0,1/ <0,1/ <0,1/ -	0,2/ <0,1/ **4,0/** 0,5/ **2,8/** **1,0/** 0,7/ 0,4

Концентрация биогенных элементов в водах пролива в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного **азота** изменялось в диапазоне 30–312 мкг/дм^3; среднее значение (126,7 мкг/дм^3) не превышало 0,1 ПДК. Среднегодовая концентрация нитритов по сравнению с 2018 г. повысилась в 2 раза с 3,3 до 6,9 мкг/дм^3; максимум был отмечен в октябре в бухте Улисс и составил на 10-метровом горизонте 63,2 мкг/дм^3. Диапазон значений нитратного азота был широким: от 1,9 до 96,8 мкг/дм^3; максимальная концентрация была отмечена в августе на ст.№23 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация по сравнению с 2018 г. снизилась с 28,2 до 20,9 мкг/дм^3. Значения общего азота изменялись в диапазоне 912–2565 мкг/дм^3, составив в среднем 1663,6 мкг/дм^3, что в 1,3 раза выше уровня 2018 г. (1284,1 мкг/дм^3). Максимум был зарегистрирован в мае на ст.№19 в придонном слое. Среднегодовая концентрация органического азота в 2019 г. составила 1509 мкг/дм^3, что в 1,3 раза выше прошлогоднего значения (1165 мкг/дм^3); содержание органического азота изменялось в пределах 786–2517 мкг/дм^3.

В 2019 г. содержание минерального **фосфора** практически не изменилось и составило 19,9 мкг/дм^3. В 2012–2017 гг. этот показатель неуклонно повышался и составил — 9,6; 10,8, 15,6, 16,3 22,08 и 24,68 мкг/дм^3 соответственно по годам, а в 2018 г. произошло снижение среднего значения фосфатов до 18,6 мкг/дм^3 (рис. 11.10). В последнее десятилетие существенно повышенным было содержание фосфатов в бухте Золотой Рог и Диомид, а в остальных районах было пример-

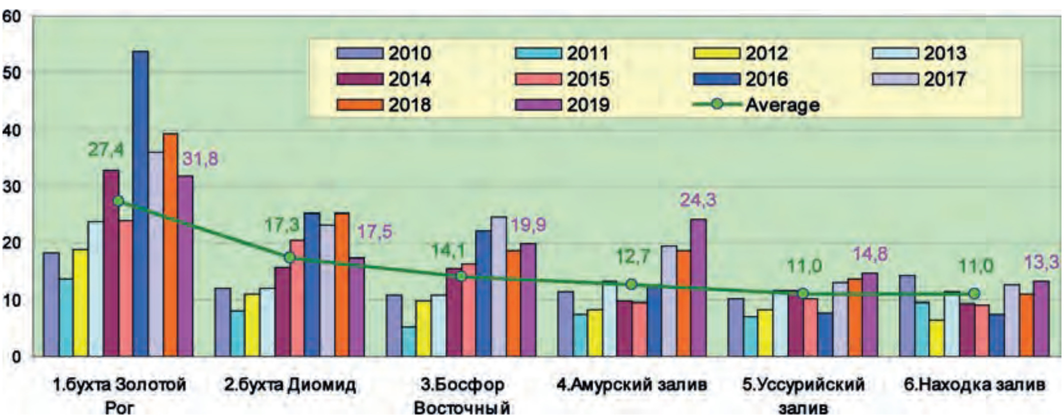


Рис. 11.10. *Средняя концентрация фосфора фосфатов P-PO$_4$ (мкг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

но одинаковым в среднем около 0,3 ПДК. Максимальная концентрация фосфатов (69,0 мкг/дм^3) была отмечена в августе на ст.№23 в придонном слое. Значения общего фосфора изменялись от 9,8 до 59 мкг/дм^3, максимум был зафиксирован в октябре на ст.№23 в придонном слое. Средняя концентрация общего фосфора составила 26,5 мкг/дм^3 и была близкой к прошлогодней величине (23,8 мкг/дм^3). Значения общего фосфора изменялись в диапазоне 14–77 мкг/дм^3. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива Босфор Восточный немного повысилась до 6,6 с 5,2 мкг/дм^3, концентрация в пробах изменялась от 3,0 до 13,0 мкг/дм^3. Концентрация кремния изменялась в очень широком диапазоне 104–3792 мкг/дм^3; максимум зарегистрирован в августе на ст.№19 в поверхностном слое; средняя концентрация выше прошлогоднего значения (513,5 мкг/дм^3) в 1,4 раза и составила 710,4 мкг/дм^3.

В 2019 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный повысилось с 7,72 до 8,10 мгO_2/дм^3 (92,95% насыщения). Минимальное значение было зарегистрировано в октябре на ст.№19 (5,23 мгO_2/дм^3, 62,1% насыщения), что ниже норматива в 1,25 раза. В целом аэрация вод пролива является устойчиво неблагоприятной по минимальным значениям в последнее десятилетие (рис. 11.4). По **ИЗВ** (1,24 — III класс, «умеренно загрязненные») качество вод пролива Босфор Восточный в 2019 г. улучшилось (в 2018 г. ИЗВ был равен 1,98 — V класс, «грязные»). Одним из способствовавших этому факторов является снижение уровня загрязненности морских вод НУ. Приоритетными ЗВ в этом районе залива являются нефтяные углеводороды, АПАВ, фенолы, органическое вещество, железо, цинк и медь.

В проливе Босфор Восточный в 2019 г в мае и октябре было отобрано шесть проб **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 470–3980 мкг/г сухого остатка, среднее снизилось в 1,3 раза и составило 2185 мкг/г (44 ДК). Максимальная концентрация превысила ДК почти в 80 раз и была зафиксирована в мае в бухте Улисс; в 2017 г. максимум составил 84 ДК. В предыдущие годы средняя концентрация НУ составила: в 2005–120; 2006–820; 2007–2560; 2008–1780; 2009–2690, 2010–1507, 2011–2343, 2012–902, 2013–1143, 2014–1625, 2015–3107, 2016–1842, в 2017–2523, в 2018–2800 мкг/г сухого остатка. В 2019 г. превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. В 2019 г. уровень загрязненности донных отложений пролива фенолами повысился почти в 3 раза с 2,45 до 7,02 мкг/г, при диапазоне концентрации 3,1–13,0 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в мае в бухте Улисс.

Среднее содержание **пестицидов** группы ГХЦГ в донных отложениях пролива в мае 2019 года находилось в пределах: α-ГХЦГ — 0,2–0,6 нг/г, составив в среднем 0,4 нг/г; γ-ГХЦГ — 0,20–0,70 нг/г, в среднем 0,50 нг/г (10 ДК). По сравнению с 2018 г. среднее содержание α-ГХЦГ снизилось в 2 раза, а γ-ГХЦГ повысилось в 2 раза. Максимум α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ был зафиксирован весной в бухте Улисс. Концентрация ДДТ в мае была в диапазоне 0,6–5,3 нг/г (в среднем 2,3 нг/г); ДДЭ — 3,6–8,0/5,1 нг/г; ДДД — 4,2–8,0/6,13 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило 13,60 нг/г (5,4 ДК), 2018 г.— 44,9 нг/г (18 ДК). Максимальное значение суммы ХОП группы ДДТ достигало 17,50 нг/г (7 ДК); в 2018 г.— 158,9 нг/г (почти 64 ДК). Средняя концентрация альдрина в донных отложениях пролива Босфор Восточный составила 0,37 нг/г, максимальная — 0,5 нг/г (ст.№23); в прошлом году — 2,15/5,5 нг/г. Концентрация ПХБ изменялась от 151,6 до 170,5 нг/г, составив в среднем 161,3 нг/г (8 ДК). Максимальное значение зафиксировано на ст.№23–8,5 ДК.

В донных отложениях пролива средняя концентрация только меди достигала установленного норматива, а относительно высокими были также значения свинца, железа и ртути (табл. 11.4). Наибольшая концентрация этих же металлов достигала или немного превышала допустимый уровень.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2010–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
сред	32,8/ 42,8/ 33,0/ 33,2/ 43,0/ 57,0/ 30,5/ 35,3/ 37,0 36,2	47,6/ 66,7/ 44,3/ 43,3/ 68,0/ 73,5/ 42/ 40,7/ 69,1/ 55,5	0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,5/ 0,6/ 2,15/ 0,97/ 2,0/ 0,5/ 0,37	3,6/ 14,0/ 4,1/ 3,2/ 2,5/ 7,97/ 6,3/ 3,9/ 4,5/ 3,3	11,4/ 12,9/ 11,1/ 13,5/ 15,2/ 20,5/ 12,5/ 12,5/ 12,1/ 11,2	91,0/ 112,6/ 98,8/ 131,8/ 131,0/ 136,3/ 116,5/ 125,5/ 128,7/ 129,7	126,4/ 151,6/ 141,2/ 139,3/ 82,9/ 166,6/ 117,7/ 143,8/ 146,7/ 136,4	25294/ 28392/ 29769/ 29525/ 31699/ 28822/ 25852/ 25229/ 26767/ 23013	22,3/ 22,2/ 26,3/ 27,7/ 29,3/ 67,2/ 27,8/ 12,8/ 28,4/ 20,1	0,40/ 0,29/ 1,13/ 0,18/ 0,26/ 0,70/ 0,23/ 0,48/ 0,43/ 0,19
макс	61/ 99/ 64/ 54/ 54/ 79/ 51/ 51/ 59,1/ 56,9	100/ 98/ 71/ 55/ 167/ 125/ 65/ 57/ 114,5/ 87,8	0,8/ 0,7/ 0,8/ 0,8/ 0,8/ 3,4/ 1,3/ 7,4/ 0,8/ 0,6	4,8/ 34/ 5,2/ 3,7/ 2,9/ 14/ 11/ 4,8/ 4,9/ 3,7	21/ 20/ 14/ 17/ 20/ 27/ 17/ 16/ 14/ 11,9	164/ 135/ 179/ 224/ 218/ 200/ 170/ 146/ 169,4/ 146,5	194,0/ 185/ 177/ 174/ 184/ 194/ 161/ 183/ 173,3/ 163,7	41568/ 35276/ 34324/ 31887/ 49382/ 36457/ 29691/ 28060/ 34582/ 26016	44/ 42/ 37/ 37/ 34/ 85/ 44/ 15/ 39,9/ 24,8	1,06/ 0,44/ 7,60/ 0,22/ 0,51/ 1,53/ 0,29/ 1,14/ 0,94/ 0,36
ДК сред	0,9/ **1,2/** 0,9/ 0,9/ **1,2/** **1,6/** 0,9/ **1,0/** **1,1/** **1,0**	0,6/ 0,8/ 0,5/ 0,5/ 0,8/ 0,9/ 0,5/ 0,5/ 0,8/ 0,7	0,4/ 0,3/ 0,5/ 0,6/ 0,75/ **2,7/** **1,2/** **2,5/** 0,6/ 0,5	0,2/ 0,7/ 0,2/ 0,16/ 0,13/ 0,4/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,17	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,32	0,7/ 0,8/ 0,8/ 0,9/ 0,9/ 0,97/ 0,8/ 0,9/ 0,9/ 0,93	-	-	0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,67/ 0,3/ 0,13/ 0,3/ 0,20	**1,3**/ 0,96/ **3,8/** 0,6/ **0,9/** **2,3/** 0,8/ **1,6/** **1,4/** 0,6
ДК max	**1,7/** **2,8/** **1,8/** **1,5/** **1,5/** **2,25/** **1,5/** **1,5/** **1,7/** **1,6**	**3,0/** **5,6/** 0,8/ 0,6/ **1,96/** **1,5/** 0,8/ 0,7/ **1,3/** **1,0**	**1,0**/ 0,9/ **1,0/** **1,0/** **1,0/** **4,25/** **1,6/** **9,25/** **1,0/** 0,75	0,2/ **1,7/** 0,3/ 0,18/ 0,15/ 0,7/ 0,55/ 0,2/ 0,25/ 0,19	0,6/ 0,6/ 0,4/ 0,5/ 0,6/ 0,8/ 0,5/ 0,45/ 0,40/ 0,34	**1,2**/ 0,96/ **1,3/** **1,6/** **1,6/** **1,4/** **1,2/** **1,0/** **1,2/** **1,0**	-	-	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,85/ 0,4/ 0,15/ 0,40/ 0,25	**3,5/** **1,5/** **25,3/** 0,7/ **1,7/** **5,1/** 0,97/ **3,8/** **3,1/** **1,2**

11.6. Амурский залив

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

Рис. 11.11. *Станции отбора проб в Амурском заливе в 2019 г.*

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

В 2019 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в апреле и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 49 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.11). В период наблюдений **температура** воды изменялась от 0,0 °C в апреле на ст.№37 в придонном слое до 24,29 °C в сентябре на ст.№24 на поверхностном горизонте, составив в среднем для всей толщи 12,25 °C. Соленость варьировала от 1,00‰ в сентябре на ст.№12 в поверхностном слое до 33,32‰ сентябре на ст.№37 в придонном слое, составив в среднем 29,44‰. Значения pH изменялись от 7,45 в сентябре на ст.№12 до 8,59 в сентябре на ст.№39; среднее — 8,18. Среднегодовое содержание взвешенных веществ повысилось по сравнению с прошлым годом в 1,2 раза и составило 11,47 мг/дм^3, что соответствует уровню 1,1 ПДК; в 2018 г. — 9,45 мг/дм^3. Максимальное содержание взвешенных веществ (126,7 мг/дм^3, 12,7 ПДК) было зафиксировано в сентябре на ст.№12 в поверхностном слое. Среднее за 2019 г. значение биохимического потребления кислорода БПК$_5$ повысилось по сравнению с 2018 г. (1,70 мгO$_2$/дм^3) в 1,8 раза и составило 3,02 мгO$_2$/дм^3 (1,4 ПДК). Максимальное значение (7,0 мгO$_2$/дм^3, 3,3 ПДК) зарегистрировано в сентябре на ст.№16 в поверхностном слое. Прозрачность воды залива не более 4 метров, а в 2018 году — 9 метров.

В период проведения наблюдений содержание **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялось от аналитического нуля до 0,05 мг/дм^3 (1 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в сентябре на ст.№28 на горизонте 10 м. Среднегодовая концентрация (0,02 мг/дм^3, 0,4 ПДК) снизилась по сравнению с 2018 г. в 2 раза. Содержание НУ превысило ПДК в 33,3% проб воды. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности морских вод Амурского залива в 2019 году покрытие нефтяной пленкой более 51% не зафик-

Рис. 11.12. *Средняя концентрация АПАВ (мкг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

сировано. Уровень загрязненности морских вод фенолами практически не изменился с прошлого года и составил в среднем 1,1 ПДК. Диапазон значений 0,6–2,0 мкг/дм^3; максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре на ст.№11 на горизонте 8 м. В 52,1% случаев концентрация фенолов в пробах превышала ПДК. Концентрация АПАВ в водах Амурского залива в 2019 г. изменялась от 11 до 842 мкг/дм^3, составив в среднем 310 мкг/дм^3 (3 ПДК); по сравнению с прошлым годом практически не изменилась. Максимальная концентрация (8,4 ПДК) была зафиксирована в апреле на ст.№28 на горизонте 10 м. За последние четыре года наблюдается резкий рост среднегодовой концентрации АПАВ в водах залива Петра Великого, включая Амурский залив (рис 11.12). В 75% случаев концентрация АПАВ в пробах превышала ПДК.

