

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**имени Н.Н.ЗУБОВА**

**(ГОИН)**



**FEDERAL SERVICE  
ON HYDROMETEOROLOGY AND MONITORING  
OF ENVIRONMENT  
(ROSHYDROMET)**

**STATE OCEANOGRAPHIC INSTITUTE**

**(SOI)**



**MARINE WATER POLLUTION**

**ANNUAL REPORT**

**2017**

**Editor Alexander Korshenko**

**«Nauka»  
Moscow 2018**

**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**

**2017**

**Редактор Коршенко А.Н.**

**«Наука»  
Москва 2018**

## АННОТАЦИЯ

В Ежегоднике-2017 приведены усредненные значения стандартных гидрохимических характеристик, концентрация биогенных элементов и уровень загрязнения вод и донных отложений различными веществами прибрежных районов морей Российской Федерации в 2017 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 «Гайфун» 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](http://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-2017 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 2017. — Под ред. Коршенко А.Н., Москва, «Наука», 2018, 220 с.

ISBN 978-5-9500646-4-7

© Коршенко А.Н.

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

## ABSTRACT

The Annual Report 2017 reviews the hydrochemical state and pollution of marine coastal waters and bottom sediments of the seas around Russian Federation in 2017. 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 2017. 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 2017 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 2017 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](http://www.oceanography.ru), Chapter «Marine pollution»).

*For bibliographic purposes this document shall be cited as:*

Marine Water Pollution. Annual Report 2017. — Editor Alexander Korshenko, Moscow, «Nauka», 2018, 220 p.

ISBN 978-5-9500646-4-7

© Korshenko A.N.

© State Oceanographic Institute (SOI)

## ВВЕДЕНИЕ

История регулярных государственных наблюдений на морях СССР началась в 1959 г., когда Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров (ГУГМС) начало издавать серию приказов по организации постоянной (вековой) сети береговых гидрометеорологических станций и гидрологических разрезов в открытых частях морей. Итогом стало появление в 1961 г. сводного Положения про эти станции и разрезы, закрепленные для наблюдений над вековым ходом элементов гидрологического режима морей. В Положении приводится перечень «вековых» станций, их положение на карте и перечисляются контролируемые элементы гидрологического режима, в число которых включены не только стандартные параметры (уровень моря и ледовый режим,  $T^{\circ}C$ ,  $S^{\circ}\text{‰}$ , цвет и прозрачность воды, содержание кислорода, pH, щелочность), но и концентрация биогенных элементов и радиоактивность. Были установлена частота и горизонты отбора проб, а также определено опубликование раз в 5–10 лет серии материалов из 4 каталогов по уровню моря, температуре и солености, ледовом покрове и гидрохимия морей. Параллельно с гидрологическим направлением по определению климатических характеристик окраинных морей, развивалась идея о необходимости контроля качества морской среды, вследствие чего Постановлением Совета Министров СССР от 30 сентября 1963 г. было поручено Главному управлению гидрометеорологической службы организовать 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 этого года результаты наблюдений, полученные в ходе выполнения программы мониторинга гидрохимического состояния и загрязнения морских вод, публикуются в «Обзоре...», а потом в «Ежегоднике качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Приложение 1). Со временем менялась и добавлялась научно-методическая база проведения наблюдений, оформленная в Руководящих Документах и Методиках по выполнению отбора, обработки и химическому анализу проб. Перед распадом СССР научно-исследовательский флот Госкомгидромета состоял из 47 судов неограниченного плавания и нескольких сотен маломерных судов. В 1993 г. количество станций контроля морской среды ОГСНК достигло 649. После этого происходило постепенное сокращение флота и программ наблюдений. Текущее состояние программы гидрохимических наблюдений на морях РФ подробно описано в разделе «Характеристика системы наблюдений». В настоящее время государственная наблюдательная сеть формируется на основании Положения о ГСН (2003) и включает региональные Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС), а практическую работу по мониторингу выполняют их филиалы — Центры по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС), (<http://www.meteorf.ru/about/structure/>). Результаты работы морской сети Росгидромета представлены в обобщенном виде в «Ежегодниках качества морских вод по гидрохимическим показателям» (Приложение 2). Кроме этого в это издание, по возможности, 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 2017 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 (таблица в формате ТГМ-3М или аналогичная по содержанию, но в электронной форме), а также обзоры организационно-технического состояния морских химических лабораторий Росгидромета. Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург). Ежегодник-2017 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](http://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 попадают вследствие региональных миграционных процессов.

Категория и местоположение станций наблюдений могут корректироваться в зависимости от динамики уровня загрязнения морской среды, а также в связи с появлением новых объектов контроля.

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

По полной программе пробы отбирают один раз в месяц. В состав наблюдений обычно входит определение концентрации нефтяных углеводородов (НУ), синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), фенолов, хлорорганических пестицидов (ХОП), тяжелых металлов (ТМ) и специфических для данного района ЗВ; отдельных показателей морской среды — концентрации растворенного в воде кислорода ( $O_2$ ), сероводорода ( $H_2S$ ), ионов водорода (рН), щелочности (Alk), нитритного азота ( $N-NO_2$ ), нитратного азота ( $N-NO_3$ ), аммонийного азота ( $N-NH_4$ ), общего азота ( $N_{total}$ ), фосфатного фосфора ( $P-PO_4$ ), общего фосфора ( $P_{total}$ ), кремния ( $Si-SiO_3$ ), а также элементов гидрометеорологического режима — солености воды (S‰), температуры воды и воздуха ( $T^{\circ}C$ ), скорости и направления течений и ветра, прозрачности по диску Секки и цветности воды, концентрации взвешенных веществ и другие параметры.

Горизонты отбора проб определяются глубиной на станции: до 10 м — два горизонта (поверхность, дно); до 50 м — три горизонта (поверхность, 10 м, дно); более 50 м — четыре горизонта (поверхность, 10 м, 50 м, дно). При наличии скачка плотности отбор проб проводится 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<sub>5</sub> — 2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> вместо ранее установленного 3,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. 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).

<b>Биогенные вещества</b>				
<b>Ингредиент (Класс опасности)</b>	<b>CAS</b>	<b>Обозначение</b>	<b>ПДК, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>мкг/дм<sup>3</sup></b>
Аммиак (4)	7664-41-7	NH <sub>3</sub> nH <sub>2</sub> O	для пресных вод — 0,05	50
Аммоний-ион (4)	14798-03-9	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 (0,4 в пересчете на N*)	500/389
		NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	2,9 при 13–34‰	2900/2256
Мочевина (карбамид)	57-13-6	CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	-	
			для пресных вод — 80,0	
Нитрат-анион (4э)	231-554-3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	для пресных вод — 40,0; 9,0 в пересчете на азот нитратов	40000/ 9032
Нитрит-анион (4э)	10102-44-0	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	для пресных вод — 0,08; 0,02 в пересчете на азот нитритов	80/ 24
Силикат калия (3)	1312-76-1	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	для пресных вод — 2,0 или 1,0 по SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2000 (1000)/ 368
Фосфат-ион (4э) (по P)	-	PO <sub>4</sub>	0,05 олиготрофные водоемы	50/17
	-	PO <sub>4</sub>	0,15 мезотрофные	150/50
	-	PO <sub>4</sub>	0,2 эвтрофные	200/67

<b>Металлы</b>					
<b>Ингредиент/ Класс опасности</b>	<b>CAS</b>	<b>Обозначение</b>	<b>ПДК, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>мкг/дм<sup>3</sup></b>	<b>нг/дм<sup>3</sup></b>
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) <sub>2</sub> )	для морских вод по иону Al: 0,05; 0,04	50 40	
Барий (4) <1>*	7440-39-3	Ba	2,0 при 12–18‰	2000	
			для пресных вод — 0,74	740	
Бериллий (2) <1>*	7440-41-7	Be	для пресных вод — 0,0003	0,3	
Ванадий (3) <1>*	7440-62-2	V	для пресных вод — 0,001	1	
Железо (2) <1>*	7439-89-6	Fe	0,05	50	
			для пресных вод — 0,1	100	
Кадмий (2) <1>*	7440-43-9	Cd	0,01	10	
			для пресных вод — 0,005	5	
Кальций (4э) <1>*	7440-70-2	Ca	610 при 12–18‰		
			для пресных вод — 180,0		
Кобальт (3) <1>*	7440-48-4	Co	0,005	5	
			для пресных вод — 0,01	10	

Литий (4) <1>*	7439-93-2	Li	0,08	80	
		Li	для пресных вод — 0,08	80	
Магний (4) <1>*	7439-95-4	Mg	940 при 13–18‰		
		Mg	для пресных вод — 40,0		
Марганец двухвалентный (4)	7439-96-5	Mn <sup>2+</sup>	0,05	50	
		Mn <sup>2+</sup>	для пресных вод — 0,01	10	
Медь (3) <1>*	7440-50-8	Cu	0,005	5	
		Cu	для пресных вод — 0,001	1	
Молибден (2) <1>*	7439-98-7	Mo	-		
		Mo	для пресных вод — 0,001	1	
Мышьяк (3) <1>*	7440-38-2	As	0,01	10	
		As	для пресных вод — 0,05	50	
Натрий (4)	7440-23-5	Na	7100 при 13–18‰		
			для пресных вод — 120,0		
Никель (3) <1>*	7440-02-0	Ni	0,01	10	
		Ni	для пресных вод — 0,01	10	
Олово (4) <1>*	7440-31-5	Sn	-		
		Sn	для пресных вод — 0,112	112	
Ртуть (1) <1>*	7439-97-6	Hg	0,0001	0,1	
		Hg	для пресных вод — 0,00001	0,01	
Свинец (3) <1>*	7439-92-1	Pb	0,01	10	
		Pb	для пресных вод — 0,006	6	
Стронций (4) <1>*	7440-24-6	Sr	4,14	4140	
			для пресных вод — 0,4	400	
Хром трехвалентный (3)	7440-47-3	Cr <sup>3+</sup>	-	-	
		Cr <sup>3+</sup>	для пресных вод — 0,07	70	
Хром шестивалентный (3)	7440-47-3	Cr <sup>6+</sup>	-	-	
		Cr <sup>6+</sup>	для пресных вод — 0,02	20	
Цинк (3) <1>*	7440-66-6	Zn	0,05	50	
		Zn	для пресных вод — 0,01	10	
Сера элементарная	-	S	для пресных вод — 10,0		

**Органические загрязняющие вещества**

Ингредиент/ Класс опасности	CAS	Обозначение	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	мкг/дм <sup>3</sup>	нг/дм <sup>3</sup>
Нафталин (3)	91-20-3	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	для пресных вод — 0,004	<b>4</b>	
Нефтепродукты (нефтяные углеводороды, НУ), (3)	-	Total Petroleum Hydrocarbons (TPHs)	морские воды — 0,05	50	
Родамин-Б (Краситель красный С-2108-Д), (4)	-	C <sub>30</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	50	
			для пресных вод — 0,05	50	
Соевое масло (3)	8001-22-7	C <sub>57</sub> H <sub>98</sub> O <sub>6</sub>	морские воды — 1,0		
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ)***	-	Detergents	0,1	100	
		Detergents	для пресных вод — 0,5	500	
Фенол/карболовая кислота (3)	108-95-2	Fenols C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> O	фенол — 0,001	1,0	
Хлорорганические токсиканты, ДДТ и его метаболиты, ПХБ, альдрин, линдан и др. (1)**	-	DDT, Chlorobiphenyls (PCBs), Aldrin, Lindan etc.	0,00001	0,01	10

Гексахлоран, гексахлорциклогексан (смесь стереоизомеров 1,2,3,4,5,6-гексахлорциклогексана) (1)	319-84-6	HCH, Group HCH with $\gamma$ -HCH (Lindane), $C_6H_6Cl_6$	для пресных вод — 0,00001	0,01	10
ДДТ (1)	50-29-3	DDT, $C_{14}H_9Cl_5$	для пресных вод — 0,00001	0,01	10
Ацетон (3)	67-64-1	$C_3H_6O$	для пресных вод — 0,05	50	
Бензол (4)	71-43-2	Benzen, $C_6H_6$	для пресных вод — 0,5	500	
Бромбензол (2)	108-86-1	$C_6H_5Br$	0,1	100	
			для пресных вод — 0,0001	0,1	
$\alpha$ -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-байтрид	-	$C_{22}H_{18}Cl_2FNO_3$	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 (четыре хлористый углерод), (2)	56-23-5	$CCl_4$	для пресных вод — 0,001	1	
Трибутиламин (1)	1120-24-7	$C_{12}H_{27}N$	для пресных вод — 0,00005	0,05	50
Трибутиловохлорид (2), (ТВТ)	1461-22-9	$C_{12}H_{27}SnCl$	для пресных вод — 0,00001	0,01	10
Трифениловохлорид (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)	100	
			для пресных вод — 0,25	250	
Фталевые кислоты (орто-, мета-, пара-), (4)	-	-	2,0 (морские воды)		
Хлорбензол (3)	108-90-7	$C_6H_5Cl$	для пресных вод — 0,001	1	
2-Хлорфенол (1)	95-57-8	$C_6H_5OCl$	для пресных вод — 0,0001	0,1	100
Циклогексан (3)	110-82-7	$C_6H_{12}$	для пресных вод — 0,01	10	
Этиленгликоль (3)	107-21-1	$C_2H_6O_2$	0,5		
			для пресных вод — 0,25		
Этиловый спирт (3)	64-17-5	$C_2H_6O$	для пресных вод — 0,01		

**Показатели качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения высшей и первой категории**

Растворенный кислород $O_2$	Dissolved oxygen $O_2$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Содержание растворенного кислорода не должно опускаться ниже 6,0 мг/дм<sup>3</sup> под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод).</li> <li>– Содержание растворенного кислорода в зимний (подледный) период не должно опускаться ниже (в зимний период подледный) 6,0 мг/дм<sup>3</sup>.</li> <li>– В летний (открытый) период во всех водных объектах должен быть не менее 6,0 мг/дм<sup>3</sup>.</li> </ul>
-----------------------------	------------------------	--

Водородный показатель (рН)	рН	Должен соответствовать фоновому значению показателя для воды водного объекта рыбохозяйственного значения.
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток БПК <sub>5</sub>	BOD <sub>5</sub> ;	При температуре 20 °С под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 2,1 мг/дм <sup>3</sup> .
Биохимическое потребление кислорода БПК <sub>полн</sub>	BOD <sub>total</sub>	При температуре 20 °С под влиянием хозяйственной деятельности (в том числе, при сбросе сточных вод) не должно превышать 3,0 мг/дм <sup>3</sup> .
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 <sup>3</sup> (высшая и первая категории объекта рыбохозяйственного значения); 0,25 мг/дм <sup>3</sup> — 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 <sup>3</sup>
Плавающие примеси (вещества)		На поверхности воды водных объектов рыбохозяйственного значения в зоне антропогенного воздействия не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопления других примесей

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

**Таблица А.3.** Нормативы содержания растворенного в воде кислорода.

Содержание растворенного кислорода С, мг/л	Норматив, мг/л
6≤С	6
5≤С<6	12
4≤С<5	20
3≤С<4	30
2≤С<3	40
1≤С<2	50
С<1	60

Поскольку утвержденная методика из-за повышенного внимания к гипоксическим условиям скорее описывает экологическую приемлемость водной массы для обитающих в ней животных и растений, то представляется целесообразным в дальнейшем в этой книге отказаться от ранжирования нормативов содержания растворенного  $O_2$  и установить для всех случаев один ПДК=6 мг $O_2$ /дм<sup>3</sup>. Это позволит более точно оценивать загрязнение вод и использовать ИЗВ для сравнительного анализа разных акваторий.

Технология расчета индекса содержит несколько последовательных стадий: 1) выбор уровня усреднения данных по пространству (одиночная станция, группа станций или полностью контролируемый район, например бухта, залив, эстуарный район реки и т.д.) и по времени (месяц, сезон или год); для выбранных станций и периода времени рассчитывается средняя концентрация всех наблюдаемых параметров; 2) для всех нормируемых параметров морских вод, перечисленных в списке предельно допустимых концентраций (см. выше), рассчитывается концентрация в единицах ПДК; 3) из полученного списка средней концентрации веществ в ПДК выбираются три наиболее высоких значения для загрязняющих веществ, которые могут считаться «приоритетными» для рассматриваемой акватории в анализируемый период времени; значения складываются; 4) норматив для кислорода  $6 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$  разделить на среднее значение концентрации кислорода в  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ; полученный результат добавить к сумме трех загрязнителей; 5) полученное значение разделить на четыре и оценить класс качества воды по полученному значению ИЗВ (табл. А.2).

Для катастрофических ситуаций с очень высоким содержанием загрязняющих веществ в воде были установлены дополнительные категории. Для случаев чрезвычайно высокой концентрации отдельных загрязнителей в морской воде были определены критерии **высокого (ВЗ)** и **экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ)** морской водной среды. Граничные условия таких случаев определяются Приказом № 156 Руководителя Росгидромета «О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды» от 31.10.2000 г. Критериями **ЭВЗ** морской воды являются:

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

- появление запаха вод интенсивностью более 4 баллов, не свойственного воде ранее;
- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) более  $1/3$  поверхности водного объекта при его обозримой площади до  $6 \text{ км}^2$ ;
- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади  $2 \text{ км}^2$  и более при его обозримой площади более  $6 \text{ км}^2$ ;
- снижение содержания растворенного кислорода до значения  $2 \text{ мг}/\text{л}$  и менее;
- увеличение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) свыше  $40 \text{ мг O}_2/\text{л}$ ;
- массовая гибель моллюсков, раков, лягушек, рыб, других водных организмов и водной растительности.

**Высокое загрязнение (ВЗ)** водной среды определяется следующими критериями:

- максимальное разовое содержание, превышающее ПДК для нормируемых веществ 1–2 класса опасности в 3–5 раз; для веществ 3–4 класса опасности превышение в 10–50 раз (для нефтепродуктов, фенолов, соединений меди, железа, и марганца — от 30 до 50 раз);

- величина биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) — от 10 до  $40 \text{ мг O}_2/\text{л}$ , снижение концентрации растворенного кислорода до значений от 3 до  $2 \text{ мг}/\text{л}$ ;

- покрытие пленкой (нефтяной, масляной или другого происхождения) от  $1/4$  до  $1/3$  поверхности водного объекта при его обозримой площади до  $6 \text{ км}^2$ ;

- покрытие пленкой поверхности водного объекта на площади от 1 до  $2 \text{ км}^2$  при его обозримой площади более  $6 \text{ км}^2$ .

В разработанной в 2001 г. «Инструкции по формированию и представлению оперативной информации об экстремально высоких и высоких уровнях загрязнения поверхност-

ных и морских вод, а также их аварийном загрязнении» уточняется перечень основных ингредиентов различных классов опасности и пределы концентрации, характеризующие ВЗ и ЭВЗ (табл. А.4).

**Таблица А.4.** Границы классов высокого и экстремально высокого загрязнения морских вод некоторыми наиболее типичными загрязняющими веществами.

Ингредиенты и показатели	Высокое загрязнение (ВЗ)	Экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ)
Абсолютное содержание растворённого кислорода	$2 < C \leq 3$ мг/л	$< 2,00$ мг/л
Азот аммонийный	$\geq 29,00$ мг/л	$\geq 145,00$ мг/л
Азот нитритный	$\geq 0,80$ мг/л	$\geq 4,00$ мг/л
Азот нитратный	$\geq 400$ мг/л	$\geq 2000$ мг/л
Фосфаты (для эвтрофных водоемов)	$\geq 2,0$ мг/л	$\geq 10,0$ мг/л
Фосфаты (для мезотрофных водоемов)	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 7,5$ мг/л
Нефтепродукты	$\geq 1,5$ мг/л	$\geq 2,50$ мг/л
СПАВ	$\geq 1,00$ мг/л	$\geq 5,00$ мг/л
ДДТ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
ГХЦГ	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Фенолы	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Медь	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Марганец	$\geq 0,15$ мг/л	$\geq 0,25$ мг/л
Свинец (морская вода)	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л
Свинец (пресная вода)	$\geq 0,018$ мг/л	$\geq 0,030$ мг/л
Ртуть (морская вода)	$\geq 0,3$ мкг/л	$\geq 0,5$ мкг/л
Ртуть (пресная вода)	$\geq 0,03$ мкг/л	$\geq 0,05$ мкг/л
Кадмий	$\geq 0,03$ мг/л	$\geq 0,05$ мг/л

Для пресных вод наиболее информативными комплексными оценками являются индексы загрязненности воды (комбинаторный КИЗВ и удельный УКИЗВ), класс качества воды и некоторые другие показатели (РД 2002). Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды в различных створах, пунктах и т.д. Классификация качества пресной воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности: 1-й класс — условно чистая; 2-й класс — слабо загрязненная; 3-й класс — загрязненная; 4-й класс — грязная; 5-й класс — экстремально грязная.

Обязательный перечень показателей и ингредиентов для расчета комплексных оценок качества пресных вод содержит 15 позиций: 1. Растворенный в воде кислород, 2. БПК<sub>5</sub> (по O<sub>2</sub>), 3. ХПК, 4. Фенолы, 5. Нефтепродукты, 6. Нитрит-ионы (NO<sub>2</sub>), 7. Нитрат-ионы (NO<sub>3</sub>), 8. Аммоний-ион (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 9. Железо общее, 10. Медь (Cu<sup>2+</sup>), 11. Цинк (Zn<sup>2+</sup>), 12. Никель (Ni<sup>2+</sup>), 13. Марганец (Mn<sup>2+</sup>), 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 (РД 2002), 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; не-

значительная 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.

Для морских донных отложений в российских территориальных водах в настоящее время не существует нормативно закреплённых характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ.

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.5). 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.5.** 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	$\gamma$ -ГХЦГ (линдан) ( $\gamma$ -HCH, lindane), нг/г	0,05
Кобальт, мкг/г	20	Сумма 6 ПХБ, нг/г	20
Молибден, мкг/г	10	Хлорбензолы, нг/г	-
Олово, мкг/г	20	Хлорфенолы, нг/г	-
Барий, мкг/г	200	НУ (TPHs), мкг/г	50

В целом ряде исследований состояния гидрохимического режима и содержания различных форм биогенных элементов в морской воде используется единица измерений микро-моль/л или микромоль/дм<sup>3</sup> (мкМ/дм<sup>3</sup>,  $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ ). Таблица пересчета единиц позволяет перевести концентрацию в мкг/дм<sup>3</sup> (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

**Таблица А.6.** Пересчет концентрации гидрохимических параметров из мкМ/дм<sup>3</sup> в мкг/дм<sup>3</sup>.

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

с берега в море веществ (нагрузка) учитывает три потенциальных источника — нагрузки, поступающие с контролируруемыми реками, от неконтролируемых территорий и от точечных источников, осуществляющих прямой сброс сточных вод в море. В настоящем Ежегоднике по каждому контролируемому району моря приведены, по возможности, на основе таблиц статистической отчетности 2ТП-Водхоз сведения о точечных источниках, расположенных на водосборах рек; об объеме поступающих в море с берега сточных вод и степени их очистки; а также о поступлении отдельных видов ЗВ со сточными и речными водами. Данные о нагрузках от диффузных источников, расположенных на водосборах рек, о фоновых нагрузках с водотоком от неконтролируемых территорий и удержании загрязняющих веществ в эстуарных районах, как правило, отсутствуют. Дополнительными источниками загрязнения морских акваторий является судоходство, инженерные работы на шельфе, атмосферный перенос и выпадение различных веществ (atmospheric deposition). 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](http://www.mnr.gov.ru)), одной из функций которого является мониторинг окружающей природной среды, ее загрязнения. В части осуществления государственного мониторинга водных объектов Минприроды России 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 природных ресурсов и экологии Российской Федерации 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 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 2017 г.

В 2017 г. исследования гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской воды и донных отложений осуществлялись 16 химическими лабораториями региональных Управлений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и СЗНПО «Тайфун» (Росгидромет) на 264 станциях, расположенных в территориальных водах Российской Федерации на 9 морях и у о. Шпицберген (рис. А.1). Всего контроль состояния морской среды проводился в 46 локальных прибрежных районах, наиболее подверженных антропогенному воздействию — в эстуарных районах рек, на акватории портов, вблизи крупных городов и т.д. Большинство станций относятся к постоянно действующей сети ГСН и обследуются ежегодно. Некоторая часть наблюдений проводилась в рамках хозрасчетных работ сетевых лабораторий. Традиционно наибольшим количеством станций и выполненными анализами по программе мониторинга морской среды было на Каспийском, Балтийском и Японском морях (рис. А.2).



**Рис. А.1.** Станции мониторинга гидрохимического состояния и уровня загрязнения морской среды РФ в 2017 г.

Всего в 2017 г. было отобрано и проанализировано 2162 пробы морской воды и 160 проб донных отложений, из которых 100 приходится на залив Петра Великого Японского моря. Суммарное количество выполненных химических анализов составило в морской воде 47 543 измерений; в донных отложениях — 2046, из которых 2016 было выполнено на шельфе о. Сахалин и в заливе Петра Великого. Общее количество параметров контроля состояния морской среды в воде и донных отложениях включает 68 отдельных анализов и определений. Это гидрологические параметры, стандартная гидрохимия, концентрация биогенных элементов (азот, фосфор и кремний) и загрязняющих веществ. В рамках программы мониторинга

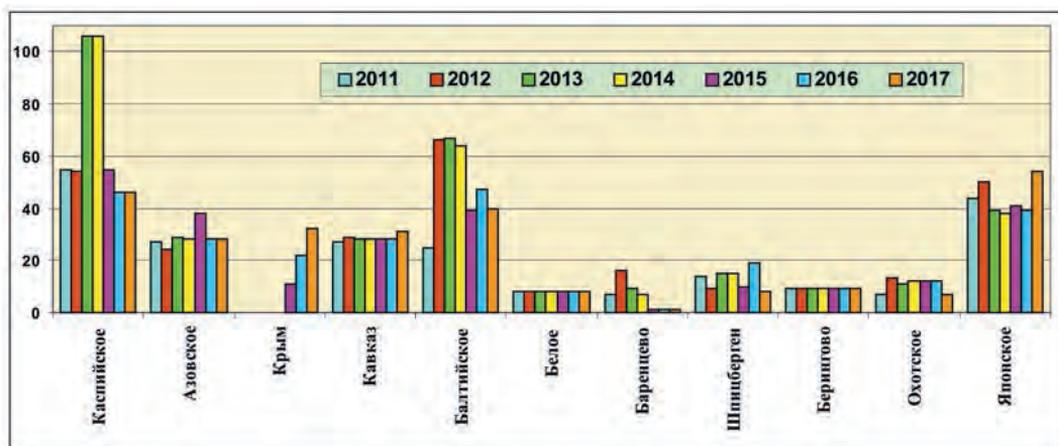


Рис. А.2. Количество станций мониторинга морской среды на морях РФ в 2017 г.

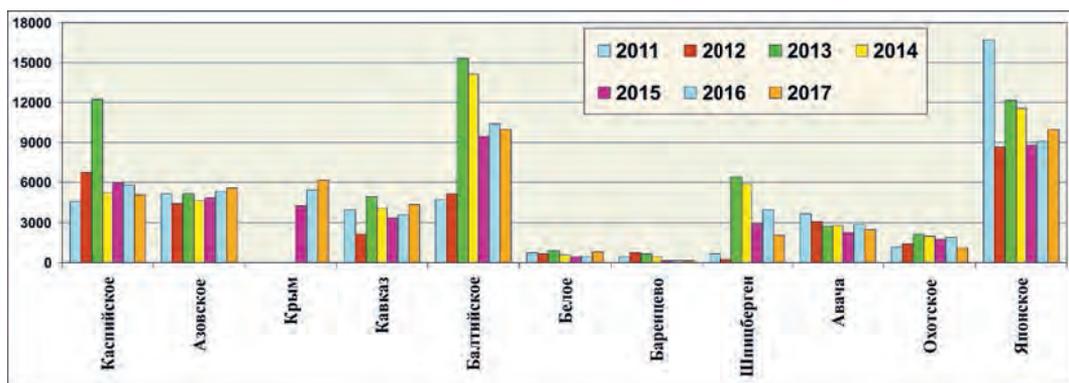
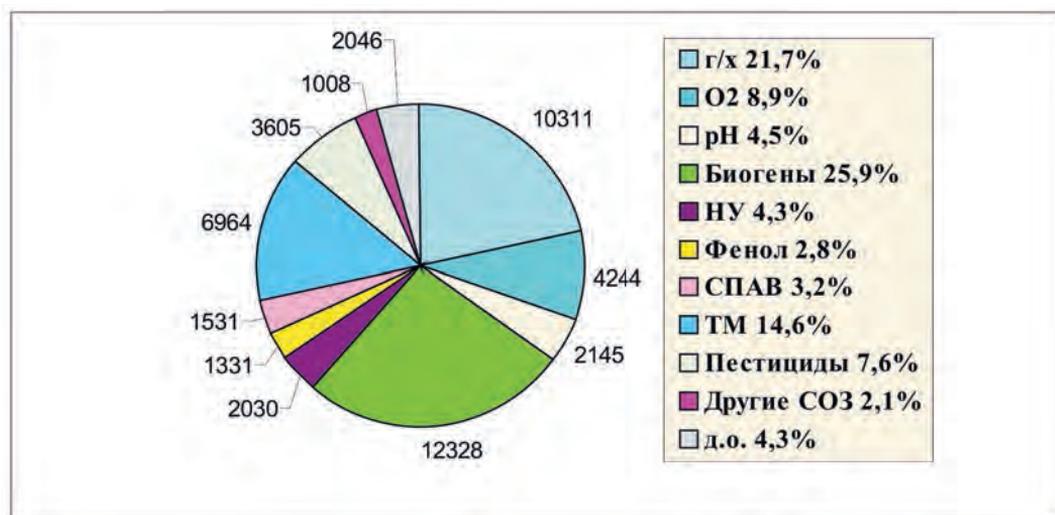


Рис. А.3. Количество выполненных анализов по гидрохимическим параметрам и загрязняющим веществам системы мониторинга морской среды морей РФ в 2017 г.

последняя группа обычно включает определение концентрации суммарного содержания нефтяных углеводородов, определяемых методом инфракрасной спектроскопии (ИКС), фенолов, СПАВ, от 1 до 12 тяжелых металлов (ТМ), а также стойких органических загрязнителей (СОЗ). К последним относят главным образом хлорорганические пестициды (ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ и его изомеры), хлорбензол, а также существенно реже другие хлорированные углеводороды, фосфорорганические пестициды, ПАУ и ПХБ. Среди органических загрязняющих веществ отдельные ингредиенты ПАУ, хлорфенолов или конгенеры ПХБ не учитывались в общем количестве наблюдаемых параметров. Как правило, из общего списка контролируемых в морской среде параметров наблюдения в локальных районах выполнялись только по стандартной гидрохимии и очень ограниченному списку загрязняющих веществ, набор которых является приоритетным для акватории и аналитические возможности лаборатории позволяют его идентифицировать. Количество выполненных анализов в 2017 г. традиционно существенно различалось в разных морях (рис. А.3).

Государственный мониторинг морских вод в 2017 г. главным образом был ориентирован на исследование стандартных гидролого-гидрохимических параметров (10311 анализов из общего количества 47543), а также изменение концентрации биогенных веществ (12328 ана-

лиз) и растворенного в воде кислорода (4244), (рис. А.4). В структуре контролируемых загрязняющих веществ повышенным было количество выполненных химических анализов тяжелых металлов (6964) и стойких органических загрязнителей, включая пестициды (3054 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 может быть выявлено до 20 и более индивидуальных веществ-конгенов. 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 нефтяных углеводородов методом инфракрасной спектроскопии. В целом структура выполненных анализов очень устойчивая от года к году и изменяется очень незначительно. В первую очередь это определяется неизменностью программ государственных наблюдений морской среды, которые заказываются химическим лабораториям производственным заданием.



г/х — гидрологические и стандартные гидрохимические параметры; O<sub>2</sub> — концентрация растворенного в воде кислорода; pH — концентрация ионов водорода; Биогены — соединения азота, фосфора и кремния; НУ — сумма нефтяных углеводородов; Фенол — сумма фенолов; СПАВ — синтетические поверхностно-активные вещества; ТМ — тяжелые металлы; Пестициды — хлорорганические пестициды групп ДДТ и ГХЦГ; Другие СОЗ — другие стойкие органические загрязнители (хлор- и фосфорорганические пестициды, 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 2017 г.

# Глава 1. КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

*Постнов А. А., Ильзова Ф. 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<sup>2</sup>. По размерам своей котловины Каспийское море является крупнейшим замкнутым водоемом. Его общая площадь равна 378,4 тыс. км<sup>2</sup>, 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<sup>2</sup>). Акватория Каспийского моря соизмерима или превосходит площадь Балтийского (387,0 тыс. км<sup>2</sup>), Адриатического (139,0 тыс. км<sup>2</sup>) и Белого морей (87,0 тыс. км<sup>2</sup>). 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 (Бухарин 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<sup>3</sup> 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 протяжённость 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 достигает до 35 см, а период от 8–10 минут до нескольких часов (Крицкий С. К., 1975).

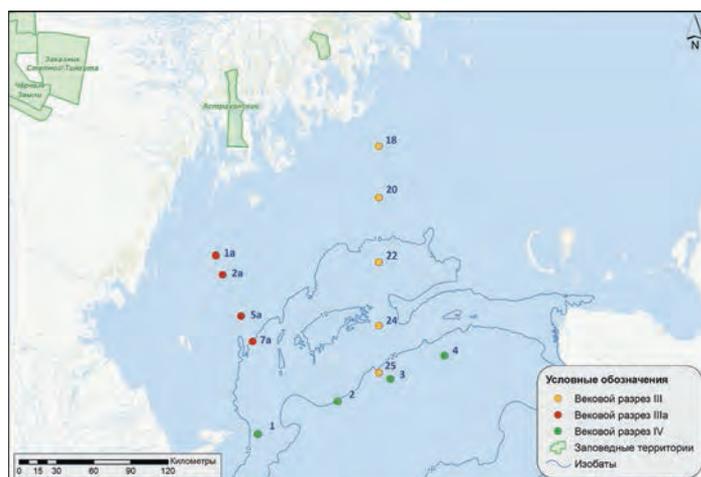
На Каспийском море развита добыча нефти, а также рыболовство и судоходство. Ранее построенные порты (Астрахань — в 2010 г. работало 21 больших и малых портовых сооружений, 15 судостроительно-судоремонтных заводов; Махачкала, Баутино, Актау, Баку, Туркменбаши, Энзели) в настоящее время реконструируются 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 водноболотистых 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<sup>2</sup> 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, 533 тыс. жителей в 2015 г.) расположен на 11 островах Прикаспийской низменности в верхней части дельты Волги на площади 209 км<sup>2</sup>; на Дагестанском побережье Махачкала (583 тыс.), Дербент (121 тыс.) и Каспийск (107 тыс.), (<http://ru.wikipedia.org/wiki>).