Средние показатели по всем определяемым в морской воде **металлам** не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.5). Максимальная концентрация меди превысила ПДК в 28 раз; кадмия — в 2,8 раза, никеля — в 1,5 раза, железа — в 4 раза и ртути — в 1,1 раза. Высокое значение меди, никеля, железа и ртути было отмечено в апреле. Наибольшая концентрация других металлов не превышала предельно допустимых значений.

Концентрация аммонийного **азота** в водах Амурского залива изменялась в пределах 34,0–359,0 мкг/дм^3, составив в среднем 151,8 мкг/дм^3. По сравнению с 2018 г. содержание аммония незначительно повысилось, но по-прежнему не превысило 0,1 ПДК. Содержание нитритов в морской воде изменялось в диапазоне 1,0–35,4 мкг/дм^3, составив в среднем 9,1 мкг/дм^3, что в 2 раза больше прошлого года (4,56 мкг/дм^3). Среднее содержание нитратов снизилось почти в 4 раза с 56,41 до 14,88 мкг/дм^3 при диапазоне концентрации 1,6–52,2 мкг/дм^3. Среднее содержание общего азота повысилось по сравнению с прошлым годом (1348,6 мкг/дм^3) в 1,2 раза, составив 1552,4 мкг/дм^3; разброс величин 704–2667 мкг/дм^3. Среднегодовое содержание органического азота также повысилось и составило 1385,0 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 1224 мкг/дм^3); максимальное значение — 2296 мкг/дм^3.

Среднее содержание **фосфатов** в водах Амурского залива повысилось с 18,6 до 24,3 мкг/дм^3; концентрация изменялась в диапазоне 4,8–86,0 мкг/дм^3. Концентрация общего фосфора была в пределах 8,7–94,0 мкг/дм^3; (max сентябрь, ст.№12) среднегодовое значение повысилось в 1,2 раза с 25,4 до 31,0 мкг/дм^3. Максимальное значение обоих параметров отмечено в сентябре в вершине Амурского залива в поверхностном слое. Среднее содержание органического фосфора (6,8 мкг/дм^3) не изменилось по сравнению с прошлым годом; диапазон концентрации 1,1–20,2 мкг/дм^3. Средняя концентрация кремния в водах Амурского залива повысилась в 1,4 раза с 1129,2 до 1554,6 мкг/дм^3; максимум составил 6444 мкг/дм^3 и был отмечен в сентябре на ст.№12 в поверхностном слое. Средняя концентрация кремния в весенний период (247,0 мкг/дм^3) была очень невысокой и возросла осенью почти в 8 раз до 2062,0 мкг/дм^3.

Таблица 11.5. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм^3) в водах Амурского залива в 2010–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	1,0/ 0,8/ 0,9/ 0,6/ 1,9/ 0,97/ 1,34/ 1,25/ 1,25/ 3,3	0,2/ 0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,16/ 2,3/ 0,2/ 1,5/ 0,16	0,7/ 0,1/ 1,0/ 0,1/ 0,3/ 0,16/ 1,2/ 0,3/ 0,2/ 0,73	0,02/ 0/ 0/ 0/ 0/ - -/ -/ -/ -	0,4/ 0,3/ 0,5/ 0,5/ 2,2/ 0,56/ 0,79/ 0,72/ 1,0/ 1,0	8,0/ 5,8/ 8,1/ 7,3/ 15,0/ 11,1/ 15,8/ 11,0/ 19,6/ 2,9	0,2/ 0,2/ 3,9 2,0/ 4,0/ 15,3/ 11/ 12,7/ 5,2/ 2,3	4,1/ 4,9/ 80,7/ 33,0/ 31,8/ 116,7/ 75/ 40,1/ 43,9/ 30,2	0,2/ 0,2/ 1,0/ 0,5/ 0,8/ - -/ -/ -/ -	0,08/ 0,07/ 0,00/ 0,00/ 0,014/ 0,035/ 0,03/ 0,02/ 0,03/ 0,03
Максимальная	6,0/ 3,4/ 4,6/ 1,5/ 6,1/ 1,9/ 5,8/ 3,6/ 5,5/ 138	0,7/ 0,9/ 1,2/ 0,6/ 2,0/ 0,8/ 9,1/ 1,0/ 12,1/ 1,7	6,0/ 2,9/ 29,0/ 1,2/ 1,0/ 0,9/ 31/ 1,5/ 0,7/ 28,4	0,1/ 0,1/ 0/ 0/ 0/ 0/ - -/ -/ -/ -	1,3/ 1,0/ 5,4/ 1,0/ 43,0/ 1,5/ 3,7/ 1,6/ 7,7/ 14,6	145/ 119/ 353/ 160/ 61/ 31/ 80/ 33/ 59/ 48	1,9/ 1,8/ 62,0 14,0/ 25,0/ 174,0/ 103/ 160/ 27,2/ 26,2	64/ 64/ 535/ 1085/ 216/ 1870/ 539/ 119/ 627,4/ 200,5	0,8/ 2,3/ 26,0/ 1,7/ 5,1/ - -/ -/ -/ -	0,49/ 0,28/ 0,02/ 0,01/ 0,06/ 0,08/ 0,06/ 0,04/ 0,24/ 0,11
ПДК сред.	0,2/ 0,2/ 0,18/ 0,12/ 0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,25/ 0,25/ 0,7	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,15/ <0,1	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,12 <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ <0,1 <0,1/ 0,1/ 0,1	0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,15/ 0,3/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,4/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,2/ 0,25/ 0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ **1,6/** 0,66/ 0,6/ **2,3/** **1,5/** 0,8/ 0,9/ 0,6	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	0,8/ 0,7/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ 0,35/ 0,3/ 0,2/ 0,3/ 0,3
ПДК max.	**1,2/** 0,7/ 0,9/ 0,3/ **1,2/** 0,4/ **1,2/** 0,7/ **1,1/** **27,6**	<0,1/ <0,1 0,12/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,9/ 0,1/ **1,2/** 0,2	0,6/ 0,3/ **2,9/** 0,12/ 0,1/ <0,1/ **3,1/** 0,15/ <0,1/ **2,8**	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	0,1/ 0,1/ 0,5/ 0,1/ **4,3/** 0,15/ 0,4/ 0,16/ 0,77/ **1,5**	**2,9/** **2,4/** **7,0/** **3,2/** **1,2/** 0,6/ **1,6/** 0,7/ **1,2/** **0,96**	<0,1/ <0,1/ **1,2/** 0,3/ 0,5/ **3,5/** **2,1/** **3,2/** 0,5/ 0,5	**1,3/** **1,3/** **10,7/** **21,7/** **4,3/** **37,4/** **10,8/** **2,4/** **12,5/** **4,0**	<0,1/ <0,1 0,4 <0,1 <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	**4,9/** **2,8/** 0,2/ 0,1/ 0,6/ 0,8/ 0,6/ 0,4/ **2,4/** **1,1**

Содержание растворенного **кислорода** в водах Амурского залива изменялось в диапазоне 2,76–12,82 мгO_2/дм^3, среднее составило 9,76 мгO_2/дм^3 (105,73% насыщения). Минимальное значение было отмечено в сентябре на ст.№24 в придонном слое — 2,76 мгO_2/дм^3 (35,10% насыщения), что ниже норматива в 2,2 раза. В период проведения наблюдений отмечено 6 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже нормы — 6 мгO_2/дм^3.

Воды Амурского залива в 2019 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,57) соответствовали IV классу и оценивались как «загрязненные» (табл. 11.17). Качество вод незначительно ухудшилось по сравнению с 2018 г. Приоритетными загрязняющими веществами в заливе являются нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, легкоокисляемые органические вещества по $БПК_5$. Металлы были менее существенными загрязнителями вод залива. На качество морской среды влияет сезонное летне-осеннее ухудшение уровня аэрированности вод.

В 2019 г. отбор проб **донных отложений** в Амурском заливе проводился в апреле и сентябре. Среднее содержание НУ составило 228 мкг/г сухого остатка (4,6 ДК), что ниже значения прошлого года (5,6 ДК). Концентрация нефтяных углеводородов в пробах изменялась в широком диапазоне 30–980 мкг/г. Максимум (около 20 ДК) отмечен в апреле на ст.№24 в прибрежной зоне вблизи Владивостока. В 2016–2018 гг. максимальное загрязнение донных отложений НУ было отмечено в этом же районе. Содержание фенолов изменялось в пределах от 2,3 до 12,5 мкг/г, максимум был отмечен в апреле на той же ст.№24. Среднегодовой показатель загрязненности донных отложений фенолами повысился по сравнению с прошлым годом с 3,0 до 5,5 мкг/г.

11.7. Уссурийский залив

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

В 2019 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях ГСН (рис. 11.13). Всего было отобрано 72 пробы воды и 18 проб донных отложений. В период проведения работ **температура** воды изменялась от –0,93 °C в апреле на ст.№117 в придонном слое до 19,44 °C в октябре в вершине залива на ст.№104 в поверхностном слое. Среднее значение составило 10,99 °C. Значения

Рис. 11.13. *Станции отбора проб в Уссурийском заливе в 2019 г.*

солености изменялись от 31,30‰ в июле в вершине залива на ст.№104 в поверхностном слое до 33,97‰ в октябре на ст.№106 в придонном слое; средний показатель составил 32,99‰. Значения pH изменялись от 7,92 до 8,37, в среднем — 8,23. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,9–18,9 мг/дм^3, составив в среднем 6,60 мг/дм^3; максимальное значение (1,9 ПДК) зарегистрировано в октябре на ст.№108 в придонном слое. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК$_5$ повысилось по сравнению с прошлым годом в 1,8 раза и составило 1,93 мгО$_2$/дм^3 (2012 г.— 2,17; 2013–1,01; 2014–3,73, 2015–2,38; 2016–1,66; 2017–1,88; 2018–1,07 мгО$_2$/дм^3). Максимальное значение (17,0 мгО$_2$/дм^3, 8 ПДК) было зарегистрировано в куту залива в октябре на ст.№104 в придонном слое. Всего в Уссурийском заливе в 2019 году зафиксировано 17 случаев, когда значение БПК$_5$ было выше ПДК. Прозрачность воды в заливе не превышала 9 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от величин ниже предела обнаружения до 0,10 мг/дм^3 (2 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в октябре на ст.№208 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация НУ в 2019 г. снизилась в 3 раза и составила 0,4 ПДК (0,02 мг/дм^3). Как и в Амурском заливе значение стало наименьшим за весь десятилетний период наблюдений, а по усредненной величине оба залива совсем немного превышают уровень загрязнения вод НУ в заливе Находка (рис. 11.14). Содержание НУ в воде Уссурийского залива равнялась или превышала ПДК в 6,9% проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности Уссурийского залива случаев покрытия более 50% видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов не наблюдалось.

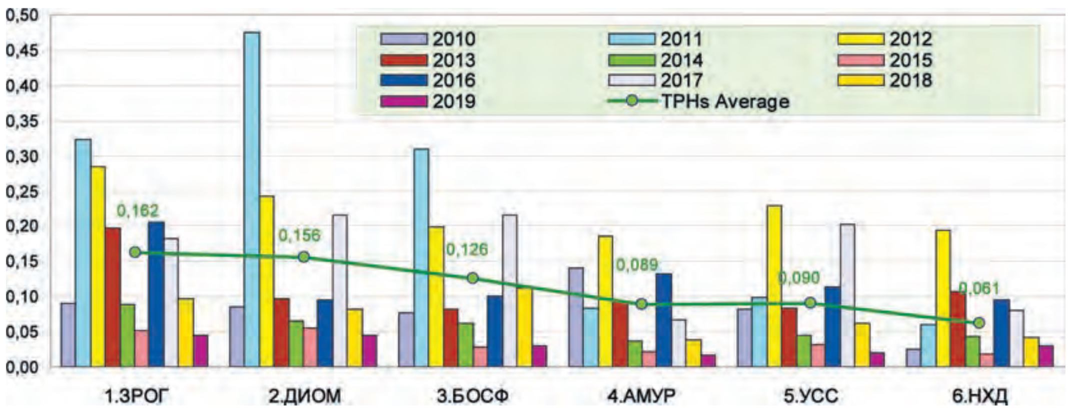


Рис. 11.14. *Многолетние изменения средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

Содержание **фенолов** в пробах морской воды изменялось от 0,7 до 2,6 мкг/дм^3; среднегодовая концентрация повысилась в 1,5 раза и составила 1,39 мкг/дм^3 (1,4 ПДК). Максимальная концентрация фенолов была зафиксирована в октябре на ст.№108 в поверхностном слое. Превышение ПДК наблюдалось в 77,8% проб (2010 г.— 51,4%, 2011–40,3%, 2012–51,4%, 2013–56,9%, 2014–86,2%, 2015–37,5%; 2016–25%, 2017–11,1%; 2018–34,7%). Уровень загрязненности вод залива АПАВ снизился по сравнению с 2018 г. в 1,3 раза и составил в среднем 269 мкг/дм^3 (2,7 ПДК). Минимальная концентрация составила 45 мкг/дм^3, максимальная — 835 мкг/дм^3, (8 ПДК); максимум был отмечен в июле на ст.№208 в придонном слое.

Воды Уссурийского залива относительно бухты Золотой Рог и Амурского залива меньше загрязнены тяжелыми **металлами** (табл. 11.6). В 2019 г. среднее содержание большинства определяемых элементов было ниже 0,1 ПДК; только для железа и ртути оно составило 0,3 ПДК, а для цинка — 0,2 ПДК. Максимальная концентрация большинства определяемых тяжелых металлов в 2019 г. не превышала норматив. Исключением является железо, по которому отмечено превышение норматива — 2,6 ПДК, отмеченное в апреле на ст.№112 в центре залива в поверхностном слое.