## 1.2. Мониторинг вод Северного Каспия

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 (практически 90% общего количества ЗВ) или с морскими водами из Среднего Каспия. 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. 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.

В период с 30 марта по 20 октября 2017 г. на трех разрезах западной и центральной части мелководного Северного Каспия наблюдения за гидрохимическим состоянием и уровнем загрязнения вод были проведены на 9 станциях вековых разрезов III и IIIа Астраханским ЦГМС в конце марта — начале апреля, июле и октябре, а также на четырех станциях IV разреза Дагестанским ЦГМС в конце мае и начале сентября (рис. 1.1). Всего было отобрано 69 проб из водной толщи на станциях с глубинами 4,0–25,0 м. Пробы воды были отобраны 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 и тяжелых металлов: железа, марганца, цинка, никеля, хрома, меди, свинца, кобальта, кадмия и ртути. На IV разрезе в воде определялись только НУ и фенолы. При оценке качества вод по биогенным веществам в водах района принималось, что они могут быть в целом охарактеризованы как мезотрофные.



**Рис. 1.1.** Станции отбора проб на акватории Северного Каспия в 2017 г.

### 1.2.1. Вековой разрез III

Температура воды в период исследований в 26 отобранных пробах была в диапазоне от 5,1 °С (4 апреля) до 26,2 °С (19 июля), что соответствует обычному годовому ходу температуры. Значения **солености** изменялись от 6,71‰ (ст. № 18, 31 марта) до 13,07‰ в южной части разреза (ст. № 24, 24 октября) на горизонте 11 м. Как и в предыдущие годы, в марте соленость в северной части разреза, в большей мере подверженной влиянию стока Волги, была заметно ниже, чем в южной удаленной от дельты части. Значения водородного показателя рН находились в пределах 7,44–8,25, при среднем значении 8,05 (табл. 1.1), что немного ниже 2016 г.

Концентрация аммонийного азота, нитратов и кремния сохранялась в пределах своей естественной изменчивости и была гораздо ниже ПДК (табл. 1.1). Вместе с тем, продолжился наметившийся с 2015 г. рост концентрации фосфатов и нитритов.

**Таблица 1.1.** Гидрохимические параметры и концентрация загрязняющих веществ на вековых разрезах в водах Северного Каспия в 2015/2016/2017 гг.

Параметр	Разрез III (2017: 26 проб)			Разрез IIIa (2017: 22 пробы)			Разрез IV (2017: 21 проба)		
	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.
Соленость,‰	10,49/ 8,75/ 9,97	6,35/ 5,66/ 6,71	13,80/ 12,62/ 13,07	8,88/ 6,61/ 6,14	2,29/ 3,12/ 2,72	11,70/ 11,19/ 9,31	9,78/ 9,33/ 10,11	6,80/ 6,28/ 7,84	12,02/ 11,28/ 11,24
Растворённый кислород, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,04/ 10,62/ 10,77	7,55/ 7,32/ 7,17	12,04/ 13,94/ 15,26	9,80/ 9,95/ 10,70	7,39/ 6,17/ 7,39	12,07/ 13,22/ 15,30	8,95/ 8,91/ 7,92	7,25/ 7,82/ 7,06	10,95/ 9,86/ 8,76
рН	8,33/ 8,26/ 8,05	7,77/ 7,74/ 7,44	8,66/ 8,55/ 8,25	8,33/ 8,49/ 8,05	8,13/ 8,38/ 9,9	8,56/ 8,84/ 8,90	8,31/ 8,49/ 8,29	7,75/ 8,10/ 7,73	8,65/ 8,76/ 8,79
Фосфаты (P-PO <sub>4</sub> ), мкгP/дм <sup>3</sup>	4,2/ 4,6/ 7,8	2,0/ 2,6/ 1,6	7,0/ 6,9/ 22,4	3,1/ 4,2/ 9,9	1,0/ 2,3/ 6,1	13,0/ 6,9/ 16,6	4,9/ 9,2/ 13,3	2,1/ 1,7/ 3,0	10,4/ 15,2/ 24,3
Общий фосфор (P <sub>total</sub> ), мкгP/дм <sup>3</sup>	39,0/ 37,2/ —	27,5/ 19,9/ —	69,3/ 58,8/ —	41,8/ 52,9/ —	30,4/ 21,6/ —	109,7/ 89,7/ —	13,3/ 16,3/ 18,8	8,3/ 5,0/ 12,6	16,8/ 25,3/ 26,3
Аммоний (N-NH <sub>4</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	13,0/ 38,8/ 14,2	0,0/ 2,9/ 1,1	99,0/ 102,0/ 54,4	8,5/ 57,8/ 23,4	0,0/ 2,5/ 0,3	66,0/ 471,0/ 57,3	11,7/ 14,9/ 266,9	8,0/ 5,9/ 189	16,0/ 22,0/ 374
Нитриты (N-NO <sub>2</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	0,6/ 1,56/ 4,9	0/ 0,2/ 0,1	3,0/ 17,2/ 95,8	4,3/ 0,66/ 37,2	0,0/ 0,3/ 0,1	135,0/ 3,4/ 214,4	1,75/ 2,47/ 6,78	0,49/ 0,57/ 0,97	2,95/ 4,45/ 16,2
Нитраты (N-NO <sub>3</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	12,5/ 26,5/ 23,9	3,0/ 0,7/ 0,0	36,0/ 204,3/ 142,3	18,1/ 16,1/ 34,9	0,0/ 0,6/ 7,3	159,0/ 89,1/ 135,9	189,1/ 184,7/ 6,46	107,0/ 123,0/ 1,87	267,0/ 344,0/ 15,4
Общий азот (N <sub>total</sub> ), мкгN/дм <sup>3</sup>	506/ 385/ —	264,/ 255/ —	895,0/ 618/ —	554/ 545/ —	283/ 267/ —	1324/ 1006/ —	308/ 310/ 334	243/ 240/ 256	356/ 378/ 454
Si, мкгSi/дм <sup>3</sup>	753/ 1131/ 486	276/ 420/ 185	1359/ 1800/ 1042	640/ 1116/ 644	170/ 620/ 285	998/ 1780/ 1071	318/ 691/ 183	299/ 532/ 156	360/ 1077/ 212

Сохраняется наметившаяся ранее тенденция к повышению средней концентрации **нефтяных углеводородов** — от 1,2 ПДК в 2013 г. до 4,6 ПДК в 2017 г., что соответствует скорости роста 0,87 ПДК в год (табл. 1.2). Напротив, средняя концентрация фенолов продолжала уменьшаться — с 1,6 ПДК в 2014 г. до 0,9 ПДК в 2017 г. Средняя концентрация СПАВ сохранилась на уровне 0,2 ПДК.

В 2017 г. сохранялась высокая средняя концентрация металлов (табл. 1.3) — кобальта (9,7 ПДК), железа (5,8 ПДК), никеля (4,1 ПДК), свинца (2,6 ПДК), цинка (1,9 ПДК) и меди (1,9 ПДК). Начиная с 2015 г. средняя концентрация железа увеличилась более чем в два раза, а никеля и меди уменьшилась на 25–30% (табл. 1.2). Содержание ртути, кадмия и марганца оставалось значительно меньше 1 ПДК.

Высокие значения концентрации многих металлов в водах Северного Каспия могут быть обусловлены, в том числе, естественными процессами разрушения (выветривания) богатых металлами пород и выносом элементов в море с речным стоком. В случае Северного Каспия, гидрология которого полностью зависит от стока Волги, представляется необходимым разработать локальные стандарты качества морских вод по естественным элементам и веществам, постоянно присутствующим в природе. К таким веществам относятся биогенные элементы и металлы, содержание последних определяется в значительной степени природным геохимическим фоном.

Кислородный режим морских вод в районе разреза III в 2017 г. по сравнению с 2015–2016 гг. немного улучшился. Средняя годовая концентрация растворенного кислорода составила  $10,77 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , а минимальная —  $7,13 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  (табл. 1.1, 1.2). Она наблюдалась в июле в поверхностном слое при температуре  $25,0^\circ\text{C}$  и солености 11,20‰ и соответствовала степени насыщения 92,2%.

Как и в 2015–2016 гг., расчет ИЗВ производился по средней концентрации НУ, фенолов, СПАВ и кислорода, т.е. без учета высокой концентрации металлов, которая в определенной мере обусловлена естественными, а не антропогенными процессами. При этом значение ИЗВ на разрезе III составило 1,57 (табл. 1.4), что соответствует IV классу вод, «загрязнённые». Если же расчет производить с учетом средней концентрации некоторых металлов (железа, кобальта, свинца), то значение ИЗВ будет соответствовать V классу, «грязные» воды. Такие расхождения классификации вод с использованием металлов и без них указывает на необходимость разработки локальных значений ПДК по этим элементам с учетом геохимического природного фона Северного Каспия. Однако, даже без учета металлов, значение ИЗВ на разрезе III повысилось в период 2015–2017 гг. на 30% (табл. 1.4).

### 1.2.2. Вековой разрез IIIа

В 2017 г. наблюдения на разрезе IIIа выполнялись на 4 станциях, примыкающих к устью Волги, 1–2 апреля, 25 июля и 19–22 октября. **Температура** воды в период исследований была в диапазоне  $6,0\text{--}26,4^\circ\text{C}$ ; соленость  $2,72\text{--}9,35\text{‰}$ , при средней  $6,14\text{‰}$ . Значения меньше 5‰ были отмечены на ст. № 1,2 в июле и ст. № 1 в октябре как на поверхности, так и в придонном слое. Соленость выше 10‰ в 2017 г. не наблюдалась. Значения водородного показателя pH находились в пределах  $7,41\text{--}8,90$ , при среднем значении  $8,03$  (табл. 1.1). Среднее значение pH оказалось заметно ниже, чем в 2016 г., но это, вероятно, связано с тем, что в 2017 г. наблюдения проводились не только летом, но и в октябре, когда в условиях более низкой интенсивности фотосинтеза возрастает концентрация в воде углекислого газа и pH обычно уменьшается.

Содержание **биогенных веществ** в водах разреза оставалось в пределах естественных межгодовых изменений (табл. 1.1). При этом, как и в 2016 г., концентрация нитритов на разрезе IIIа была в несколько раз большей, чем на более восточном разрезе.

Средняя концентрация **нефтяных углеводородов** на разрезе IIIа более чем вчетверо превышала ПДК и практически совпадала с таковой на разрезе III (табл. 1.2). Примечательно, что начиная с 2013 г. наблюдается синхронное повышение содержания НУ на обоих разрезах на мелководье (рис. 1.2). Коэффициент корреляции между изменениями средней концентрации НУ на разрезах III и IIIа составляет 0,95 и статистически значим на уровне значимости менее 1%.

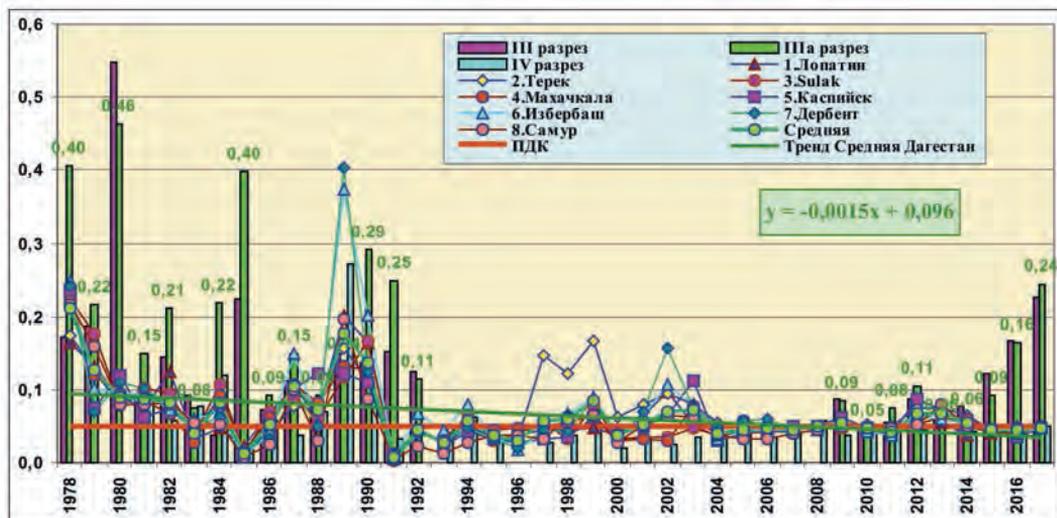


Рис. 1.2. Динамика средней годовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в различных районах мониторинга вод Северного Каспия и Дагестанского побережья в 1978–2017 гг.

Средняя концентрация фенолов находилась на уровне ПДК, причем за последние годы она заметно понизилась. В 2017 г. среднее содержание СПАВ оставалось гораздо меньше норматива несмотря на то, что рассматриваемый разрез находится под существенным влиянием стока Волги. Средняя концентрация многих металлов была выше допустимой нормы — железа (4,4 ПДК), кобальта (4,0 ПДК), никеля (3,6 ПДК) и меди (1,4 ПДК), как и на всей акватории Северного Каспия (табл. 1.3). В последние годы отмечается рост средней годовой концентрации железа на акватории Северного Каспия от 2–2,5 ПДК в 2014 г. до 4–6 ПДК в 2017 г. (рис. 1.3).

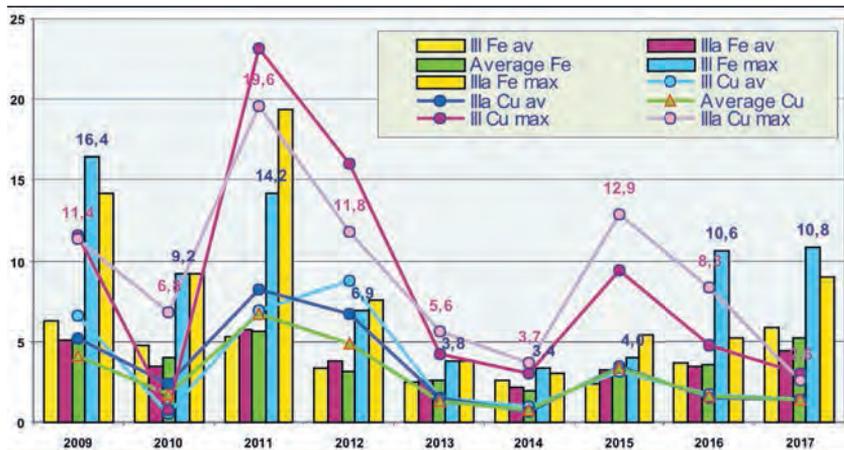


Рис. 1.3. Многолетняя динамика средней годовой (av) и максимальной (max) концентрации (в ПДК) железа и меди на разрезах III и IIIa Северного Каспия в 2009–2017 гг.

Значение индекса загрязненности вод (ИЗВ) на разрезе IIIa составило 1,65, что соответствует IV классу вод, «загрязнённые» (табл. 1.4). Как и для разреза III, расчет производился по

средней концентрации НУ, фенолов, СПАВ и кислорода, без учета металлов. При учете средней концентрации НУ, железа и меди индекс будет существенно выше и воды в западной части мелководья Северного Каспия будут оцениваться V классом, «грязные». Для учета естественных для морских вод элементов или веществ, в частности металлов, необходима разработка локальных нормативов ПДК и определение не связанных с хозяйственной деятельностью фоновых концентраций таких веществ. Анализ многолетней динамики ИЗВ за период 2010–2017 гг. на разрезах III и IIIa показал рост индекса приблизительно с одинаковой скоростью, равной 0,08 единиц в год. При этом многолетние изменения ИЗВ на обоих разрезах обусловлены преимущественно увеличением средней годовой концентрации нефтяных углеводородов.

### 1.2.3. Разрез IV

В 2017 г. гидрохимические съёмки проводились на 4 станциях в мае и сентябре. Была отобрана 21 проба в поверхностном, промежуточном и придонном слоях. Диапазон изменчивости значений температуры воды составил 12,1–20,0 °С, солёности 7,84–11,24‰, в среднем 9,81‰, водородного показателя pH 7,73–8,79. Концентрация биогенных веществ на границе Северного мелководья и Центрального Каспия в целом была в пределах естественных межгодовых изменений (табл. 1.1). Среднее содержание неорганического фосфора не превышало 0,4 ПДК (ПДК минерального фосфора для Северного Каспия как мезотрофного водоёма принята равной 50 мкгN/дм<sup>3</sup>), что в несколько раз меньше наблюдавшегося по всему Северному Каспию до начала столетия. Концентрация аммонийного азота оставалась в пределах норматива, но за последние годы отмечен её рост от менее 0,1 ПДК до около 0,7 ПДК.

Превышение норматива содержания загрязняющих веществ на разрезе IV было отмечено только для **фенолов** (средняя концентрация 2,8 ПДК, максимальная — 4,0 ПДК). Средняя концентрация нефтяных углеводородов не превышала 1 ПДК, что в 4–5 раз ниже, чем на Северном Каспии (табл. 1.2). Таким образом, процесс повышения концентрации нефтяных углеводородов, отмеченный в 2015–2017 гг. на Северном Каспии (разрезы III и IIIa), не касался Среднего Каспия (разрез IV и Дагестанский шельф). Эта ситуация отличается от наблюдавшейся в 2011–2014 гг., когда был отмечен сначала рост, а затем падение среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов и на Северном, и в Среднем Каспии. Содержание металлов в водах на границе мелководья не определялось.

Кислородный режим в 2017 г. оставался в пределах установленного норматива, случаев дефицита кислорода отмечено не было. Однако за последние годы отмечалось уменьшение концентрации кислорода — как средней годовой (от 8,95 мг/дм<sup>3</sup> в 2015 г. до 7,90 мг/дм<sup>3</sup> в 2017 г.), так и минимальной (от 7,25 мг/дм<sup>3</sup> в 2015 г. до 7,06 в 2017 г.).

В целом, воды открытого моря на границе между Северным и Средним Каспием оцениваются как «загрязнённые» (класс IV, табл. 1.4), хотя уровень загрязнения здесь был несколько ниже, чем на более северных акваториях (ИЗВ 1,31 по сравнению с 1,57–1,65 на разрезах III и IIIa). При этом и в этой части моря отмечался рост ИЗВ за последние три года — с 0,98 в 2015 г. до 1,31 в 2017 г., что означает переход морских вод из класса качества «умеренно загрязнённые» в класс «загрязнённые».

## 1.3. Пространственная неоднородность распределения загрязняющих веществ

Наряду со средними показателями для всей акватории Северного Каспия важной характеристикой является степень пространственной неоднородности загрязнённости акватории. Уровень загрязнённости вод металлами в центральной и западной частях (вековые разрезы

III и IIIa, соответственно) различался мало: значения средней концентрации железа, меди, цинка и магния были фактически одинаковыми (с точностью до ошибки осреднения). Только значения концентрации кобальта и свинца в центральной части акватории оказались в 2 раза выше, чем в западной (табл. 1.3). Примечательно, что в 2016 г. аналогичная закономерность отмечалась для никеля. В целом подтверждается сделанный в 2016 г. вывод о незначительности различий между западным и центральным районами северного каспийского мелководья в уровне загрязнения большинства металлами.

**Таблица 1.3.** Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup> и единицы ПДК) в водах центральной (разрез III) и западной (разрез IIIa) частях акватории Северного Каспия в 2017 г.

Параметр	Вековой разрез III			Вековой разрез IIIa		
	Средн.	Мин.	Макс.	Средн.	Мин.	Макс.
Fe	290 5,8 ПДК	160 3,2 ПДК	540 10,8 ПДК	220 4,4 ПДК	20 0,4 ПДК	450 9,0 ПДК
Cu	7,1 1,4 ПДК	2,9 0,6 ПДК	15,3 3,1 ПДК	6,9 1,4 ПДК	2,4 0,5 ПДК	12,8 2,6 ПДК
Zn	94,4 1,9 ПДК	12,3 0,2 ПДК	404,9 8,1 ПДК	100,3 2,0 ПДК	11,5 0,2 ПДК	432,9 8,7 ПДК
Ni	41,0 4,1 ПДК	18,4 1,8 ПДК	85,2 8,5 ПДК	35,7 3,5 ПДК	9,6 1,0 ПДК	89,3 8,9 ПДК
Co	48,6 9,7 ПДК	1,7 0,3 ПДК	95,6 19,1 ПДК	20,3 4,0 ПДК	1,2 0,2 ПДК	63,5 12,7 ПДК
Cd	0,86 0,09 ПДК	0,03 <0,01 ПДК	2,68 0,3 ПДК	0,19 0,02 ПДК	0,02 <0,01 ПДК	1,23 0,1 ПДК
Pb	26,1 2,6 ПДК	1,8 0,2 ПДК	124,1 12,4 ПДК	10,0 1,0 ПДК	1,9 0,2 ПДК	56,3 5,6 ПДК
Mn	5,2 0,1 ПДК	2,5 0,05 ПДК	13,5 0,3 ПДК	6,8 0,14 ПДК	0,8 0,02 ПДК	33,4 0,67 ПДК
Hg	0,02 0,2 ПДК	0,01 0,1 ПДК	0,06 0,6 ПДК	0,02 0,2 ПДК	0,00 0,0 ПДК	0,06 0,6 ПДК

Уровень загрязненность нефтяными углеводородами в центральной и западной частях акватории фактически не различался. А на границе со Средним Каспием (разрез IV) средняя концентрация нефтяных углеводородов оказалась в 4–5 раз ниже, чем в более северных районах. Напротив, уровень загрязнения вод западной и центральной частей Северного Каспия фенолами был почти в три раза ниже, чем вод на границе со Средним Каспием.

Пространственная неоднородность распределения металлов в водах Северного Каспия была высокой. Оценки их изменчивости описываются средней разностью максимума и минимума концентрации каждого металла на двух разрезах, отнесенной к средней величине содержания этого металла (табл. 1.5). Из данных следует, что размах колебаний концентрации превышал средние значения в 1,6–9,3 раза. Очевидно, что для поля концентрации всех металлов на северном мелководье характерна пятнистая структура, причем линейные размеры пятен составляют несколько километров или первых десятков километров. Наименьшая пространственная изменчивость была характерна для железа и меди, а наибольшая — для кадмия.

**Таблица 1.5.** Относительная изменчивость (%) концентрации металлов на вековых разрезах III и IIIa в Северном Каспии в 2017 г.

Fe	Cu	Zn	Ni	Co	Cd	Pb	Mn	Hg
156	164	417	193	250	934	506	344	250
Примечание. Под относительной изменчивостью понимается отношение средней разности максимума и минимума концентрации каждого металла к средней концентрации этого металла.								

#### 1.4. Состояние вод Дагестанского побережья

Наблюдения за гидрохимическим состоянием и загрязнением морских вод Дагестанского взморья в 2017 г. были выполнены Дагестанским ЦГМС в районе Лопатина (24 пробы на 3 станциях в апреле, июле, сентябре и октябре), г. Махачкала (68 пробы на 9 станциях в апреле, июне, сентябре и октябре), Каспийска (30 проб на 4 станциях в мае, июне и сентябре), Избербаша (27 проб на 3 станциях в мае, июне и сентябре), Дербента (12 проб на 2 станциях в мае, июне и сентябре) и на устьевых взморьях рек Терек (40 проб на 5 станциях в апреле, июле, сентябре и октябре), Сулак (40 проб на 5 станциях в апреле, июле, сентябре и октябре) и Самур (12 проб на 2 станциях в мае, июне и сентябре), (рис. 1.4). Станции расположены вблизи берега на мелководье, их глубина варьирует от 3,3 до 22,0 м.

Хотя расстояние от Лопатина до взморья р. Сулак превышает 200 км, гидрохимические условия на этой части шельфа были довольно однородными (табл. 1.6). Так, средняя концентрация **фосфатов** изменялась от 11,8 до 19,5 мкг/дм<sup>3</sup> и не достигала и половины ПДК для мезотрофных водоемов. Наибольшие значения содержания фосфатов были отмечены в районе Сулак-Махачкала, а наименьшие на участке Избербаш-взморье р. Самур. Концентрация общего фосфора составила 24,3–30,7 мкг/дм<sup>3</sup>.

Каких-либо закономерностей в пространственном распределении соединений **азота** (NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, общего азота) не обнаружено. Средняя концентрация аммонийного азота, хотя и немного превышала показатели 2016 г., изменялась от одного района к другому в пределах 0,61–0,84 ПДК. При этом в северной части Дагестанского взморья (Лопатин и взморье Терека) обнаружен рост средней концентрации NH<sub>4</sub> от 0,3 ПДК в 2015 г. до 0,7–0,8 ПДК в 2017 г.

Среди загрязняющих веществ приоритетными на этом участке прибрежных вод оставались **фенолы**: их средние величины варьировали от 4,2 ПДК у Лопатина до 2,9 ПДК у Избербаша, максимальные значения достигали у Дербента 5–6 ПДК (табл. 1.2). Заметно меньший вклад в общее загрязнение вносили нефтяные углеводороды — их среднее содержание не превышало 1,0 ПДК даже в районе такого крупного порта как Махачкала. Отметим, что средняя годовая концентрация НУ на Дагестанском шельфе на уровне около 1 ПДК сохраняется

с 1992–1993 гг. (рис. 1.2). Исключение составили 2012–2013 гг., когда она достигала 1,3–1,5 ПДК. Другие загрязняющие вещества (металлы, СПАВ) не определялись.

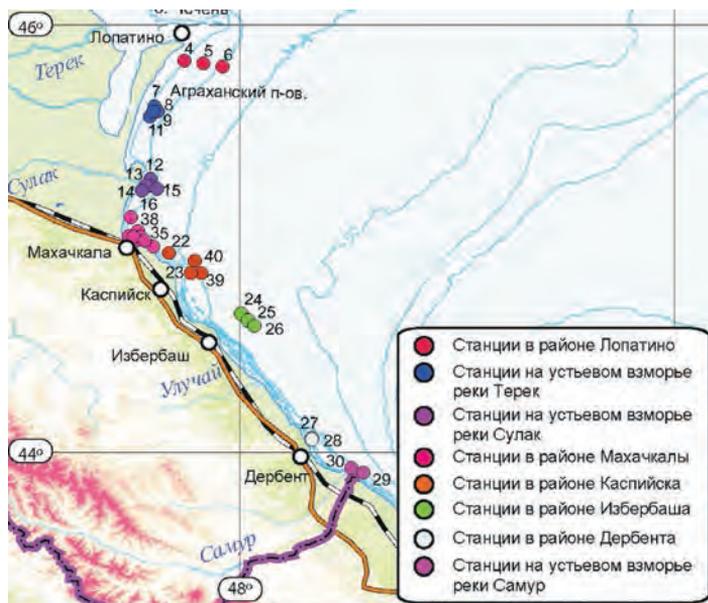


Рис. 1.4. Станции отбора проб на Дагестанском взморье в 2017 г.

**Кислородный режим** в водах Дагестанского побережья был в пределах нормы — минимальная концентрация растворенного кислорода составила 7,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (табл. 1.1, 1.2), что заметно выше норматива, а его средняя концентрация изменялась от района к району в пределах от 7,77 до 8,88 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Отметим, что в 2017 г. отбор проб на участке Каспийск — взморье р. Самур проводился в мае, июне и сентябре при относительно высокой температуре воды, что сказывалось на средних значениях концентрации растворенного кислорода в сторону ее занижения.

Воды **Дагестанского взморья** от п. Лопатин на севере до взморья р. Самур на юге у границы с Азербайджаном характеризовались как «загрязненные». По уровню ИЗВ районы мониторинга можно условно разбить на 4 группы. Самые загрязненные воды наблюдались у Лопатина (ИЗВ 1,71, на границы с классом «грязные воды»). В районах крупных городов и портов (Махачкала, Каспийск, Дербент) ИЗВ составлял 1,45–1,49. Несколько более благоприятные условия (ИЗВ 1,36–1,40) отмечались на взморьях рек Терек, Сулак и Самур, а наименьшему загрязнению (ИЗВ 1,29) подвергались воды в районе п. Избербаш. При этом за последние три года значения ИЗВ выросли во всех районах мониторинга на Дагестанском взморье: у Лопатина на 0,73, в Дербенте на 0,42, в Каспийске на 0,39, в Махачкале и на взморье р. Самур на 0,22, в Избербаше на 0,15 и на взморье р. Сулак 0,14. Можно сделать вывод о повышении уровня загрязнения на всем побережье РФ и в открытом море, причем наиболее интенсивно этот процесс протекает в северо-западной части моря — на разрезе IIIа и у Лопатина.

**Таблица 1.6.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Дагестанского взморья в 2017 г.

Район	Temp	Sal	O <sub>2</sub> *	pH	PO <sub>4</sub>	P <sub>tot</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N <sub>tot</sub>	Si
1. Лопатин	19,4	8,32	8,71	8,03	17,8	28,2	2,97	12,7	316	348	536
	27,6	9,28	6,81	8,42	24,3	39,8	5,68	16,2	398	405	591
2. взморье р. Терек	19,0	8,32	8,72	7,93	18,0	26,1	3,45	13,7	275	328	476
	27,2	8,89	7,00	8,41	25,0	49,3	8,36	19,5	389	391	654
3. взморье р. Сулак	18,6	8,42	8,70	7,95	19,5	29,9	3,20	13,2	299	321	501
	27,8	9,37	7,00	8,90	26,2	48,5	7,96	19,0	418	397	584
4. Махачкала	16,6	9,40	8,88	7,70	19,1	24,3	3,21	13,3	329	322	392
	26,1	11,22	7,07	8,94	26,2	32,9	7,90	19,6	390	404	572
5. Каспийск	19,9	9,37	8,07	7,76	15,3	27,1	2,04	11,7	260	322	365
	26,1	11,31	7,31	8,40	24,6	33,1	2,63	15,4	291	404	559
6. Избербаш	18,2	9,85	8,19	7,91	11,8	25,6	2,02	13,0	230	331	316
	25,8	11,31	7,43	8,47	24,8	31,5	2,63	16,2	291	403	586
7. Дербент	20,8	9,52	8,12	8,00	12,5	27,1	2,49	13,1	237	339	310
	25,2	10,80	6,82	8,49	25,1	32,9	4,63	15,2	297	408	496
8. взморье р. Самур	18,8	8,32	7,77	7,95	12,4	30,7	2,87	12,8	218	346	331
	24,6	10,60	7,41	8,49	25,1	45,7	4,79	16,3	297	410	504

\* — средняя и минимальная концентрация растворенного кислорода (мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 1.2** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Северного и Среднего Каспия в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. разрез III	НУ мг/дм <sup>3</sup>	0,12	<b>2,4</b>	0,17	<b>3,4</b>	0,23	<b>4,6</b>
		0,61	<b>12</b>	0,30	<b>6</b>	0,37	<b>7</b>
	Фенолы мкг/дм <sup>3</sup>	1,5	<b>1,5</b>	1,2	<b>1,2</b>	0,9	0,9
		3,0	<b>3,0</b>	2,0	<b>2,0</b>	2,0	<b>2,0</b>

1. разрез III	СПАВ мкг/дм <sup>3</sup>	28,5	0,3	23,3	0,2	23,5	0,2
		69	0,7	42	0,4	30	0,3
	Азот аммонийный	99	0,3	41,7	0,1	14,2	<0,1
		13	<0,1	102	0,36	54	0,1
	Fe	121,0	<b>2,4</b>	180	<b>3,0</b>	290	<b>6</b>
		200	4	530	<b>11</b>	540	<b>11</b>
	Cu	15,9	<b>3</b>	8,31	<b>1,7</b>	7,1	<b>1,4</b>
		47,3	<b>9</b>	23,6	<b>5</b>	15,3	<b>3</b>
	Zn	129,0	<b>2,6</b>	23,84	0,5	94,4	<b>1,9</b>
		307,2	<b>6</b>	97,0	<b>1,9</b>	404,9	<b>8</b>
	Ni	50,7	<b>5</b>	16,1	<b>1,6</b>	41,0	<b>4</b>
		186,5	<b>19</b>	39,5	<b>4,0</b>	85,2	<b>9</b>
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,04		10,47		10,77		
	7,55		7,32		7,13		
2. разрез IIIa	НУ	0,093	<b>1,9</b>	0,16	<b>3,2</b>	0,24	<b>5</b>
		0,26	<b>5</b>	0,32	<b>6</b>	0,44	<b>9</b>
	Фенолы	1,75	<b>1,8</b>	2	<b>2,0</b>	1,0	<b>1,0</b>
		4	<b>4</b>	3	3,0	2,0	<b>2,0</b>
	СПАВ	31,7	0,3	29	0,3	24,1	0,2
		57	0,6	47	0,5	30	0,3
	Азот аммонийный	8,5	<0,1	54,2	0,1	23,4	<0,1
		66	0,2	471	<b>1,2</b>	57,3	0,1
	Fe	163,5	<b>3</b>	170	<b>3,4</b>	220	<b>4</b>
		270	<b>5</b>	260	<b>5</b>	450	<b>8</b>
	Cu	17,6	<b>4</b>	8,0	<b>1,6</b>	<del>6,9</del>	<b>1,4</b>
		64,6	<b>13</b>	41,4	<b>8</b>	12,8	<b>2,5</b>
	Zn	100,2	<b>2,0</b>	20,2	0,4	100,3	<b>2,0</b>
		314,5	<b>6</b>	86,8	<b>1,7</b>	432,9	<b>9</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,80		10,15		10,70	
		7,39		6,17		7,39	
3. Разрез IV	НУ	0,040	0,8	0,038	0,8	0,049	<b>1,0</b>
		0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,18	<b>2,2</b>	2,4	<b>2,4</b>	2,8	<b>2,8</b>
		4,0	<b>4</b>	4	<b>4</b>	4	<b>4</b>
	Азот аммонийный	11,7	<0,1	184,7	0,5	267,5	0,7
		16,0	<0,1	344	0,9	374	0,96
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	8,95		8,91		7,92	
7,25			7,82		7,06		
1. Лопатин	НУ	0,039	0,8	0,041	0,8	0,05	<b>1,0</b>
		0,06	<b>1,2</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,2	<b>2,2</b>	2,7	<b>2,7</b>	4,3	<b>4,3</b>
		4,0	<b>4</b>	6,0	<b>6</b>	5,0	<b>5</b>
	Азот аммонийный	118,8	0,3	318,2	0,8	316,1	0,8
		211	0,5	799	<b>2,1</b>	398	<b>1,0</b>
	Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,59		8,78		8,71	0,69
		7,63		7,17		6,81	

2. Взморье р. Терек	НУ	0,045	0,9	0,048	0,96	0,046	0,9
		0,06	<b>1,2</b>	0,08	<b>1,6</b>	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	3,1	<b>3,1</b>	4,1	<b>4,1</b>	3,3	<b>3,3</b>
		5	<b>5</b>	7	<b>7</b>	5	<b>5</b>
	Азот аммонийный	117,2	0,3	239,8	0,6	275,4	0,7
		256	0,7	378	0,97	389	<b>1,0</b>
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,73		8,81		8,72		
	7,40		7,37		7,00		
3. Взморье р. Сулак	НУ	0,044	0,9	0,048	0,96	0,050	1,0
		0,07	<b>1,4</b>	0,08	<b>1,4</b>	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,7	<b>2,7</b>	3,5	<b>4</b>	2,97	2,97
		4,0	<b>4</b>	8,0	<b>8</b>	5,0	<b>5</b>
	Азот аммонийный	107,3	0,3	250,3	0,6	298,7	0,8
		195	0,5	463	<b>1,2</b>	418	<b>1,1</b>
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	9,65		8,70		8,70		
	7,53		7,17		7,00		
4. Махачкала	НУ	0,045	0,9	0,048	0,96	0,048	0,96
		0,06	<b>1,2</b>	0,09	<b>1,8</b>	0,08	<b>1,6</b>
	Фенолы	2,6	<b>2,6</b>	3,4	<b>3,4</b>	3,3	<b>3,3</b>
		4,0	<b>4</b>	6,0	<b>6</b>	6,0	<b>6</b>
	Азот аммонийный	171,1	0,4	212,4	0,5	329,0	0,9
		390	<b>1,0</b>	428	<b>1,1</b>	390	<b>1,0</b>
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,18		8,91		8,88		
	8,79		7,11		7,07		
5. Каспийск	НУ	0,044	0,9	0,037	0,74	0,048	0,96
		0,06	<b>1,2</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,07	<b>1,4</b>
	Фенолы	2,5	<b>2,5</b>	2,5	<b>2,5</b>	3,5	<b>4</b>
		4,0	<b>4</b>	5,0	<b>5</b>	6,0	<b>6</b>
	Азот аммонийный	130,3	0,3	208,1	0,5	260,1	0,7
		292	0,8	404	<b>1,0</b>	291	0,8
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,2		9,17		8,07		
	9,42		7,51		7,31		
6. Избербаш	НУ	0,044	0,9	0,037	0,74	0,046	0,92
		0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>	0,08	<b>1,6</b>
	Фенолы	2,7	<b>2,7</b>	3,0	<b>3,0</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>
		5,0	<b>5</b>	5,0	<b>5</b>	4,0	<b>4</b>
	Азот аммонийный	141,3	0,4	218,0	0,7	230,1	0,6
		330	0,8	396	<b>1,0</b>	291	0,8
Кислород мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,05		9,57		8,19		
	8,78		7,53		7,43		
7. Дербент	НУ	0,043	0,9	0,042	0,84	0,048	0,96
		0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>
	Фенолы	2,5	<b>2,5</b>	3,0	<b>3,0</b>	<b>3,7</b>	<b>3,7</b>
		4,0	<b>4</b>	4,0	<b>4</b>	5,0	<b>5</b>
	Азот аммонийный	118,9	0,3	223,7	0,6	219,2	0,6
		318	0,8	352	0,9	297	0,8

7. Дербент	Кислород $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	9,94		8,94		8,12	
		10,71		7,78		6,82	
8. Взморье р. Самур	НУ	0,043	0,9	0,041	0,98	0,05	<b>1,0</b>
		0,06	<b>1,2</b>	0,05	<b>1,0</b>	0,06	<b>1,2</b>
	Фенолы	2,8	<b>2,8</b>	2,7	<b>2,7</b>	3,2	<b>3,2</b>
		4,0	<b>4</b>	4,0	<b>4</b>	5,0	<b>5</b>
	Азот аммонийный	143,9	0,4	223,3	0,6	217,8	0,6
		290	0,7	351	0,9	297	0,8
	Кислород $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$	10,05		8,91		8,23	
		9,07		7,29		7,41	

Примечания:

1. Концентрация  $\text{C}^*$  нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ; фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, аммонийного азота, железа, меди, цинка и никеля — в  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ .
2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода минимальное) значение.
3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых.
4. Для распресненных вод Северного и Среднего Каспия для аммонийного азота ПДК принято 389  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ .

**Таблица 1.4.** Оценка качества морских вод Северного и Среднего Каспия по ИЗВ в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Северный Каспий</b>							
1. III разрез	1,20	III	1,35	IV	1,57	IV	НУ 4,60; СПАВ 0,23; фенолы 0,9; $\text{O}_2$ 0,56
2. IIIa разрез	1,14	III	1,52	IV	1,65	IV	НУ 4,8; СПАВ 0,24; фенолы 1,0; $\text{O}_2$ 0,56
3. Разрез IV	0,98	III	1,07	III	1,31	IV	НУ 1,0; $\text{NH}_4$ 0,68; фенолы 2,8; $\text{O}_2$ 0,76
<b>Дагестанское побережье</b>							
1. Лопатин	0,98	III	1,26	IV	1,71	IV	НУ 1,0; $\text{NH}_4$ 0,85; фенолы 4,3; $\text{O}_2$ 0,69
2. Взморье р.Терек	1,23	III	1,59	IV	1,40	IV	НУ 0,92; $\text{NH}_4$ 0,71; фенолы 3,3; $\text{O}_2$ 0,69
3. Взморье р.Сулак	1,12	III	1,47	IV	1,36	IV	НУ 1,0; $\text{NH}_4$ 0,77; фенолы 2,97; $\text{O}_2$ 0,69
4. Махачкала	1,13	III	1,44	IV	1,45	IV	НУ 0,96; $\text{NH}_4$ 0,85; фенолы 3,3; $\text{O}_2$ 0,68
5. Каспийск	1,08	III	1,23	III	1,47	IV	НУ 0,74; $\text{NH}_4$ 0,67; фенолы 3,5; $\text{O}_2$ 0,74
6. Избербаш	1,14	III	1,27	IV	1,29	IV	НУ 0,92; $\text{NH}_4$ 0,59; фенолы 2,9; $\text{O}_2$ 0,73
7. Дербент	1,07	III	1,27	IV	1,49	IV	НУ 0,96; $\text{NH}_4$ 0,56; фенолы 3,7; $\text{O}_2$ 0,74
8. Взморье р.Самур	1,15	III	1,23	III	1,37	IV	НУ 1,0; $\text{NH}_4$ 0,56; фенолы 3,2; $\text{O}_2$ 0,73

## Глава 2. АЗОВСКОЕ МОРЕ

*Хорошенькая Е. А., Сулименко Е. А., Дербичева Т. И., Кобец С. В., Алексеенко А. И., Крутов А. Н., Коршенико А. Н., Кочетков В. В., Костылева А. 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 37 802–39 100 км<sup>2</sup>, объем воды 290 км<sup>3</sup> 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.

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. В западной части моря песчано-ракушечная пересыпь Арабатская стрелка отделяет море от мелководного осолоненного залива Сиваш. Водообмен между ними осуществляется в ограниченном объеме через узкую промоину в Стрелке — пролив Тонкий. Юго-западная часть моря представляет собой обширные заливы Арабатский и Казантипский, разделенные мысом Казантип, а на юго-востоке расположен эстуарий р. Кубань — Темрюкский залив. Северные и южные берега моря холмистые, обрывистые, тогда как западные и восточные преимущественно низменные.

Рельеф дна Азовского моря отличается выравненностью и плавным увеличением глубины от берега к центру моря. Системы подводных возвышений расположены у западного (сложенные преимущественно ракушей банки Морская и Арабатская) и восточного побережий моря (банка Железинская). Для подводного берегового склона на севере моря характерно обширное мелководье длиной 20–30 км с глубинами до 6–7 м. Южное побережье отличается крутым береговым склоном с глубинами до 11–12 м (<http://esimo.oceanography.ru>).

В Азовское море впадают две большие реки Дон и Кубань, поставляющие в море 95% суммарного речного стока, и 20 небольших рек в северной части моря — Берда, Кальмиус, Миус, Ея, Обиточная, Молочная и др. Средний годовой сток реки Дон составляет 24,4 км<sup>3</sup>, Кубани — 11,6 км<sup>3</sup>, малых рек северного Приазовья — 2,1 км<sup>3</sup>. В настоящее время сток Дона и Кубани зарегулирован водохранилищами. Средний многолетний материковый сток в море составляет по разным оценкам 36,7–38,1 км<sup>3</sup>. Сезонное распределение стока неравномерно. Доля весеннего стока составляет около 40%, а летнего — 20%. Из Азовского моря ежегодно в среднем вытекает 49,2 км<sup>3</sup> азовской воды, а поступает в него 33,8 км<sup>3</sup> черноморской воды. В балансе вод моря наибольшую долю приходной части образуют материковый сток (43%) и приток воды из Черного моря (40%). В расходной части преобладают сток азовской воды в Черное море (58%) и испарение с поверхности (40%). Средний результирующий сток воды составляет 15,5 км<sup>3</sup> воды в год. Положительный пресный баланс моря обеспечивает невысокую соленость Азовского моря по сравнению с Черным морем (Дьяков Н. Н., Иванов В. А., 2002).

Континентальные черты климата наиболее заметно выражены в северной части моря. Для этой части моря характерны холодная зима, сухое и жаркое лето. Для южных районов моря эти сезоны более мягкие и влажные. Среднемесячная температура воздуха января колеблется в пределах 2–5 °С. Сезонные особенности погоды на Азовском море формируются под влиянием крупномасштабных синоптических процессов. 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 °С (Репетин Л.Н., 2007).

Общий циклонический характер циркуляции вод моря обусловлен главным образом ветром. Большая изменчивость направления и скорости течений моря также зависит от ветра, который вызывает чисто дрейфовые течения во всей толще мелкого Азовского моря и создает повышение уровня у берегов, в результате чего возникают компенсационные потоки. В предустьевых районах Дона и Кубани прослеживаются стоковые течения. Хорошо выражены неперриодические стонно-нагонные колебания уровня — в среднем от 2 до 3 м. Также хорошо выражена одноузловая сейша с суточным периодом. Азовское море бесприливное.

В холодный период года господствующие северо-восточные и восточные ветры вызывают волнение высотой до 2,1–3,0 м в открытом море. При западных и юго-западных ветрах могут формироваться крупные волны высотой 1,5 м и более по всей акватории моря.

Температура воды летом на поверхности в среднем составляет 24–25 °С и достигает 32,0–32,5 °С у берегов. Зимой она имеет нулевые и близкие к ним значения почти во всем море. Многолетняя среднегодовая температура воды на поверхности моря равна 11 °С. Распределение температуры по вертикали неодинаково в разные сезоны. Осенью и зимой она приблизительно на 1 °С повышается с глубиной, весной и летом картина прямо противоположная (Азовское море, 1962).

Пространственное распределение солёности характеризуется наличием значительных горизонтальных и вертикальных градиентов. Наиболее ярко они проявляются во фронтальных зонах вблизи Керченского пролива, а также эстуариев Дона и Кубани. Обычно солёность моря в среднем составляет около 11–12‰. Сезонные колебания достигают 1‰. Вертикальное распределение солёности практически однородное, в среднем она повышается у дна примерно на 0,02–0,05‰. Конвективное перемешивание определяется осенним охлаждением поверхности воды до температуры ее наибольшей плотности. Осолонение при ледообразовании усиливает конвекцию, которая проникает до дна (<http://esimo.oceanography.ru>).

В море ежегодно образуются льды. Море начинает замерзать в конце ноября, очищение ото льда происходит в марте-апреле. Быстрая и частая смена зимней погоды влечет за собой крайнюю неустойчивость ледовых условий, а лед может превращаться из неподвижного в дрейфующий и обратно. 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 (Боровская Р.В. и др., 2008).

## **2.2. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива**

В 2017 г. гидрохимические наблюдения выполнялись Донской устьевой станцией (ДУС) на трех станциях с глубинами от 2 до 7 м в устьях рукавов Мёртвый Донец (9р), Переволока (12р) и Песчаный (13р), а также на станциях № 2–6 в восточной части (глубины 0,5–3,5 м) и на станциях № 10 (5 м) и № 14 (7 м) в центральной части Таганрогского залива (рис. 2.1). Всего в протоках Дона было отобрано 24 пробы воды из поверхностного и придонного слоев в мае,

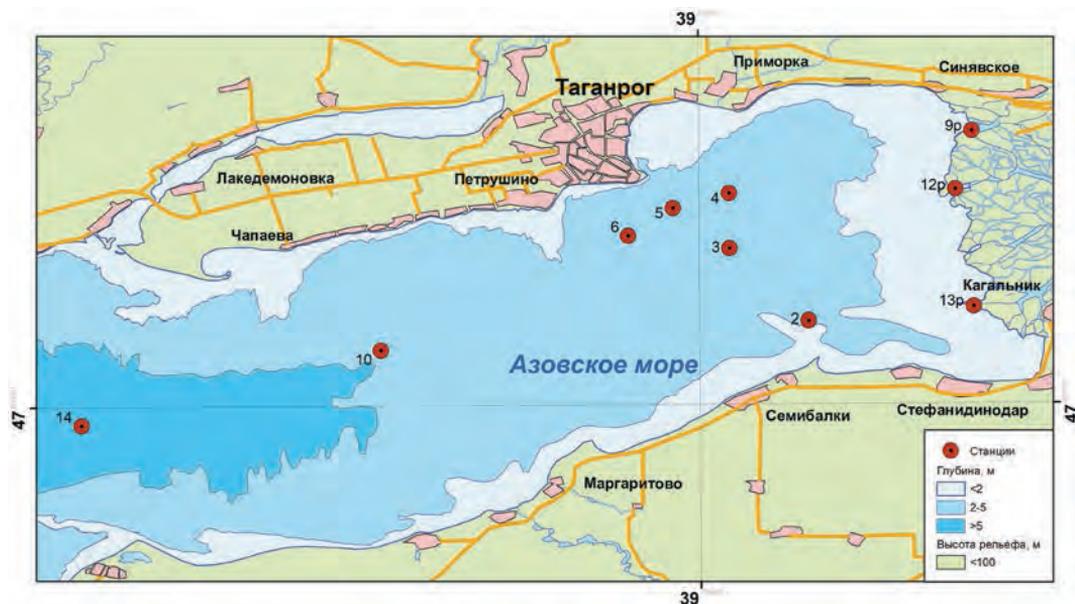


Рис. 2.1. Станции отбора проб в устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 2017 г.

июне-июле и октябре. Пробы отбирались батометром Молчанова ГР-18 с борта мотолодки «Русбот-47». На акватории Таганрогского залива с апреля по сентябрь ежемесячно с борта НИС «Росгидромет-10» было отобрано 87 проб воды из поверхностного и придонного слоев. В химической лаборатории на борту судна проводятся определения температуры, рН, растворенного кислорода и фиксация проб на аммонийный азот и ртуть, а также экстракция нефтепродуктов четырёххлористым углеродом и пестицидов — гексаном. Окончание определения нефтяных углеводородов, хлорорганических пестицидов и растворённой ртути производилось в группе МЗВП КЛМЗ ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС». Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом; пестициды — газо-жидкостной хроматографией; ртуть — атомно-абсорбционным методом. В тот же период в устьевой области реки и восточной части залива дночерпателем ДЧ-0,025 было отобрано 30 проб донных отложений, в которых была определена концентрация нефтяных углеводородов.

## 2.3. Загрязнение вод

### 2.3.1. Устьевая область реки Дон

Соленость речного стока в устьях рукавов р. Дон в течение всего года была характерна для пресных вод и изменялась в пределах от 0,48‰ до 0,91‰. Максимальное значение было зафиксировано в устье рукава Мертвый Донец 7 июля. Среднегодовая соленость речного стока составила 0,60‰. Значения водородного показателя (рН) в устьях рукавов Дона изменялись в диапазоне от 7,94 до 8,46. Среднегодовое значение показателя составило 8,17. Щелочность изменялась от 3,098 мг-экв/дм<sup>3</sup> до 4,502 мг-экв/дм<sup>3</sup> и в среднем за год составила 3,761 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Несмотря на предпринимаемые меры по сокращению загрязнения речного стока на станциях контроля в дельте р. Дон, здесь по-прежнему наблюдаются превышения концентрации **нефтяных углеводородов** (рис. 2.2). В 62% отобранных проб концентрация превышала ПДК. В отчетном году среднегодовая концентрация в устье рукава Песчаный превысила

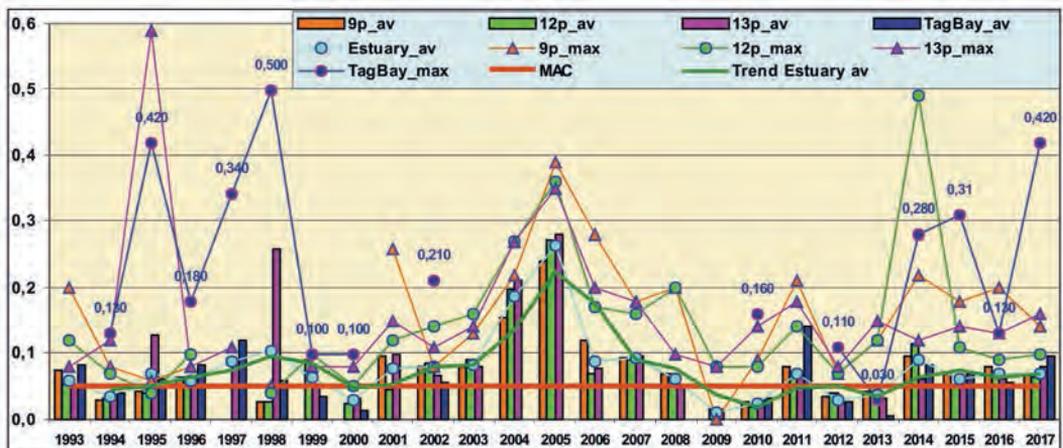


Рис. 2.2. Динамика средней концентрации нефтяных углеводородов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 1993–2017 гг.

ла ПДК в 1,6 раза и составила  $0,08 \text{ мг/дм}^3$ , в рукаве Мертвый Донец — в 1,4 раза ( $0,07 \text{ мг/дм}^3$ ), а в устье рукава Переволока — в 1,2 раза ( $0,06 \text{ мг/дм}^3$ ). Максимальное значение концентрации нефтяных углеводородов (3,2 ПДК) было отмечено в июне в придонном слое протоки Песчаный (табл. 2.1). Степень загрязнения донных отложений рукавов дельты нефтяными углеводородами изменялась от  $0,05 \text{ мг/г}$  до  $0,11 \text{ мг/г}$  (1,0–2,2 ДК). Максимальная концентрация была зафиксирована на станции в устье рукава Переволока в июле. Среднегодовая концентрация СПАВ составила  $14 \text{ мкг/дм}^3$ , а максимальная была зафиксирована в поверхностном слое на станции в устье рукава Переволока в октябре и достигала  $140 \text{ мкг/дм}^3$  или 1,4 ПДК.

На всех станциях в дельте р. Дон обнаружена растворенная **ртуть** в концентрации от  $0,01 \text{ мг/дм}^3$  (1,0 ПДК) в рукавах Мертвый Донец и Песчаный до  $0,029 \text{ мг/дм}^3$  (2,9 ПДК) в рукаве Протока. Хлорорганические **пестициды** групп ГХЦГ и ДДТ в отобранных пробах воды обнаружены не были.

Среднегодовая концентрация нитритного **азота** превышала установленный норматив (ПДК) в 1,3 раза и составила  $31,5 \text{ мкг/дм}^3$ , максимальная концентрация превышала установленный норматив в 4,5 раза ( $108,8 \text{ мкг/дм}^3$ ). Среднегодовая концентрация аммонийного азота составила 0,2 ПДК ( $84,7 \text{ мкг/дм}^3$ ) и достигала 0,6 ПДК в придонном слое в июле на горизонте

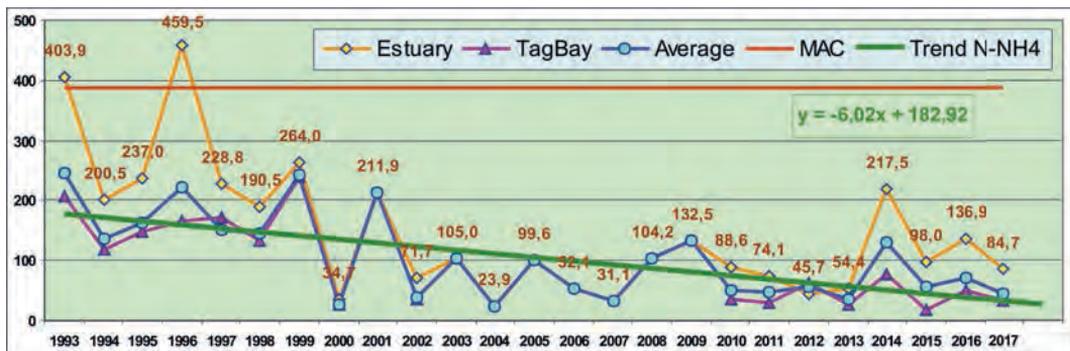


Рис. 2.3. Динамика средней концентрации аммонийного азота ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Дон и Таганрогском заливе в 1993–2017 гг.

7 м в придонном слое на станции в устье рукава Песчаный. В целом содержание аммонийного азота в эстуарной части Таганрогского залива выше, чем в протоках реки (рис. 2.3). Последние 20 лет наблюдалась устойчивая тенденция снижения содержания аммонийного азота как в устьевой области р. Дон, так и в заливе. И хотя в 2014 г. наблюдалось увеличение содержания аммонийного азота преимущественно в рукавах р. Дон, в 2015–2017 гг. последовал спад концентрации аммонийного азота.

Концентрация общего **фосфора** в устьевой области р. Дон изменялась в диапазоне от 53 мкгР/дм<sup>3</sup> (на поверхности в устье рукава Мертвый Донец 24 мая) до 197 мкгР/дм<sup>3</sup> (на поверхности в устье рукава Переволока 18 октября). Среднегодовая концентрация составила 112,7 мкгР/дм<sup>3</sup>, что на 39% меньше, чем в прошлом году. Концентрация фосфатов изменялась в пределах от 38 мкгР/дм<sup>3</sup> до 147 мкгР/дм<sup>3</sup> (на поверхности в устье рукава Мертвый Донец 7 июля). Среднегодовая концентрация составила 93,4 мкгР/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация силикатов в водах устьевой области р. Дон составила 3047 мкг/дм<sup>3</sup>, а минимальная 1739 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация (4400 мкг/дм<sup>3</sup>) была зафиксирована в устье рукава Мертвый Донец 24 мая.

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** в водах рукавов р. Дон составила 9,28 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> и изменялась от 6,17 до 16,46 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (77–154% насыщения) в придонном слое рукава Мертвый Донец 24 мая и в поверхностном слое на той же станции 18 октября соответственно. Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод, а именно по нефтяным углеводородам, ртути, нитритам и растворенному кислороду. В отчетном году качество воды в устьях рукавов р. Дон несколько ухудшилось по сравнению с предыдущим годом. Значение ИЗВ составило 0,95, что позволяет отнести воды к категории «умеренно загрязненные» (табл. 2.2).

### 2.3.2. Таганрогский залив

В 2017 г. температура вод залива в период наблюдений с мая по октябрь была в пределах 12,4–26,6 °С. Соленость изменялась от 0,50‰ до 9,82‰, составив в среднем 3,74‰. Соленость меньше 1‰ зафиксирована на ст. № 2 в мае, июне, июле, августе и сентябре, что было связано с влиянием речного стока. Соленость больше 6‰ отмечалась на станциях № 10 и № 14 в восточной части залива, как на поверхности, так и у дна. Повышенная соленость в Таганрогском заливе связана с вторжением более соленых морских вод при юго-западных и западных ветрах. Хлорность в водах залива изменялась в диапазоне 0,14–5,35‰ при средней за год 1,99‰; щелочность изменялась от 2,302 мг-экв/дм<sup>3</sup> до 4,232 мг-экв/дм<sup>3</sup> и в среднем за год составила 3,331 мг-экв/дм<sup>3</sup>; значения рН изменялись в диапазоне 8,14–9,15, составив в среднем 8,74.

**Нефтяные углеводороды** являются одним из наиболее существенных загрязнителей вод Таганрогского залива. Концентрация НУ изменялась в диапазоне от величины менее предела обнаружения применяемого метода анализа (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе до 0,42 мг/дм<sup>3</sup> (8,4 ПДК), что более чем в 3 раза превосходит показатель прошлого года (2,6 ПДК). При этом повторяемость проб с превышением 1 ПДК составила 53%. Среднегодовое значение концентрации (0,0995 мг/дм<sup>3</sup>) почти в 2 раза больше прошлогоднего значения (0,056 мг/дм<sup>3</sup>), (рис. 2.2). Концентрация СПАВ не превышала ПДК и изменялась в пределах от аналитического нуля (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 57 пробах из 87 до 38 мкг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая составила 6,5 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. в водах Таганрогского залива концентрация растворенной ртути в 21 пробе изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода химического анализа в пяти пробах (DL=0,01 мкг/дм<sup>3</sup>) до 0,032 мкг/дм<sup>3</sup> (3,2 ПДК); среднегодовая величина составила 0,014 мкг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК), что существенно выше прошлогодней (0,005 мкг/дм<sup>3</sup>).

**Биогенные элементы.** Максимальная зафиксированная концентрация аммонийного азота на акватории залива составила 78,1 мкгN/дм<sup>3</sup>, что в 2 раза меньше прошлогодней; среднегодовая равна 33,9 мкгN/дм<sup>3</sup>, что несколько меньше прошлогодней (50,5 мкгN/дм<sup>3</sup>). Как отмечалось ранее [Ежегодник 2016], за последние два десятилетия зафиксирована тенденция существенного снижения среднегодовой концентрации аммонийного азота, как в устьевых протоках Дона, так и в водах Таганрогского залива. В последние годы она обычно была ниже ПДК в 7–8 раз во всех контролируемых водных объектах залива. Концентрация нитритов в заливе изменялась в пределах 9,0–40,2 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальная снизилась по сравнению с прошлым годом в 29 раз (1149 мкгN/дм<sup>3</sup>), а среднегодовая составила 14,8 мкгN/дм<sup>3</sup>, что более чем в 2 раза меньше среднегодового уровня в устьевых протоках Дона. В заливе концентрация нитратов изменялась в пределах 12,84–89,9 мкгN/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение было зафиксировано 25 июля на ст. № 5 у дна, а близкая по величине концентрация была отмечена на этой же станции в то же день на поверхности. Среднегодовая концентрация нитратов в Таганрогском заливе (29,9 мкгN/дм<sup>3</sup>) снизилась по сравнению с прошлогодней в 2 раза (60,3 мкгN/дм<sup>3</sup>).

На акватории залива концентрация фосфора **фосфатов** варьировала в пределах 5,0–71,7 мкгP/дм<sup>3</sup>, по сравнению с прошлым годом (19,3 мкгP/дм<sup>3</sup>) среднегодовая изменилась незначительно и составила 17,5 мкгP/дм<sup>3</sup>. Максимальная величина (71,7 мкгP/дм<sup>3</sup>) была отмечена в конце июля на поверхности в водах ст. № 2. Это почти в четыре раза больше, чем в прошлом году (19,3 мкгP/дм<sup>3</sup>). Содержание общего фосфора изменялось в интервале 12,2–91,3 мкгP/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 48,1 мкгP/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация зафиксирована в конце июля в поверхностном слое на ст. № 5. Концентрация силикатов в водах Таганрогского залива варьировала в пределах 513–6368 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя годовая составила 2734 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация растворенного **кислорода** в водах залива изменялась в исследуемый период в диапазоне 4,19–13,06 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 9,33 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Минимальное значение было зафиксировано 28 августа ст. № 6 на глубине 3 м, при этом насыщение воды кислородом составило 50%. Содержание растворенного кислорода опускалось ниже допустимого предела только в трех пробах у дна на ст. № 6, 10 и 14. В целом уровень содержания растворенного в воде кислорода был близок к своим многолетним значениям.

Расчет значения индекса загрязненности (ИЗВ) производился по трем параметрам, внесшим наибольший вклад в загрязнение вод, а именно по нефтяным углеводородам, ртути, нитритам и растворенному кислороду. В целом по индексу ИЗВ (1,13) воды Таганрогского залива в 2017 г. можно отнести к категории «умеренно загрязненные» (табл. 2.2).

**Таблица 2.1.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах устьевой области р. Дон и Таганрогского залива в 2015–2017 гг.

Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
<i>Устьевая область реки Дон</i>						
НУ	0,06	<b>1,2</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,07	<b>1,4</b>
	0,18	<b>3,6</b>	0,2	<b>4,0</b>	0,16	<b>3,2</b>
СПАВ	1,8	<0,1	9,25	<0,1	14	0,1
	16	0,2	39	0,4	140	1,4
Ртуть	0,008	0,8	0,004	0,4	0,004	0,4
	0,02	<b>2,0</b>	0,018	<b>2,0</b>	0,029	<b>2,9</b>
Азот аммонийный	92,1	0,2	137	0,3	85	0,2
	182	0,4	289	0,6	240	0,6

Нитриты	23,0	1,0	30,0	<b>1,2</b>	31,5	<b>1,3</b>
	52,0	<b>2,2</b>	52,0	<b>2,2</b>	108,8	<b>4,5</b>
Фосфор общий	184		134		113	
	308		246		197	
Растворенный кислород	8,58		7,83		9,28	
	5,93	<b>0,99</b>	6,87		6,17	
% насыщения	96		112		101	
	73		75		77	
<b>Таганрогский залив</b>						
НУ	0,07	<b>1,4</b>	0,06	<b>1,1</b>	0,095	<b>1,9</b>
	0,31	<b>6,2</b>	0,13	<b>2,6</b>	0,42	<b>8,4</b>
СПАВ	16,4	0,2	5,1	<0,1	6,5	<0,1
	66	0,7	33	0,3	38	0,4
Ртуть	0,013	<b>1,3</b>	0,005	0,5	0,014	<b>1,4</b>
	0,02	<b>2,0</b>	0,02	<b>2,0</b>	0,032	<b>3,2</b>
Азот аммонийный	18,2	<0,1	50,5	0,1	33,9	<0,1
	74	0,2	156	0,4	78,1	0,2
Нитриты	12,5	0,5	17,2	0,7	14,7	0,6
	49	<b>2,0</b>	114	<b>4,8</b>	40,2	<b>1,6</b>
Фосфор общий	87,1		53,4		48,1	
	227		119		91,3	
Растворенный кислород	9,04		9,24		9,33	
	5,13	<b>0,86</b>	5,89	<b>0,98</b>	4,19	<b>0,70</b>
% насыщения	102		107		104	
	55		68		50	
<p>Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ и ртути в мкг/дм<sup>3</sup>; аммонийного азота в мкгN/дм<sup>3</sup>, общего фосфора в мкгP/дм<sup>3</sup>. Концентрация α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ была ниже предела обнаружения во всех проанализированных пробах.</p> <p>2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.</p> <p>3. Для всех ингредиентов использованы значения ПДК для пресных вод.</p>						

**Таблица 2.2.** Оценка качества вод устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Устье р. Дон	0,85	III	0,86	III	0,95	III	НУ 1,41; NO <sub>2</sub> 1,31; Hg 0,41; O <sub>2</sub> 0,65
Таганрогский залив	0,96	III	0,66	II	1,13	III	НУ 1,90; NO <sub>2</sub> 0,61; Hg 1,36; O <sub>2</sub> 0,64

#### 2.4. 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 превышала предел обнаружения (DL=20 мкг/г) во всех пробах и изменялась от 50 мкг/г до 110 мкг/г. Максимум отмечен в июле в устье рукава Переволока. Среднегодовое содержание НУ составило 76,7 мкг/г (1,5 ДК). По сравнению с прошлым годом средняя концентрация увеличилась в 2,4 раза, а максимальная — на 22%.

В Таганрогском заливе только на ст. № 4,5,6 с мая по октябрь отобрано 18 проб донных отложений, в которых было определено содержание НУ. Концентрация нефтяных углеводо-

родов изменялась в диапазоне от 30 до 140 мкг/г (max 2,8 ДК), а средняя концентрация составила 71,7 мкг/г (1,4 ДК), что незначительно отличается от значения прошлого года (1,3 ДК). В целом межгодовые вариации содержания НУ в осадках залива можно рассматривать как незначительные.