Таблица 11.6. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм^3) в водах Уссурийского залива в 2010–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	1,0/ 0,6/ 1,0/ 0,5/ 1,1/ 0,85/ 1,74/ 0,9/ 0,7/ 0,5	0,1/ 0,04/ 0,2/ 0,1/ 0,3/ 0,13/ 0,61/ 0,32/ 0,5/ 0,2	1,6/ 0,4/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 1,02/ 0,27/ 0,1/ 0,2	0,15/ 0/ 0/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -	0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,5/ 0,6/ 1,07/ 0,66/ 0,7/ 0,8/ 0,3	15,0/ 7,4/ 8,1/ 4,4/ 12,6/ 10,4/ 12,5/ 9,1/ 13,4/ 7,9	0,1/ 0,5/ 6,8/ 2,4/ 12,3/ 8,08/ 3,2/ 3,7/ 2,0/ 0,45	3,3/ 4,1/ 43,3/ 39,8/ 58,3/ 112,7/ 53/ 78/ 36,9/ 16,7	0,2/ 0,4/ 0,7/ 0,4/ 0,9/ -/ -/ -/ -/ -	0,06/ 0,05/ 0,00/ 0,00/ 0,033/ 0,03/ 0,045/ 0,02/ 0,03/ 0,03
Максимальная	2,2/ 1,6/ 8,0/ 1,9/ 2,4/ 2,5/ 22,0/ 3,1/ 2,6/ 1,9	1,3/ 0,6/ 1,9/ 0,6/ 1,4/ 0,6/ 2,8/ 4,2/ 3,8/ 0,6	10,0/ 11,0/ 3,2/ 0,5/ 0,9/ 1,5/ 12,0/ 1,2/ 1,2/ 0,9	6,4/ 0/ 0,1/ 0/ 0/ -/ -/ -/ -/ -	1,7/ 0,9/ 3,8/ 1,9/ 4,1/ 24/ 2,0/ 15/ 12,3/ 1,1	378/ 94/ 91,0/ 10,0/ 50,0/ 55/ 53/ 26/ 47,7/ 33,1	0,9/ 3,9/ 35/ 30/ 91,0/ 75/ 21/ 12/ 8,2/ 2,4	39/ 16/ 309/ 569/ 275/ 505/ 377/ 290/ 289,5/ 128,4	1,7/ 1,7/ 1,5/ 8,7/ 6,2/ -/ -/ -/ -/ -	0,33/ 0,27/ 0,04/ 0,01/ 0,20/ 0,09/ 0,17/ 0,09/ 0,31/ 0,09
ПДК сред.	0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,17/ 0,3/ 0,2/ 0,1/ 0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	0,2/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	0,3/ 0,1/ 0,16/ <0,1 0,25/ 0,2/ 0,25/ 0,18/ 0,3/ 0,2	<0,1/ <0,1/ 0,14/ <0,1/ 0,2/ 0,16/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ 0,87 0,79/ **1,2/** **2,25/** **1/** **1,6/** 0,8/ 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1 <0,1/ - -/ -/ -/ -	0,6/ 0,5/ <0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,3/ 0,45/ 0,2/ 0,3/ 0,3
ПДК max.	0,4/ 0,3/ **1,6/** 0,4/ 0,5/ 0,5/ **4,4/** 0,6/ 0,5/ 0,4	0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,4/ 0,1/ <0,1	**1,0/** **1,1/** 0,3/ <0,1/ 0,1/ 0,15/ **1,2/** 0,1/ 0,1/ <0,1	**1,3**/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	0,2/ <0,1/ 0,38/ 0,19/ 0,4/ **2,4/** 0,2/ **1,5/** **1,2/** 0,1	**7,6/** **1,9/** **1,8/** 0,2 **1,0/** **1,1/** **1/** 0,5/ 0,95/ 0,7	<0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,6/ **1,8/** **1,5/** 0,4/ 0,2/ 0,16/ 0,05	0,8/ 0,3/ **6,2/** **11,4/** **5,5/** **10,1/** **7,5/** **5,8/** **5,8/** **2,6**	<0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1 <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	**3,3/** **2,7/** 0,4/ 0,1/ **2,0/** 0,9/ **1,7/** 0,9/ **3,0/** 0,9

Содержание биогенных элементов в водах Уссурийского залива в 2019 г. в целом соответствовало обычному многолетнему уровню с естественными межгодовыми вариациями. Средняя за год концентрация аммонийного **азота** составила 87,3 мкг/дм^3 (0,03 ПДК). Значения изменялись в пределах 22–221 мкг/дм^3, максимальная концентрация была отмечена в апреле на ст.№112 в центре залива в придонном слое. Среднегодовое содержание аммония во всех крупных заливах значительно уступает уровню загрязнения бухт Золотой Рог и Диомид и стабилизировалось примерно на одном уровне последние годы, однако в 2019 г. во всех контролируемых участках залива Петра Великого произошло существенное увеличение концентрации аммонийного азота (рис. 11.15). Практически все повышенные значения (более 150 мкг/дм^3) зафиксированы в придонном слое вод на станциях вблизи Владивостока и в центральной части залива, но не в кутовом участке. Среднее содержание нитритов повысилось в 1,6 раза и составило 1,9 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 1,2 мкг/дм^3) при диапазоне значений 0,2–16,6 мкг/дм^3; максимум зарегистрирован в июле на ст.№117 на выходе из залива в поверхностном слое. Средняя концентрация нитратов снизилась более, чем в 2 раза и составила 6,8 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 15,3 мкг/дм^3) при диапазоне значений 1,3–38,1 мкг/дм^3; максимум отмечен также в апреле на ст.№117 в придонном слое. Среднегодовое значение общего азота повысилось в 1,3 раза и составило 1221,7 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 925,8 мкг/дм^3); диапазон концентрации составил 757–2107 мкг/дм^3; максимум отмечен в октябре на ст.№103 у Владивостока в поверхностном слое. Концентрация органического азота варьировала в пределах 633–2005 мкг/дм^3, а средняя повысилась по сравнению с прошлым годом в 1,3 раза и составила 1125 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 869 мкг/дм^3).

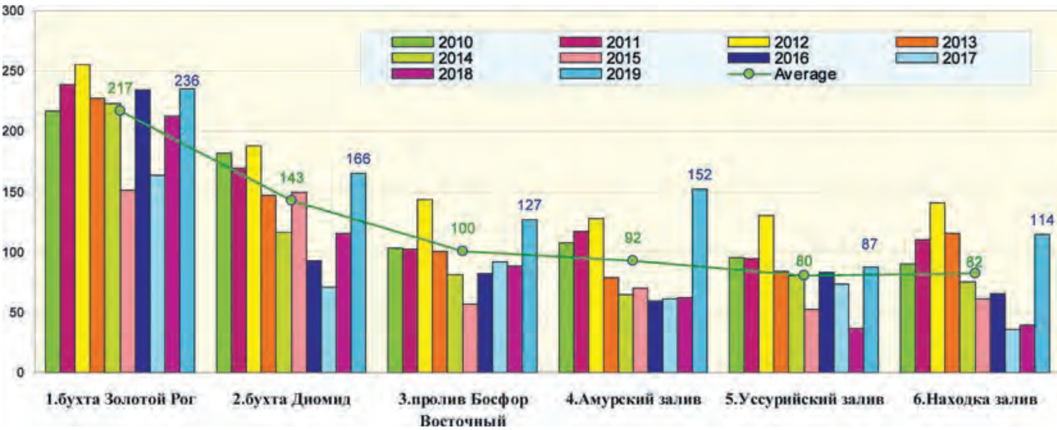


Рис. 11.15. *Многолетние изменения средней концентрации аммонийного азота (мкг/дм^3) в водах отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось от 3,3 до 38,0 мкг/дм^3, составив в среднем 14,8 мкг/дм^3, что незначительно выше уровня прошлого года (13,7 мкг/дм^3). Максимум зарегистрирован в октябре на ст.№106 в придонном слое. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 6,6 мкг/дм^3, что в 1,5 раза больше прошлогодней (4,5 мкг/дм^3), при диапазоне значений 1,0–17,0 мкг/дм^3. Среднее содержание общего фосфора по сравнению предыдущим годом (18,3 мкг/дм^3) повысилось в 1,2 раза и составило 21,3 мкг/дм^3; диапазон 6,2–45,0 мкг/дм^3. Максимум зарегистрирован в октябре на ст.№106 в центре бухты в придонном слое. Средняя концентрация кремния в воде повысилась с 213,1 до 237,7 мкг/дм^3; диапазон значений 35–1099 мкг/дм^3, максимум отмечен в одной пробе с общим фосфором.

Среднегодовое содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива соответствовало среднемноголетнему и составило 9,87 мгO_2/дм^3 или 109,3% насыщения, (в 2018 г.— 9,36 мгO_2/дм^3); диапазон изменений 6,93–13,35 мгO_2/дм^3. Минимальное содержание кислорода (72,9% насыщения) зарегистрировано в апреле на ст.№106 в придонном слое. Это значение показывает повышение наименьшей аэрированности вод четвертый год подряд со сменой положения ниже и выше норматива (рис. 11.4). Качество вод Уссурийского залива в 2019 г. по **ИЗВ** (1,40 — IV класс, «загрязненные») осталось примерно на уровне прошлого года. К числу приоритетных загрязняющих веществ относятся нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты и железо. Кислородный режим в норме.

Работы по определению загрязнения **донных отложений** Уссурийского залива в 2019 г. проводились в апреле и октябре, всего было отобрано 18 проб. Содержание НУ в пробах изменялось от 30 до 180 мкг/г, составив в среднем 80 мкг/г (1,6 ДК); максимум (3,6 ДК) отмечен в октябре на ст.№106. По сравнению с 2018 г. среднее содержание НУ в донных отложениях не изменилось. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с условным нормативом наблюдалось в 77,8% проб. Концентрация фенолов в пробах донных отложений Уссурийского залива была в диапазоне 2,1–7,5 мкг/г, а в среднем составила 3,7 мкг/г, что в 1,4 раза выше прошлого года (2,7 мкг/г). Максимум отмечен в апреле на выходе из залива (65 м, ст. №117). Из металлов определяли концентрацию ртути в 18 пробах. В самом начале октября в двух точках около Владивостока на глубине 21 м (ст.№100) и на другой стороне залива на глубине 17 м (ст.№112) содержание ртути было меньше предела обнаружения (DL=0,01 мкг/г), а на остальных участках достигало 0,07 мкг/г также у Владивостока, только 29 апреля. Среднее по всем пробах значение 0,024 мкг/г (0,8 ПДК), однако весной оно было в два раза выше (0,032 мкг/г), чем осенью (0,016 мкг/г). Среди всех районов залива Петра Великого донные отложения Уссурийского залива в наименьшей степени загрязнены ртутью в течение всего последнего десятилетия (рис. 11.16).

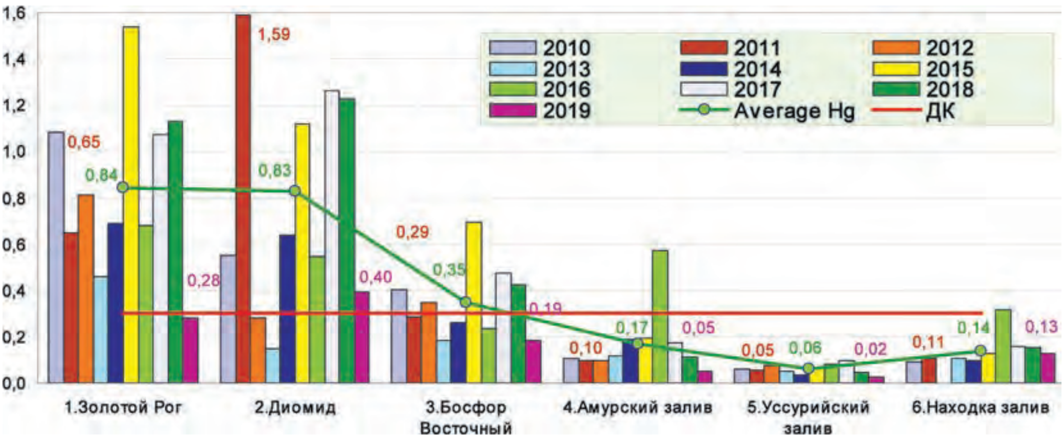


Рис. 11.16. *Многолетние изменения средней концентрации ртути (мкг/дм^3) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2019 гг.*

11.8. Залив Находка

Залив Находка расположен на юге Приморского края на востоке залива Петра Великого Японского моря. Площадь поверхности 140 км². Включает бухты Находка, Врангеля, Козьмина, Новицкого и небольшие другие. На берегу залива расположен город Находка. В заливе находятся 4 порта и 4 судоремонтных завода. Базовый порт для судов Приморского морского пароходства. Приливы в заливе незначительные, в среднем 16–17 см, максимум — 60 см. Остров Лисий защищает от морских волн западную часть залива. Акватория имеет мягкий ледовый режим, толщина льда не превышает 6–7 см. В течение зимы происходит 2–3 полных очищения бухты Находка ото льда, а бухта Врангеля вообще практически не замерзает.

На акватории залива Находка в 2019 г. гидрохимические наблюдения проводились в мае, июле и сентябре на 12 станциях в центральной части залива и в бухтах Находка, Врангеля и Козьмина; было отобрано 95 проб воды и 24 пробы донных отложений (рис. 11.17). В период наблюдений **температура** воды изменялась в пределах 1,53–21,99 °С, составив в среднем

Рис. 11.17. *Станции отбора проб в заливе Находка в 2019 г.*

12,30 °С. Соленость варьировала от 20,76‰ в сентябре рядом с мысом Сестринский в поверхностном слое до 33,63‰ в мае в бухте Козьмина на промежуточном горизонте. Среднегодовое значение составило 31,95‰. Значения pH изменялись от 8,00 до 8,39; в среднем — 8,23. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 2,5–18,7 мг/дм^3, максимум отмечен в июле в бухте Находка. Среднегодовая величина (7,33 мг/дм^3) снизилась в 1,3 раза (9,81 мг/дм^3). Среднее значение биохимического потребления кислорода (БПК$_5$) в 2019 г. (1,83 мгО$_2$/дм^3, 0,9 ПДК) по сравнению с предыдущим годом (1,36 мгО$_2$/дм^3,0,6 ПДК) повысилось в 1,3 раза. Максимум БПК$_5$ (7,0 мгО$_2$/дм^3, 3,3 ПДК) зарегистрирован в мае в бухте Врангеля в поверхностном слое. Прозрачность воды бухты не более 8 м.

Содержание **НУ** в водах залива в период наблюдений изменялось в диапазоне 0,01–0,15 мг/дм^3 (3 ПДК), средняя (0,03 мг/дм^3) в 1,3 раза меньше прошлогоднего значения. Максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре у берега южнее бухты Врангеля в поверхностном слое. В 20,8% проб концентрация НУ была выше ПДК. По визуальным наблюдениям в 2019 году за состоянием поверхности залива в мае на акватории бухты Находка в районе ст.№1 была зафиксирована пленка нефтепродуктов со степенью покрытия 51–60%, с густотой 6 баллов и интенсивностью 1 балл. Там же в июле была зафиксирована пленка со степенью покрытия 81–90%, с густотой 9 баллов и интенсивностью 1 балл. На остальной акватории залива интенсивной нефтяной плёнки не зарегистрировано. Хотя уровень загрязненности вод залива Находка наименьший среди районов залива Петра Великого, однако многолетняя динамика аналогично другим исследованным участкам демонстрирует примерно пятилетнюю цикличность (рис. 11.18). Последний год показывает относительно низкий уровень присутствия НУ в водах залива. Если механизм генерации цикла не изменился, то можно предположить в дальнейшем появление некоторого подъема значений на всей акватории залива Петра Великого.