## 2.5. Устьевое взморье и дельта р. Кубань

### 2.5.1. Система мониторинга устьевое взморья р. Кубань

В 2017 г. в дельте реки Кубань и на ее устьевом взморье в Темрюкском заливе мониторинг водной среды осуществлялся Устьевой ГМС Кубанская («У Кубанская», г. Темрюк). В порту Темрюка (ст. № 1, глубина 5 м) наблюдения проводились в течение всего года, пробы воды отбирались еженедельно. В Темрюкском заливе (ст. № 1, порт Темрюк), на устьевом взморье рукавов Кубань (ст. № 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18) и Протока (ст. № 29, 31), в устьевой области Кубани в гирлях лиманов (ст. № 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у) и в низовьях дельты Кубани у пос. Ачуево и в Петрушином рукаве (ст. № 5у, 6у) — всего на 18 станциях с глубинами 2–11 м. Пробы отбирались один раз в месяц в апреле, июне, августе и октябре (рис. 2.4). Обор проб воды производили с борта маломерного катера «Baltica 745» из поверхностного и придонного слоев. Анализ морской воды на определение гидрохимических параметров, а также концентрации биогенных элементов и загрязняющих веществ выполнялся в Лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ) «У Кубанская». Анализы производились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 243). В пресных водах дельты Кубани определение концентрации веществ выполнялось согласно разработанным в ГХИ РД 52.24-95, 2005, 2006 и «Руководства по химическому анализу поверхностных вод суши», Л., Гидрометеиздат, 1977 г. Определение содержания хлорорганических (группа ДДТ) и фосфорорганических пестицидов, а также растворенной ртути в отобранных пробах воды производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

### 2.5.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива

**Низовья дельты реки Кубань — район 1.** Отбор 12 проб был произведен в двух точках, расположенных устья рукава Протока у пос. Ачуево (станция № 5у) и 500 м выше по течению



**Рис. 2.4.** Станции отбора проб в Темрюкском заливе, в устьевой области и дельте р. Кубань в 2017 г. Районы:

- 1 — дельта Кубани;
- 2 — порт Темрюк;
- 3 — взморье Кубани;
- 4 — взморье Протоки;
- 5 — протоки лиманов.

от устья Петрушина рукава (станция № 6у). В устьях обоих рукавов Кубани вода была практически пресная — соленость не превышала 0,30‰, средняя 0,27‰ (табл. 2.3). Средняя многолетняя соленость за последние 10 лет составила 0,46‰, а за последние 5 лет — 0,25‰ при средней за весь период наблюдений 0,44‰. Среднее значение хлорности за последние 10 лет составило 0,14‰, а за последние 5 лет составило 0,24‰, при средней за весь период наблюдений — 0,12‰. Водородный показатель pH, характеризующий кислотность вод за последние 10 лет изменялся в пределах 7,75–8,70, составив в среднем 8,21, а щелочность соответственно от 1,632 мг-экв/дм<sup>3</sup> до 4,866 мг-экв/дм<sup>3</sup>, при средней за период наблюдений 2,669 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 2.3.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров и концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Темрюкского залива и в устьевой области р. Кубань в 2017 г.

Район	Т°С	Sal. ‰	O <sub>2</sub> * мг/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> %*	pH	PO <sub>4</sub>	P <sub>общ</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	N <sub>общ</sub>	Si
1. Низовья дельты реки Кубань (устьевая область) — район 1 (ст. 5у, 6у)	18,7	0,27	8,82	94	8,33	27,6	47,5	18,4	1162	183	-	1889
	27,9	0,30	7,29	83	8,70	49	68	35	1770	230	-	2200
2. Порт Темрюк — район 2 (ст. 1)	13,4	12,5	9,08	90	8,21	19,5	49	12,2	199	200	1186	408
	27,4	14,3	3,70	47	8,55	48	77	37	300	300	2600	940
3. Взморье реки Кубань — район 3 (ст. 2, 4, 10, 12, 15, 16, 18)	18	11,6	8,62	95	8,21	7,18	21	5,88	338	171	1023	548
	28	14,2	5,80	71	8,60	38	55	18	1670	210	2600	1750
4. Взморье рукава Протока — район 4 (ст. 29,31)	16,7	11,6	8,78	95	8,24	6,44	27,7	6,75	302	171	892	540
	25,2	13,5	7,10	83	8,45	23	39	16	780	190	1220	1200
5. Гирла лиманов — район 5 (ст. 8у, 9у, 10у, 11у, 17у, 18у)	17,7	3,44	8,9	90	8,44	4,47	21	9,81	299	198	-	936
	27,5	9,33	6,64	63	8,85	20	39	71	1240	280	-	2250

\* средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода в мг/дм<sup>3</sup> и % насыщения.

Концентрация ионов **аммония** в устьях обоих рукавов Кубани изменялась от 150 до 230 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 183 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 2.3), максимум был зафиксирован в Протоке в начале октября; среднегодовое значение в Петрушином рукаве равно прошлогоднему и составило 169 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК для пресных вод), а в рукаве Протока немного больше — 212 мкг/дм<sup>3</sup>. Среди остальных районов контроля в Темрюкском заливе концентрация аммония в водах рукавов Кубани обычно была наименьшей. Среднегодовое содержание других форм азота и силикатов в водах Петрушина рукава и в рукаве Протока составило: нитритов 16,9 и 21,5 мкг/дм<sup>3</sup> (0,9 ПДК); нитратов 1110 и 1265 мкг/дм<sup>3</sup> (0,14 ПДК); силикатов 1876 и 1915 мг/дм<sup>3</sup> соответственно. Наибольшее содержание кремнекислоты было зафиксировано в Протоке 4 апреля. В отличие от аммонийного азота содержание минерального фосфора в водах рукавов Кубани обычно выше, чем на других контролируемых участках акватории (рис. 2.5). Если средняя по всему заливу составляла в 2017 г. только 10,3 мкг/дм<sup>3</sup>, то в речных водах она доходила до 27,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Общий тренд содержания фосфатов за три десятилетия практически не выявлен и вариации среднего очень незначительные, однако в воде рукавов Кубани концентрация существенно выше и межгодовые изменения бывают очень существенными. Среднегодовая концентрация фосфатов в Петрушином рукаве составила 24,5 мкг/дм<sup>3</sup>, а в рукаве Протока 33,8 мкг/дм<sup>3</sup>; общего фосфора — 46,9 и 48,8 мг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Концентрация **нефтяных углеводородов** на обеих станциях изменялась от значений ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в двух пробах из рукава Протока до максимальной 0,07 мг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК), зафиксированной в поверхностном слое Петрушина рукава в июне и августе (табл. 2.4). Среднегодовая концентрация НУ в Петрушином



Рис. 2.5. Динамика среднегодовой концентрации фосфатов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах устьевой области р. Кубань и Темрюкского залива в 1990–2017 гг.

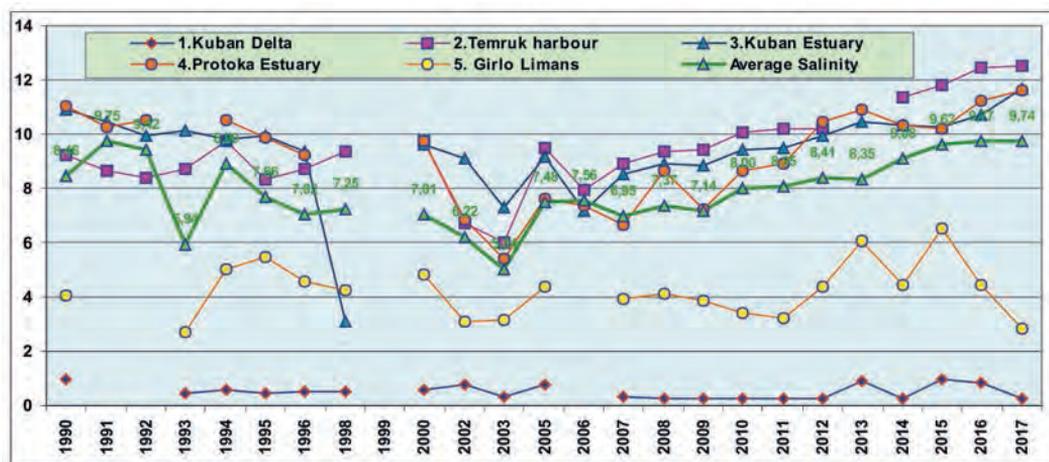
рукаве, оказалась несколько ниже прошлогодней и составила  $0,045 \text{ мг/дм}^3$  ( $0,9 \text{ ПДК}$ ). В рукаве Протока максимальная концентрация составила  $0,06 \text{ мг/дм}^3$  ( $1,2 \text{ ПДК}$ ), а средняя  $0,03 \text{ мг/дм}^3$  ( $0,6 \text{ ПДК}$ ). Средняя по обоим рукавам концентрация составила  $0,04 \text{ мг/дм}^3$  ( $0,8 \text{ ПДК}$ ). Начиная с 2000 г. и средняя, и максимальная концентрация НУ в целом снизилась примерно до норматива и остается относительно стабильной на этом уровне (рис. 2.6). Очевидно, что межгодовые изменения максимальных значений должны быть существеннее, чем усредненные. В течение всего года во всех отобранных пробах концентрация СПАВ была ниже предела обнаружения ( $DL=10 \text{ мкг/дм}^3$ ). Хлорорганические пестициды  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и его изомер ДДЕ обнаружены не были.



Рис. 2.6. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации нефтяных углеводородов ( $\text{мг/дм}^3$ ) в водах рукавов реки Кубань в 1990–2017 гг.

Концентрация растворенного **кислорода** в обоих рукавах была высокой и не опускалась ниже  $7,29 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , а средняя годовая составила  $8,82 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Насыщение речных вод кислородом было в пределах 83–112%, в среднем 94%. По ИЗВ (0,70) воды низовьев дельты реки Кубань в устье Петрушина рукава и в рукаве Протока у пос. Ачуево относились ко II классу качества вод, «чистые» (табл. 2.5). Расчет был произведен по среднегодовому содержанию **НУ**, фосфатов и нитритов.

**Порт Темрюк — район 2.** В 2017 г. отбор проб осуществлялся на одной станции в середине канала порта напротив затона Чирчик ежемесячно с января по декабрь. Температура, соленость, рН, растворенный кислород и нефтяные углеводороды контролировались ежедекадно. Измерение щелочности и анализы на содержание сероводорода, кремния, аммония, нитритов, нитратов и общего азота, фосфатов и общего фосфора, СПАВ и ртути производились один раз в месяц. Температура воды в течение 2017 года изменялась от  $-0,20 \text{ }^\circ\text{C}$  (15 февраля) до  $27,4 \text{ }^\circ\text{C}$  (4 июля). Соленость воды в канале порта изменялась от 8,02‰ до 14,28‰. Среднегодовая величина солености составила 12,49‰ и практически совпала с прошлогодней. Как было отмечено в Ежегоднике за 2016 г., начиная с 2006 г. наблюдается постепенное увеличение солености в устьевой области реки Кубань (рис. 2.7). Хлорность в течение 2017 года изменялась в диапазоне 4,35–7,84‰, среднегодовая составила 6,84‰; щелочность была в пределах 2,279–2,875 мг-экв/дм<sup>3</sup>, а средняя за год составила 2,605 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Водородный показатель рН изменялся в пределах от 7,70 до 8,55, среднегодовое значение составило 8,21.



**Рис. 2.7.** Динамика среднегодовой солености (‰) вод канала порта Темрюк в 1990–2017 гг.

Во всех 72 отобранных в течение года пробах воды концентрация **НУ** была выше предела обнаружения ( $DL=0,02 \text{ мг/дм}^3$ ), а в 40 пробах равнялась или была выше ПДК. Максимальная концентрация была зафиксирована в поверхностном слое 15 мая и составила  $0,23 \text{ мг/дм}^3$  (4,6 ПДК), (табл. 2.4). Средняя концентрация **НУ** составила  $0,052 \text{ мг/дм}^3$  (1,0 ПДК).

Концентрация **СПАВ** в 2017 г. была выше предела обнаружения применяемого метода химического анализа ( $DL=10 \text{ мкг/дм}^3$ ) в 11 пробах из 24; максимум достигал  $19 \text{ мкг/дм}^3$ , а среднегодовое значение составило  $7,3 \text{ мкг/дм}^3$ . Концентрация хлорорганических пестицидов ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганических соединений (метафос, карбофос, фозалон и рогор) в отчетном году в водах канала порта Темрюк была ниже предела обнаруже-

ния ( $DL=5$  и  $2 \text{ нг/дм}^3$ ) во всех пробах. В 36 пробах, отобранных в течение года из поверхностного и придонного слоев, сероводород обнаружен не был. В 4 из 12 отобранных проб была обнаружена растворенная ртуть в концентрации  $0,01-0,017 \text{ мкг/дм}^3$  ( $0,1-0,17$  ПДК); среднегодовая составила  $0,0044 \text{ мкг/дм}^3$  ( $0,04$  ПДК).

Концентрация биогенных веществ в водах канала порта Темрюк в течение всего года не превышала ПДК. Содержание аммонийного азота изменялось от  $0,3$  до  $0,9$  ПДК ( $110-300 \text{ мкг/дм}^3$ ). Среднегодовая концентрация проанализированных проб составила  $199,6 \text{ мкг/дм}^3$  ( $0,5$  ПДК) и осталась на прошлогоднем уровне. Диапазон концентрации нитритов изменился незначительно по сравнению с прошлым годом ( $3-34 \text{ мкг/дм}^3$  или  $0,12-1,4$  ПДК в 2016 г.) и составил  $1-37 \text{ мкг/дм}^3$  или  $0,1-1,5$  ПДК; максимум отмечен 3 ноября у дна, а среднегодовая составила  $12,3 \text{ мкг/дм}^3$  или  $0,5$  ПДК. Содержание нитратов изменялось в пределах  $100-1160 \text{ мкг/дм}^3$ , что значительно выше прошлогодних значений. Наибольшая величина ( $0,13$  ПДК) зафиксирована 2 мая в поверхностном слое. Средняя концентрация нитратов составила  $359 \text{ мкг/дм}^3$ , что несколько больше прошлогодней ( $226 \text{ мкг/дм}^3$ ). Содержание общего азота в воде канала порта варьировало в пределах  $560-2600 \text{ мкг/дм}^3$ ; среднегодовая концентрация составила  $1186 \text{ мкг/дм}^3$ , что на  $20\%$  больше, чем в прошлом году ( $986 \text{ мкг/дм}^3$ ). Средняя за последние 5 лет концентрация общего азота составила  $983 \text{ мкг/дм}^3$ .

Наибольшее содержание фосфатов ( $48 \text{ мкг/дм}^3$ ) было отмечено 4 октября в придонном слое на глубине  $5$  м, а средняя годовая концентрация составила  $19,5 \text{ мкг/дм}^3$ . Концентрация общего фосфора изменялась в пределах  $23-77 \text{ мкг/дм}^3$ , а средняя равнялась  $49,0 \text{ мкг/дм}^3$ , что очень близко к прошлогоднему значению ( $46,0 \text{ мкг/дм}^3$ ). Концентрация силикатов изменялась от  $96 \text{ мкг/дм}^3$  в апреле в обоих слоях воды до  $940 \text{ мкг/дм}^3$  в конце года в октябре. Средняя годовая концентрация силикатов составила  $408 \text{ мкг/дм}^3$ .

В 10 пробах воды из 72, отобранных в канале как с поверхности, так и у дна, в мае-сентябре концентрация растворенного в воде кислорода была ниже норматива ( $6,0 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ). Наименьшее содержание ( $3,70 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ,  $47\%$  насыщения) было зафиксировано 25 сентября у дна при температуре воды  $22,7^\circ\text{C}$ . Среднегодовая концентрация составила  $9,08 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . В течение года насыщение вод растворенным кислородом менялось в диапазоне  $47\%-118\%$ , в среднем  $90,4\%$ . В 2017 г, воды канала порта Темрюк по ИЗВ ( $0,69$ ), рассчитанному по средней концентрации  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$  и растворенного кислорода (табл. 2.5), относились ко II классу качества, «чистые». По сравнению с предыдущим годом качество вод незначительно ухудшилось.

**Взморье реки Кубань — район 3.** В 2017 г. наблюдения проводились на 7 станциях в апреле, июне, августе и октябре. Из поверхностного и придонного слоев было отобрано 56 проб воды. Соленость вод взморья Кубани изменялась в диапазоне  $0,87-14,24\%$ . Минимальная соленость была отмечена 20 июня в поверхностном слое в море в  $600$  м от устья рукава Средний. Максимум зафиксирован 4 октября в море на траверзе гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана в придонном слое. Средняя соленость воды на взморье р. Кубань составила  $11,65\%$ . Хлорность вод взморья р. Кубань изменялась в пределах  $0,37-7,82\%$ , среднегодовая величина составила  $6,38\%$ . Температура воды на взморье Кубани изменялась в течение года от  $8,0^\circ\text{C}$  5 апреля на станциях № 2, 4 и 18 у дна в море в  $600$  м и  $7$  км от устья Пересыпского гирла до  $27,5^\circ\text{C}$  14 августа у поверхности в море в  $600$  м от устья рукава Среднего. Показатель pH изменялся в диапазоне  $7,85-8,60$ . Минимум был зарегистрирован у дна на двух станциях (№ 10 и 12) 20 июня. Щелочность изменялась от  $2,290$  до  $2,795 \text{ мг-экв/дм}^3$  на станции № 12 в море, в  $600$  м от устья р. Кубань у рукава Средний. Минимум был зафиксирован 14 августа, а максимум — 4 апреля. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от  $0,3$  до  $3,8$  м.

За период наблюдений в 2017 г. концентрация **НУ** изменялась от значений ниже предела определения применяемого метода ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) в шести пробах из 56 проанализированных до 0,08 мг/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК). Максимум был отмечен 20 июня на поверхности взморья у рукава Средний в 600 м от устья р. Кубань. Среднегодовая концентрация составила 0,031 мг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК). В 2017 г. концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 9 случаях из 56 (16%). Средняя годовая концентрация за последние 5 лет стабилизировалась около 0,030 мг/дм<sup>3</sup> и была ниже, чем средняя по всему Темрюкскому заливу: 0,028; 0,032; 0,034; 0,032 и 0,031 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.8).

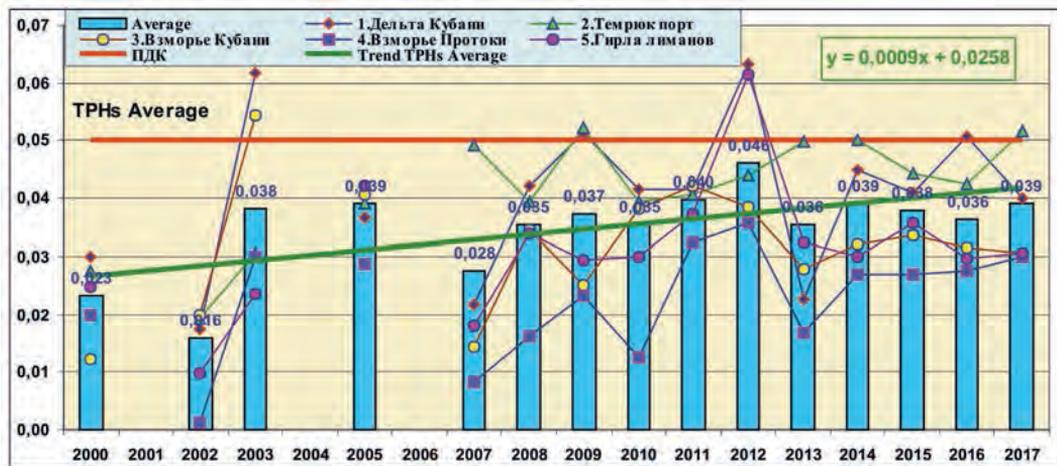


Рис. 2.8. Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в различных районах Темрюкского залива в 2000–2017 гг.

Содержание СПАВ в водах взморья Кубани в концентрации более 100 мкг/дм<sup>3</sup> (1 ПДК) не наблюдалось за последние 19 лет с 1995 г. В 2017 г. только в 6 пробах содержание детергентов было выше предела обнаружения ( $DL=10$  мкг/дм<sup>3</sup>), средняя годовая концентрация составила 1,2 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум составил 12 мкг/дм<sup>3</sup>. В двух пробах из восьми проанализированных была обнаружена растворенная ртуть в концентрации 0,01 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК). Хлорорганические ( $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (ФОС: метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды в водах взморья обнаружены не были.

Концентрация аммонийного азота на взморье Кубани изменялась в диапазоне от 140 до 210 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был отмечен 10 октября в поверхностном слое в море в 600 м от устья рукава Среднего. Средняя годовая концентрация составила 0,4 ПДК (171 мкг/дм<sup>3</sup>), что несколько больше прошлогоднего значения (157 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация нитритов изменялась в диапазоне 2–18 мкг/дм<sup>3</sup>, что более чем в 2 раза меньше прошлогодней величины (38 мкг/дм<sup>3</sup>) и в точности совпадает с концентрацией, зафиксированной в 2015 г. Средняя годовая концентрация составила 5,88 мкг/дм<sup>3</sup> (0,24 ПДК), что более чем в 2 раза меньше прошлогоднего значения (13,7 мкг/дм<sup>3</sup> — 0,6 ПДК). Содержание нитратов изменялось от 85 мкг/дм<sup>3</sup> до 1670 мкг/дм<sup>3</sup> (0,18 ПДК); среднегодовая величина составила 338 мкг/дм<sup>3</sup>, что по своему значению близко к прошлогодней (324 мкг/дм<sup>3</sup>). Как и в случае с нитритами, за последние 5 лет отмечена тенденция роста концентрации нитратов. Содержание общего азота изменялось в 16 пробах в пределах 610–2600 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация составила 1023 мкг/дм<sup>3</sup>, что по своей величине очень близко к прошлогоднему значению (1075 мкг/дм<sup>3</sup>). За последние 5 лет (2013–2017 гг.)

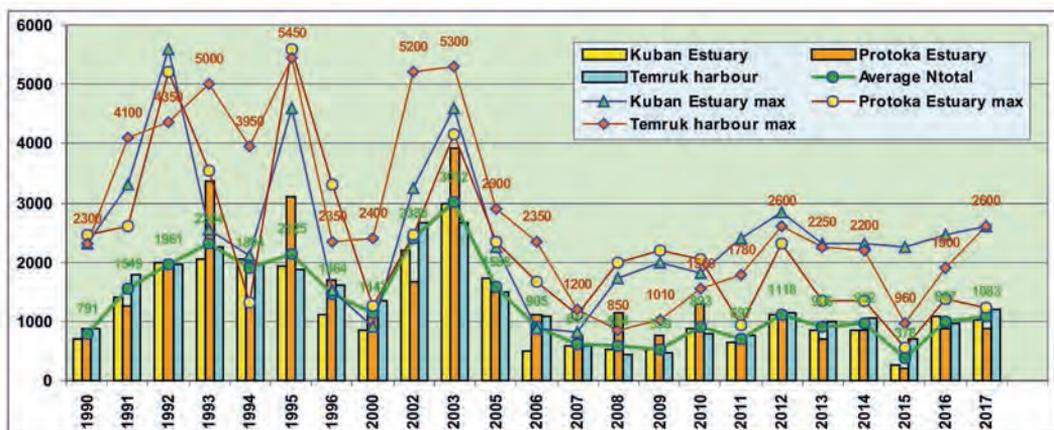


Рис. 2.9. Динамика среднегодовой и максимальной концентрации общего азота (мкг/дм<sup>3</sup>) в различных районах Темрюкского залива в 1990–2017 гг.

в водах взморья Кубани отмечается тенденция роста концентрации нитратов (200; 217; 216; 154; 324 и 338 мкг/дм<sup>3</sup>) и повышение концентрации общего азота в два последних года до уровня начала пятилетки (1113; 861; 845; 253; 1075 и 1023 мкг/дм<sup>3</sup>), (рис. 2.9).

Концентрация **фосфора** фосфатов в течение года изменялась от значений менее предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=2 мкг/дм<sup>3</sup>, 10 проб из 56) до 38 мкг/дм<sup>3</sup> (0,76 ПДК для мезотрофных водоемов), что более чем в 3 раза меньше прошлогодней величины (120 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая величина составила 7,2 мкг/дм<sup>3</sup> (0,14 ПДК). Концентрация **силикатов** в водах взморья Кубани изменялась в пределах от 150 мкг/дм<sup>3</sup> до 1750 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован в поверхностном слое в 600 м от устья рукава Средний 5 апреля. Средняя годовая концентрация (548 мкг/дм<sup>3</sup>) была несколько меньше прошлогодней (603 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация растворенного **кислорода** изменялась от 5,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 11,50 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Минимальное значение было зафиксировано 20 июня у дна на глубине 7 м в море в 2 км от приемного буя п. Темрюк. Среднегодовая концентрация составила 8,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Сероводород в 28 проанализированных пробах не обнаружен. Расчет индекса загрязненности выполнен по среднегодовой концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода. По индексу загрязненности ИЗВ (0,50) воды взморья Кубани в 2017 г., также как и в предыдущие годы, относятся ко II классу, «чистые».

**Взморье рукава Протока — район 4.** В 2017 г. наблюдения на взморье рукава Протока выполнялись 4 апреля, 6 июня, 3 августа и 9 октября на двух станциях с глубинами 6 и 10 м. Всего отобрано 16 проб. Соленость вод взморья Протоки изменялась от 6,84‰ до 13,47‰, среднегодовая составила 11,63‰. Средняя многолетняя за последние 5 лет соленость в этом районе составила 10,85‰. Хлорность изменялась в диапазоне 3,71–7,39‰; среднегодовая 6,36‰. Температура воды за время исследований изменялась от 8,0 °С в апреле на глубине 10 м у дна до 25,2 °С на поверхности в августе. Показатель рН изменялся в пределах от 7,95 до 8,45; среднегодовая величина 8,24. Щелочность в водах взморья Протоки изменялась от 2,361 мг-экв/дм<sup>3</sup> в апреле в придонном слое до 2,918 мг-экв/дм<sup>3</sup> в августе в поверхностном слое; среднегодовая концентрация составила 2,626 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Прозрачность вод по диску Секки варьировала от 1,2 до 2,2 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в 2017 г. изменялась от предела обнаружения применяемого метода ( $DL=0,02$  мг/дм<sup>3</sup>) в 2 пробах, как у поверхности, так и у дна до 0,06 мг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК). Наибольшее значение было отмечено 6 июня в 4,4 км от устья рукава Протока на поверхности залива. Средняя за год концентрация составила 0,030 мг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК). Содержание СПАВ во всех отобранных пробах было ниже предела определения применяемого метода ( $DL=10$  мкг/дм<sup>3</sup>). Хлорорганические ( $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ) и фосфорорганические (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестициды в водах взморья Протоки обнаружены не были. Растворенная ртуть была обнаружена в одной из четырех исследованных проб в концентрации 0,01 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК).

Концентрация аммонийного **азота** в водах взморья Протоки в 2017 г. изменялась от 150 до 190 мкг/дм<sup>3</sup> (0,48 ПДК). Максимальное значение зафиксировано 6 июня на ст. № 29 в обоих слоях воды в 4,4 км от устья рукава. Среднегодовая концентрация составила 172 мг/дм<sup>3</sup> (0,44 ПДК). Содержание нитритов изменялось в пределах 0,12–0,67 ПДК (3–16 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая концентрация составила 0,28 ПДК (6,8 мкг/дм<sup>3</sup>). Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 150–780 мкг/дм<sup>3</sup>. Наибольшее значение (0,08 ПДК) зафиксировано 6 июня на поверхности в 4,4 км от устья рукава Протока. Среднегодовая концентрация составила 303 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание общего азота в 8 проанализированных пробах изменялось от 740 мкг/дм<sup>3</sup> до 1220 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание общего азота составило 893 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **фосфатов** в 12 отобранных в 2017 г. пробах была ниже предела обнаружения применяемого метода ( $DL=2,0$  мг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе и доходила до 23 мкг/дм<sup>3</sup> (0,46 ПДК), средняя за год составила 6,4 мкг/дм<sup>3</sup> (0,12 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось от 23,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 39,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация составила 27,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 230–1200 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен 3 августа в поверхностном слое в рукаве Протока в 4,4 км от устья. Среднегодовая концентрация составила 540 мкг/дм<sup>3</sup>, что близко к значению прошлого года (504 мкг/дм<sup>3</sup>).

Содержание растворенного в воде **кислорода** на взморье Протоки в 2017 г. изменялось от 7,10 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 11,35 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; значений ниже нормы зафиксировано не было. Среднегодовая концентрация растворенного кислорода составила 8,78 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,78 ПДК). Сероводород на взморье Протоки в 8 отобранных в марте и июне пробах обнаружен не был. В 2017 г. по **ИЗВ** (0,50) воды взморья рукава Протока в Темрюкском заливе относились ко II классу качества вод («чистые») и качество воды несколько улучшилось по сравнению с предыдущим годом. Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода.

**Устьевая область р. Кубань (гирла лиманов) — район 5.** Наблюдения вблизи гирл лиманов в 2017 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 обработано 32 пробы воды из поверхностного и придонного слоев на шести мелководных точках с глубинами 2–4 м.

**Соленость** вод устьевой области изменялась в широком диапазоне от пресных вод с соленостью 0,44‰ до морских вод с 9,33‰. Средняя за год соленость составила 2,81‰. Низкие значения солености характерны для станций 9у, 10у, 11у и 17у и были зафиксированы в апреле, июне, августе и октябре. Хлорность вблизи устьев гирл в устьевой области р. Кубань изменялась в диапазоне 0,13–5,08‰. Соленость и хлорность вод свидетельствуют о значительной зависимости гидрохимических характеристик от пресноводного стока. Температура воды в гирлах лиманов изменялась от 9,1 °С в апреле до 27,8 °С в августе. Показатель рН изменялся

в пределах 7,70–8,85. Максимальное значение показателя отмечено в 3 апреля в 500 м от устья гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Среднегодовое значение показателя составило 8,48. Общая щелочность варьировала от 2,136 до 3,791 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая величина составила 2,807 мг-экв/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **НУ** была ниже предела обнаружения применяемого метода (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в четырех из 32 отобранных проб. Максимум (0,07 мг/дм<sup>3</sup>–1,4 ПДК) был отмечен 2 августа на поверхности в 500 м от устья гирла Пересыпское Ахтанизовского лимана. Средняя величина за год составила 0,031 мг/дм<sup>3</sup> (0,62 ПДК) и была близкой к прошлогодней (0,030 мг/дм<sup>3</sup>). Только в 6 пробах из 32 содержание **СПАВ** было выше предела обнаружения применяемого метода (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальное зафиксированное значение (12 мкг/дм<sup>3</sup>) не изменилось и осталось равным прошлогоднему; среднегодовая величина составила 2,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,02 ПДК). Среднегодовая концентрация составила 936,6 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. хлорорганические пестициды  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ в водах взморья обнаружены не были. Последний раз пестициды были здесь зарегистрированы в 1995 г.

Концентрация аммонийного **азота** в устьевой области р. Кубань в 2017 г. изменялась от 120 мкг/дм<sup>3</sup> до 280 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая составила 198 мкг/дм<sup>3</sup> (0,51 ПДК), что несколько меньше прошлого года (0,58 ПДК). Концентрация нитритов изменялась от аналитического нуля в пяти пробах воды до 71 мкг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая 9,8 мкг/дм<sup>3</sup> (0,41 ПДК) была несколько меньше прошлогодней (0,56 ПДК). Концентрация нитратов изменялась в пределах от 91 мкг/дм<sup>3</sup> до 1240 мкг/дм<sup>3</sup>, среднегодовая составила 299 мкг/дм<sup>3</sup> и фактически осталась на уровне прошлогодней. Содержание **фосфатов** изменялось в пределах 0–20 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК); среднегодовая величина 4,5 мкг/дм<sup>3</sup> (0,09 ПДК). Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 9–39 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум был зафиксирован 6 апреля в 500 м от устья гирла Зозулиевское; среднегодовая концентрация составила 21 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация кремния изменялась в диапазоне 170–2250 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен 14 июня на поверхности в море в 500 м от устья гирла Куликовское.

Содержание растворенного в воде **кислорода** в прилегающих к устьям лиманов участкам устьевой области р. Кубань в 2017 г. изменялось в диапазоне 4,94–11,15 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> при этом среднее значение (8,58 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) оказалось несколько больше прошлогоднего (8,26 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Концентрация растворенного кислорода ниже норматива была только в одной пробе, отобранной 15 августа с поверхности в 500 м от устья гирла Зозулиевское. Процент насыщения вод кислородом изменялся в пределах 63–112%. Среднее насыщение составило 90%. Наличие сероводорода в 16 проанализированных пробах не обнаружено. В 2017 г. по ИЗВ (0,56) воды гирл лиманов относились ко II классу качества вод («чистые»). Состояние вод по сравнению с предыдущим годом осталось на прежнем уровне. Расчет выполнен по средней концентрации НУ, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> и растворенного кислорода.