Концентрация **фенолов** изменялась в пределах 0,3–3,1 мкг/дм^3, среднегодовой показатель составил 1,2 мкг/дм^3 (1,2 ПДК), что соответствует уровню 2018 г. Максимальная концентрация (3,1 ПДК) была зарегистрирована в июле в кутовой части бухты Находка в поверхностном слое. В 64,6% проб концентрация фенолов была выше предельно допустимого значения. Содержание АПАВ в водах залива Находка по сравнению с предыдущим периодом повысилось. Диапазон значений составил 144–710 мкг/дм^3, в среднем — 390,0 мкг/дм^3 (почти 4 ПДК), по сравнению с 2018 г. среднее содержание повысилось в 1,3 раза. Макси-

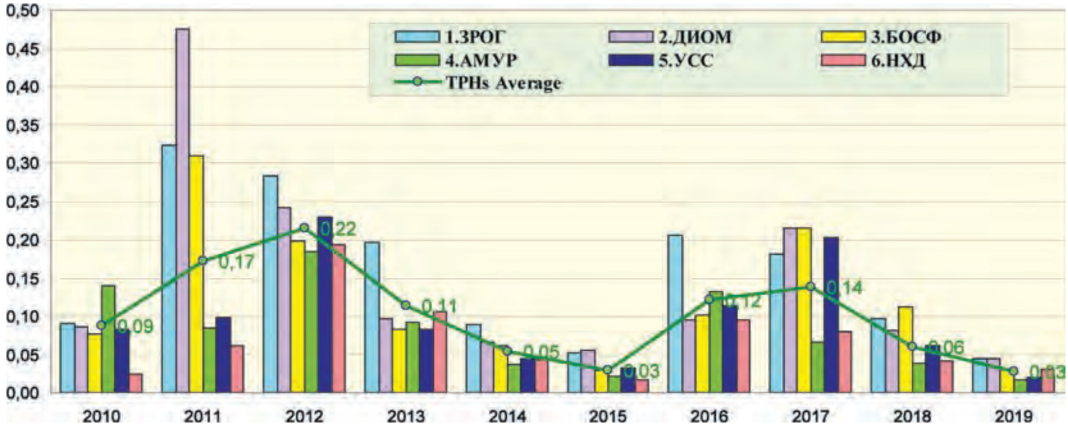


Рисунок 11.18. *Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм³) в водах различных районов залива Петра Великого Японского моря. 1 — бухта Золотой Рог, 2 — бухта Диомид, 3 — пролив Босфор Восточный, 4 — Амурский залив, 5 — Уссурийский залив, 6 — залив Находка.*

мальная концентрация (7 ПДК) была зарегистрирована в июле в районе бухты Новицкого в придонном слое. В 100% проб концентрация АПАВ была выше предельно допустимого значения.

Среднегодовая концентрация всех определяемых тяжелых **металлов** в водах залива Находка в 2019 г. не превышала 1 ПДК (табл. 11.7). Максимальная концентрация превысила норматив по меди (1,1), железу (2,3 ПДК), никелю (1,7) и ртути (1,2 ПДК). Наибольшее значение по меди было зафиксировано в сентябре на ст.№15 в центре залива на промежуточном 10-метровом горизонте; по железу — в мае на ст.№12 на выходе из залива в поверхностном слое; по никелю — в мае в бухте Находка в поверхностном слое. Максимум по ртути зарегистрирован в мае на ст.№35 в поверхностном слое.

Таблица 11.7. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм³) в водах залива Находка в 2010–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	0,7/ 0,7/ 1,0/ 0,5/ 1,3/ 0,6/ 1,1/ 0,4/ 0,9/ 0,9	0,1/ 0,1/ 0,1/ 0,1/ 0,3/ 0,09/ 0,5/ 0,2/ 0,9/ 0,2	0,3/ 0,2/ 0,3/ 0,09/ 0,3/ 0,19/ 0,4/ 0,9/ 0,2/ 0,07	0,006/ 0,002/ 0,000/ 0,000/ 0,000/ -/ -/ -/ -/ -	0,3/ 0,2/ 0,3/ 0,3/ 0,7/ 0,4/ 1,0/ 0,6/ 0,4/ 0,9	8,7/ 5,2/ 8,0/ 5,7/ 15,3/ 9,7/ 10,7/ 12,1/ 9,9/ 7,7	0,07/ 0,11/ 5,6/ 3,0/ 7,8/ 3,7/ 2,7/ 8,9/ 2,3/ 0,9	6,0/ 4,9/ 35,5/ 18,0/ 48,5/ 24,2/ 36,6/ 53,9/ 21,5/ 16,6	0,51/ 0,55/ 0,80/ 0,5/ 1,5/ -/ -/ -/ -/ -	0,17/ 0,05/ 0,01/ 0,00/ 0,05/ 0,04/ 0,03/ 0,03/ 0,03/ 0,03
Макси-мальная	1,5/ 1,9/ 10,0/ 1,4/ 3,0/ 1,8/ 5,1/ 1,6/ 7,8/ 5,5	0,3/ 0,8/ 0,4/ 0,4/ 1,6/ 0,6/ 2,7/ 2,8/ 8,0/ 2,1	1,4/ 2,0/ 1,9/ 0,5/ 3,8/ 1,1/ 5,2/ 6,3/ 1,1/ 0,3	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,0/ 0,0/ -/ -/ -/ -/ -	0,18/ 0,8/ 1,6/ 0,7/ 3,0/ 2,3/ 42,0/ 3,2/ 2,1/ 17,1	78/ 24/ 49/ 109/ 137/ 53,0/ 55,0/ 52,0/ 32,2/ 20,5	1,2/ 4,1/ 38,0/ 23,0/ 60,0/ 19,0 17,0/ 122,0/ 42,2/ 13,9	121/ 37/ 437/ 43/ 387/ 170/ 112/ 176/ 135/ 117	8,4/ 1,9/ 7,5/ 1,2/ 20,0/ -/ -/ -/ -/ -	1,42/ 0,18/ 0,23/ 0,00/ 0,60/ 0,15/ 0,13/ 0,09/ 0,12/ 0,12

ПДК сред.	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,3/ 0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,2/ 0,2	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	0,3/ 0,1/ 0,16/ 0,1/ 0,3/ 0,19/ 0,2/ 0,25/ 0,2/ 0,15	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,16/ <0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ <0,1	0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,36/ **0,97/** 0,48/ 0,7/ **1,1/** 0,4/ 0,3	<0,1/ <0,1 <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	**1,7/** 0,5/ 0,1/ <0,1/ 0,5/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,3
ПДК max.	0,3/ 0,4/ **2,0/** 0,3/ 0,6/ 0,36/ **1/** 0,3/ **1,6/** **1,1**	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,16/ <0,1/ 0,3/ 0,3/ 0,8/ 0,2	0,1/ 0,2/ 0,2/ <0,1/ 0,4/ 0,1/ 0,5/ 0,6/ 0,1/ 0,03	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ -/ -/ -/ -/ -	<0,1/ <0,1/ 0,16/ <0,1/ 0,3/ 0,2/ **4,2/** 0,3/ 0,2/ **1,7**	0,3/ 0,1/ **1,0/** **2,2/** **2,7/** **1,06/** **1,1/** **1,0/** 0,65/ 0,4	<0,1/ <0,1/ 0,76/ 0,5/ **1,2/** 0,4/ 0,3/ **2,4/** 0,85/ 0,3	2,4/ 0,7/ **8,7/** 0,86/ **7,7/** **3,4/** **2,2/** **3,5/** **2,7/** **2,3**	0,12/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,30/ -/ -/ -/ -/ -	**14,2/** **1,8/** **2,3/** <0,1/ **6,0/** **1,5/** **1,3/** 0,9/ **1,2/** **1,2**

Концентрация аммонийного **азота** в водах залива изменялась в диапазоне 19–368 мкг/дм^3, составив в среднем 114,4 (<0,1 ПДК). Максимум отмечен в сентябре в центральной части залива у о. Лисий. По сравнению с 2018 г. (39,4 мкг/дм^3)отмечено повышение среднего значения почти в 3 раза. Концентрация нитритов изменялась в диапазоне 0,2–83,0 мкг/дм^3, в среднем — 6,9 мкг/дм^3; среднегодовое содержание нитритов повысилось почти в 5 раз. Максимум (3,5 ПДК) был отмечен в сентябре на ст.№7 в вершине залива Находка в поверхностном слое. Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 0,1–98,1 мкг/дм^3, в среднем — 15,7 мкг/дм^3; по сравнению с прошлым годом (16,6 мкг/дм^3) среднее содержание нитратов практически не изменилось. Максимум был зафиксирован в сентябре на той же ст.№7 в вершине залива Находка, но в придонном слое. Среднегодовая концентрация органического азота по сравнению с 2018 г. (686 мкг/дм^3) повысилась в 1,9 раза и составила 1226,0 мкг/дм^3 при диапазоне значений 756–2402 мкг/дм^3. Среднее содержание общего азота повысилось в 1,8 раза с 744,5 до 1374,6 мкг/дм^3; диапазон значений — 683–2485 мкг/дм^3. Максимальное содержание общего азота зарегистрировано в июле на ст.№15 в придонном слое.

Содержание **фосфатов** в заливе Находка изменялось в пределах 5,4–39,0 мкг/дм^3, составив в среднем за период наблюдений 13,3 мкг/дм^3, что в 1,2 раза выше уровня прошлого года. Максимальная концентрация была зарегистрирована в сентябре на ст.№152 у о. Лисий в придонном слое. Концентрация общего фосфора изменялась в диапазоне 7,6–43,0 мкг/дм^3; среднее значение повысилось в 1,3 раза и составило 19,1 мкг/дм^3. Наибольшее значение было зафиксировано в одной пробе с неорганическим фосфором. Концентрация органического фосфора была в диапазоне 0,6–27,0 мкг/дм^3; среднее содержание (5,8 мкг/дм^3) повысилось в 1,4 раза. Среднегодовая концентрация кремния в водах залива Находка в 2019 г. незначительно снизилась и составила 350,1 мкг/дм^3; диапазон составил 100–2148 мкг/дм^3. Максимум был зафиксирован в сентябре на ст.№18 в вершине залива в зоне влияния стока реки Партизанская в поверхностном слое.

Среднее содержание растворенного **кислорода** в водах залива Находка было очень близким к прошлогоднему (10,15 мгO_2/дм^3) и составило 10,18 мгO_2/дм^3, 114,4% насыщения. Минимальная концентрация кислорода (5,63 мгO_2/дм^3,71,9% насыщения) была отмечена в сентябре в глубине бухты Находка на ст.№1 в придонном слое. По значению расчетного индекса **ИЗВ** (1,65) качество вод в заливе Находка немного снизилось в пределах IV класса, «загрязненные», за счет значительного увеличения содержания СПАВ, а также немного выросла средняя концентрация фенолов и органических веществ. Также традиционно приоритетными загрязняющими веществами залива Находка являются нефтяные углеводороды, нитриты и металлы — железо, медь и ртуть. Отдельные участки акватории залива Находка различаются по уровню загрязненности. В бухте Находка качество вод значительно хуже, чем в центральной части залива и бухтах Врангеля и Козьмина.

В заливе Находка в мае и сентябре 2019 г. было отобрано 24 пробы **донных отложений,** в которых определяли концентрацию НУ, фенолов и ртути; содержание остальных металлов и хлорорганических соединений анализировали в 12 пробах, отобранных 13 мая**.** Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в очень широком диапазоне от 80 до 2650 мкг/г сухого грунта, составив в среднем 470,4 мкг/г (9,4 ДК), что в 1,2 раза меньше прошлого года (11,2 ДК). Максимальное значение (53 ДК) зарегистрировано в мае на ст. №2 в бухте Находка. Превышение допустимого уровня концентрации в соответствии с используемыми нормативами наблюдалось в 100% проб. Уровень загрязненности донных отложений залива Находка нефтяными углеводородами сильно различается от района к району. Наибольшие значения традиционно отмечаются в пробах грунта из бухты Находка, в остальных районах залива они меньше на порядок (табл. 11.8). Многолетняя динамика уровня загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений залива Находка показывает незначительную межгодовую изменчивость и относительно невысокий уровень загрязнения.

Таблица 11.8. Минимальная, максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов (мкг/г) в донных отложениях различных участков залива Находка в 2017/2018/2019 гг.

Акватория	Кол-во проб	Min	Max	Средняя
Залив Находка (центральная часть)	24	70/110/80	490/670/380	167/245/152,5
Бухта Врангеля	2	120/270/110	170/280/120	145/275/115
Бухта Находка	4	1720/1819/1700	3890/2580/2650	2600/2195/2100
Бухта Козьмино	2	90/90/90	120/130/120	105/110/105

Таблица 11.9. Средняя и максимальная концентрация пестицидов (нг/г) в донных отложениях залива Находка в 2017–2019 гг.

	α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ линдан	ДДТ	ДДЭ	ДДД	Сумма ДДТ	Сумма ПХБ	Альдрин
Сред.	0,4/ 1,6/ 0,11	0,8/ 0,4/ -	10,0/ 3,1/ 11,2	2,4/ 1,2/ 1,3	5,6/ 2,4/ 2,7	18,1/ 6,7/ 15,3	31,4/ 36,25/ 19,7	0,1/ 0,3/ 0,06
Макс.	1,9/ 3,4/ 0,2	3,7/ 1,8/ -	101,7/ 7,8/ 114,0	23,3/ 4,0/ 5,7	53,1/ 11,1/ 20,2	178,1/ 22,9/ 139,9	249,1/ 182,1 73,9	0,7/ 0,5/ 0,1
ДК сред.		16/ 4/ -				7,2/ 2,7/ 6,1	1,6/ 1,6/ 1,0	
ДК max.		74/ 36/ -				71,2/ 11,5/ 56,0	12,5/ 9,1/ 3,7	

Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 2,3–8,5 мкг/г, среднее значение составило 4,7 мкг/г; по сравнению с 2018 г. (3,7 мкг/г) оно возросло в 1,3 раза. Максимальная концентрация отмечена в мае в кутовой части бухты Находка.

В майских пробах содержание **α-ГХЦГ** было очень невысоким и не превышало 0,2 нг/г, а средняя концентрация (0,11 нг/г) снизилась в 8 раз по сравнению с прошлым годом (табл. 11.9). Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 15,25 нг/г (6,1 ДК), что в 2,3 раза больше прошлого года. Среднее содержание ДДТ в донных отложениях составило 11,2 нг/г, ДДЭ — 1,3 нг/г, ДДД — 2,7 нг/г. Высокие средние значения определялись экстремальными величинами концентрации ДДТ и его метаболитов в одной пробе с глубины 8 м из средней части бухты Находка — 114,0; 5,7 и 20,2 нг/г соответственно. Сумма пестицидов в этой пробе составило 139,9 нг/г (56 ДК). Содержание альдрина в донных отложениях залива Находка в мае 2019 г. было очень незначительным и в среднем составило 0,06 нг/г (в 2018 г. было в 5 раз больше — 0,3 нг/г), все значения не превышали 0,1 нг/г. В целом содержание ПХБ в осадках залива Находка традиционно было очень высоким. Средняя суммарная концентрация в 2019 г. немного уменьшилась с 1,6 ДК до 1,0 ДК (19,7 нг/г). Наибольшие значения полихлорбифенилов (30,2; 34,5 и 73,9 нг/г, 3,7 ДК) были зафиксированы в бухте Находка и на выходе из нее.

В 2019 г. среднегодовая концентрация всех тяжелых металлов в донных отложениях залива Находка не превышала допустимого уровня, за исключением цинка (табл. 11.10). Значительных изменений по сравнению с предыдущим годом не отмечено. Максимальные значения меди (2,35 ДК), цинка (2,09 ДК) и ртути (5,30 ДК) были отмечены в бухте Находка, а всех остальных металлов не превышала допустимый уровень.