**Таблица 2.4.** Среднегодовая и максимальная концентрация биогенных и загрязняющих веществ в водах Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельте р. Кубань в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
1. Дельта реки Кубань — район 1 (станции №№ 5у, 6у)	НУ	0,041	0,82	0,05	1,0	0,040	0,8
		0,07	1,4	0,08	1,6	0,07	1,4
	СПАВ	0		0		0	
		0		0		0	
	Аммоний	115	0,2	171	0,4	183	0,5
		180	0,4	260	0,7	230	0,6

1. Дельта реки Кубань — район 1 (станции №№ 5у, 6у)	Фосфаты	21,2	0,4	22,0	0,4	27,6	0,6
		54,0	<b>1,1</b>	24,5	0,5	49	0,98
	Растворенный кислород	8,49		8,34		8,82	
		6,49		6,83		7,29	
	% насыщения	94		89		94	
79			80		83		
2. Темрюкский залив: п. Темрюк — район 2 (станция № 1)	НУ	0,044	0,9	0,04	0,8	0,05	1,0
		0,24	<b>4,8</b>	0,17	<b>3,4</b>	0,23	<b>4,6</b>
	СПАВ	9,5	<0,1	11	0,1	7,3	<0,1
		34	0,3	33	0,3	19	0,2
	Ртуть	0,0057	<0,1	0,0044	<0,1	0,0044	<0,1
		0,02	0,2	0,02	0,2	0,017	0,2
	Аммоний	161	0,4	193	0,5	200	0,5
		300	0,8	520	1,3	300	0,8
	Растворенный кислород	9,06		9,20		9,08	
		4,39	<b>0,73</b>	4,39	<b>0,73</b>	3,70	<b>0,62</b>
% насыщения	91		92		90		
	57		49		47		
3. Темрюкский залив: взморье р. Кубань — район 3 (ст.№№ 2, 4, 10, 12, 16, 16, 18)	НУ	0,033	0,7	0,032	0,6	0,031	0,6
		0,11	<b>2,2</b>	0,09	<b>1,8</b>	0,08	<b>1,6</b>
	СПАВ	2,2	<0,1	1,3	<0,1	1,2	<0,1
		13	0,1	11	0,1	12	0,1
	Ртуть	0,0006	<0,1	0,004	<0,1	0,0025	<0,1
		0,005	<0,1	0,01	0,1	0,01	0,1
	Аммоний	194	0,5	157	0,4	171	0,4
		1020	<b>2,6</b>	510	<b>1,3</b>	210	0,5
	Растворенный кислород	8,39		8,19		8,62	
		4,92	<b>0,82</b>	1,71	<b>0,3</b>	5,80	<b>0,97</b>
% насыщения	95		92		95		
	58		49		71		
4. Темрюкский залив: взморье рукав Протока — район 4 (ст.№№ 29, 31)	НУ	0,026	0,5	0,030	0,6	0,030	0,6
		0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>	0,06	<b>1,2</b>
	СПАВ	0		0		0	
		0		10	0,1	0	
	Ртуть	0,0028	<0,1	0		0,0025	<0,1
		0,011	0,1	0		0,01	0,1
	Аммоний	212	0,5	155	0,4	172	0,4
		920	<b>2,4</b>	280	0,7	190	0,5
	Растворенный кислород	8,49		8,21		8,78	
		6,47		3,50	<b>0,58</b>	7,10	
% насыщения	95		92		95		
	78		47		83		
5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов — район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 12у, 18у)	НУ	0,036	0,7	0,030	0,6	0,031	0,61
		0,23	<b>4,6</b>	0,08	<b>1,6</b>	0,07	<b>1,4</b>
	СПАВ	2,0	<0,1	4,0	<0,1	2,1	<0,1
		12,0	0,1	12,0	0,1	12	0,1
	Аммоний	154	0,4	225	0,6	198	0,5
		310	0,8	630	<b>1,6</b>	280	0,7

5. Устьевая обл. р. Кубань: гирла лиманов — район 5 (станции №№ 8у, 9у, 10у, 11у, 12у, 18у)	Растворенный кислород	8,51		8,26		8,58	
		3,19	<b>0,53</b>	5,22	<b>0,87</b>	4,94	<b>0,82</b>
	% насыщения	89		93		90	
		74		60		63	
Примечания: 1. Концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм <sup>3</sup> ; СПАВ, аммонийного азота, фосфора фосфатов и ртути — в мкг/дм <sup>3</sup> . 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение. 3. Для всех определяемых ингредиентов в водах дельты реки Кубани (район № 1) использованы значения ПДК для пресных вод. 4. Концентрация всех определяемых в воде хлорорганических ( $\alpha$ -ГХЦГ, $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЭ), и фосфорорганических (метафос, карбофос, фозалон и рогор) пестицидов не превышала предела обнаружения использованного метода анализа.							

**Таблица 2.5.** Оценка качества вод Темрюкского залива Азовского моря, устьевой области и дельты реки Кубань по ИЗВ в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
<b>Дельта реки Кубань</b>							
1. Дельта — район 1	0,65	II	0,78	III	0,70	II	НУ 0,80; NO <sub>2</sub> 0,77; PO <sub>4</sub> 0,55; O <sub>2</sub> 0,68
<b>Темрюкский залив</b>							
2. Порт Темрюк — район 2	0,60	II	0,62	II	0,69	II	НУ 1,04; NO <sub>2</sub> 0,51; NH <sub>4</sub> 0,54; O <sub>2</sub> 0,66
3. Взморье рукава Кубань — район 3	0,57	II	0,59	II	0,50	II	НУ 0,61; NH <sub>4</sub> 0,46; NO <sub>2</sub> 0,24; O <sub>2</sub> 0,70
4. Взморье рукава Протока — район 4	0,55	II	0,57	II	0,50	II	НУ 0,60; NH <sub>4</sub> 0,44; NO <sub>2</sub> 0,28; O <sub>2</sub> 0,68
<b>Устьевая область реки Кубань — гирла лиманов</b>							
5. Гирла лиманов — район 5	0,54	II	0,62	II	0,56	II	НУ 0,61; NH <sub>4</sub> 0,51; NO <sub>2</sub> 0,41; O <sub>2</sub> 0,70

## Выводы

Воды устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива, как и в предыдущие годы, характеризуются повышенным содержанием нефтяных углеводородов, аммонийного азота, нитритов и ртути. Основным источником поступления загрязняющих веществ является сток реки Дон. Качество вод устьевых протоков р. Дон и Таганрогского залива в 2017 г. по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,95 и 1,13) может быть оценено как «умеренно загрязненные», III класс качества. Качество вод различных районов Темрюкского залива остается стабильным в последние годы на уровне II класса качества, «чистые». Основными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, аммоний, нитриты и фосфаты. Соленость вод залива имеет тенденцию к возрастанию, а загрязнение вод СПАВ и хлорорганическими пестицидами можно считать несущественным.

## 2.6. Керченский пролив. Северная узость (разрез порт Крым — порт Кавказ).

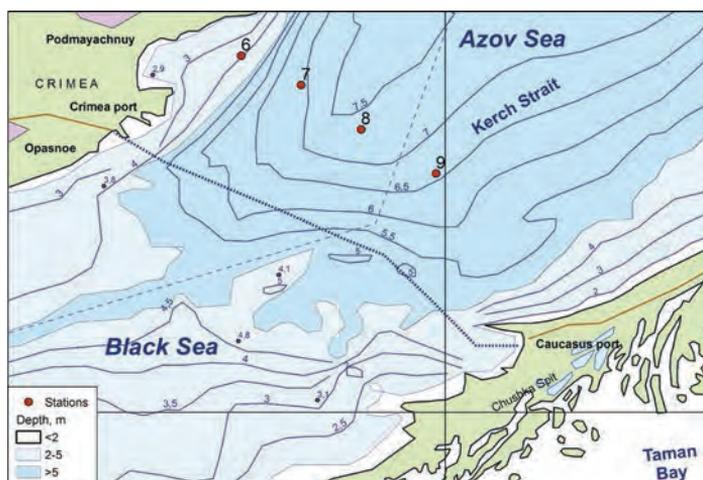
В 2017 г. мониторинг состояния морских вод в северной узости Керченского пролива проводился Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Керчи (ЛМЗОС) в безледный период с апреля по октябрь на 4 станциях (глубина 4,5–8 м) разреза между портами Крым и Кавказ (рис. 2.10). Всего было отобрано 192 пробы воды из поверхностного и при-

донного слоев и выполнено 2736 измерений. Экспедиционные исследования проводились совместно с сотрудниками МГ «Опасное» с борта м/к «Обь». Анализы проб воды по всем параметрам, кроме ХОП, выполнены в ЛМЗОС г. Керчи, а экстракты на содержание пестицидов отправлялись для окончательного анализа в ЛМЗПС «Ялта».

По данным метеорологических наблюдений, проводимых в течение всего 2017 г., температура воздуха в исследуемом районе Керченского пролива изменялась от  $-7,8^{\circ}\text{C}$  в январе до  $+30,4^{\circ}\text{C}$  в августе. Среднегодовая температура воздуха составила  $+13^{\circ}\text{C}$ . Температура морской воды понижалась до  $0^{\circ}\text{C}$  в январе, в то время как в августе морская вода прогрелась до  $+26,2^{\circ}\text{C}$ ; среднегодовая составила  $+14,0^{\circ}\text{C}$ . Годовая сумма осадков составила 382 мм, что ниже среднемноголетнего значения (436 мм). Наибольшее количество осадков было зафиксировано в ноябре (38,8 мм), наименьшее в августе — 15,9 мм. Над акваторией Керченского пролива преобладали ветры юго-западного направления. Среднегодовая скорость ветра составила 4,8 м/с, а максимальная была зафиксирована в сентябре — 21 м/с (BCB).

В период наблюдений температура воды на разрезе была в диапазоне  $9,1\text{--}27,7^{\circ}\text{C}$ . Значение солёности морской воды варьировало в пределах от 13,58‰ до 18,21‰ в зависимости от ветровых ситуаций и направления морских течений соответственно (рис. 2.11; в 2016 г. — 13,20–17,57‰, в среднем 14,58‰). За весь период наблюдений среднее в слое (поверхность–дно) значение солёности составило 15,09‰; на поверхностном горизонте эта величина равнялась 14,82‰, у дна — 15,35‰. Хлорность была немного выше прошлогодней и изменялась в диапазоне 7,520–10,080‰; общая щёлочность составила 2,434–3,953 мг-экв/дм<sup>3</sup>; диапазон концентрации ионов водорода был больше прошлогоднего — 7,09–8,85 ед. рН, в среднем 8,24.

Загрязнение вод пролива **НУ** в среднем в 2017 г. было ниже ПДК и составило 0,040 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.12). По максимальным значениям превышение ПДК фиксировалось ежемесячно. Наибольшее нефтяное загрязнение поверхностных вод наблюдалось в июле (0,12 мг/дм<sup>3</sup>), придонных вод — в сентябре на ст. № 9 (0,16 мг/дм<sup>3</sup>, 3,2 ПДК). Повторяемость концентрации НУ, равной или превышающей ПДК, снизилась до 38,5% от общего количества определений (в 2016 г. — 59%), а в 11 пробах (5,7%) содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения (DL=0,01 мг/дм<sup>3</sup>). За весь почти тридцатилетний период наблюдений в северной узости Керченского пролива максимальные значения значительно превышали средние величины, обычно находящиеся на уровне примерно 1 ПДК. Очевидно, пятна нефтяного загрязнения не покрывают постоянно поверхность вод пролива. Однако иногда такие локаль-



**Рис. 2.10.** Станции мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2017 г.

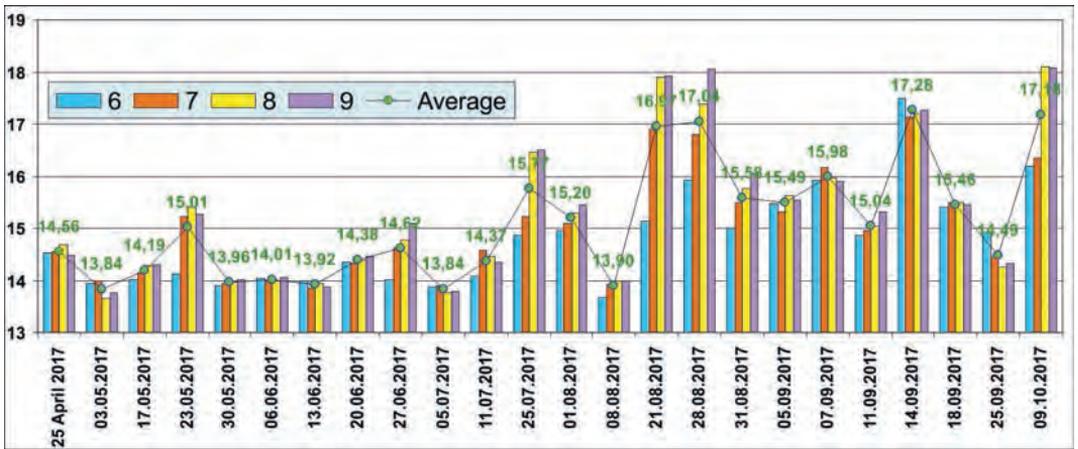


Рис. 2.11. Изменения солености (%) на четырех станциях мониторинга в северной узости Керченского пролива в 2017 г.

ные участки загрязнения оказываются в районе контроля в день проведения съемки, и тогда концентрация НУ во много раз превышает норматив.

Содержание СПАВ варьировало в пределах 7–25 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 13,8 мкг/дм<sup>3</sup> (0,14 ПДК). Присутствие суммы фенолов, как и в предыдущем году, не зафиксировано. Из ХОП в 2017 г. в водах пролива α-ГХЦГ, γ-ГХЦГ и ГПХ не обнаружены. Присутствие ДДТ (3 пробы из 48, — 0,56; 0,60 и 0,69 нг/дм<sup>3</sup>), ДДЭ (4 пробы с концентрацией от 0,50 до 0,73 нг/дм<sup>3</sup>) и альдрин (0,51 нг/дм<sup>3</sup> в одной пробе) отмечалось в следовых концентрациях. Загрязнение вод ДДТ отмечено в 21 пробе (43,8%), в том числе 22,9% проб содержали концентрацию «свежего» ДДТ выше 1 нг/дм<sup>3</sup>. Максимальное загрязнение достигало 5,6 нг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК), а средняя величина равна 0,54 нг/дм<sup>3</sup>. Загрязнения вод ПХБ не зафиксировано.

Концентрация аммонийного азота в водах пролива изменялась в диапазоне 20–103 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен на поверхности 24 апреля, а средняя за период наблюдений

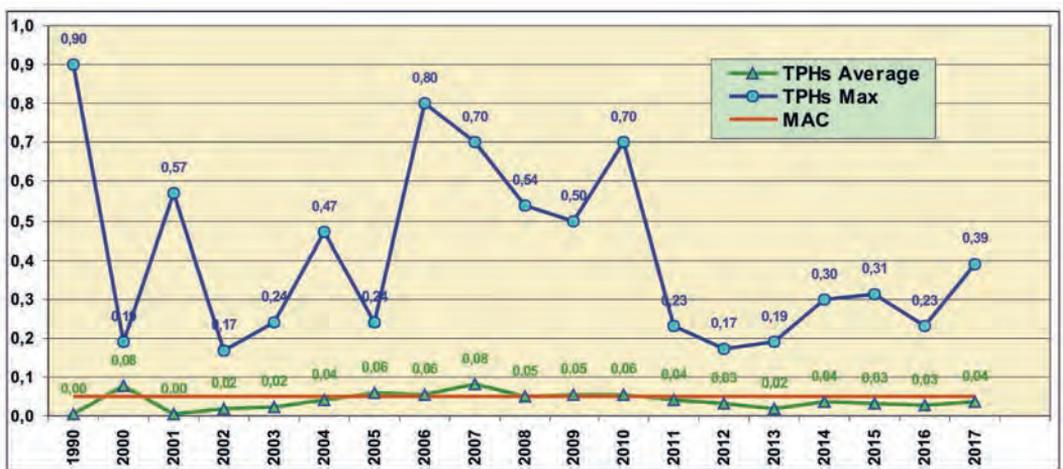
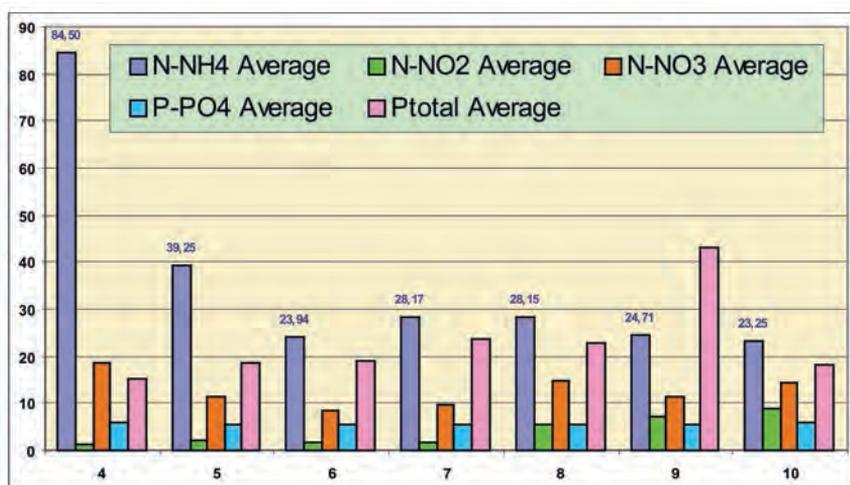


Рис. 2.12. Межгодовые изменения содержания нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах Керченского пролива в 1990–2017 гг.



**Рис. 2.13.** Сезонные изменения среднего содержания биогенных веществ (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Керченского пролива в 2017 г. (4–10 — апрель-октябрь).

составила 39,8 мкг/дм<sup>3</sup>. Сезонное содержание аммония было относительно стабильным в водах пролива, и только в апреле средняя концентрация была 2–3 выше других месяцев контроля (рис. 2.13). Изменения других форм биогенных элементов были незначительными, однако заметным является постепенное увеличение содержания нитритов. Концентрация нитритов была в пределах 0,3–12,0/3,7 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум зафиксирован у дна на ст. № 7 в конце августа. Содержание нитратов: 4–30/11,4 мкг/дм<sup>3</sup>; общего азота 80–890/404 мкг/дм<sup>3</sup>; фосфатов 5–8/6,1 мкг/дм<sup>3</sup>; общего фосфора 12–38/19,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация кремния изменялась от 80 до 470 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание в слое поверхность–дно составило 222 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация растворенного в водах Керченского пролива кислорода была очень близкой к показателям прошлого года и изменялась в пределах 6,96–9,98 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; все значения превышали норму. Средняя концентрация у дна составила 8,16, на поверхности 8,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; во всем столбе воды — 8,33 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Процент насыщения вод кислородом варьировал в придонном слое в пределах 86–111%, в среднем 98,4%; на поверхности — 91–120/103,4%; средняя во всем столбе воды — 100,9%. В целом кислородный режим вод пролива в последние несколько лет в основном был не нарушенным, большая часть значений в обоих слоях превышала установленную норму в 6 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Воды Керченского пролива в 2017 г. по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,45) могут быть оценены как «чистые», II класс качества. Для расчета индекса была использована среднегодовая концентрация нефтяных углеводородов, СПАВ, нитритов и кислорода. Соленость вод в северной узости пролива в 2017 г. была повышенной, особенно во второй половине года.

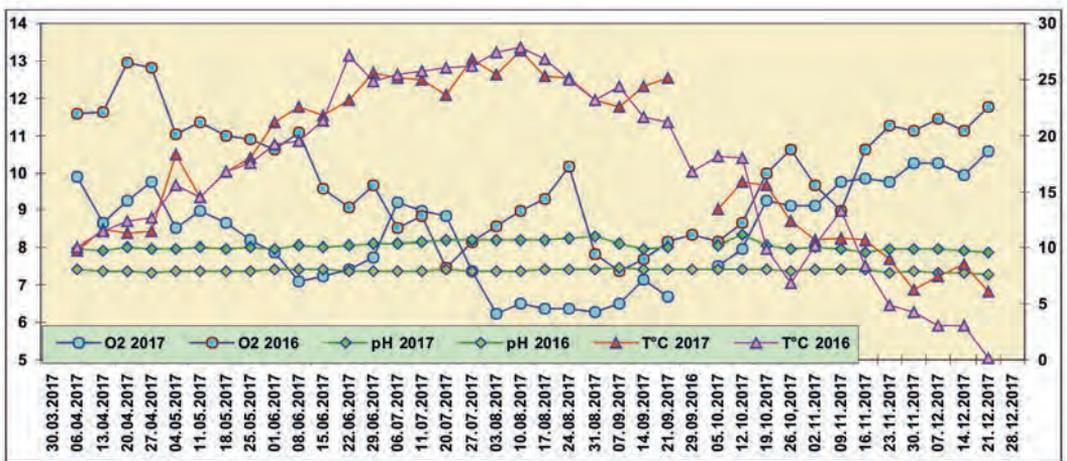
## 2.7. Керченский пролив. Еженедельная станция

В Керченском проливе в рамках финансируемого Программой Развития Организации Объединенных Наций (UNDP) и Европейским Сообществом (ЕС) международного проекта ЭМБЛАС «Усовершенствование методов экологического мониторинга Черного моря» (№ 88460: Improving Environmental Monitoring in the Black Sea, Phase 2 — EMBLAS-II) на одной станции в Керченской бухте пробы воды и планктона отбирались еженедельно в течение всего года в безледный период с 6 апреля до 21 декабря 2017 г., всего было сделано 37 отбо-

ров проб. Были определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация в воде различных загрязняющих веществ, определен видовой состав, численность и биомасса фитопланктона и мезозопланктона.

В течение времени мониторинга основные параметры морской среды поверхностного слоя вод Керченского пролива не выходили за пределы естественных межгодовых колебаний. При весенне-летнем прогреве наблюдался постепенный подъем температуры с  $9,8^{\circ}\text{C}$  до максимума  $27,5^{\circ}\text{C}$ , который был зафиксирован 10 августа (рис. 2.14). Резкое охлаждение в начале октября продолжалось постепенным понижением до  $6,1^{\circ}\text{C}$  в конце года. В целом ход сезонной кривой был очень близким к прошлогоднему, за исключением начала зимы, когда в 2016 г. поверхность выхолаживалась до нулевых значений. Концентрация растворенного в воде кислорода закономерно снижалась с ростом температуры, достигая наиболее низких значений в августе; диапазон значений  $6,25\text{--}10,58$ , в среднем  $8,36\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . При этом дефицита кислорода в поверхностном слое вод Керченского пролива не наблюдалось, поскольку минимальное содержание  $\text{O}_2$  было выше норматива даже в наиболее неблагоприятном месяце августе. Кислородный режим в оба исследованных года значительно отличался. В 2016 году общее содержание кислорода было существенно выше, среднее значение  $9,90\text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Если весной и в первом летнем месяце, а также осенью кривые снижения и повышения содержания кислорода были синхронными, хотя и на разном уровне, то летом в июле-августе локальные пики не совпадали. В прошлом году повышение содержания кислорода, возможно связанное с цветением фитопланктона, было отмечено в июле, а в 2017 г. этот период сместился на август. Значения pH в течение года в водах пролива, как и в прошлом году, были стабильными в очень узком диапазоне ( $7,87\text{--}8,33$ , в среднем  $8,05$  ед.pH). При этом общий уровень концентрации ионов водорода был заметно ниже, чем в 2016 г.:  $7,68\text{--}8,18$ , в среднем  $7,98$  ед.pH.

На еженедельной станции в Керченской бухте в 2017 г. **соленость** изменялась в относительно узком диапазоне  $13,74\text{--}17,92\text{‰}$ , в среднем  $16,23\text{‰}$  (рис. 2.15). В предшествующий год границы изменений солености были очень близкими, а разница между экстремумами составляла всего около  $4,5\text{‰}$ :  $13,47\text{--}17,90\text{‰}$ , в среднем  $15,92\text{‰}$ . Существенным отличием



**Рис. 2.14.** Сезонная динамика температуры ( $T^{\circ}\text{C}$ ), концентрации ионов водорода (ед.pH) и растворенного в воде кислорода ( $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ ) на станции высокочастотного мониторинга в поверхностном слое вод в южной части Керченского пролива и в Керченской бухте и в 2016–2017 гг.

между двумя рассматриваемыми годами является распределение преобладающих значений солености по сезонам года. В 2017 г. в первой половине года до конца июля соленость вод была существенно ниже предыдущего года (в среднем 15,71‰ против 16,66‰), тогда как во второй половине все поменялось наоборот (16,62‰ против 15,36‰). По данным рутинного мониторинга на четырех станциях в северной узости пролива между портами Крым и Кавказ, намного севернее острова Тузла и ближе к водам Азовского моря, соленость в 2017 г. изменялась в очень широком диапазоне 13,58–18,21‰. При этом средняя величина здесь (15,09‰ в 2017 г.) была существенно, на 1,14‰, ниже значения на еженедельной станции в Керченской бухте, а в 2016 г. (14,58‰) меньше на 1,34‰, чем на юге пролива.

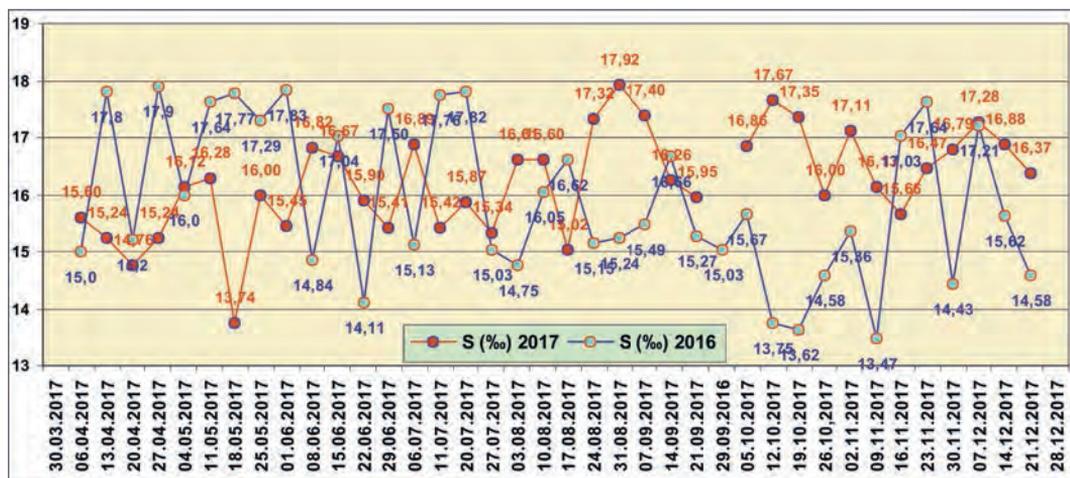


Рис. 2.15. Сезонная динамика солености (‰) в поверхностном слое вод на станции высоко-частотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

В целом воды Керченской бухты мутные. Среднее значение содержания взвешенных веществ в 2017 г. составило 18,1 мг/дм<sup>3</sup>, что почти в два раза больше ПДК и практически равно величине предыдущего года — 18,8 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.16). В пробах концентрация ВВ варьировала в очень широком диапазоне от 7,44 мг/дм<sup>3</sup> (22 июня и 3 августа) до 69,12 мг/дм<sup>3</sup> в конце ноября, что и определило снижение прозрачности вод в этот день до минимума. При этом большая часть значений (24 пробы из 37, 65%) укладывалась в относительно небольшой интервал 10–30 мг/дм<sup>3</sup>; больше 3 ПДК мутность воды была отмечена только пять раз и во все сезоны года, вероятно после штормов. Прозрачность вод по диску Секки в течение года изменялась от 1,0 м поздней осенью (26 октября и 30 ноября) до 3,4 м в конце года 21 декабря; среднее значение — 2,4 м. Эти значения немного превышали показатели предыдущего года — 0,4–3,5/1,8 м. Средняя концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> составляла 2,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК); разброс значений 0,70–4,55 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В целом уровень содержания органики в водах пролива был заметно выше предыдущего года (0,62–2,58/1,40 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>), что особенно хорошо заметно весной в апреле-мае и осенью-зимой. Из 19 проб, содержание органики в которых превышало среднее, двенадцать приходилось на конец года — октябрь-декабрь. Не исключено, что это было связано с общим снижением температуры воды и замедлением бактериального разложения органического вещества. Общая щелочность воды практически не изменялась в течение года, пределы изменения 3,20–3,30, средняя 3,22 ммоль/дм<sup>3</sup>.

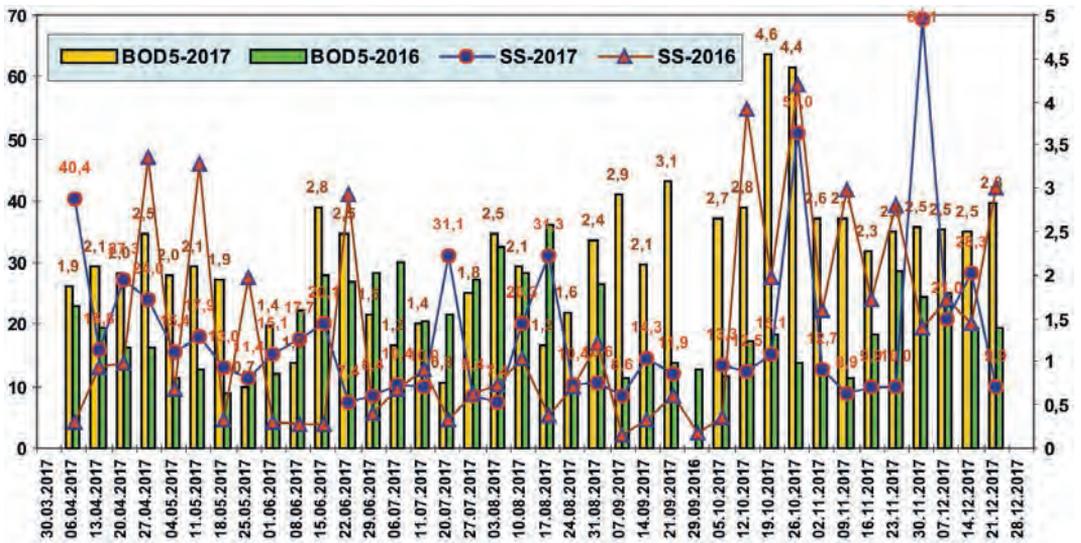


Рис. 2.16. Динамика содержания органических веществ по БПК<sub>5</sub> ( $BOD_5$ ,  $mg/dm^3$ , правая шкала) и взвешенных веществ (*Suspended Solids*  $mg/dm^3$ , левая шкала) в прибрежных водах на станциях еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива и в Керченской бухте в 2016–2017 гг.

Как и в прошлом году, в соотношении различных форм азота в поверхностном слое вод Керченской бухты в 2017 г. органический азот полностью преобладал над всеми остальными ингредиентами, составляя в среднем 94,9% от суммарного содержания азота (рис. 2.17, правая шкала). Диапазон органического азота 145–2283, в среднем 1101  $мкг/дм^3$ ; общего азота 177–2320 и 1161  $мкг/дм^3$  соответственно. В отличие от прошлого года не наблюдалось экстремально высоких значений до 4–7 тыс. $мкг/дм^3$ , которые были зафиксированы в июне-июле 2016 г., однако остальные величины и их сезонный ход вполне совпадали (рис. 2.18). С конца апреля начинался постепенный рост органического азота до наибольшего уровня в конце июля-первой половине августа, затем октябрьский спад в 3–4 раза и повторный подъем в ноябре-декабре. В 2016 г. спад начался существенно раньше — в первой половине августа. Характерным является синхронное увеличение доли неорганического азота в весенний и осенний периоды снижения содержания органического азота. Среди минеральных форм азота безусловно доминировал аммонийный. Диапазон его концентрации 6,22–149,33, в среднем 47,06  $мкг/дм^3$ , что почти совпадает с прошлогодней величиной 52,15  $мкг/дм^3$ . Минимум отмечен в середине июля, а максимум в начале апреля. Нитриты не играли существенной роли в балансе азота (0,92–9,32; в среднем 3,94  $мкг/дм^3$ ), а нитраты почти отсутствовали в воде в течение всего года (0,40–11,90/3,98  $мкг/дм^3$ ) до середины ноября, когда их содержание возросло на порядок (10,68–86,11/39,87  $мкг/дм^3$ ). Отношение органического азота к сумме минеральных форм в течение периода исследования варьировало от 1–2 в апреле и октябре до максимума 84, зафиксированного 11 июля. В целом сезонные изменения этого показателя свидетельствуют о хорошо выраженных двух пиках повышенного содержания органического азота в водах Керченского пролива — июльском с постепенным затуханием в конце сентября и слабее выраженным в ноябре-декабре (рис. 2.19). В 2016 г. наблюдалась аналогичная тенденция, однако во все сезоны возникали однонедельные вспышки повышенной концентрации органического азота по отношению к минеральному.

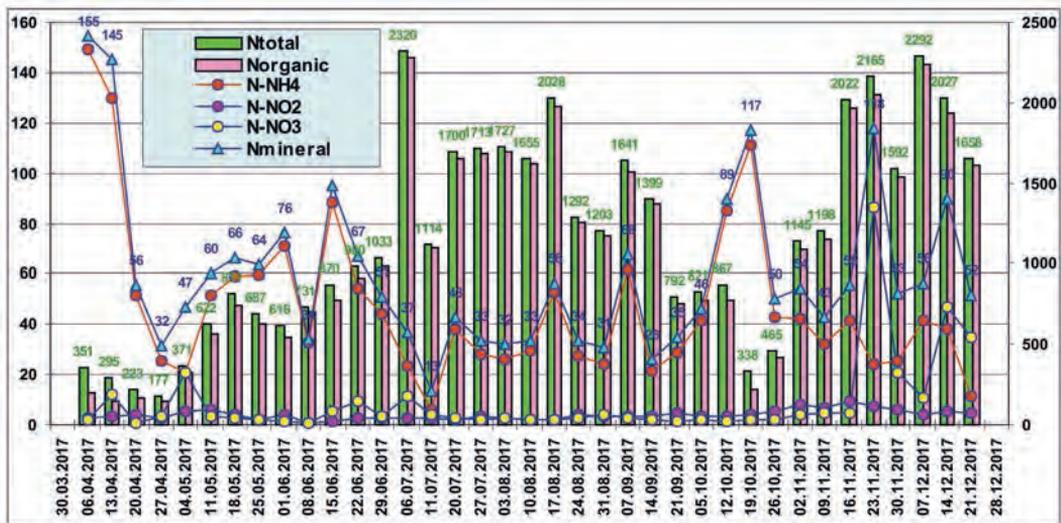


Рис. 2.17. Динамика содержания различных форм азота ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в воде на станции высокочастотного мониторинга в Керченской бухте в 2017 г.

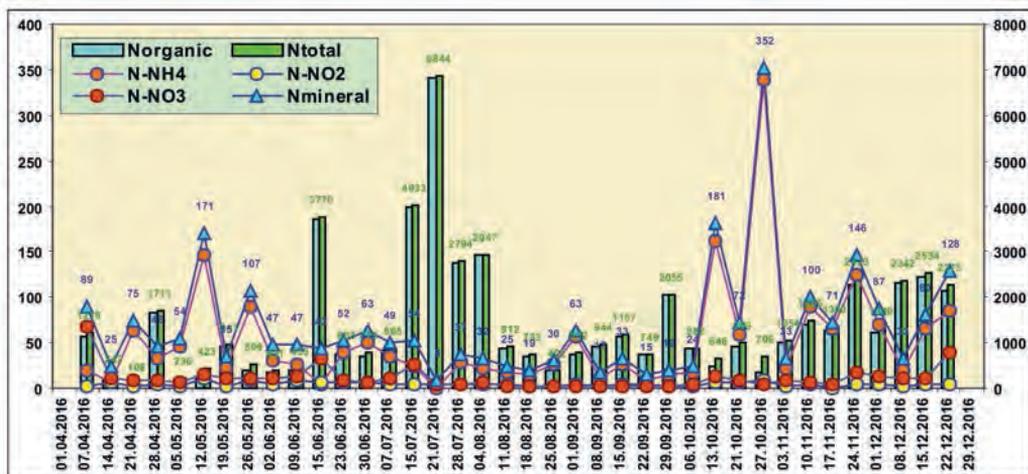


Рис. 2.18. Динамика содержания различных форм азота ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г.

Концентрация **фосфатов** в водах пролива в течение всего периода наблюдений в 2017 г. была очень низкой: 2,59–12,73  $\text{мкг/дм}^3$ , в среднем 6,70  $\text{мкг/дм}^3$  (0,13 ПДК для мезотрофных водоемов); максимум отмечен 18 мая (рис. 2.20). И средняя, и максимальная величины были меньше прошлогодних значений — 15,03/82,66  $\text{мкг/дм}^3$ . Содержание органического фосфора было примерно в четыре раза больше, диапазон значений 25,49–87,81  $\text{мкг/дм}^3$ , в среднем 45,59  $\text{мкг/дм}^3$ . По сравнению с прошлым годом средняя снизилась в 1,4 раза, а максимальная в 2,5 раза. Содержание общего фосфора (29,41–97,22/52,28  $\text{мкг/дм}^3$ ) практически весь период наблюдений с апреля по декабрь 2017 г. в основном определялось уровнем органического фосфора, его доля составляла 77,1–95,8%, в среднем 86,9% (рис. 2.21). В прошлом году доля

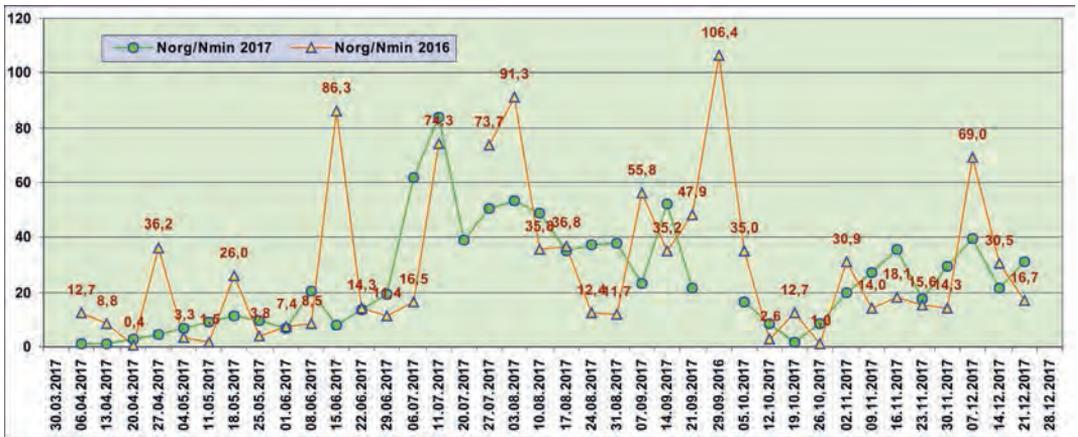


Рис. 2.19. Сезонные изменения отношения концентрации органического азота к сумме минеральных форм в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г. Экстремальное значение 892,5, наблюдавшееся 20 июля 2016 г. вынесено за рамки графика.

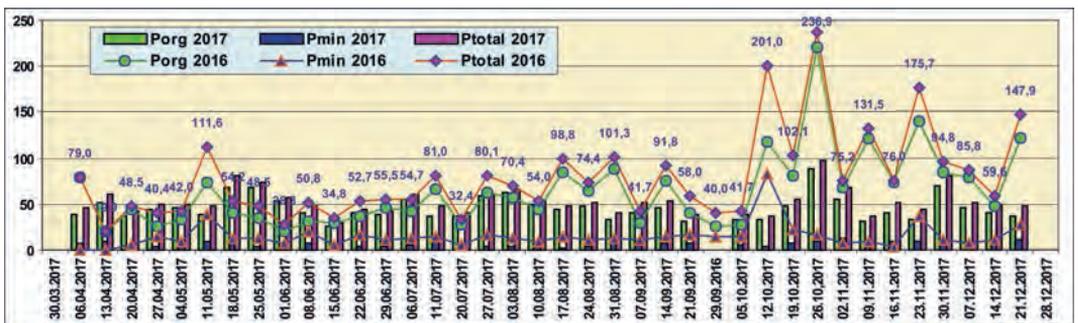


Рис. 2.20. Динамика содержания различных форм фосфора ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

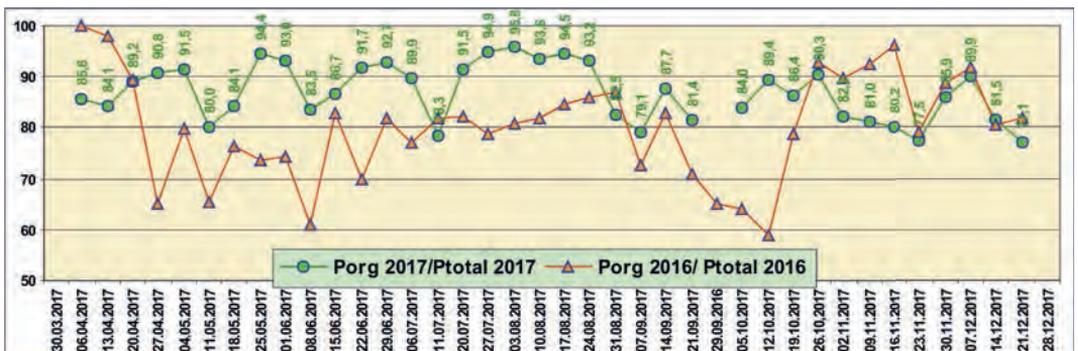


Рис. 2.21. Сезонная изменчивость отношения органического азота к общему (%) в водах южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

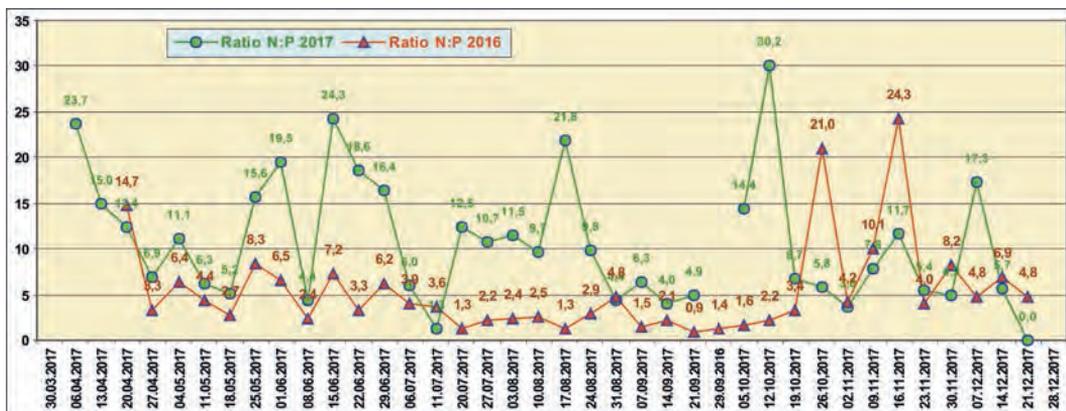


Рис. 2.22. Динамика отношения концентрации минеральных форм азота и фосфора в прибрежных водах на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

органики в балансе фосфора была существенно ниже (58,9–100%, в среднем 80,1%), при этом перепады значений неделя от недели в целом были значительно больше.

Отношение минеральных соединений азота и фосфора в 2017 г. составило в среднем 10,7, что в 1,6 раза выше прошлогоднего значения 6,7 (рис. 2.22). Как и в прошлом году, средняя величина была существенно меньше обоснованного Редфилдом стехиометрического соотношения для морской среды 16N:1P. Вероятно, такое нарушение классической для морской среды пропорции было связано с недостатком неорганического азота для развития фитопланктона в водах Керченского пролива. Однако, в отличие от 2016 г., в течение всего безледного времени года весной, летом и осенью были зафиксированы отдельные одно-двухнедельные периоды повышенного значения соотношения Редфилда. Практически во всех таких случаях в воде Керченской бухты было повышенным суммарное содержание минеральных форм азота при относительно постоянной и в целом невысокой концентрации фосфатов (рис. 2.23).

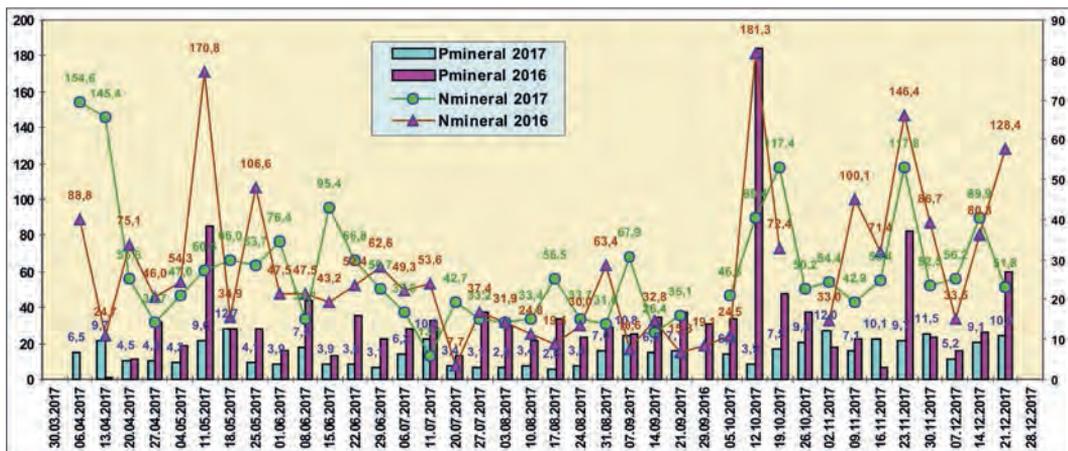


Рис. 2.23. Концентрация (мкг/дм³) минеральных форм азота (слева) и фосфора (справа) на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

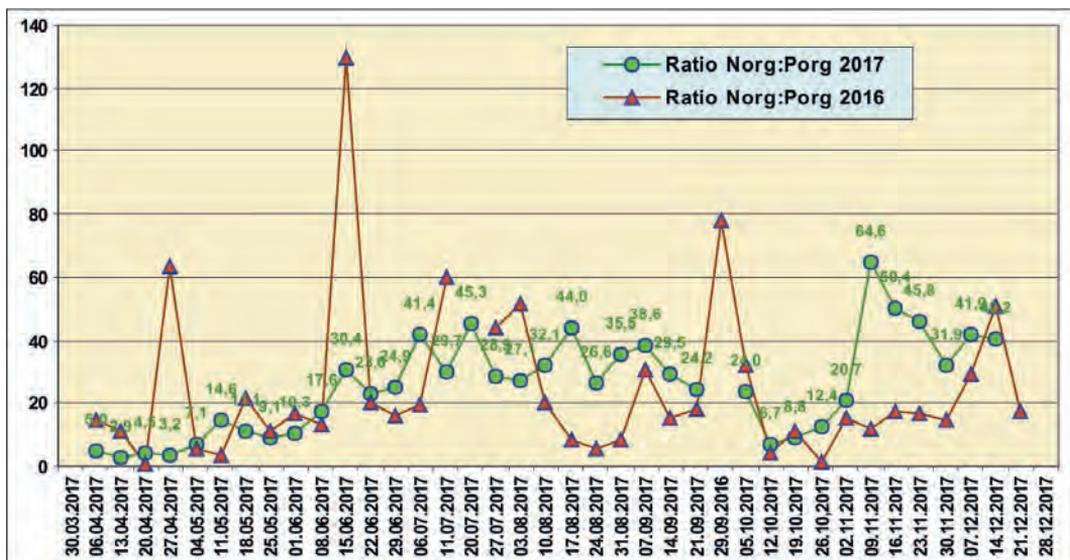


Рис. 2.24. Отношение органического азота и фосфора на станции высокочастотного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

В 2017 г. отношение органических форм азота и фосфора равномерно повышалось с апреля до сентября, потом наблюдался спад в октябре и новый подъем в ноябре-декабре (рис. 2.24). Такие сезонные изменения существенно отличались от динамики предыдущего года, когда наблюдались резкие пики и спады в течение одной недели. При этом среднегодовые значения были очень близкими — 25,4 и 24,6.

Как и в прошлом году, концентрация **силикатов** в водах **Керченской бухты** на станции еженедельного мониторинга была невысокой: 24–411, в среднем 217 мкг/дм<sup>3</sup>; в 2016 г. диапазон был таким же 27–418, однако средняя величина была меньше — 164 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 2.25). В течение двух последних лет наблюдалось постепенное повышение содержания кремниевой кислоты с марта по декабрь, однако в летний период года часто происходили резкие перепады

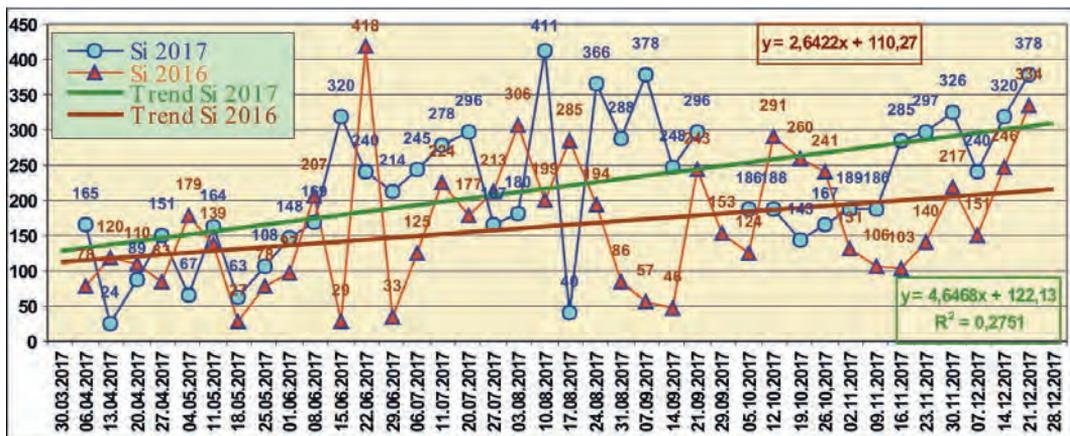


Рис. 2.25. Концентрация силикатов (мкг/дм<sup>3</sup>) на станции еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г. и в Керченской бухте в 2017 г.

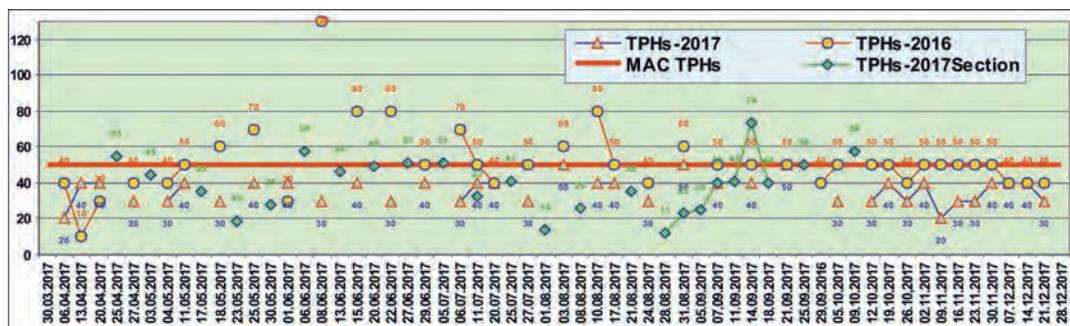


Рис. 2.26. Концентрация нефтяных углеводородов ( $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) на станции еженедельного мониторинга в южной части Керченского пролива в 2016 г., в Керченской бухте в 2017 г. и средняя концентрация НУ на разрезе между портами Крым-Кавказ в 2017 г.

от повышенных значений к очень низким за 1–2 недели. В последний год такой скачок наблюдался только однажды в середине августа.

В отличие от предыдущего года уровень загрязнения поверхностного слоя вод Керченской бухты на еженедельной станции в 2017 г. **нефтяными углеводородами** был очень стабильным и изменялся очень незначительно в диапазоне 20–50  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ , в среднем 35,9  $\text{мкг}/\text{дм}^3$  (рис. 2.26). Только в трех пробах из 37 проанализированных концентрация НУ достигала установленный для морской воды норматив 50  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ . В прошлом году на высокочастотной станции на юге пролива средняя величина была почти выше в полтора раза выше (51,6  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ), а размах вариаций составил 10–130  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ . Еженедельные наблюдения в северной части пролива на разрезе между портами Крым и Кавказ (24 даты отбора между 24 апреля и 9 октября 2017 г.) показали примерно такие же характеристики нефтяного загрязнения: средняя величина составила 39,5  $\text{мкг}/\text{дм}^3$  при разбросе значений от 13 до 74  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ . Среднее содержание НУ было рассчитано по всем четырем станциям разреза для каждой даты отбора проб, а диапазон концентрации в отдельных пробах был больше: от аналитического нуля в 11 пробах из 192 ( $\text{DL}=10 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) до максимума 160  $\text{мкг}/\text{дм}^3$  (3,2 ПДК), отмеченного 14 сентября в придонном слое вод на глубине 6 м. Наибольшее значение немного превышает экстремум содержания НУ на еженедельной станции южнее о. Тузла в 2016 г. — 130  $\text{мкг}/\text{дм}^3$ . Еженедельные наблюдения в течение безледного периода года в 2016–2017 гг. подтвердили вывод об относительно высоком уровне загрязнения вод Керченского пролива и бухты нефтяными углеводородами, которое носит хронический характер (Oil spill, 2011). Интенсивная эксплуатация пролива как транспортной артерии, а также перевалочной зоны для перекачки нефти и нефтепродуктов с одного корабля на другой приводит к сохранению повышенного уровня содержания нефтяных углеводородов в среднем около 0,5–2,0 ПДК как в районе северной узости пролива, так и южнее.

## Глава 3. ЧЕРНОЕ МОРЕ

*Коршенко А.Н., Костылева А.В., Орехова Н.А., Кондратьев С.И., Мезенцева И.В.,  
Вареник А.В., Мальченко Ю.А., Парфенова В.А., Протащук Л.А., Брайко О.И.,  
Алексеев А.И., Панченко А.В., Любимцев А.Л.*

### 3.1. Общая характеристика

Черное море располагается между Восточной Европой и Малой Азией и вытянуто в широтном направлении: длина 1150 км, наибольшая ширина 580 км, наименьшая от мыса Сарыч до южного побережья — 263 км. Мелководным Керченским проливом оно соединяется с Азовским морем. Проливом Босфор длиной 75 км, наименьшей глубиной 53 м и шириной 700 м в наибольшей узости — с Мраморным морем, и далее через пролив Дарданеллы — с Эгейским и Средиземным морями. Близкий к современному уровень моря установился 5–6 тысяч лет назад, когда произошло последнее соединение со Средиземным морем. Площадь моря составляет 423 тыс. км<sup>2</sup>, средняя глубина около 1315 м, наибольшая — 2210 м. На западе и северо-западе моря берега низкие, на востоке к морю вплотную подступают горы Кавказа, на юге и севере — гористые районы Малой Азии и невысокие горы Крыма. Береговая линия изрезана слабо. В северо-западной части есть несколько глубоко вдающихся в море заливов, возникших в результате затопления речных долин (Бургасский, Днестровский и Днепро-Бугский лиманы), а также многочисленные солонатоводные озера и заболоченные участки. Северо-западная часть моря представляет собой широкую материковую отмель, которая, сужаясь, тянется вдоль западного побережья до Босфора. Годовой речной сток в море составляет в среднем более 310 км<sup>3</sup> и почти 80% этого объема поступает на северо-западный мелководный шельф, куда впадают Дунай и Днепр, вторая и третья по объему стока реки Европы. Пресный баланс моря положительный, поскольку береговой сток и осадки превышают испарение примерно на 180 км<sup>3</sup>. Объем воды в море оценивается в 555 тыс. км<sup>3</sup>.

Климат Черного моря является смягченным континентальным. Хороший летний прогрев поверхности моря обуславливает высокую (8,9 °С) среднюю температуру воды. Зимой средняя температура воды на поверхности в открытом море составляет 6–8 °С, однако на северо-западе и к югу от Керченского пролива опускается до 0,5 °С и даже «минус» 0,5 °С. Летом на всей акватории моря поверхностные воды прогреваются до 25 °С и более до глубины 15–30 м. Глубже сезонного термоклина температура понижается примерно до слоя 75–100 м, где располагаются холодные промежуточные воды с постоянной в течение всего года температурой 7–8 °С. Ниже температура с глубиной очень медленно повышается из-за геотермического притока тепла от дна и на глубине 2 км достигает 9,2 °С.

По особенностям формирования и характеристикам воды моря подразделяют на поверхностные с соленостью до 18‰, промежуточные и глубинные. Циркуляция поверхностных вод моря циклоническая. Выделяются два крупных центральных 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.

Средняя соленость составляет около 18‰, близ устьев рек — менее 9‰. В открытой части моря соленость увеличивается с глубиной от 17–18‰ на поверхности до 22,3‰ у дна. Важной особенностью гидрологической структуры вод моря является существование постоянного галоклина между горизонтами 90–120 м. Соленость в этом интервале глубин увеличивается с 18,5 до 21,5‰.

Море почти всегда свободно ото льда. Лишь в отдельные холодные зимы прибрежные воды в северо-западной мелководной части моря покрываются льдом. Ледообразование начинается в середине декабря. Толщина льда достигает 14–15 см, а в суровые зимы — 50–55 см. К концу марта льды повсеместно исчезают.

Приливы незначительные и их максимальная величина не превышает 10 см. Хорошо выражены в море сгонно-нагонные явления под влиянием сильных зимних ветров, достигающие 20–60 см у берегов Кавказа и Крыма и до 2 м в северо-западной части. Осенне-зимние штормовые ветра могут развивать волны высотой до 6–8 м. Стоячие колебания уровня моря (сейши) развиваются в бухтах с периодами от нескольких минут до 2 ч и амплитудой в 40–50 см (Суховой В. Ф., 1986, Мее L., Jeftic L., 2010).

Район **Кавказского побережья РФ** расположен между 43°23′–45°12′ с.ш. и 40°00′–36°36′ в.д. В южной части берега гористые. Рельеф дна характеризуется узким шельфом и сильно расчлененным материковым склоном. Ширина шельфа здесь составляет в среднем 8 км. Граница шельфа редко превышает глубину 110 м. Переход к материковому склону резкий, уклон составляет 15°–20°. Склон сильно расчленен каньонами, часть которых приурочена к устьям рек, и осложнен грядами и возвышенностями, основания которых распространяются до глубин 1400–1800 м.

Кавказское побережье и прилегающие районы моря отличаются наименьшими скоростями ветра в течение всего года. Это объясняется влиянием горных хребтов Северного Кавказа, расположенных здесь почти параллельно берегу. Динамика вод в прибрежной зоне, ограниченной кромкой шельфа, обуславливается взаимодействием центрального циклонического общечерноморского течения (ОЧТ) и локальными потоками. Последние весьма изменчивы, часто носят вихревой характер и во многом зависят от орографии дна и других местных условий; ОЧТ приурочено к материковому склону шириной 40–80 км и имеет струйный характер со скоростью на поверхности 0,4–0,5 м/с. Границы между зонами течений условны, особенно при развитой синоптической изменчивости ОЧТ. Повторяемость таких ситуаций велика весной и осенью при общем ослаблении циркуляции вод. Нисходящие движения преобладают в прибрежной зоне и в течениях с северной составляющей скорости.

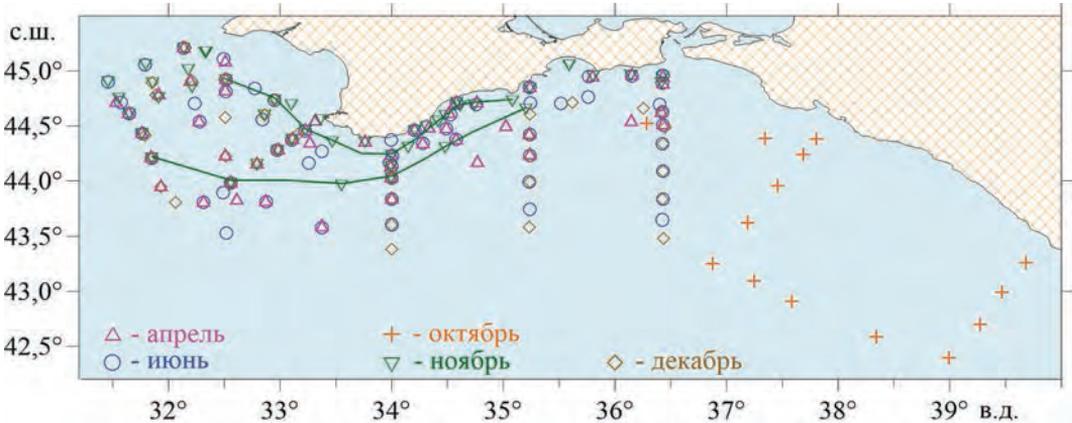
Сезонные колебания температуры воды определяется гелиофизическими факторами и локальными характеристиками акватории (морфология дна и берегов, объем, циркуляция вод и структура гидрологических полей). Минимальная среднемесячная температура поверхностного слоя воды в прибрежной зоне на всех станциях наблюдается в феврале и составляет 6,2–8,6°С. В марте начинается прогрев прибрежной акватории, особенно на мелководных участках. К апрелю поверхностная температура выравнивается и становится близка к 10–11°С. В мае-июне продолжается быстрый прогрев вод. Максимум температуры наблюдается в августе и составляет 23,5–24,9°С. В сентябре начинается повсеместное выхолаживание вод с опережением в мелководных районах, вследствие чего уже в октябре-ноябре наблюдается зимний тип распределения температуры поверхностного слоя прибрежных вод с минимумами в мелководных и максимумами в относительно приглубых областях. Ледообразование в районе обычно не происходит.

Сезонный ход солености поверхностного слоя прибрежных вод обуславливается изменением соотношения речного стока и общей циркуляции. Годовой речной сток малых рек Кавказа составляет примерно 7,17 км<sup>3</sup>. Прибрежные воды от Анапы до Сочи относятся к району с относительно пониженной соленостью во все сезоны года. Особенно заметно локальное понижение солености на юге района, в месте впадения в море рек Мзымта и Сочи. От этого участка по направлению к северу соленость повышается. Минимум в сезонном ходе приходится на март-апрель на всех участках района и меняется от 16,39‰ (Сочи) до 17,99‰

(Анапа). Летом наблюдается незначительное повышение солености вод прибрежья, максимум обычно отмечается в октябре-ноябре в диапазоне от 16,92‰ (Сочи) до 18,26‰ (Анапа).

### 3.2. Экспедиционные исследования открытой части моря

В течение 2017 г. сотрудниками Отдела Биогеохимии моря (ОБМ МГИ РАН, г. Севастополь) на НИС «Профессор Водяницкий» было выполнено пять рейсов: 94-й в период 22 апреля-6 мая; 95-й в период 14 июня-2 июля; 97-й в период 24–29 октября; 98-й в период 15–28 ноября; и 101-й в период 14–27 декабря (на рис. 3.1).



**Рис 3.1.** Схема расположения гидрохимических станций, выполненных в ходе 94, 95, 97, 98 и 101 рейса НИС «Профессор Водяницкий» в 2017 г. Сплошной линией выделены два разреза в ноябре, вдоль кромки шельфа ЮБК и глубоководный, на которых вертикальное распределение кислорода построено по данным датчика.

Непосредственно на борту НИС «Профессор Водяницкий» выполнялись определения содержания растворенного кислорода и сероводорода, величины рН, величины общей щелочности (ТА — Total Alkalinity), содержания общего неорганического углерода ( $\text{TCO}_2$ ), парциального давления диоксида углерода ( $\text{pCO}_2$ ), концентрации ионов аммония и нитритов.

#### Кислород и сероводород

Концентрация кислорода в поверхностных водах в апреле находилась на уровне 310–320 мкМ, в июне снижалась до 250–270 мкМ, по мере охлаждения вод в ноябре заметно возросла до 280–300 мкМ и в декабре до 300–305 мкМ. Степень насыщения вод кислородом в апреле находилась на уровне 102–104%, к июню немного увеличилась до 104–106%, в ноябре уменьшилась до 98–100%, и оставалась на уровне 98–99% в декабре, что вполне типично для поверхностных вод открытой части моря в изученные периоды.

В четырех рейсах было определено положение субкислородной зоны на «вековом» разрезе м. Херсонес — пролив Босфор (рис. 3.2). Верхняя граница зоны, определяемая по изоксигене 10 мкМ, в апреле располагалась примерно на изопикне  $\sigma_t=15,6 \text{ кг/м}^3$ , в июне имела сложную конфигурацию в пределах изопикн  $\sigma_t=15,6\text{--}15,8 \text{ кг/м}^3$ , в ноябре на всем разрезе опустилась на изопикну  $\sigma_t=15,8 \text{ кг/м}^3$ , в декабре в северной части разреза углубилась почти до  $\sigma_t=15,85 \text{ кг/м}^3$ . Нижняя граница, определяемая по изосульфиде 3 мкМ, в глубоководной части моря неизменно располагалась на глубине изопикны  $\sigma_t=16,10\text{--}16,15 \text{ кг/м}^3$ , однако в апреле был зафиксирован подъем нижней границы до  $\sigma_t=16,0 \text{ кг/м}^3$ .

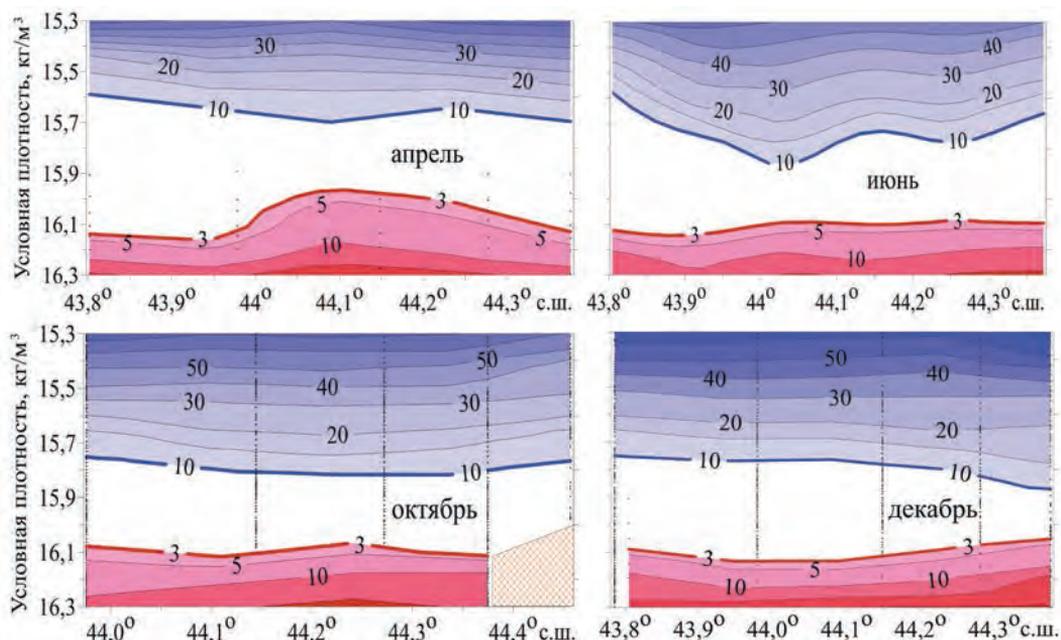


Рис. 3.2. Границы субкислородной зоны в шкале  $\sigma_t$  на разрезе м. Херсонес — пролив Босфор в различные сезоны 2017 г.

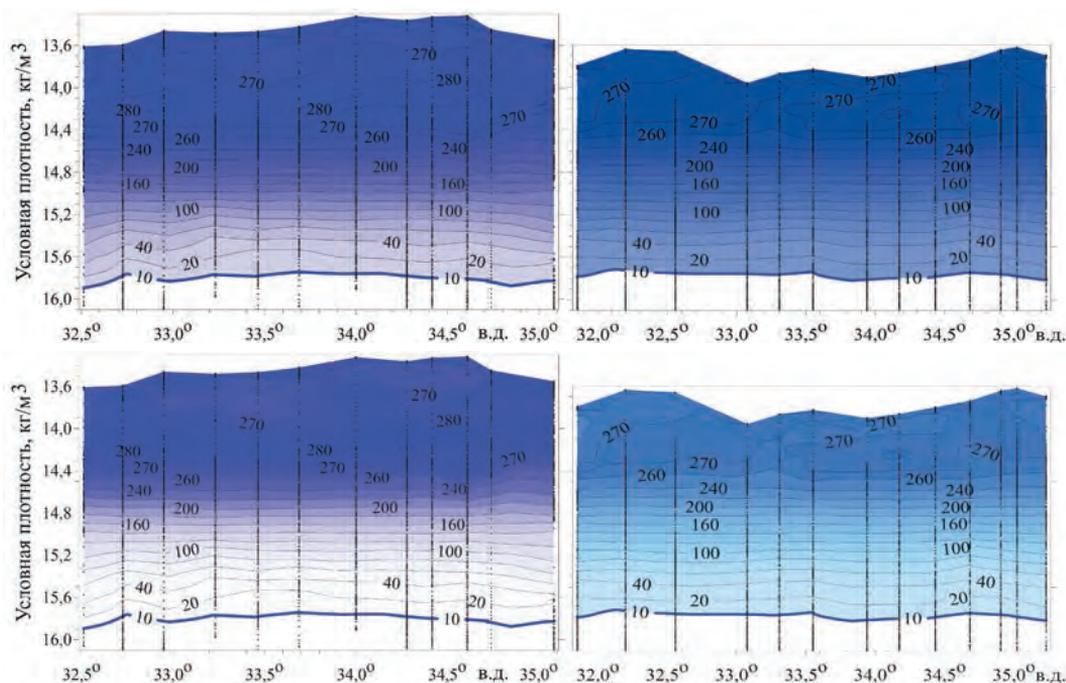
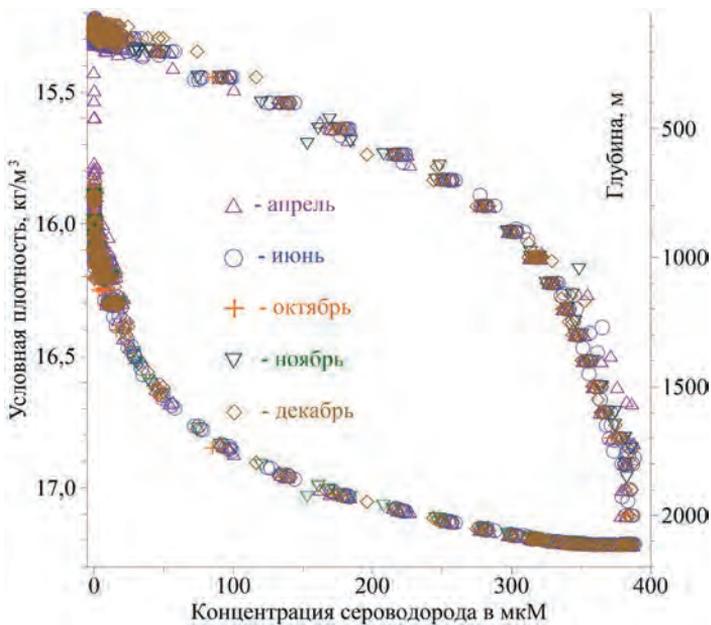


Рис. 3.3. Вертикальное распределение кислорода над кромкой континентального шельфа (слева) и в глубоководной части моря (справа) в шкале условной плотности.