Таблица 11.10. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2010–2019 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Средняя	28,4/ 20,4/ 23,4/ 15,7/ 14,6/ 17,4/ 19,05/ 20,3 19,6/ 21,5	20,5/ 16,7/ 18,6/ 18,7/ 17,6/ 10,2/ 16,7/ 14,8/ 21,6/ 21,4	0,10/ 0,44/ 0,2/ 0,8/ 0,4/ 1,3/ 2,1/ 0,3/ 0,2/ 0,07	4,4/ 5,6/ 4,1/ 2,7/ 4,8/ 3,2/ 4,8/ 5,4/ 4,7/ 3,9	8,5/ 13,2/ 9,6. 13,4/ 10,1/ 14,4/ 15,3/ 8,7/ 11,1/ 10,8	80,9/ 75,3/ 83,4/ 72,3/ 60,4/ 70,2/ 71,95/ 84,1/ 84,7/ 140,6	134,1/ 131,0/ 145,2/ 139,8/ 105,8/ 154,0/ 125,7/ 116,6/ 147,5/ 120,0	27136/ 21763/ 26340/ 20935/ 24239/ 22495/ 19810/ 21823/ 24102/ 17727	13,0/ 14,5/ 23,3/ 12,7/ 17,6/ 33,7/ 16,95/ 38,8/ 19,0/ 17,3	0,09/ 0,11/ 0,08/ 0,11/ 0,10/ 0,13/ 0,31/ 0,16/ 0,15/ 0,13
Макси-мальная	227,0/ 175,0/ 177,0/ 71,0/ 54,0/ 65,0/ 132,0/ 117,0/ 110,6/ 82,3	119,0/ 104,0/ 134,0/ 107,0/ 74,0/ 45,0/ 73,0/ 56,0/ 114,9/ 65,1	1,0/ 7,8/ 1,1/ 2,3/ 0,8/ 3,6/ 21,0/ 1,6/ 0,7/ 0,4	9,1/ 15,0/ 7,3/ 6,0/ 7,1/ 5,6/ 8,6/ 8,3/ 7,8/ 5,8	16,0/ 80,0/ 15,0/ 22,0/ 16,0/ 31,0/ 33,0/ 16,0/ 19,6/ 16,2	373,0/ 422,0/ 408,0/ 288,0/ 260,0/ 212,0/ 301,0/ 310,0/ 308,0/ 292,5	225,0/ 245,0/ 232,0/ 345,0/ 137,0/ 251,0/ 260,0/ 210,0/ 295,6/ 188,6	62293/ 46576/ 44018/ 39423/ 35824/ 35049/ 30611/ 41188/ 34422/ 29295	26,0/ 35,0/ 43,0/ 36,0/ 26,0/ 62,0/ 44,0/ 88,0/ 33,3/ 33,5	0,31/ 0,96/ 0,39/ 0,53/ 0,47/ 0,57/ 2,25/ 0,55/ 1,23/ 1,59
ДК сред.	0,8/ 0,6/ 0,7/ 0,4/ 0,4/ 0,5/ 0,5/ 0,6/ 0,7/ 0,61	0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,12/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,25	0,1/ 0,6/ 0,25/ **1,0/** 0,5/ **1,6/** **2,6/** 0,4/ 0,25/ 0,09	0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,14/ 0,2/ 0,16/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,20	0,2/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,31	0,6/ 0,5/ 0,6/ 0,5/ 0,4/ 0,5/ 0,5/ 0,6/ 0,6/ **1,00**	-	-	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,2/ 0,17	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ **1,0/** 0,5/ 0,5/ 0,43
ДК max.	**6,5/** **5,0/** **5,0/** **2,0/** **1,5/** **1,85/** **3,8/** **3,4/** **3,2/** **2,35**	**1,4/** **1,2/** **1,6/** **1,3/** 0,9/ 0,5/ 0,86/ 0,7/ **1,4/** 0,77	**1,3/** **9,8/** **1,4/** **2,9/** **1,0/** **4,5/** **26,3/** **2,0/** 0,9/ 0,5	0,5/ 0,8/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,29	0,5/ **2,3/** 0,4/ 0,6/ 0,5/ 0,9/ 0,9/ 0,5/ 0,6/ 0,46	**2,7/** **3,0/** **2,9/** **2,1/** **1,86/** **1,5/** **2,2/** **2,2/** **2,2/** **2,09**	-	-	0,3/ 0,4/ 0,43/ 0,36/ 0,3/ 0,6/ 0,4/ 0,9/ 0,3/ 0,34	**1,0/** **3,2/** **1,3/** **1,8/** **1,6/** **1,9/** **7,5/** **1,8/** **4,1/** **5,30**

Таблица 11.11. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. бухта Золотой Рог	НУ	0,18 0,51	**3,6** **10,2**	0,096 0,25	**1,92** **5,0**	0,045 0,13	0,90 **2,60**
	Фенолы	0,86 1,6	0,9 **1,6**	1,21 2,2	**1,21** **2,2**	1,21 2,1	**1,21** **2,2**
	АПАВ	282 555	**2,8** **5,6**	330,3 949,0	**3,3** **9,5**	266,1 731,0	**2,66** **7,31**
	Аммонийный азот	163 1002	<0,1 0,35	213 1065	<0,1 0,37	235,5 952	0,10 0,42
	Медь	1,6 3,9	0,3 0,8	1,6 4,2	0,3 0,8	0,66 2,1	0,13 0,42
	Железо	55,6 214	**1,1** **4,3**	36,5 193	0,7 **3,9**	25,5 143	0,51 **2,86**
	Цинк	17,0 112	0,3 **2,2**	13,9 37,5	0,3 0,75	3,6 9,6	0,07 0,19
	Свинец	0,3 3,2	<0,1 0,3	2,2 9,9	0,2 0,99	0,03 0,3	<0,01 0,03
	Марганец	2,0 12,0	<0,1 0,2	0,9 3,3	<0,1 <0,1	1,6 35,5	0,03 0,71
	Кадмий	0,8 3,5	<0,1 0,35	0,29 0,8	<0,1 <0,1	0,01 0,1	<0,01 0,01
	Ртуть	0,03 0,10	0,3 **1,0**	0,03 0,09	0,3 0,9	0,03 0,06	0,3 0,6
	БПК$_5$	2,64 7,00	**1,3** **3,3**	2,14 6,0	**1,0** **2,9**	2,63 7,0	**1,25** **3,33**
	Взвешенные вещества	6,9 14,3	0,7 **1,4**	9,04 27,9	0,9 **2,8**	11,35 28,8	**1,13** **2,88**
	Кислород	7,60 3,84	 **0,64**	7,43 4,40	 **0,74**	7,87 3,95	 **0,66**
2. бухта Диомид	НУ	0,22 0,45	**4,4** **9,0**	0,082 0,14	**1,64** **2,8**	0,045 0,13	0,90 **2,60**
	Фенолы	0,9 1,7	0,9 **1,7**	0,93 1,5	0,93 **1,5**	1,10 1,3	**1,10** **1,3**
	АПАВ	243 310	**2,4** **3,1**	308,7 559,0	**3,09** **5,6**	264 470	**2,64** **4,70**
	Аммонийный азот	71,2 131	<0,1 <0,1	115,6 221	<0,1 <0,1	165,7 321	0,07 0,14
	Медь	1,5 2,4	0,3 0,5	1,7 4,0	0,3 0,8	0,7 2,0	0,14 0,40
	Железо	37,95 102	0,76 2	25,8 44,0	0,5 0,9	14,8 39,0	0,30 0,78
	Цинк	9,2 15,0	0,2 0,3	9,9 25,7	0,2 0,5	3,4 5,6	0,07 0,11
	Свинец	0,2 0,5	<0,1 <0,1	1,3 6,1	0,1 0,6	0,03 0,1	<0,01 0,01
	Марганец	1,1 2,5	<0,1 <0,1	0,6 1,5	<0,1 <0,1	0,5 0,9	<0,01 <0,01
	Кадмий	0,5 1,0	<0,1 0,1	0,3 0,6	<0,1 <0,1	0 0	
	Ртуть	0,05 0,09	0,5 0,9	0,03 0,04	0,3 0,7	0,04 0,07	0,40 0,70

	БПК$_5$	2,83 5,00	**1,3** **2,4**	1,17 2,0	0,6 0,95	2,67 6,0	**1,27** **1,86**
	Кислород	7,80 5,61	**0,94**	7,77 6,27		8,71 4,65	**0,78**
3. пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	НУ	0,22 0,53	**4** **10,6**	0,112 0,41	**2,24** **8,2**	0,03 0,14	0,60 **2,80**
	Фенолы	0,84 1,2	0,8 **1,2**	1,47 8,4	**1,47** **8,4**	1,04 1,5	**1,04** **1,50**
	АПАВ	301 638	**3,0** **6,4**	343,3 731,0	**3,43** **7,3**	225,0 542,0	**2,25** **5,42**
	Аммонийный азот	91,4 307	<0,1 0,1	88 208	<0,1 <0,1	126,8 312	0,06 0,14
	Медь	1,7 5,2	0,3 **1,0**	1,4 5,1	0,3 **1,0**	0,7 3,7	0,14 0,74
	Железо	62,3 155	**1,2** **3,1**	33 87	0,7 **1,7**	29,7 188	0,59 **3,76**
	Цинк	18,2 89	0,4 **1,8**	18,7 63,7	0,4 **1,3**	6,6 42,1	0,13 0,84
	Свинец	0,3 0,8	<0,1 <0,1	2,0 12,5	0,2 **1,3**	0,19 1,6	0,02 0,16
	Марганец	4,6 43	<0,1 0,9	2,1 17,7	<0,1 0,4	2,6 20,3	0,05 0,41
	Кадмий	0,96 3,8	0,096 0,4	0,2 0,4	<0,1 <0,1	0,04 0,5	<0,01 0,05
	Ртуть	0,04 0,10	0,4 **1,0**	0,02 0,07	0,2 0,7	0,017 0,04	0,17 0,40
	БПК$_5$	2,37 7,00	**1,1** **3,3**	2,13 5,0	**1,0** **2,4**	1,93 4,0	0,92 **1,90**
	Кислород	7,85 4,77	**0,80**	7,72 5,26	**0,88**	8,10 5,23	**0,87**
4. Амурский залив	НУ	0,07 0,29	**1,4** **5,8**	0,038 0,35	0,76 **7,0**	0,016 0,05	0,32 **1,00**
	Фенолы	1,05 2,0	**1,0** **2,0**	1,21 3,2	**1,21** **3,2**	1,12 2,0	**1,12** **2,0**
	АПАВ	235 659	**2,3** **6,6**	302 731	**3,02** **7,3**	311 842	**3,11** **8,42**
	Аммонийный азот	61,4 351	<0,1 0,1	62 218	<0,1 <0,1	151,8 359	0,07 0,16
	Медь	1,25 3,6	0,3 0,7	1,3 5,5	0,3 **1,1**	0,44 3,3	0,09 0,66
	Железо	40,1 119	0,8 **2,4**	43,9 627,4	0,9 **12,5**	30,2 200,5	0,60 4,01
	Цинк	11,0 33,0	0,2 0,7	19,6 59,0	0,4 **1,2**	9,3 48,0	0,19 0,96
	Свинец	0,23 1,0	<0,1 0,1	1,5 12,1	0,2 **1,2**	0,16 1,7	0,02 0,17
	Марганец	12,7 160	0,3 **3,2**	5,2 27,2	0,1 0,6	2,3 26,2	0,05 0,52
	Кадмий	0,34 1,5	<0,1 0,15	0,2 0,7	<0,1 <0,1	0,14 1,2	0,01 0,12
	Ртуть	0,02 0,04	0,2 0,4	0,03 0,24	0,3 **2,4**	0,03 0,11	0,3 **1,1**
	БПК$_5$	2,68 9,00	**1,3** **4,3**	1,7 4,0	0,8 **1,9**	3,02 7,0	**1,44** **3,33**

	Взвешенные вещества	6,4 14,6	0,6 **1,5**	9,4 34	0,9 **3,4**	11,3 126,7	**1,13** **12,67**
	Кислород	8,59 4,02	 **0,67**	9,29 3,4	 **0,57**	9,76 2,76	 **0,46**
5. Уссурийский залив	НУ	0,20 0,68	**4,0** **13,6**	0,062 0,80	**1,24** **1,60**	0,020 0,10	0,40 **2,00**
	Фенолы	0,7 1,6	0,7 **1,6**	0,95 2,5	**0,95** **2,5**	1,39 2,6	**1,39** **2,60**
	АПАВ	245 725	**2,5** **7,3**	340,9 709	**3,41** **7,1**	268,8 835	**2,69** **8,35**
	Аммонийный азот	73,2 502	<0,1 0,2	36,4 109	<0,1 <0,1	87,3 221	0,04 0,10
	Медь	0,93 3,1	0,2 0,6	0,75 2,6	0,2 0,5	0,49 1,9	0,10 0,38
	Железо	78,3 290	**1,6** **5,8**	36,9 289,5	0,7 **5,8**	16,7 128,4	0,33 **2,57**
	Цинк	9,1 26	0,2 0,5	13,4 47,7	0,3 0,96	7,9 33,1	0,16 0,66
	Свинец	0,3 4,2	<0,1 0,4	0,5 3,8	<0,1 0,4	0,2 0,6	0,02 0,06
	Марганец	3,7 12	<0,1 0,2	2,04 8,2	<0,1 0,2	0,45 2,4	<0,01 0,05
	Кадмий	0,27 1,2	<0,1 0,1	0,15 1,2	<0,1 0,1	0,17 0,9	0,02 0,09
	Ртуть	0,02 0,09	0,2 0,9	0,03 0,31	0,3 **3,1**	0,027 0,09	0,27 0,90
	$БПК_5$	1,87 5,00	0,9 **2,4**	1,07 2,00	0,5 0,95	1,93 17,0	0,92 **8,10**
	Взвешенные вещества	4,3 12,1	0,4 **1,2**	6,6 18,2	0,6 **1,8**	6,6 18,9	0,66 **1,89**
	Кислород	10,27 6,39		9,36 5,8	 **0,97**	9,87 6,93	
6. залив Находка (с бухтами)	НУ	0,08 0,28	**1,6** **5,6**	0,041 0,51	0,82 **10,2**	0,031 0,15	0,62 **3,00**
	Фенолы	0,9 1,7	0,9 **1,7**	1,08 2,7	**1,08** **2,7**	1,24 3,1	**1,24** **3,10**
	АПАВ	240 725	**2,4** **7,2**	294 829	**2,94** **8,3**	390 710	**3,90** **7,10**
	Аммонийный азот	35,8 118	<0,1 <0,1	39,4 197	<0,1 <0,1	114,4 368	0,05 0,16
	Медь	0,4 1,6	<0,1 0,3	0,9 7,8	<0,1 **1,6**	0,94 5,5	0,19 **1,10**
	Кадмий	0,9 6,3	<0,1 0,6	0,2 1,1	<0,1 0,1	0,07 0,3	<0,01 0,03
	Железо	53,9 176	**1,1** **3,5**	21,5 135,0	0,4 **2,7**	16,6 117,3	0,33 **2,35**
	Цинк	12,1 52	0,2 **1,0**	9,9 32,2	0,2 0,7	7,73 20,5	0,15 0,41
	Свинец	0,2 2,8	<0,1 0,3	0,9 8,0	<0,1 0,8	0,22 2,1	0,02 0,21
	Марганец	8,9 122	0,2 **2,4**	2,3 42,2	<0,1 0,8	0,94 13,9	0,02 0,28
	Ртуть	0,03 0,09	0,3 0,9	0,03 0,12	0,3 **1,2**	0,032 0,12	0,32 **1,20**

	$БПК_5$	2,59 8,00	**1,2** **3,8**	1,36 4,0	0,6 **1,9**	1,83 7,0	0,87 **3,33**
	Взвешенные вещества	4,5 11,6`	0,45 **1,2**	9,8 16,4	**0,98** **1,6**	7,33 18,7	0,73 1,87
	Кислород	9,51 6,02		10,15 6,26		10,18 5,63	 **0,94**
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, органических веществ по $БПК_5$, взвешенных веществ (твердых частиц) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм^3; фенолов, аммонийного азота, АПАВ, меди, железа, цинка, свинца, марганца, кадмия и ртути в мкг/дм^3. 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней максимальное (для кислорода минимальное) значение. 3. Значения ПДК для органического вещества по $БПК_5$ рассчитаны по нормативу 2,1 мгO_2/дм^3.							