**Рис. 3.4.** Вертикальное распределение сероводорода в шкале плотностей и глубин.

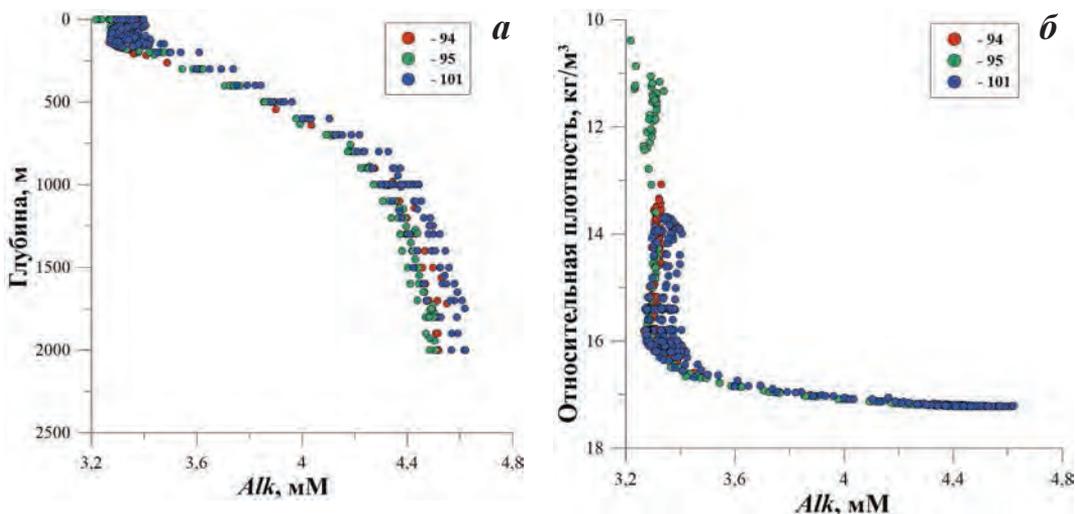
В ноябре были выполнены два подробных разреза (по 13 станций на каждом), вдоль кромки шельфа и в глубоководной части моря (рис. 3.3), на которых положение верхней границы субкислородной зоны было определено с использованием датчика кислорода с разрешением через 0,5 м. Для обоих разрезов положение верхней границы в шкале глубин значительно изменялось, над кромкой шельфа от 105 до 125 м, в глубоководной части от 90 до 160 м. Однако, на шкале условной плотности верхняя граница независимо от глубины места располагалась на изопикнической поверхности  $\sigma_t=15,8$  кг/м<sup>3</sup>, также как на разрезе м. Херсонес — пролив Босфор (рис. 3.2).

Концентрация сероводорода ниже горизонта 1750 м располагается на одной вертикали, при этом максимальные величины находятся на уровне 383 мкМ (36 определений, Min 373 мкМ, Max 388 мкМ,  $\sigma=3$  мкМ), (рис. 3.4). По данным 2016 г. максимальное содержание сероводорода ниже 1750 м было 384 мкМ (47 определений, Min 378 мкМ, Max 391 мкМ,  $\sigma=3$  мкМ).

#### Элементы карбонатной системы

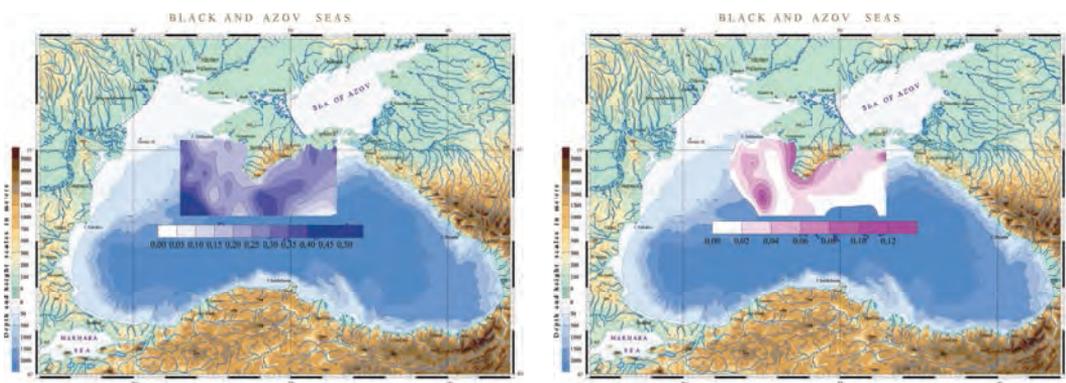
Вертикальное распределение общей щелочности обычно представляется относительно шкалы глубин и условной плотности (рис. 3.5). На представленных вертикальных профилях по данным трех рейсов в исследованных районах Черного моря выделяются две зоны, отличающиеся по наклонам относительно шкал: аэробную (включая субкислородную) зону, расположенную от поверхности до изопикны  $\sigma_t=16,2$  кг/м<sup>3</sup> с практически однородным распределением щелочности, и анаэробную зону ниже изопикны  $\sigma_t=16,2$  кг/м<sup>3</sup> с монотонным возрастанием щелочности от 3,269 мМ при  $\sigma_t=15,9$  кг/м<sup>3</sup> до 4,626 мМ при  $\sigma_t=17,21$  кг/м<sup>3</sup>. Монотонное повышение величины щелочности в сероводородной зоне происходит в силу возрастания концентрации как карбонатных составляющих, так и увеличения содержания сероводорода и ионов аммония.

В ходе 95-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» в середине лета был выполнен анализ морских вод на содержание аммония и нитрит-ионов. Анализ пространственной изменчивости позволяет отметить, что максимальные значения концентрации ионов аммония (до



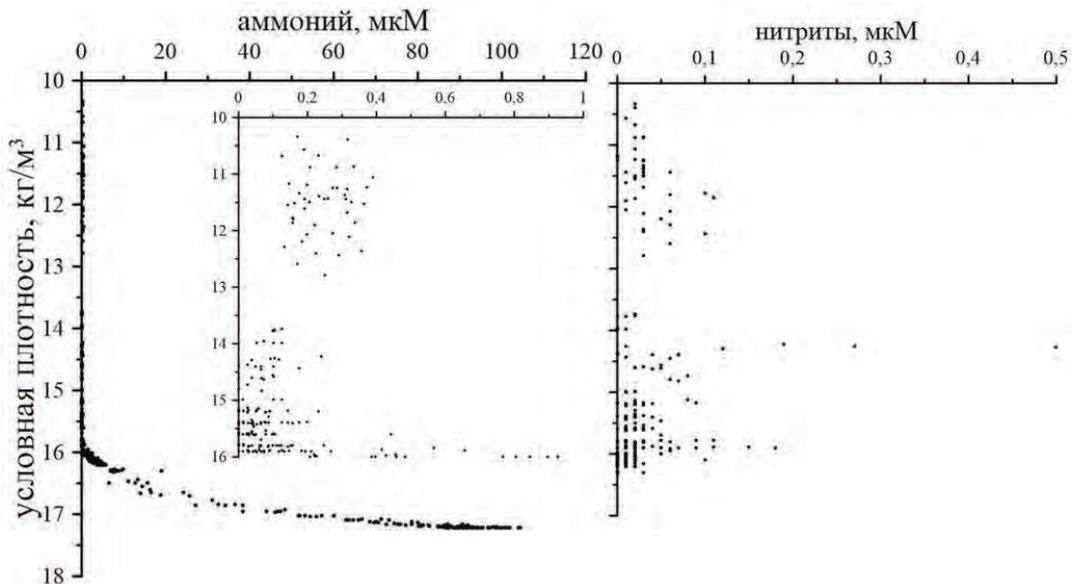
**Рис. 3.5.** Вертикальные профили общей щелочности относительно глубины (а) и относительной плотности (б), полученные по результатам измерений в 2017 г.

0,5 мкМ) на поверхности Черного моря в Крымском секторе наблюдались в западной глубоководной части моря, а минимальные — в восточной (рис. 3.6а). В шельфовых районах крымского побережья концентрация аммония не превышала 0,2 мкМ. Распределение нитрит-ионов характеризовалось максимальными значениями (0,10–0,12 мкМ, рис. 3.6б) в шельфовой части. По мере удаления от берега концентрация нитритов снижается, за исключением центральной западной части моря.



**Рис. 3.6.** Пространственная изменчивость концентрации (мкМ) ионов аммония (а) и нитрит-ионов (б) на поверхности Черного моря в 2017 г.

Вертикальный профиль ионов аммония характеризуется увеличением с глубиной их концентрации до 100 мкМ (рис. 3.7а). Максимальная концентрация нитритов не превышала 0,5 мкМ (рис. 3.7б). При этом для профиля нитритов характерно наличие двух максимумов: на глубине условной плотности 12 кг/м³ и 16 кг/м³.



**Рис. 3.7.** Вертикальное распределение ионов аммония (а) и нитрит-ионов (б) в относительно условной плотности.

### 3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря

В 2017 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод у Крымских берегов Чёрного моря проводился: на акватории Севастопольской бухты Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» в июне, июле и октябре, на взморье Севастополя в мае-июне и октябрь-ноябре; сотрудниками отдела биогеохимии моря ФГБУН Морского гидрофизического института (МГИ) РАН 2–3 февраля (совместно с кафедрой географии Московского государственного университета), 16–18 мая, 5–6 сентября и 7–8 ноября; на акватории порта Ялта (МГ «Ялта») с января по декабрь; в северной узости Керченского пролива (МГС «Опасное») с апреля по октябрь. В мае, июне и сентябре проводилось исследование качества поверхностных вод озера Донузлав (СО ГОИН). Работа СО ГОИН по исследованию гидрохимических характеристик и уровня загрязнения вод Севастопольских бухт и района взморья была выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (научный проект 17–05–41101 РГО\_a).

#### 3.3.1. Озеро Донузлав

В мае, июне и сентябре 2017 г. соленость поверхностных вод по площади о. Донузлав изменялась от 2,21‰ до 26,24‰, в среднем составив 15,71‰. Среднее значение водородного показателя составило 8,17 ед.рН. при диапазоне зафиксированных величин 7,38–8,66 ед.рН. Максимальная концентрация общего (260 мкг/дм<sup>3</sup>) и фосфатного (120 мкг/дм<sup>3</sup>) фосфора отмечена в сентябре в районе Аблимицкого моста, в остальных пробах она не превышала 96 мкг/дм<sup>3</sup> и 33 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно, а средние за период наблюдений значения составили 36 и 15 мкг/дм<sup>3</sup>. Аэрация вод в целом была избыточной (128–208% насыщения); по абсолютным значениям концентрация растворенного кислорода изменялась от 10,12 до 15,60 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Однако, 19.09.2017 г. в районе Аблимицкого моста наряду с высоким содержанием обще-

го и минерального фосфора было зафиксировано отсутствие растворенного кислорода ( $0,03 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ ). Биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) достигало  $17,54 \text{ млО}_2/\text{дм}^3$ , тогда как в мае и июне значение показателя не превышало  $8,62 \text{ млО}_2/\text{дм}^3$ .

### 3.3.2. Севастопольская бухта (МГИ)

Отбор проб морской воды в Севастопольской бухте в феврале, мае, сентябре и ноябре был выполнен сотрудниками отдела биохимии моря МГИ по схеме из 36 станций в поверхностном (0–0,5 м) и придонном (0,5–1,0 м от дна) слоях (рис. 3.8). В пробах определяли содержание кислорода, величины рН и общей щелочности, общий неорганический углерод, концентрацию биогенных элементов, БПК<sub>5</sub> и общее взвешенное вещество (TSM). Полученные величины гидрохимических параметров во время всех съомок находятся в пределах характерного интервала значений многолетних исследований (табл. 3.1).

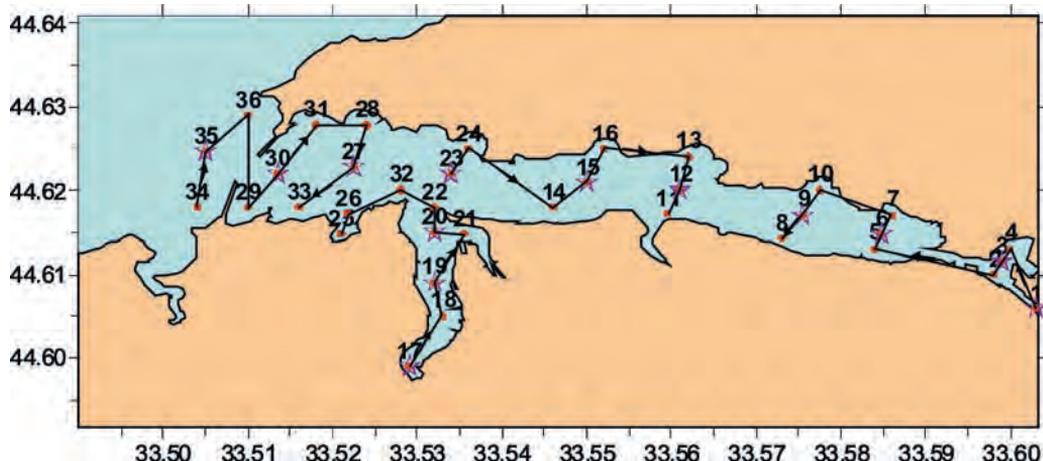


Рис. 3.8. Станции отбора проб в Севастопольской бухте в 2017 г.

Для всех проведенных съомок сохранялись следующие особенности распределения гидрохимических характеристик:

- в поверхностных водах районов, подверженных влиянию пресного стока (Инкерманский ковш, кут Южной бухты, кут Артиллерийской бухты) наблюдалось повышенное содержание фосфатов, кремнекислоты, нитритов, нитратов и аммония;
- по содержанию кремнекислоты в водах бухты прослеживается сезонный ход — в феврале и апреле около  $2 \text{ мкМ}$ , сентябре отмечено повышение до  $4 \text{ мкМ}$ , и повышение до  $6\text{--}7 \text{ мкМ}$  в ноябре. Эти изменения происходили на фоне поступления значительных количеств кремнекислоты с пресноводным стоком в кутовой части Южной бухты и в устье р. Черной;
- на всей акватории Южной бухты постоянно наблюдалась повышенная концентрация нитратов, максимум содержания которых в куте в  $50\text{--}100$  раз превышал фоновое значение;
- придонные воды на потенциально опасной для экологии ст. № 8 в глубине Севастопольской бухты в позднелетний период характеризовались низким содержанием кислорода (насыщение  $53\%$ ), повышенным содержанием нитритов, фосфатов, аммония, минимальной величиной рН и высокой щелочностью. Этим они заметно отличались от остальных вод бухты. Здесь в летний период сохраняется потенциальная опасность сероводородного заражения в придонных водах под судоремонтным доком.

**Таблица 3.1.** Пределы изменений, средняя концентрация и среднее квадратичное отклонение ( $\sigma$ ) гидрохимических параметров вод Севастопольской бухты в 2017 г.

Дата	2–3 февраля			16–18 мая			5–6 сентября			7–8 ноября		
	limit	aver	$\sigma$	limit	aver	$\sigma$	limit	aver	$\sigma$	limit	aver	$\sigma$
O <sub>2</sub> мл/л	3,51–7,97	7,34	0,99	4,52–6,73	6,19	0,48	3,17–5,86	5,38	0,40	4,32–6,30	5,86	0,32
O <sub>2</sub> %	43,9–99,8	92,6	12,5	64,9–109,6	96,8	10,5	52,8–109,0	99,1	8,4	67,2–97,8	89,7	5,8
P <sub>общ</sub> мкМ	0,16–6,20	1,36	1,46	0,18–2,15	0,50	0,42	0,13–1,81	0,42	0,42	0,08–2,81	0,28	0,32
PO <sub>4</sub> мкМ	0–0,34	0,06	0,07	0,01–0,21	0,07	0,05	0–0,52	0,04	0,08	0,00–0,42	0,11	0,07
P <sub>орг</sub> мкМ	0,10–5,86	1,30	1,41	0,11–2,08	0,43	0,40	0,07–1,46	0,38	0,41	0,01–2,72	0,17	0,31
SiO <sub>2</sub> мкМ	0,82–6,65	2,68	1,31	0,26–12,39	2,34	2,18	1,18–12,93	4,22	2,86	3,54–13,94	6,61	1,93
NO <sub>2</sub> мкМ	–	–	–	0,00–1,94	0,11	0,23	0,00–0,95	0,13	0,18	0,00–0,49	0,11	0,10
NO <sub>3</sub> мкМ	0,03–18,99*	4,10	3,14	0,09–36,45	2,33	4,93	0,61–32,90	2,21	4,01	1,43–17,12	4,09	2,90
NH <sub>4</sub> мкМ	0,01–4,00	1,37	1,07	0,00–2,81	0,72	0,67	0,00–14,51	1,17	2,30	0,00–4,43	0,84	0,78
pH	8,33–8,41	8,37	0,02	8,03–8,31	8,25	0,04	8,06–8,38	8,31	0,05	8,17–8,34	8,27	0,03
Alk мг-экв/кг	3,330–3,437	3,364	0,020	3,322–3,660	3,362	0,041	3,282–3,435	3,330	0,033	3,330–3,428	3,378	0,016
C <sub>неорг</sub> ммоль/кг	3,056–3,161	3,097	0,021	3,054–3,477	3,098	0,054	–	–	–	2,993–3,140	3,033	0,029
TSM* мг/л	0,42–9,28	1,22	1,75	1,15–11,91	3,67	3,00	0,20–9,60	2,05	2,47	0,32–4,24	1,60	1,04
БПК <sub>5</sub> <sup>20</sup> мл/л	–1,78–0,76	0,31	0,69	–0,48–1,24	0,60	0,52	0,25–1,67	0,55	0,28	–	–	–

TSM\* (Total Suspended Solids) — Взвешенные Вещества (ВВ)

### 3.3.3. Севастопольская бухта (СО ГОИН)

В 2017 г. Севастопольским отделением ФГБУ «ГОИН» в Севастопольской бухте и на взморье района с борта НИС «Пеленг» на 38 станциях из поверхностного и придонного слоев в период с 29 мая по 7 ноября было отобрано 178 проб воды. В бухте глубина станций была в диапазоне 7–16 м, на взморье 3–87 м. В состав наблюдений вошло определение стандартных гидрологических параметров, концентрации взвешенных веществ, биогенных элементов и нефтяных углеводородов.

**Температура** воды в период наблюдений была в диапазоне 7,5–24,7 °С; соленость в бухте в июне 15,961–18,538‰, а на взморье 15,741–18,847‰; минимум отмечен на поверхности в конце мая у мыса Лукулл; хлорность 8,67–10,40‰; общая щелочность 2,488–3,543 мг-экв/дм<sup>3</sup>; концентрация ионов водорода pH 8,05–8,38. Концентрация взвешенных веществ на взморье изменялась от 1,41 до 11,09 мг/дм<sup>3</sup>, в водах Севастопольской бухты 0,13–5,14 мг/дм<sup>3</sup>.

Из 117 проб, отобранных для анализа содержания **нефтяных углеводородов** в Севастопольской бухте и на взморье, в шестнадцати их концентрация была ниже предела обнаружения (DL=0,01 мг/дм<sup>3</sup>). Загрязнение вод бухты в июне варьировало в пределах 0,01–0,07 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 0,039 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 3.2). В четырех из девяти отобранных проб концентрация НУ равнялась или превышала ПДК. Максимум был отмечен в поверхностном слое на выходе из

бухты. На взморье г. Севастополя максимальное содержание НУ достигало 0,15 и 0,39 мг/дм<sup>3</sup> (3 и 8 ПДК) в придонных водах в мае и 0,20 мг/дм<sup>3</sup> (4 ПДК) в поверхностных водах в июне.

Содержание общего **фосфора** в водах Севастопольской бухты изменялось в пределах 8–28 мкг/дм<sup>3</sup>, в поверхностных и придонных водах на взморье — от 6–8 до 51–37 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Максимальное содержание фосфатного фосфора достигало 19 мкг/дм<sup>3</sup> в бухте и 30 мкг/дм<sup>3</sup> на взморье.

Содержание минерального **азота** было значительно ниже ПДК. Концентрация нитритного азота была ниже предела определения (DL=0,1 мкг/дм<sup>3</sup>) в 49 пробах из 175, в остальных достигала 4,2 мкг/дм<sup>3</sup> (0,2 ПДК). Содержание аммонийного азота не превышало 42 мкг/дм<sup>3</sup> и только в придонных водах Южной бухты 5 июля достигала 134 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя величина 13,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание нитратного азота достигало 161 мкг/дм<sup>3</sup> в водах акватории Севастопольской бухты и 81 мкг/дм<sup>3</sup> на взморье.

Морские воды в районе г. Севастополя в период наблюдений были хорошо аэрированы. Перенасыщение вод растворенным **кислородом** достигало 24–28% насыщения. В придонных водах иногда отмечался дефицит растворенного кислорода (до 15–19% насыщения). Абсолютное содержание растворенного кислорода изменялось в диапазоне 7,25–10,25 и 7,86–11,29 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в водах бухты и взморья соответственно. Биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) в поверхностных водах варьировало от 0,61 до 4,06 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,9 ПДК), а в придонных 0,04–3,14 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК).

### 3.3.4. Загрязнение атмосферных выпадений (г. Севастополь)

В 2017 г. проводилось аналитическое определение содержания неорганического **азота** в атмосферных осадках. Отбор проб выполнялся на МГС «Севастополь» (Павловский мыс) в два осадкосборника — закрытый (открывался только во время выпадения осадков) и постоянно открытый. Проанализировано содержание в атмосферных осадках нитратов, нитритов и аммония в открытом (85 проб) и закрытом (80 проб) осадкосборниках. Как и в предыдущие годы, приоритетными формами неорганического азота в осадках были нитратный и аммонийный. Их процентное соотношение составило 58:41.

Средневзвешенное содержание неорганического азота в атмосферных осадках г. Севастополя составило 1,19 мгN/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация в закрытом осадкосборнике (5,98 мгN/дм<sup>3</sup>) была определена в пробе, отобранной 21.01.2017 г., в открытом осадкосборнике (6,83 мгN/дм<sup>3</sup>) — 17.03.2017 г.

Поток неорганического азота с атмосферными осадками в г. Севастополь возрос по сравнению с предыдущими годами и за 2017 г. составил 452 мг/м<sup>2</sup> для закрытого осадкосборника. Увеличение потока неорганического азота может объясняться как некоторым увеличением концентрации в осадках, так и увеличением количества самих осадков. Так, за 2016 г. сумма осадков проанализированных проб составила 288,3 мм, а за 2017 г. — 411 мм.

Во внутригодовом изменении содержания неорганического азота в атмосферных осадках четкого сезонного хода не прослеживается (рис. 3.9). Отмечено незначительное снижение концентрации в летние месяцы. Вклад сухих выпадений в общее содержание неорганического азота в пробах осадков оценивался по разнице концентрации в открытом и закрытом осадкосборниках и в среднем составил 24%. Максимальная разница наблюдалась в основном в теплое время года, что, вероятно, связано с накоплением пыли в атмосфере вследствие большого перерыва между выпадением осадков.

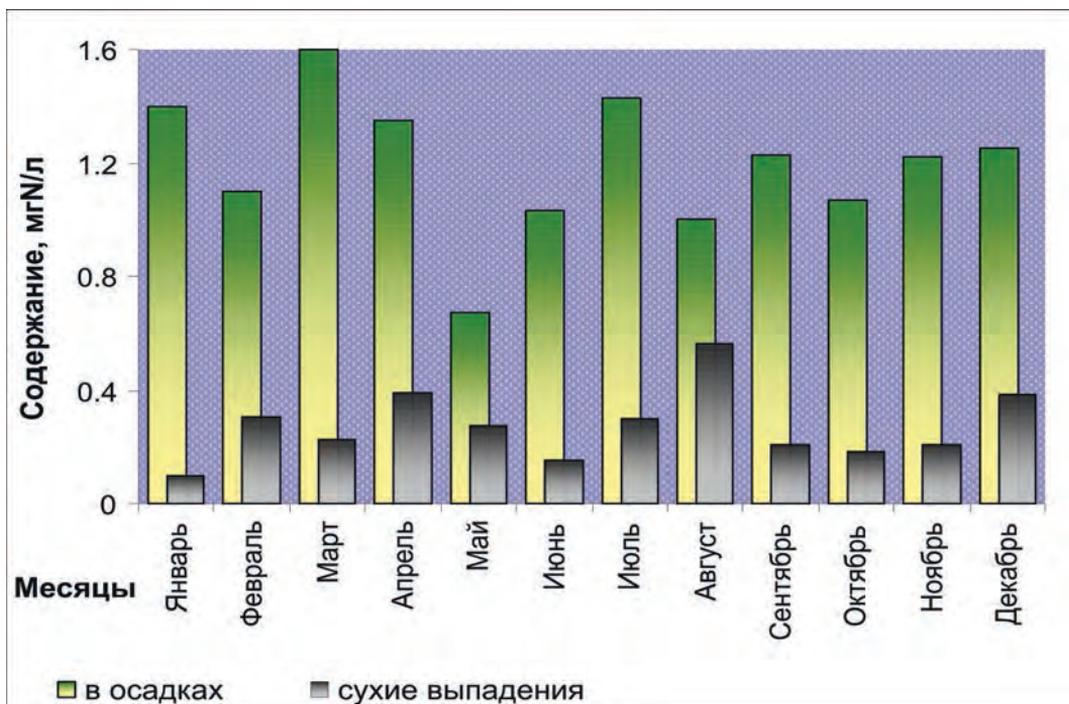


Рис. 3.9. Внутригодовое изменение содержания неорганического азота ( $\text{мг/дм}^3$ ) в пробах атмосферных осадков г. Севастополь и вклад сухих выпадений в его общее поступление.

### 3.3.5. Порт Ялта

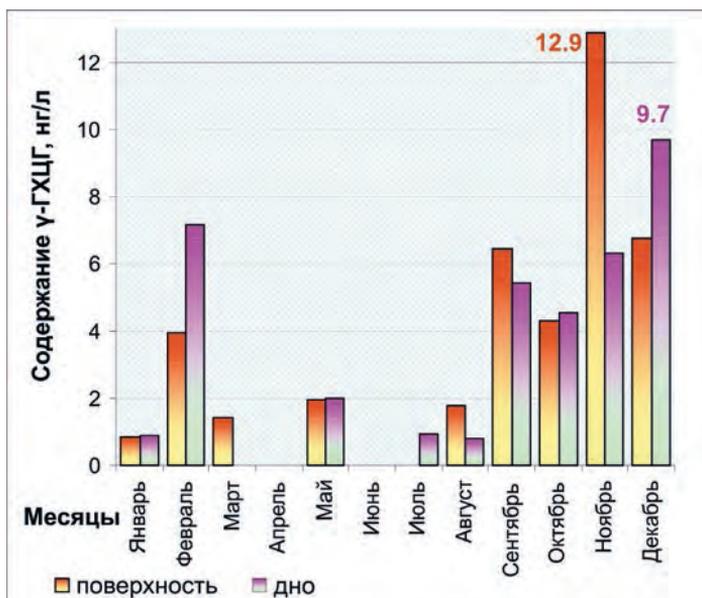
В 2017 г. мониторинг гидрохимического режима и загрязнения вод на акватории порта Ялта проводился лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды г. Ялта (ЛМЗОС г. Ялта, ФГБУ «Крымское УГМС») в течение года ежедекадно на одной станции. Всего отобрано и обработано 72 пробы. **Температура** морской воды варьировала от 7,1 до 26,0 °С. Среднегодовая составила 14,7 °С и практически равнялась средней многолетней (14,5 °С) за период наблюдений 1923–2015 гг. Стонно-нагонные явления, сопровождаемые резкими колебаниями температуры морской воды в поверхностном слое, в 2017 г. в Ялтинском заливе не были зафиксированы. Изменения солёности на акватории морского пассажирского порта зависит от объема пресной воды, поступающей с речным стоком реки Дерекойка. Значения солёности в поверхностном слое варьировали от 8,58‰ до 18,30‰, в среднем 14,93‰, в придонном — 17,25–18,54/17,98‰, минимум отмечен 3 мая на поверхности, а максимум в конце ноября в придонном слое. Среднегодовое значение солёности во всем столбе воды 16,45‰, что точно равняется среднему за последние 5 лет. Хлорность воды изменялась в пределах 4,74–10,30‰, средняя за год 9,14‰. Общая щелочность изменялась в диапазоне 3,229–3,440 мг-моль/дм<sup>3</sup>; среднегодовая в столбе воды 3,324 мг-моль/дм<sup>3</sup>. Величина pH изменялась от 8,13 до 8,48, максимальное значение отмечено на поверхности в начале мая, а минимальное также на поверхности в конце августа. Средняя величина pH за год в столбе воды от дна до поверхности составила 8,31.

Хотя **нефтяные углеводороды** в водах акватории порта были обнаружены в течение всего года во всех 72 пробах, однако их содержание оставалось очень невысоким. Мак-

симальная концентрация (0,03 мг/дм<sup>3</sup>, 0,6 ПДК) была отмечена в конце февраля в обоих слоях воды (табл. 3.2). В 52 пробах концентрация НУ равнялась пределу обнаружения (DL=0,013 мг/дм<sup>3</sup>). Средняя составила 0,013 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание СПАВ превышало предел обнаружения (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>) только в 9 пробах из 24 и достигало 12 сентября на поверхности 43 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 11 мкг/дм<sup>3</sup>. Загрязнение вод порта фенолами не отмечено.

В водах акватории п. Ялта, как и в предыдущие годы, было обнаружено присутствие **ХОП** ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, альдрин, ДДД и ГПХ). Линданом ( $\gamma$ -ГХЦГ) были загрязнены 75% отобранных проб (рис. 3.10). И если максимальная концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ, ДДД и альдрин не превышала 1 нг/дм<sup>3</sup>, то содержание  $\gamma$ -ГХЦГ в поверхностных и придонных водах достигало 12,9 (ноябрь) и 9,7 нг/дм<sup>3</sup> (декабрь) соответственно, Гептахлор (ГПХ) был обнаружен в 25% проб, а наибольшие значения зафиксированы в октябре (2,6 нг/дм<sup>3</sup>) и декабре (2,4 нг/дм<sup>3</sup>). ДДТ и ДДЭ, а так же ПХБ в водах порта не обнаружены.

Концентрация аммонийного **азота** изменялась в пределах 9–32, в среднем 19,6, что на 4,7 мкгN/дм<sup>3</sup> выше прошлогоднего значения. Максимум наблюдался в середине августа на поверхностном горизонте, был меньше прошлогодней величины (42 мкгN/дм<sup>3</sup>) и в 2,2 раза наибольшего значения в 2012 г. (71 мкгN/дм<sup>3</sup>). В целом в течение последних лет наблюдается последовательное снижение уровня содержания аммония в водах порта. Содержание нитритов в водах порта изменялось в диапазоне 0,5–13,5/2,9 мкгN/дм<sup>3</sup>; среднее значение в слое поверхность-дно немного превышало прошлогоднее (2,4 мкгN/дм<sup>3</sup>), однако отмеченное 14 апреля на поверхности максимальное значение (0,6 ПДК) было наибольшим с 2012 г. Концентрация нитратного азота изменялась в поверхностных водах в диапазоне от 23 до 146 мкг/дм<sup>3</sup> (май), у дна от 2 до 41 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание (38 мкг/дм<sup>3</sup>) было минимальным за последние годы. В целом поверхностные воды содержали азота значительно больше, чем придонные (рис. 3.11). Для общего азота в среднем превышение составило 3 раза, для нитратного азота — 5 раз. Концентрация общего азота в поверхностных водах акватории пассажирского порта изменялась в пределах 1073–2993 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонных водах — от 225 до 778 мкг/дм<sup>3</sup> и только в январе достигала 1746 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание в слое поверхность-дно возросло до 1190 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,3 раза выше предыдущего года.