Динамика вод отдельных районов залива Петра Великого Японского моря в последнее десятилетие стабилизировалась на уровне «умеренно загрязненные» и «загрязненные», при этом качество вод в целом несколько ухудшилось в последние три года (рис. 11.5). В отличие от отдельных заливов в бухте Золотой Рог качество вод существенно улучшилось.

Таблица 11.12. Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2017–2019 гг.

Район	2017 г.		2018 г.		2019 г.		Содержание ЗВ в 2019 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. бухта Золотой Рог	2,13	V	1,81	V	1,47	IV	АПАВ 2,66; $БПК_5$ 1,25 Фенолы 1,21; O_2 0,76
2. бухта Диомид	2,24	V	1,61	IV	1,45	IV	АПАВ 2,64; $БПК_5$ 1,27; Фенолы 1,10; O_2 0,78
3. пролив Босфор Восточный	2,36	V	1,98	V	1,24	III	АПАВ 2,25; $БПК_5$ 0,92; Фенолы 1,04; O_2 0,74
4. Амурский залив	1,43	IV	1,41	IV	1,57	IV	АПАВ 3,11; $БПК_5$ 1,44; Фенолы 1,12; O_2 0,61
5. Уссурийский залив	1,50	V	1,56	IV	1,40	IV	АПАВ 2,69; $БПК_5$ 0,92; Фенолы 1,39; O_2 0,61
6. залив Находка (с бухтами)	1,47	IV	1,36	IV	1,65	IV	АПАВ 3,90; $БПК_5$ 0,87; Фенолы 1,24; O_2 0,59
6.1. бухта Находка	1,48	IV	1,55	IV	1,68	IV	АПАВ 3,40; $БПК_5$ 1,07; Фенолы 1,64; O_2 0,62
6.2. бухта Врангеля	1,35	IV	1,23	III	1,56	IV	АПАВ 3,27; $БПК_5$ 1,24; Фенолы 1,12; O_2 0,59
6.3. бухта Козьмина	-	-	-	-	1,49	IV	АПАВ 3,22; $БПК_5$ 0,95; Фенолы 1,21; O_2 0,59
7. Татарский пролив: Александровск-Сахалинский	1,00	III	0,74	III	1,02	III	НУ 1,48; $БПК_5$ 0,68; Cu 1,22; O_2 0,68

11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив

Основными источниками загрязнения прибрежной акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский по-прежнему являются сбросы загрязненных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Основными загрязнителями являются предприятия коммунально-бытовых служб, нефтебаза и флот из-за неконтролируемого сброса льяльных вод и нефтесодержащего мусора с маломерных судов. В районе г. Александровска исследования уровня загрязнения морских вод и донных отложений проводился Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск). В 2019 г. в период с мая по октябрь ежемесячно на 5 станциях было отобрано и обработано 30 проб.

В исследуемый период времени **температура** воды изменялась от 8,6 °С в мае до 19,9 °С в августе, когда наблюдается наибольший прогрев; среднегодовое значение 13,77 °С. Соленость варьировала от 14,13‰ в мае до 32,65‰ в июне, составив в среднем 29,23‰. Хлорность была в диапазоне 7,85–18,07‰, средняя — 16,173‰. Значения pH изменялись в диапазоне 7,88–9,05, среднее — 8,04. Щелочность была в пределах 1,168–2,374 мг-экв/дм^3, в среднем за период наблюдений — 2,145 мг-экв/дм^3, что близко к величине предыдущего года — 2,240 мг-экв/дм^3. Концентрация взвешенных частиц в морской воде изменялась в диапазоне 14–887 мг/дм^3, в среднем — 82,9 мг/дм^3 (8,3 ПДК), что почти в 1,3 раза больше прошлогоднего значения (65,57 мг/дм^3). Максимум (89 ПДК) был зарегистрирован в июне на ст.№8 в поверхностном слое. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК$_5$ в среднем была 1,42 (0,68 ПДК); максимальная величина была зафиксирована в июне и составила 3,4 мгО$_2$/дм^3 (1,6 ПДК); средний показатель несколько снизился по сравнению с 2018 г. с 0,85 до 0,68 ПДК.

В 2019 г. содержание **НУ** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от аналитического нуля до 0,17 мг/дм^3 (3,44 ПДК). По сравнению с 2018 г. средняя концентрация НУ в 2019 г. повысилась в 2 раза и составила почти полторы нормы (табл. 11.13). Максимум был отмечен в июле в поверхностном слое. Концентрация фенолов во всех пробах морской воды была ниже аналитического нуля. Уровень загрязненности морских вод СПАВ примерно соответствовал уровню прошлого года — средняя величина составила 13,2 мкг/дм^3; максимум — 30 мкг/дм^3 (0,3 ПДК). Детергенты были обнаружены только в 24 пробах.

Среднее содержание **меди** в 2019 г. повысилось в 1,6 раза и составило 6,10 мкг/дм^3 (1,2 ПДК).Максимум достигал 22,80 мкг/дм^3 (4,6 ПДК) и был зафиксирован в июле. Концентрация цинка и свинца была невысокой и составила в среднем 4,6 и 0,23 мкг/дм^3 (<0,1 ПДК) соответственно. В период проведения работ кадмий в пробах не обнаружен.

Концентрация **биогенных** элементов в исследуемый период была в пределах среднемноголетних значений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения (DL=20 мкг/дм^3) только в одной пробе 37,3 мкг/дм^3, среднее — 1,24 мкг/дм^3. Концентрация нитритов была ниже DL (0,5 мкг/дм^3) в 23 пробах из 30 обработанных, а в остальных пробах не превышала 1,0 мкг/дм^3. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений (DL=5 мкг/дм^3) в 24 пробах, а в остальных пробах было в диапазоне 6,0–65,0 мкг/дм^3, среднее — 7,0 мкг/дм^3. Максимум был зафиксирован в майской пробе. В период проведения наблюдений в 19 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения DL=5 мкг/дм^3. Среднее содержание фосфатов в 2019 г. составило 2,65 мкг/дм^3 (в 2018 г.— 11,36 мкг/дм^3), а максимум был отмечен в июне — 12,3 мкг/дм^3. Диапазон концентрации кремния составил 114–1638 мкг/дм^3, средняя величина 345,7 мкг/дм^3, что в 1,5 раза больше прошлого года (237,2 мкг/дм^3). Максимум был отмечен в мае.

Кислородный режим в водах Татарского пролива соответствовал многолетней норме: содержание растворенного кислорода в воде изменялось в диапазоне от 7,55 до 10,58 мгО$_2$/дм^3, составив в среднем — 8,79 мгО$_2$/дм^3 (в 2018 г.— 8,82 мгО$_2$/дм^3). По значению индекса **ИЗВ** (1,02) в 2019 г. качество вод Татарского пролива соответствовало III классу, «умеренно-загрязненные» (табл. 11.12). Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК$_5$ и медь.

В пробах **донных отложений,** отбираемых ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 5–113 мкг/г, максимум (2,3 ДК) был отмечен в августе; среднее значение (31,13 мкг/г, 0,6 ДК) было в 1,3 раза выше прошлогоднего (табл. 11.14). Содержание фенолов в донных отложениях в 23 пробах не превысило уровня чувствительности метода определения (DL=0,05 мкг/г); в 7 пробах достигало 0,29 мкг/г и составило в среднем 0,03 мкг/г. Среднее и максимальное содержание меди, кадмия и свинца в осадках изменялось незначительно. Среднее содержание цинка повысилось в пределах одного ДК по сравнению с 2018 г. в 1,6 раза и составило 44,9 мкг/г (0,3 ДК). Максимальные показатели были зафиксированы в мае-июне — 150,9–187,0 мкг/г.

Таблица 11.13. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в водах Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		C*	ПДК	C*	ПДК	C*	ПДК
Татарский пролив: Александровск Сахалинский 30 проб в 2019 г.	НУ	0,07 0,17	**1,6** **14,4**	0,033 0,103	0,66 **2,06**	0,074 0,172	**1,48** **3,44**
	СПАВ	12 30	0,12 0,30	9,8 37	0,09 0,37	13,2 30	0,13 0,30
	Кадмий	0 0		0,07 1,2	<0,01 0,12	0 0	
	Медь	6,41 22,8	**1,28** **4,56**	3,74 17,0	0,75 **3,40**	6,12 22,8	**1,22** **4,56**
	Цинк	4,52 25,2	0,09 0,50	2,79 11,4	0,06 0,23	4,63 25,2	0,09 0,50
	Свинец	0,15 1,1	0,02 0,11	0,13 1,1	0,01 0,11	0,23 1,3	0,02 0,13
	Аммонийный азот	2,48 37,3	<0,01 0,10	19,7 282,0	0,05 0,72	1,24 37,3	<0,01 0,10
	Нитритный азот	0,5 2,30	0,02 0,10	0,20 1,00	<0,01 0,04	0,2 1,0	<0,01 0,04
	$БПК_5$	1,30 3,40	0,62 **1,62**	1,79 5,10	0,85 **2,43**	1,42 3,40	0,68 **1,62**
	Кислород	8,51 7,1		8,82 7,47		8,79 7,55	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и $БПК_5$ приведена в мг/дм^3; СПАВ, тяжелых металлов, нитритного и аммонийного азота в мкг/дм^3.
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.

Таблица 11.14. Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2017–2019 гг.

Район	Ингредиент	2017 г.		2018 г.		2019 г.	
		C*	ДК	C*	ДК	C*	ДК
Татарский пролив: г. Александровск-Сахалинский	НУ	19,5 113	0,4 **2,3**	24,66 63,00	0,49 **1,3**	31,13 113	0,6 **2,3**
	Фенолы	0,04 0,29		0,34 2,39		0,03 0,29	
	Медь	1,90 7,8	<0,1 0,2	1,55 4,60	<0,1 0,13	1,61 4	<0,1 0,1
	Цинк	30,2 187	0,2 **1,3**	28,13 150,10	0,2 **1,1**	44,90 187	0,3 **1,3**
	Кадмий	0,04 0,06	<0,1 <0,1	0,03 0,05	<0,1 <0,1	0,04 0,05	<0,1 <0,1
	Свинец	2,1 10,0	<0,1 0,1	0,14 4,10	<0,1 <0,1	1,53 10	<0,1 0,1

Глава 12. Выводы

12.1. Каспийское море

Загрязнение Северного Каспия нефтяными углеводородами после кратковременного понижения уровня до значения около 1 ПДК в 2018 г. вновь повысилось до 2,8–3,6 ПДК и почти достигло уровня 2017 г. Сохранился также высокий (в среднем превышающий ПДК до 2,8 раз) уровень загрязнения Северного Каспия металлами — железом, никелем, а в центральной части также кобальтом. В западной части района отмечена тенденция к понижению концентрации железа и меди. В 2019 г. концентрация растворенного кислорода в поверхностном и придонном слоях не опускалась ниже норматива на Северном Каспии и на Дагестанском взморье. Среднее годовое значение степени насыщения вод кислородом составило около 95,5%. В связи с возросшей концентрацией нефтяных углеводородов качество вод Северного Каспия заметно ухудшилось. По уровню ИЗВ в западной части акватории воды характеризовались как загрязненные, а в центральной — как грязные. При этом на южной границе Северного Каспия ИЗВ по-прежнему соответствовал умеренно загрязненным водам.

На Дагестанском взморье приоритетными загрязнителями оставались фенолы (средняя концентрация до 3,1 ПДК у Лопатина и Каспийска) и нефтяные углеводороды (средняя около 1 ПДК). В большинстве районов морские воды характеризовались как загрязненные с наибольшим уровнем на взморье Терека и у Каспийска, и только у п. Избербаш — умеренно загрязненные. За последние годы в большинстве районов Дагестанского взморья, за исключением взморья рек Терек и Самур, ИЗВ уменьшился.

12.2. Азовское море

Сток рек Дон и Кубань является основным источником поступления загрязняющих веществ в устьевую область рек и открытую часть Таганрогского и Темрюкского заливов. Значения расчетного индекса ИЗВ в водах этих заливов в 2019 г. значительно различаются. Устьевые протоки реки Дон оцениваются как «грязные» (ИЗВ 1,97), а воды восточной части залива как «умеренно загрязненные» (1,09). Воды различных экологических районов Темрюкского залива были примерно в одинаковом состоянии — «чистые» (0,40–0,62). Во всех районах расчет индекса производился с учетом среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, аммонийного азота, нитритов, фосфатов и кислорода. В водах протоков Дона и восточной части Таганрогского залива приоритетным загрязняющим веществом также оказалась растворенная ртуть. Существенное снижение качества дельтовых участков Дона было вызвано в первую очередь высокой средней концентрацией нефтяных углеводородов (3,1 ПДК), фосфатов (1,9 ПДК) и растворенной в воде ртути (1,9 ПДК). В водах Таганрогского залива отмечено также высокое содержание нитритного азота. Хотя кислородный режим вод восточной части залива был в целом в пределах нормы, а среднегодовая величина в последние десять лет имеет тенденцию к увеличению и составила 9,38 мгO_2/дм^3, однако в устьевых протоках Дона в мае-июле были зафиксированы случаи существенного дефицита кислорода. Минимальное процентное содержание растворенного кислорода (79%) было зафиксировано в рукаве Мертвый Донец.

В водах устьевой области р. Кубань и **Темрюкского залива** характерными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, аммоний и нитриты. В 2019 г. сохраняется тенденция возрастания солености вод Азовского моря. За период наблюдений с 1990 г. по 2019 г. среднегодовая соленость вод Темрюкского залива увеличилась на 1,2‰. В отличие от других районов залива в рукавах Кубани многолетний тренд повышения солености практически не наблюдается. Загрязнение вод биогенными веществами, СПАВ незначительное и стабильное как в дельтовой зоне, так и в заливе. Хлорорганические пестициды не выявлены в течение последнего десятилетия. Значения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов за последние 10 лет стабильно укладываются в небольшой диапазон чуть менее 1 ПДК без заметного долговременного тренда, а загрязнение вод в канале порта Темрюк стабильно немного выше среднего уровня для всего залива. Качество вод стока р. Кубань, эстуарных районов лиманов, взморья протоков реки и в подходном канале порта Темрюк постоянно ухудшалось в последние 13 лет, достигнув наихудшего значения ИЗВ в 2016–2018 гг. В последние несколько лет во всех экологических районах Темрюкского залива зафиксировано снижение уровня загрязненности вод.

По расчетному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,55, «чистые») качество вод **Керченского пролива** значительно улучшилось по сравнению с предыдущим годом за счет более трехкратного сокращения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов. Концентрация СПАВ в водах пролива составляла десятые доли норматива. Содержание фенолов и хлорорганических соединений — ПХБ и различных пестицидов, за исключением группы ДДТ, было ниже предела обнаружения во всех пробах. ДДТ и его метаболит ДДЕ были обнаружены в следовом количестве, а ДДД встречался в воде пролива значительно чаще и его содержание достигало 0,65 ПДК. Кислородный режим вод пролива в целом был в пределах нормы. Средняя за период наблюдений концентрация растворенного в воде кислорода немного уменьшилось до 8,31 мгO_2/дм^3, однако минимальное значение в конце июля все равно было выше установленного норматива. Стандартные гидрохимические показатели и концентрация биогенных веществ были в пределах естественной межгодовой и сезонной изменчивости и составляли десятые-сотые ПДК.

12.3. Черное море

Северная часть Кавказского прибрежья

В 2019 г. уровень загрязнения локальных участков северной части прибрежной акватории Кавказа у Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе был в целом небольшим, однако чуть выше прошлогоднего. По индексу загрязненности вод (2019 г — ИЗВ=0,35–0,57; 2018 г. — ИЗВ=0,29–0,36) все районы характеризовались как «чистые». В последние годы наблюдается небольшое снижение значения индекса, рассчитанного по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, фосфатов, нитритов и кислорода. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов превысила ПДК для всех районов. Наибольшее превышение было отмечено в акватории Туапсе и составило 0,42 мг/л (8,48 ПДК). При этом средняя концентрация НУ для всех акваторий осталась в пределах нормы (0,6 ПДК). Средняя годовая и максимальная концентрация остальных нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (10,0 мкг/дм^3 и 0,002–0,02 нг/дм^3) во всех пробах. СПАВ были обнаружены в 14 пробах из 124, максимальная концентрация достигла 0,15 ПДК. Растворенная ртуть отмечена в единичных пробах, максимальная концентрация достигала только 0,18 ПДК. Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского прибрежья в последние два десятилетия. Обратная зависимость уменьшения в этот период концентрации различных форм нитритного азота и силикатов зафиксирована для всей северной части побережья. Кислородный режим на всех контролируемых участках был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода на исследуемой акватории обнаружен не был.

Воды района Адлер-Сочи

В 2019 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи несколько увеличился по сравнению с предыдущим годом. Средняя годовая концентрация всех нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Максимальная концентрация в отдельных пробах превышала ПДК для легко окисляемых органических веществ, определяемых по $БПК_5$ (1,4 ПДК). Как и в прошлом году, индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 25%, поскольку 3 параметра из 12 нормируемых превышали ПДК ($БПК_5$, O_2 и Pb). Воды района характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК (менее 10%) по свинцу (4,8%, 3 проб из 63) и $БПК_5$ (4,7%, 3 пробы из 64), а также неустойчивой повторяемостью по кислороду (11,4%, 10 проб из 88). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением для свинца, органических веществ и кислорода (минимальное значение) был низким (1–2 раза). Как и в предыдущие годы, растворенная ртуть в водах района выявлена не была. В 2019 г. кислородный режим вод исследуемого района между устьями рек Мзымта и Сочи немного отличался от предыдущего года. Минимальная концентрация кислорода понизилась на 0,60 $мгO_2/дм^3$ до 5,00 $мгO_2/дм^3$ (60% насыщения, 0,83 ПДК) и была отмечена в акватории порта Сочи 18 августа у дна при температуре воды 24,2 °С. Комплексный индекс загрязненности вод ИЗВ (0,57), рассчитанный для разных участков акватории Большого Сочи по средней концентрации $БПК_5$, железа, свинца и кислорода в 2019 г. отличался от прошлогоднего незначительно (0,47). В последние годы отмечается улучшение качества вод района Большого Сочи, главным образом за счет уменьшением содержания в водах акватории тяжелых металлов. Уровень загрязнения отдельно взятых районов исследуемой акватории (эстуарный район, район порта Сочи, открытое море) был невысоким и все локальные участки исследуемой акватории относились к уровню «чистые воды». В многолетней динамике состояние вод района Адлер-Сочи оценивается как стабильное.

12.4. Балтийское море

По данным гидрохимической съемки 2019 г. состояние Балтийского моря остается удовлетворительным. Расчетный индекс ИЗВ относит все районы **Невской губы** к V классу, который определяет качество вод как «грязные». При расчете во всех случаях учитывалась концентрация меди и цинка, как основных загрязняющих веществ. Индекс Центральной части Невской губы растет третий год подряд и стал самым высоким с 1999 г., тем не менее он остается самым низким из всех районов губы. ИЗВ Северного курортного района остался практически на уровне прошлого года. Качество вод Южного курортного района незначительно улучшилось по сравнению с прошлым годом, но остается выше уровня 2017 г. Индекс вод Морского торгового порта также незначительно снизился за счет уменьшения концентрации марганца. В 2019 г. совокупный ИЗВ Невской губы составил 2,3 — V класс, «грязные» воды.

В 2019 г. совокупный индекс загрязнения вод **Финского залива** составил 0,9 (III класс), что определяет воды как «умеренно загрязненные». Качество вод Курортного района, Мелководной зоны и Копорской губы улучшилось по сравнению с прошлым годом, а в Глубоководном районе и в Лужской губе качество вод ухудшилось.

В 2019 г. самым грязным стал район Северной станции аэрации (ИЗВ=2,38, V класс, «грязные» воды), самым чистым — акватория Копорской губы (ИЗВ=0,57, II класс, «чистые» воды).

12.5. Белое море

Контроль загрязнения вод Белого моря проводился в Двинском и Кандалакшском заливах. В Двинском заливе в 2019 г. было выполнено только две гидрохимических съемки со сравнительно небольшим количеством контролируемых параметров. Отсутствие нефтяного загрязнения, низкие показатели биогенных веществ и тяжелых металлов, а также высокие показатели кислородного режима позволяют оценить воды залива как «чистые» без расчета ИЗВ. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось.

12.6 Баренцево море

Контроль качества вод Баренцева моря проводился на одной станции в Кольском заливе на водпосту в торговом порту г. Мурманска (ВПМ) в период с января по ноябрь один раз в два месяца. По индексу загрязненности вод ИЗВ (1,13) качество вод в районе водпоста осталось на уровне прошлого года (1,07) и оценивается III классом, «умеренно загрязненные». Небольшое повышение индекса обусловлено незначительным увеличением содержания НУ**.** В последние годы приоритетными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, медь и железо. Хотя содержание неорганического фосфора в 2019 г. увеличилось почти в 2 раза, однако в последние два года и среднее, и максимальное значения фосфатов существенно снизилось на фоне многолетнего периода 2008–2018 гг. Содержание кислорода осталось на прежнем уровне.

12.7. Шпицберген

В 2019 г. в водах заливов архипелага Шпицберген в районе пос. Баренцбург и Пирамида содержание ПАУ, тяжелых металлов, СПАВ и фенолов значительно понизилось по сравнению с прошлым годом. Однако наблюдается весьма значительное повышение содержания хлорорганических пестицидов и ПХБ. Сумма конгенеров ПХБ повысилась в морской воде более, чем на порядок с 1,35 нг/дм^3 до 17,56 нг/дм^3.Помимо ежегодно фиксируемых конгенеров были обнаружены ещё шесть, содержание которых превышало предел обнаружения методики.

Суммарное содержание нефтяных углеводородов в 2019 г. в водах акватории восточной части акватории залива Гренфьорд в летний период находилось в пределах 2–42 мкг/дм^3 (0,8 ПДК) при среднем значении 20,8 мкг/дм^3, что немного выше прошлогодних величин. Концентрация большинства определяемых тяжелых металлов снизилась, а увеличилась только по никелю и железу. Железо было зафиксировано только в четырех пробах, отобранных в водах залива Гренфьорд, максимальная концентрация составила 72 мкг/дм^3 (1,4 ПДК). Повышенная концентрация отмечена для меди (максимальная величина достигала 0,8 ПДК), никеля (1,6 ПДК), цинка (2,04 ПДК) и кобальта (0,64 ПДК). Оценка качества морских вод позволяет классифицировать воды акватории залива Гренфьорд в летний период 2019 г. как «умеренно загрязненные» (ИЗВ=0,85) со средним или незначительным уровнем воздействия береговых источников загрязнения на морскую акваторию, а воды залива Биллефьорд — как «чистые» (ИЗВ=0,70).

12.8. Арктические моря (ТРАНСАРКТИКА-2019)

В течение весны-осени 2019 г. значения индекса загрязненности вод ИЗВ на акватории большинства районов Арктических морей позволяют характеризуют морскую воду как чистую и изредка как умеренно-загрязненную. В центральной прибрежной части Баренцева моря на VI разрезе за счет загрязнения вод железом ИЗВ=1,34, «загрязненные». Содержание растворенного кислорода, значения pH и концентрация биогенных элементов на большинстве станций находились в обычном диапазоне и в целом соответствовали средним многолетним значениям для каждого моря и сезона. На единичных станциях было зафиксировано превышение значений ПДК по нефтяным углеводородам, железу и АПАВ.

12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

По данным государственного мониторинга, наибольший вклад в загрязнение вод Авачинской губы п-ова Камчатка вносят нефтяные углеводороды, содержание которых увеличилось в 2 раза по сравнению с предыдущим годом. В большей степени воды Авачинской губы были загрязнены в августе (4,0 ПДК), с максимумом на придонном горизонте бухты Раковой — 17,6 ПДК. На протяжении последних пяти лет уровень загрязнения вод губы фенолами оставался стабильно повышенным на уровне 2–4 ПДК, а в последний год среднегодовое содержание не достигло значений ПДК, максимальное составило 3 ПДК. В течение последних шести лет средняя концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы была невысокой. Насыщение морских вод растворенным кислородом в целом по толще в течение года было достаточным — 90% при норме 70%. В июле и сентябре 2019 г. у дна в центральной части губы было определено низкое содержание кислорода, соответствующее уровню высокого загрязнения (ВЗ). Содержание нитритов в водах Авачинской губы по сравнению с прошлым годом уменьшилось на 18%, однако в 8% случаев от общего количества проанализированных проб было зарегистрировано превышение допустимого норматива. Средние содержание минерального фосфора в водах Авачинской губы были близкими к прошлогодним значениям. Наибольшее содержание фосфатов отмечено вблизи устьев рек и в центральной части Авачинской губы, где в силу её чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона. Большинство других форм биогенных элементов находились в пределах естественной межгодовой изменчивости. Расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) выполнен по средней концентрации нефтяных углеводородов, фенолов и АПАВ. Значение индекса (1,03) осталось на уровне прошлого года (III класс качества, «умеренно загрязненные»).

12.10. Охотское море

В Охотском море уровень загрязнения вод в трех прибрежных участках шельфа острова Сахалин вблизи пос. Стародубское, а также в заливе Анива у порта Корсаков и пос. Пригородное оставался в целом незначительным. Приоритетными загрязнителями являлись нефтяные углеводороды, фенолы, медь и легко окисляемые органические вещества по $БПК_5$. Органическое загрязнение достигало 1,3–2,0 ПДК в контролируемых районах и было наибольшим у города Корсаков. Максимальная концентрация нефтяных углеводородов в районе порта Корсаков достигала 3,3 ПДК, а восточнее у завода СПГ в поселке Пригородное — 1,5 ПДК. У пос. Стародубское нефтяное загрязнение прибрежья незначительное. Из тяжелых металлов в наибольшей концентрации в воде встречается медь; в среднем ее содержание на разных участках шельфа составляло примерно половину норматива, а максимальное значение достигало 1,5 ПДК у Корсакова. В целом значительных изменений содержания меди, цинка, кадмия и свинца в прибрежных водах в последние годы не отмечено. В 2019 г. во всех районах прибрежные морские воды оцениваются как «умеренно загрязненные» (III класс качества): значение индекса ИЗВ составили соответственно 0,82; 1,12 и 0,75 у пос. Стародубское, в районе порта Корсаков и пос. Пригородное. Существенных изменений по сравнению с прошлым годом не отмечено. Как и в предыдущие годы, в донных отложениях контролируемых районов шельфа Сахалина среднегодовое содержание меди, цинка, кадмия и свинца было меньше норматива и обычно составляло небольшую долю ДК. Максимальная концентрация меди в осадках в районе порта Корсаков достигала 0,93 ДК. Максимальная и средняя концентрация нефтяных углеводородов в южной части шельфа острова у порта Корсаков сильно выросла в 2,7 и 4,1 раза соответственно и достигала 12,7 ДК и 9,5 ДК. Рост содержания НУ примерно в два раза также отмечен у поселков Стародубское и Пригородное. Содержание фенолов было примерно одинаковым и незначительным в последние годы во всех районах контроля. В целом прибрежные воды и донные отложения близ порта Корсаков остаются наиболее загрязненными на шельфе о. Сахалин.

12.11. Японское море

В 2019 г. качество вод различных участков залива Петра Великого по комплексному расчетному индексу ИЗВ существенно изменилось в лучшую сторону по сравнению с прошлым годом в бухтах Золотой Рог и Диомид, Уссурийском заливе, и особенно в проливе Босфор Восточный. В последнем класс снизился с V (грязные) до верхней границы III (умеренно загрязненные). В первую очередь уменьшение индекса было определено значительным снижением уровня загрязнения вод всех районов залива Петра Великого нефтяными углеводородами, средние значения концентрации которых были минимальными за последнее десятилетие. Одновременно отмечено существенное увеличение содержания легко окисляемых органических веществ по $БПК_5$ и синтетических поверхностно-активных веществ. Эти ингредиенты обусловили некоторое снижение качества вод в Амурском заливе и в заливе Находка как в центральной части, так и в отдельных бухтах (ИЗВ=1,49–1,68). За последние четыре года наблюдается резкий рост в 3–4 раза среднегодовой концентрации АПАВ в водах всех районов залива Петра Великого. Уровень загрязненности вод различных районов залива фенолами в последние годы существенно снизился по сравнению с началом десятилетки и стабилизировался в последние годы на уровне 1–3 ПДК. Наибольшая средняя концентрация зафиксирована в заливе Находка (3,1 ПДК), а наименьшая в бухте Диомид (1,3 ПДК). Роста загрязненности вод залива металлами в целом отмечено не было. Среднегодовая концентрация большинства определяемых тяжелых металлов была существенно ниже ПДК. Наиболее высокие значения железа, превышавшие норму в два и более раз, были зафиксированы на всех участках залива Петра Великого, а максимум достигал 4 ПДК в бухте Славянка Амурского залива в апреле. Концентрация меди только в одной пробе из залива Находка превышала норматив, а ртути — в двух из прибрежья у бухты Врангеля и на выходе из Амурского залива.

Концентрация аммонийного азота было значительно меньше установленного норматива, а максимум в кутовой части бухты Золотой Рог в августе достигал только 0,4 ПДК. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще вод залива Петра Великого в 2019 году существенно возросла и превышала уровень предыдущего десятилетия (кроме Уссурийского залива), а наибольшие значения превышали норматив в 8% проб и достигали 7,4 ПДК в куту бухты Золотой Рог на поверхности в конце августа. Среднегодовое содержание минерального фосфора на всех участках акватории залива было меньше нормы, а наибольшее значение достигало 32 мкг/$дм^3$ в бухте Золотой Рог. Концентрация фосфатов превышала норматив в девяти пробах, пять из которых отобраны из Золотого Рога; максимум достигал 2 ПДК.

Кислородный режим вод в бухте Золотой Рог, в проливе Босфор Восточный и в Амурском заливе традиционно остается нарушенным. Как и ранее минимальные значения, особенно в кутовой части бухты и залива, были значительно ниже нормы. Снижение уровня аэрации, как правило, наблюдалось в придонном слое вод в теплые месяцы года (август-сентябрь). На остальных участках залива Петра Великого содержание кислорода было в пределах нормы и даже минимальные значения были близкими или превышали ПДК.

Воды Татарского пролива в районе г. Александровск-Сахалинский оцениваются в 2019 г. как «умеренно загрязненные». Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, органические вещества и медь. Кислородный режим в пределах нормы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вековые разрезы 1961.** Гидрометеорологические станции и гидрологические разрезы, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима на морях, омывающих берега СССР.— ГИМИЭ, Гидрометеорологическое издательство (отделение), М., 1961, 41 с.

2. **Вековые разрезы 1976.** Положение о вековых гидрологических наблюдениях на морях, омывающих берега СССР, в устьях рек, впадающих в них.— ГОИН, Гидрометеоиздат, Ленинград, 1976, 40 с.

3. **РД 52.04.567–2003.** Положение о государственной наблюдательной сети.— Гидрометеоиздат, Санкт-Петербург, 2003, 50 с.

4. **Приказ 156**. О введение в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды.— Приказ Руководителя Росгидромета №156 от 31.10.2000 г.

5. **РД 52.10.243–92.** Руководство по химическому анализу морских вод. (ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеоиздат, 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, Гидрометеоиздат, 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.

1. 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. Бухарицин 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: Гидрометеоиздат, 1962, 853 с.
22. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Том III Азовское море.— Л.: Гидрометеоиздат, 1986, 218 с.
23. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том IV. Черное море.— СПб: Гидрометеоиздат, 1991, 428 с.
24. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море.— СПб: Гидрометеоиздат, 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., Хрусталев Ю.П. Береговая зона Азовского моря.— Издательство Ростовского университета, 1980, 172 с.
34. Бронфман А.М., Хлебников Е.П. Азовское море. Основы реконструкции.— Л: Гидрометеоиздат, 1985, 270 с.
35. Симов В.Г. Гидрология устьев рек Азовского моря.— М.: Гидрометеоиздат, 1989, 326 с.
36. Дьяков Н.Н., Фомин В.В., Цвецинский 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 Украiнi, МГИ, 2008, 42 с.
41. Суховей В.Ф. Моря Мирового океана.— Л., Гидрометеоиздат, 1986, 288 с.
42. Mee L., Jeftic 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, Гидрометеоиздат, 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: Экоси-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, Гидрометеоиздат, 1992, 451 стр.

52. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия.— Под ред. Б. Х. Глуховского.— Л.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 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.

Приложение № 1.

СПИСОК
опубликованных Ежегодников

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Краткий обзор состояния химического загрязнения морей Советского Союза за 1976 год.— Н.А.Родионов, Н.А.Афанасьева, Н.С.Езжалкина, Т.А.Бакум, А.Н.Зубакина, под ред. А.И.Симонова.— Москва, 1977, 120 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1987 год.— Н.А.Афанасьева, Т.А.Бакум, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иноземцева, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук под ред. А.И.Симонова.— Москва, 1988, 179 с.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004. — А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, В.С.Кирьянов. — 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., Кирьянов 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., Кирьянов 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., Кирьянов 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

Приложение № 2.

Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2019

Каспийское море

1). Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Дощахова Д.Г.

2). Дагестанский ЦГМС (ДагЦГМС, г. Махачкала): Османова С.Ш.

Азовское море

1). Донская устьевая гидрометеорологическая станция (МЗОС ДУС, г. Азов), ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»: Сулеменко Е.А., Хорошенькая 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., Иванько Л.Н., Соколов А.А., Полубинская Е.М., Ковалева Е.М.

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.

Приложение № 3.

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

Устаревшие нормативные документы

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

Обновленные нормативные документы

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

1. РД 52.10.728–2010. Основные требования к компетентности лабораторий при проведении мониторинга состояния и загрязнения морской среды.
2. **РД 52.10.736–2010**. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Растворенный кислород»).
3. **РД 52.10.737–2010**. Объемная концентрация растворенного кислорода в морских водах в присутствии сероводорода. Методика измерений йодометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Растворенный кислород в присутствии сероводорода»).
4. **РД 52.10.738–2010.** Массовая концентрация фосфатов в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Фосфаты»).
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 52.10.743–2010**. Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Общая щелочность»).
8. **РД 52.10.744–2010**. Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдокремневой кислоты (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Кремний»).
9. **РД 52.10.745–2010.** Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редукторе (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Нитраты»).
10. **РД 52.10.777–2012.** Внутренний контроль качества информации о состоянии и загрязнении морской среды.
11. **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»).
12. **РД 52.10.773–2013.** Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера.
13. **РД 52.10.774–2013.** Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

14. **РД 52.10.775–2013.** Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела «Следовые элементы (железо, марганец, хром, никель»).
15. **РД 52.10.778–2013.** Массовая концентрация растворенных форм железа, марганца и хрома в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии.
16. **РД 52.10.779–2013.** Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии.
17. **РД 52.10.803–2013.** Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектрометрии (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела 7).
18. **РД 52.10.804–2013.** Массовая доля анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектрометрии в режиме электротермической атомизации (взамен РД 52.10.556–95 в части раздела 6). **Изменение №1** к РД 52.10.804–2013 (*вводится в действие с 1 июля 2017 года*).
19. **РД 52.10.805–2013.** Массовая концентрация общего азота в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия.
20. **РД 52.10.806–2013.** Массовая концентрация хлоридов в пробах распресненных морских вод. Методика измерений аргентометрическим методом.
21. **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).
22. **РД 52.10.735–2018.** Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом (взамен РД 52.10.243–92 в части раздела «Водородный показатель (рН)»).
23. **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»).

CONTENTS

ANNOTATION 4
ABSTRACT 5
INTRODUCTION 6

Chapter A. Description of monitoring system
A.1. Monitoring stations 7
A.2. Methods of sampling and data treatment 8
A.3. Monitoring of marine environment at 2019 18

Chapter 1. Caspian Sea
1.1. General information 21
1.2. Discharge of the pollutants 22
1.3. Water conditions of the Northern Caspian 23
1.3.1. North-Western and Central parts of the Northern Caspian (century transect III and IIIa) 24
1.3.2. Southern border of the Northern Caspian (century transect IV) 27
1.4. Waters conditions of the Dagestan coastal area 28

Chapter 2. Azov Sea
2.1. General information 33
2.2. Taganrog Bay 37
2.2.1. Monitoring system of the Don estuarine region and Taganrog Bay 37
2.2.2. Water pollution of the Don estuarine area and Taganrog Bay. 38
2.2.3. Bottom sediments pollution 43
2.3. Marine estuarine area and Delta of the Kuban River 44
2.3.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area 44
2.3.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay 45
2.4. Kerch Strait. Northern narrow (transect Crimea — Caucasus) 55

Chapter 3. Black Sea
3.1. General information 58
3.2. Expeditions in the open sea 60
3.3. Marine water pollution of the Crimean coast of the Black Sea 63
3.3.1. Sevastopol Bight (MHI) 64
3.3.2. Sevastopol Bight and sea-side 65
3.3.3. Western Crimea 71
3.3.4. Coastal waters of the Southern and Eastern Crimea 72
3.3.5. Yalta port 72
3.3.6. Water quality of Crimean coastal waters. 76
3.4. Pollution of the Caucasian coastal waters 77

Chapter 4. Baltic Sea
4.1. General information 94
4.2. Monitoring of the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay 94
4.3. Hydrometeorological conditions 95
4.4. Central part of the Neva Bay 96
4.5. Northern resort of the Neva Bay 101
4.6. Southern resort of the Neva Bay 103
4.7. Marine Trade Port (MTP) 106

4.8. Northern WWT plant . . . 108
4.9. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf . . . 111
4.10. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . 114
4.11. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . 116
4.12. Koporsky Bay . . . 119
4.13. Luzsky Bay . . . 121
4.14. Comparison of local parts in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . 123

Chapter 5. White Sea
5.1. General information . . . 126
5.2. Sources of pollution . . . 128
5.3. Dvina Bay . . . 128
5.4. Kandalaksha Bay . . . 130

Chapter 6. Barents Sea
6.1. General information . . . 133
6.2. Sources of pollution . . . 134
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay. . . . 135

Chapter 7. Greenland Sea (Spitsbergen)
7.1. General information . . . 138
7.2. Expeditions in the Spitsbergen archipelago waters. . . . 138
7.3. Hydrochemical parameters . . . 139
7.4. Pollution . . . 140

Chapter 8. Arctic Seas. Marine waters pollution of the Arctic Seas by project «Transarctic-2019»
8.1. General information . . . 143
8.2. Part I. RV «Academic Treshnikov» . . . 144
8.3. Part II. RV «Michael Somov» . . . 146
8.4. Part III. RV «Professor Molchanov» . . . 147
8.5. Part IV. RV «Professor Multanovsky» . . . 151
8.6. Results of the project «Transarctic-2019» . . . 152

Chapter 9. Kamchatka shelf (Pacific ocean)
9.1. General information . . . 153
9.2. Sources of pollution . . . 153
9.3. Water pollution in the Avacha Bay . . . 155

Chapter 10. Okhotsk Sea
10.1. General information . . . 161
10.2. Pollution of the Sakhalin shelf . . . 162
10.2.1. Area of village Starodubskoe . . . 163
10.2.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov. . . . 164
10.2.3. Aniva Bay. Area near village Prigorodnoe . . . 166
10.3. Results . . . 170

Chapter 11. Japan Sea
11.1. General information . . . 171
11.2. Sources of pollution . . . 172
11.3. Golden Horn Bay . . . 174
11.4. Diomede Bay . . . 181
11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight . . . 184
11.6. Amur Bay . . . 188

11.7. Ussuri Bay 192
11.8. Nakhodka Bay. 196
11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait 205

Chapter 12. Conclusions 208

Literature 215

Annex 1. The list of published Annual Repots 218

Annex 2. The authors and owners of the data 221

Annex 3. Roshydromet Manuals on marine hydrochemistry 223

CONTENTS 225

CONTENTS (Russ) 228

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ 4
ABSTRACT 5
ВВЕДЕНИЕ 6

Характеристика системы наблюдений
А.1. Станции мониторинга 7
А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений.. 8
А.3. Мониторинг морской среды в 2019 г 18

Глава 1. Каспийское море
1.1. Общая характеристика 21
1.2. Поступление загрязняющих веществ 22
1.3. Состояние вод Северного Каспия 23
1.3.1. Северо-западная и центральная части Северного Каспия (разрезы III и IIIа). 24
1.3.2 Южная граница Северного Каспия (разрез IV) 27
1.4. Состояние вод Дагестанского побережья 28

Глава 2. Азовское море
2.1. Общая характеристика 33
2.2. Таганрогский залив 37
2.2.1. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива . . . 37
2.2.2. Загрязнение вод устьевой области р. Дон и Таганрогского залива 38
2.2.3. Загрязнение донных отложений 43
2.3. Устьевое взморье и дельта р. Кубань 44
2.3.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань 44
2.3.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива 45
2.4. Керченский пролив. Северная узость (разрез Крым — Кавказ) 55

Глава 3. Черное море
3.1. Общая характеристика 58
3.2. Экспедиционные исследования в открытой части моря 60
3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря 63
3.3.1. Севастопольская бухта (МГИ) 64
3.3.2. Севастопольская бухта и взморье 65
3.3.3. Западный Крым 71
3.3.4. Прибрежные воды ЮБК и Восточного Крыма 72
3.3.5. Порт Ялта 72
3.3.6. Качество черноморских вод у берегов Крыма 76
3.4. Загрязнение прибрежных вод Кавказа 77

Глава 4. Балтийское море
4.1. Общая характеристика 94
4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы 94
4.3. Характеристика гидрометеорологических условий 95
4.4. Центральная часть Невской губы 96
4.5. Северный курортный район Невской губы 101

4.6. Южный курортный район Невской губы . . . 103
4.7. Морской торговый порт (МТП) . . . 106
4.8. Северная станция аэрации . . . 108
4.9. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива . . . 111
4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива . . . 114
4.11. Глубоководная зона Восточной части Финского залива . . . 116
4.12. Копорская губа . . . 119
4.13. Лужская губа . . . 121
4.14. Сравнительный анализ районов восточной части Финского залива . . . 123

Глава 5. Белое море

5.1. Общая характеристика . . . 126
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . 128
5.3. Двинский залив . . . 128
5.4. Кандалакшский залив . . . 130

Глава 6. Баренцево море

6.1. Общая характеристика . . . 133
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . 134
6.3. Загрязнение вод Кольского залива . . . 135

Глава 7. Гренландское море (Шпицберген)

7.1 Общая характеристика . . . 138
7.2. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген . . . 138
7.3. Гидрохимические показатели . . . 139
7.4. Загрязняющие вещества . . . 140

Глава 8. Моря Северного ледовитого океана. Загрязнение морских вод арктических морей по данным проекта «Трансарктика-2019»

8.1. Общая характеристика . . . 143
8.2. Этап I. НИС «Академик Трешников» . . . 144
8.3. Этап II. НЭС «Михаил Сомов» . . . 146
8.4. Этап III. НИС «Профессор Молчанов» . . . 147
8.5. IV этап. НИС «Профессор Мультановский» . . . 151
8.6. Выводы по итогам проекта ТРАНСАРКТИКА-2019 . . . 152

Глава 9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

9.1. Общая характеристика . . . 153
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . 153
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы . . . 155

Глава 10. Охотское море

10.1. Общая характеристика . . . 161
10.2. Загрязнение шельфа о. Сахалин . . . 162
10.2.1. Район поселка Стародубское . . . 163
10.2.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова . . . 164
10.2.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное . . . 166
10.3. Выводы . . . 170

Глава 11. Японское море

11.1. Общая характеристика . . . 171
11.2. Источники загрязнения . . . 172
11.3. Бухта Золотой Рог . . . 174
11.4. Бухта Диомид . . . 181

11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс) 184
11.6. Амурский залив 188
11.7. Уссурийский залив 192
11.8. Залив Находка 196
11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив 205

Глава 12. Выводы 208

Литература 215

Приложение №1. Список опубликованных Ежегодников 218

Приложение №2. Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2019 221

Приложение №3. РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды» 223

CONTENTS. 225

СОДЕРЖАНИЕ 228

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2020.— под ред. Коршенко А. Н., Москва, «Наука», 2020, 232 с.

ISBN 978-5-9500646-7-8

Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 14,5
Тираж 400 экз. Зак. №201
Отпечатано в типографии Издательского Дома «Наука»
121099 Москва, Шубинский пер., 6

ISBN 978-5-9500646-7-8

9 785950 064678