**Рис. 3.10.** Внутригодовые изменения содержания  $\gamma$ -ГХЦГ в водах акватории порта Ялта в 2017 г.

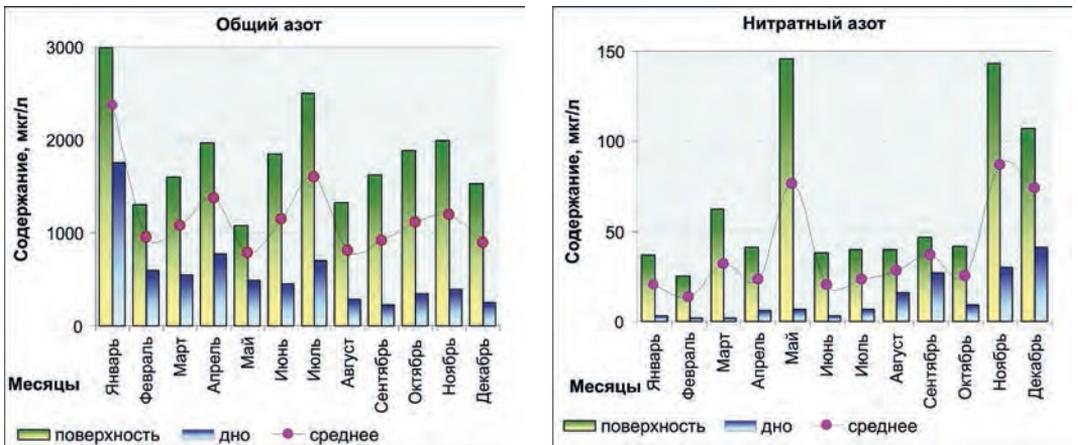


Рис. 3.11. Внутригодовое изменение содержания общего и нитратного азота в водах акватории порта Ялта в 2017 г.

На терригенный (антропогенный) характер загрязнения вод порта Ялты указывает обратная корреляционная зависимость ( $R=-0,7$ ) содержания нитратного азота с показателем солености поверхностных вод (рис. 3.12), а так же многолетний рост общего содержания азота в поверхностных водах порта на фоне низкого содержания его неорганических форм.

Концентрация фосфатного **фосфора** в течение года на акватории морского пассажирского порта на поверхности варьировала от 7 до 35, в среднем 12,5 мкгР/дм<sup>3</sup>, в придонном слое 2–9/4,8 мкгР/дм<sup>3</sup>; в слое поверхность-дно 8,6 мкгР/дм<sup>3</sup>. Это довольно близко к среднему значению за пятилетку (8,1 мкгР/дм<sup>3</sup>), а максимум (0,7 ПДК) превышал предыдущий экстремум за эти годы — 31 мкгР/дм<sup>3</sup> в 2013 г. Несмотря на повышение уровня содержания фосфатов в последний год, многолетняя динамика содержания фосфатов в водах порта Ялта с 2001 г.

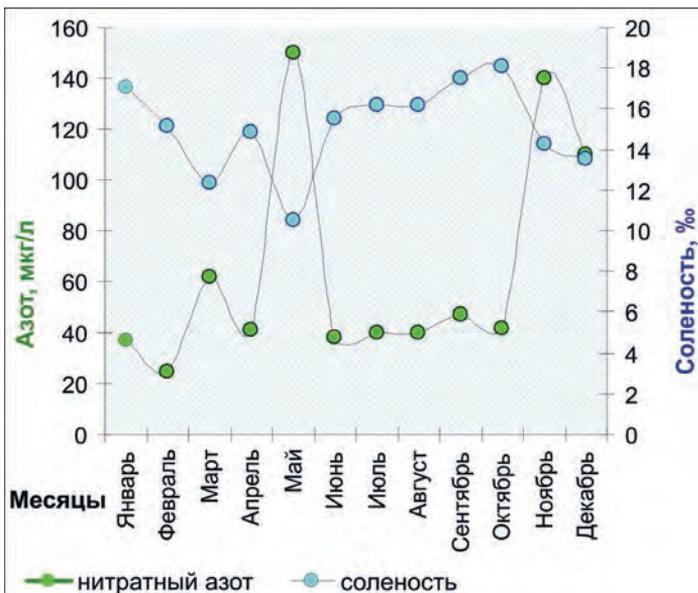


Рис. 3.12. Внутригодовые изменения содержания нитратного азота и солености поверхностных вод акватории порта Ялта в 2017 г.

позволяет выявить постепенное снижение их среднегодовой концентрации (рис. 3.13). Тренд в значительной степени определяется единичным значением максимума (260 мкгР/дм<sup>3</sup>), зафиксированного 17 апреля 2002 г. в поверхностных водах порта. Без учета экстремума в апреле 2002 г. многолетняя динамика неорганического фосфора демонстрирует долговременную стабилизацию на уровне 9,2 мкгР/дм<sup>3</sup>. Концентрация общего фосфора в водах порта в 2017 г. изменялась от 5 до 45 мкгР/дм<sup>3</sup>; максимум наблюдался на поверхности 14 марта; среднегодовое значение составило 15,5 мкгР/дм<sup>3</sup>, что немного больше средней за пятилетку (13,6 мкг/дм<sup>3</sup>).

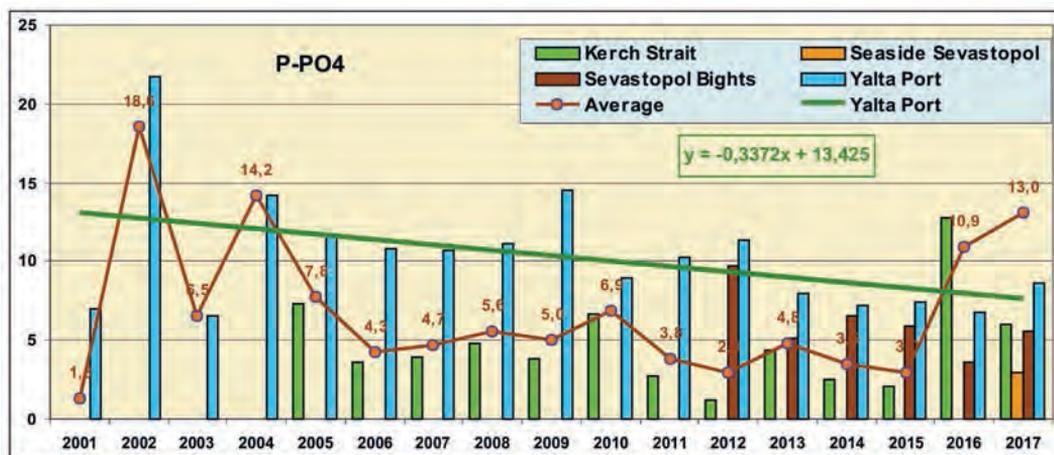


Рис. 3.13. Межгодовые изменения среднегодового содержания неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (мкгР/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Крыма в 2001–2017 гг.

Концентрация **кремния** в поверхностных водах с февраля по апрель достигала 1240–2440 мкг/дм<sup>3</sup>, в дальнейшем снижаясь до 310 в августе и 270 мкг/дм<sup>3</sup> в октябре. В придонном слое вод в январе она составила 700 мкг/дм<sup>3</sup>, а во втором полугодии не превышала 260 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание (615 мкг/дм<sup>3</sup>) остается высоким (рис. 3.14).

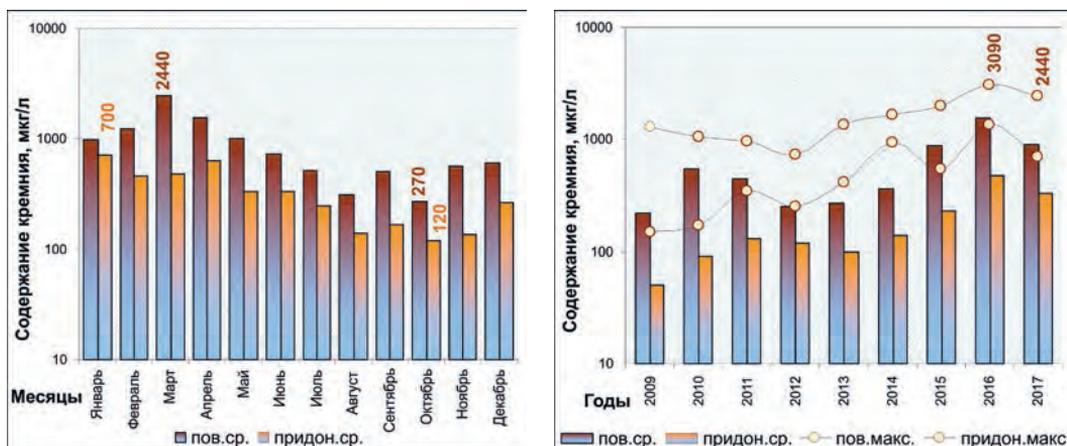


Рис. 3.14. Сезонные (2017 г.) и межгодовые изменения содержания кремния в водах акватории порта Ялта.

Аэрация вод в целом по-прежнему была недостаточной. Относительное содержание растворенного **кислорода** на поверхностном горизонте изменялось в пределах 80–111% насыщения, на придонном 86–108%. По среднемесячным значениям насыщение вод кислородом только в мае и июне достигало и превышало 100% рубеж, в остальной период наблюдался дефицит растворенного кислорода. По абсолютным значениям его содержание варьировало в пределах 6,19–11,46 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на поверхности и 6,76–10,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна. Среднегодовое относительное содержание растворенного кислорода (95% насыщения) оставалось на уровне предыдущих лет.

**Таблица 3.2.** Среднегодовое и максимальное значение гидрохимических параметров и концентрации загрязняющих веществ в прибрежных водах Крыма в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Керченский пролив Азовского моря	НУ	0,033	0,7	0,034	0,7	0,040	0,8
		0,14	<b>2,8</b>	0,23	<b>4,6</b>	0,16	<b>3,2</b>
	СПАВ	0,13	<0,1	0,69	<0,1	13,82	0,1
		14	0,1	7	<0,1	25	0,3
	Аммонийный азот	40,5	<0,1	29,5	<0,1	32,0	<0,1
		173	<0,1	92	<0,1	103	<0,1
	Нитритный азот					4,4	0,2
						17,0	0,7
Растворенный кислород	8,11		8,18		8,21		
	4,46	<b>0,74</b>	6,39		5,66	<b>0,94</b>	
Акватория п. Ялта	НУ	0,012	0,2	0,013	0,3	0,013	0,3
		0,03	0,6	0,050	<b>1,0</b>	0,030	0,6
	СПАВ	1,29	<0,1	7,3	<0,1	11,0	0,1
		8	<0,1	45	0,5	43	0,4
	Фенол	0		0		0	
		0		0		0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,24	<0,1	0,27	<0,1	4,25	0,4
		2,03	0,2	2,33	0,2	13,88	1,4
	α-ГХЦГ	1,15	0,1	0,24	<0,1	0,04	<0,1
		16,45	<b>1,6</b>	1,64	0,2	0,59	<0,1
	ДДТ	0		0		0	
		0		0		0	
	ДДЭ	0		0,04	<0,1	0	
		0		0,56	<0,1	0	
	ДДД	0,16	<0,1	0,05	<0,1	0,03	<0,1
		2,08	0,2	0,71	<0,1	0,81	<0,1
	Гептахлор	0,31		0		0,44	<0,1
		1,42		0		2,57	0,3
	ПХБ	0		0		0	
		0		0		0	
	Аммонийный азот	20,6	<0,1	14,9	<0,1	19,6	<0,1
		43,0	<0,1	42	<0,1	32	<0,1
	Растворенный кислород	8,76		8,59		8,88	
6,42			5,74	<b>0,96</b>	6,19		

Севастопольская бухта и взморье	НУ	0,084		-		0,066	<b>1,3</b>
		0,31		-		0,39	<b>7,8</b>
	СПАВ	46,0	0,5	-		-	
		82,0	0,8	-		-	
	Аммонийный азот	6,1	<0,1	28,0	<0,1	13,1	<0,1
		22,9	<0,1	131	<0,1	134,0	<0,1
	Нитритный азот	1,09	<0,1	0,68	<0,1	1,61	<0,1
		2,8	0,1	2,7	0,1	4,2	0,2
	Растворенный кислород	10,09		8,00		9,30	
		9,04		5,88	<b>0,98</b>	7,25	

### 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 побережья Крыма. В 2017 г. воды всех районов мониторинга по индексу ИЗВ классифицировались как «чистые» (табл. 3.3).

**Таблица 3.3.** Оценка качества черноморских вод у берегов Крыма в 2015–2017 гг. по индексу загрязненности вод ИЗВ.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	ИЗВ	Класс	
Севастопольская бухта	0,92	III	-	-	0,51	II	НУ 1,32; N-NH <sub>4</sub> 0,01; N-NO <sub>2</sub> 0,07; O <sub>2</sub> 0,65
Акватория п. Ялта	0,22	I	0,24	I	0,37	II	НУ 0,26; N-NO <sub>2</sub> 0,12; γ-ГХЦГ 0,42; O <sub>2</sub> 0,68
Керченский пролив	0,40	II	0,36	II	0,46	II	НУ 0,80; N-NO <sub>2</sub> 0,18; СПАВ 0,14; O <sub>2</sub> 0,73

### 3.4. Загрязнение прибрежных вод Анапа-Туапсе

В рамках программы государственной службы наблюдений и контроля (ГСН) Гидрометеорологическое бюро г. Туапсе (ГМБ) Краснодарского краевого центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды выполнило наблюдения во все месяцы 2017 г. в прибрежных водах в районе Анапы, Новороссийска, Геленджика и Туапсе (рис. 3.15). На станции штормовой информации № 2 в порту Туапсе отбор проб проводили каждые десять дней. 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<sub>2</sub> методом Винклера, щелочность Alk), концентрация биогенных элементов (фосфатов PO<sub>4</sub>, аммонийного азота, нитритов NO<sub>2</sub> и силикатов SiO<sub>3</sub>) и загрязняющих веществ — НУ, СПАВ, пестицидов и растворенных в воде железа и ртути. Экстракция нефтяных углеводородов производилась четырёххлористым углеродом. Нефтяные углеводороды определялись ИКС-методом на приборе КН-2 (концентратомер). Определение концентрации растворённого железа и ртути производилось в Ростовском центре наблюдений за загрязнением природной среды.

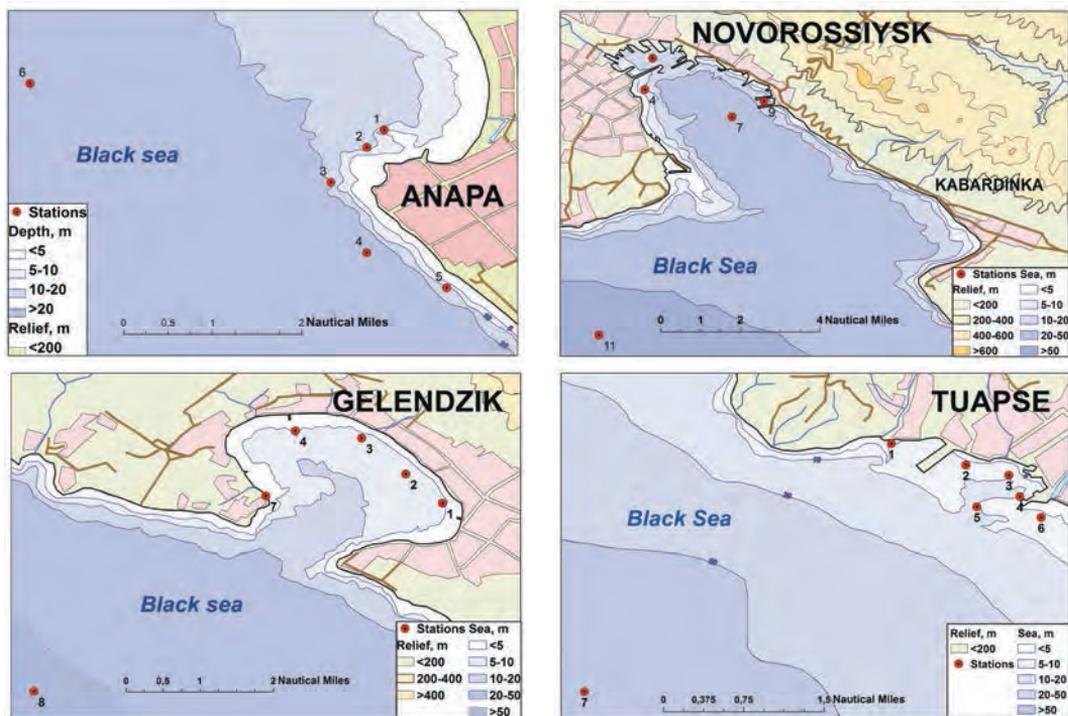


Рис. 3.15. Схема расположения станций отбора проб на акватории портов российской части Черного моря в 2017 г. (ГМБ Туанце).

**Анапа.** В 2017 г. в районе г. Анапа исследования проводилась на 6 станциях с глубинами 6–31 м. Всего в течение года почти в каждый месяц было отобрано из поверхностного слоя и проанализировано 27 проб воды. В период наблюдений соленность изменялась от 16,40‰ до 18,30‰. Максимальная соленность была отмечена в апреле, минимальная — в июле. Средняя за год величина соленности была немного ниже прошлогодней и составила 17,34‰, хлорность изменялась в пределах от 9,08‰ до 10,13‰. Температура воды варьировала от 8,3 °C в январе до 24,9 °C в конце июля. Значение водородного показателя pH изменялось в диапазоне 8,05–8,51, общей щелочности — 2,736–3,997 мг-экв/дм<sup>3</sup>. В целом гидролого-гидрохимические параметры находились в пределах естественных межгодовых колебаний (табл. 3.4).

Таблица 3.4. Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья России в 2017 г.

Район	S,‰	Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> <sup>*</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	pH	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мкг/дм <sup>3</sup>
Анапа	17,336/ 18,30	2,736/ 2,997	9,72/ 8,35	8,42/ 8,51	11,2/ 44,4	166/ 416	20,70/ 142,30	1,01/ 3,86
Новоросси́йск	17,486/ 18,16	2,786/ 2,938	9,54/ 8,35	8,37/ 8,50	19,7/ 48,0	174/ 299	26,50/ 218,50	1,47/ 4,00
Геленджик	17,265/ 18,07	2,741/ 2,955	10,12/ 8,50	8,45/ 8,59	10,0/ 38,9	150/ 381	25,21/ 239,70	1,01/ 4,40
Туапсе	16,818/ 18,43	2,737/ 3,064	9,41/ 7,17	8,39/ 8,54	23,0/ 128,7	185/ 660	6,68/ 78,80	1,57/ 4,73

O<sub>2</sub><sup>\*</sup> — средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода.

В течение года содержание минерального фосфора варьировало от аналитического нуля до 44,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Для прибрежной акватории г. Анапы средняя концентрация неорганического фосфора осталась практически на таком же уровне, что и в прошлом году. В других районах северной части Кавказского побережья среднегодовая концентрация минерального фосфора оказалась выше, чем в 2016 г. (рис. 3.16). Больше всего средняя концентрация фосфатов выросла в районах Туапсе и Цемесской бухты Новороссийска (с 12,5 до 19,7 мкг/дм<sup>3</sup> для Новороссийска и с 14,3 до 23,0 мкг/дм<sup>3</sup> для Туапсе). Максимальная концентрация фосфатов в районе г. Анапы оказалась ниже прошлогодней и составила 44,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что ниже величины ПДК (рис. 3.17). Также ниже уровня ПДК оказались величина максимальной концентрации фосфатов в прибрежных акваториях Новороссийска и Геленджика — 48,0 и 38,9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. По сравнению с 2016 г. существенно, примерно до 2,5 ПДК, выросла максимальная концентрация минерального фосфора в прибрежных районах у Сочи (с 28,3 до 122,8 мкг/дм<sup>3</sup>) и Туапсе (с 40,7 до 128,7 мкг/дм<sup>3</sup>).

Анализ многолетних данных позволяет выявить тенденцию повышения содержания фосфатов в прибрежных водах (рис. 3.16). 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 г., что соответствует многолетней тенденции накопления минерального фосфора в прибрежной акватории северной части Кавказского побережья.

Содержание других биогенных элементов было в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного азота в течение года не превышало ПДК (ПДК=2256 мкг/дм<sup>3</sup>) и варьировало от аналитического нуля до 142,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Величина содержания нитритного азота изменялась от аналитического нуля до 3,86 мкг/дм<sup>3</sup> и в среднем составляла 1,01 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация кремния была в пределах от аналитического нуля в одной пробе в декабре до 415,9 мкг/дм<sup>3</sup> в апреле.

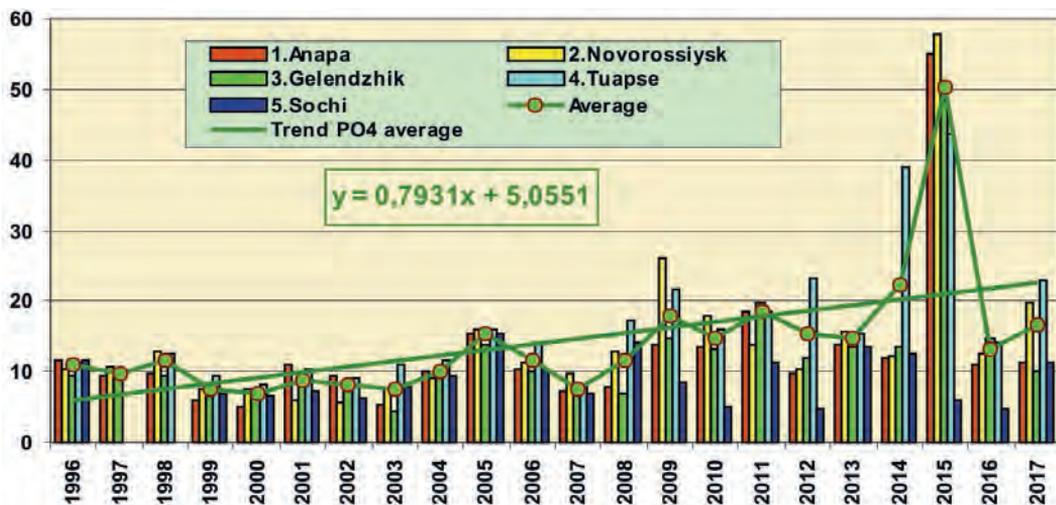


Рис. 3.16. Среднегодовая концентрация неорганического фосфора P–PO<sub>4</sub> (фосфаты, мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2017 гг.

На исследуемой акватории вблизи г. Анапа нефтяные углеводороды были обнаружены в 24 пробах из 27 (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>). Концентрация НУ превышала ПДК только в одной пробе, отобранной 25 января (0,054 мг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая величина изменилась незначительно по

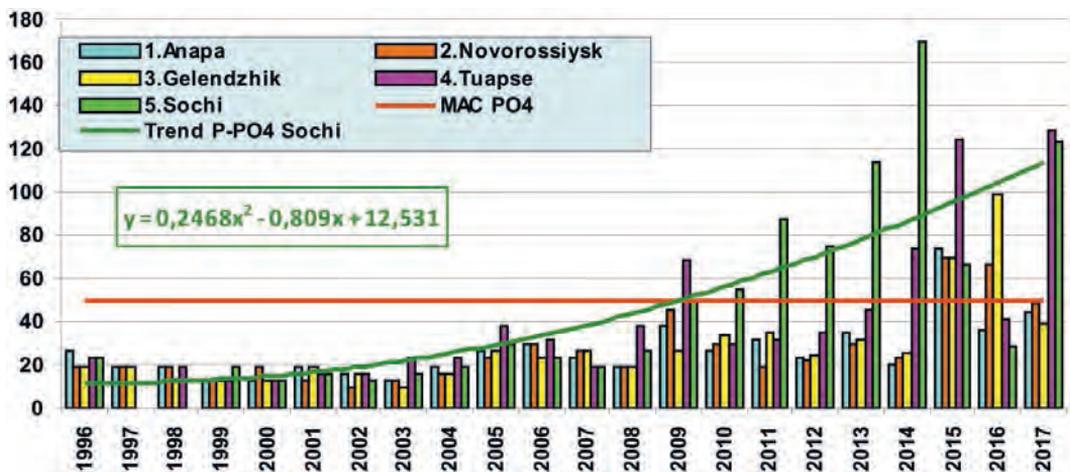


Рис. 3.17. Максимальная концентрация неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (фосфаты, мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 1996–2017 гг.

сравнению с предыдущим годом и составила 0,014 мг/дм<sup>3</sup>. Содержание детергентов во всех 27 проанализированных пробах было ниже предела обнаружения (DL=100 мкг/дм<sup>3</sup>). Из трех проанализированных проб на содержание ртути в двух ее концентрация была практически одинаковой и составила 0,011 и 0,010 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК), а в третьей пробе было ниже предела обнаружения (DL=1 нг/дм<sup>3</sup>). Концентрация железа варьировала от 20 до 53 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение 27,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание железа выше норматива было обнаружено только в одной пробе и составило 1,06 ПДК. Содержание в воде пестицидов α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах.

Кислородный режим был в пределах нормы, дефицит растворенного кислорода в воде не обнаружен. Концентрация кислорода изменялась в пределах от 8,35 до 11,05 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем составляя 9,73 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Относительное содержание растворенного в воде кислорода было в пределах 85,3–116,8% от насыщения и в среднем было несколько ниже, чем в трех предыдущих годах (107,06% — в 2014 году, 107,20% — 2015, 107,42% — 2016 и 102,09% — 2017). Индекс ИЗВ (0,49, II класс, «чистые») увеличился по сравнению с прошлым и позапрошлым годом почти в полтора раза (табл. 3.5). В расчет индекса, в отличие от прошлого года, вошла величина БПК<sub>5</sub>. Из расчета индекса было исключено содержание нитритов из-за их очень низкой концентрации в воде. Содержание трех других параметров расчета — нефтяных углеводородов, железа и кислорода — изменилось незначительно.

**Новоросси́йск.** В 2017 г. на 4 станциях в Цемесской бухте с глубинами от 7 до 13 м и одной в открытом море на изобате 55 м в течение года было отобрано 23 пробы воды из поверхностного слоя. Температура варьировала от 9,0 до 25,3 °C и в среднем составила 16,0 °C, что на 2,6 °C ниже, чем в прошлом году. Соленость изменялась в диапазоне от 16,13‰ до 18,16‰, среднегодовая величина составила 17,49‰ (на 0,3‰ меньше, чем в 2016 г.). Наименьшая соленость была отмечена 27 июля, наибольшая — 2 марта. Водородный показатель pH варьировал в пределах от 8,00 до 8,50 и в среднем составил 8,37 ед.рН. Значения общей щелочности (2,600–2,938 мг-экв/дм<sup>3</sup>) были в пределах обычной сезонной и межгодовой изменчивости. Концентрация минерального фосфора варьировала от аналитического нуля до 48,00 мкг/дм<sup>3</sup> и в среднем составила 19,73 мкг/дм<sup>3</sup>, что почти в полтора раза выше прошло-

годного значения, но практически в три раза меньше позапрошлого (табл. 3.4). Содержание аммонийного азота изменялось в пределах от аналитического нуля до 218,50 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом средняя величина аммонийного азота уменьшилась в 6,6 раза (с 173,70 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 26,50 мкг/дм<sup>3</sup> в 2017 г.), а максимальная величина — почти в три раза (с 650,70 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 218,5 мкг/дм<sup>3</sup> в 2017 г.), (рис. 3.18). Средние значения аммония в водах Цемесской бухты, Геленджикской бухты и в районе Туапсе были ниже, чем в районе Адлера и Сочи, что было впервые за все время наблюдений.

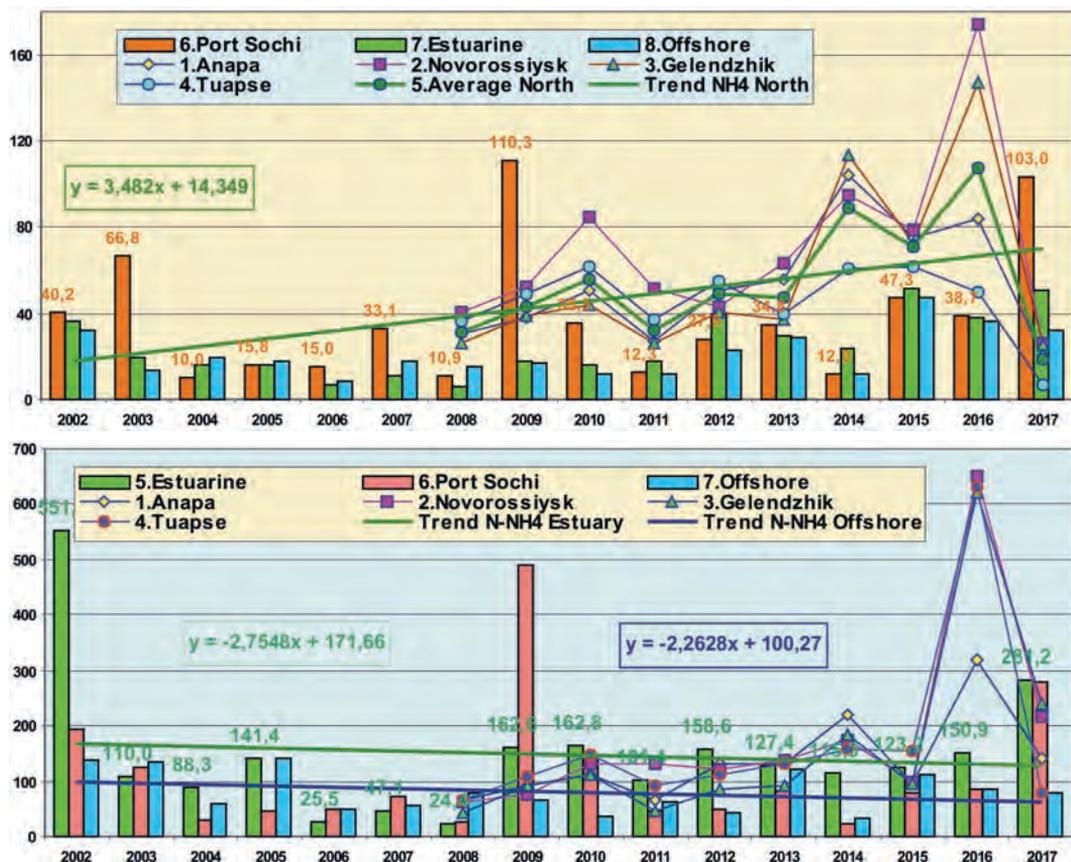
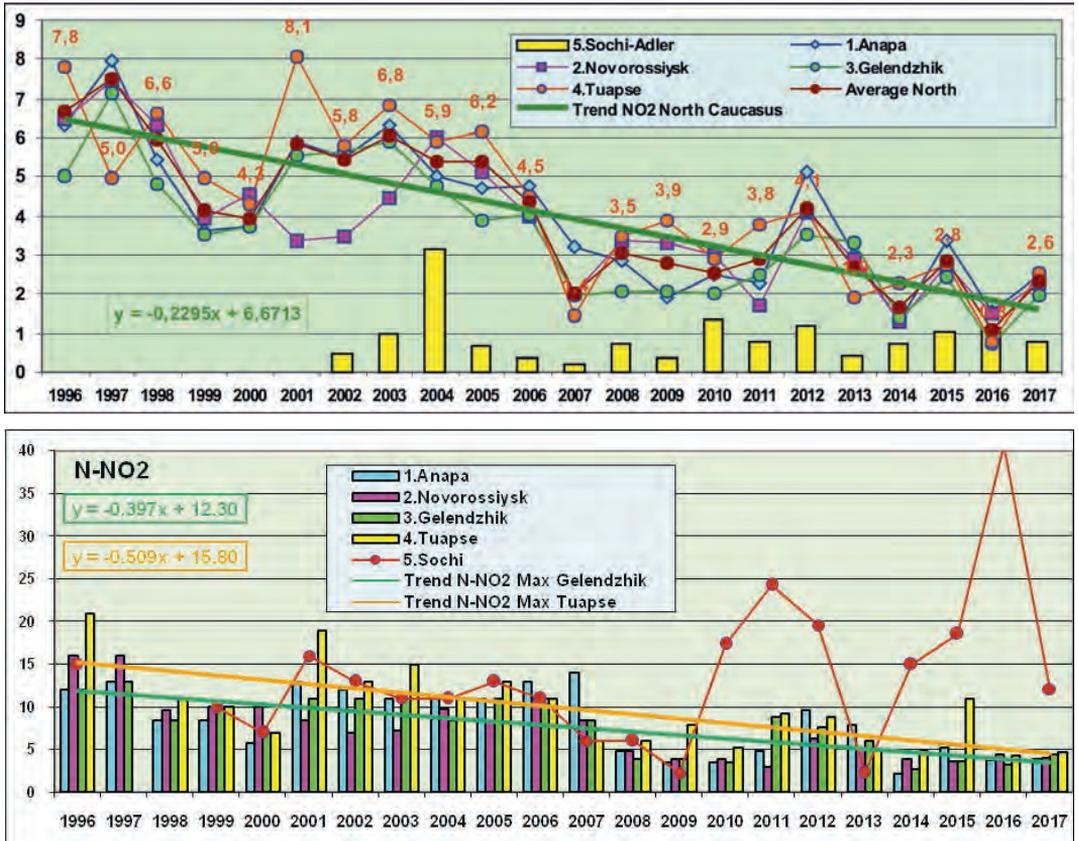


Рис. 3.18. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация аммонийного азота  $N-NH_4$  (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах Кавказского побережья в 2002–2017 гг.

Концентрация нитритов варьировала в диапазоне от аналитического нуля (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>, 6 проб) до 4,0 мкг/дм<sup>3</sup>; в среднем 1,5 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически полностью соответствует прошлогоднему среднегодовому значению. В течение последних двух десятилетий среднее содержание нитритов постепенно снижалось на всех контролируемых участках Кавказского побережья (рис. 3.19). И хотя в 2017 г. среднегодовая величина нитритного азота была выше, чем в прошлом году, общая тенденция осталась прежней. Максимальные значения в северной части побережья 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 г. до абсолютного максимума 40,6 мкг/дм<sup>3</sup>, который был зафиксирован 14 августа 2016 г. в устье реки Сочи на поверхности. В 2017 г. максимальная концентрация в районе Сочи снизилась до 12,1 мкг/дм<sup>3</sup>, но тем не менее осталась выше, чем в других районах Кавказского побережья. Диапазон значений силикатов в Цемесской бухте составил 32,4–298,5 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен летом 8 июня в точке, удаленной на пять миль от берега. Средняя за год концентрация кремния выросла по сравнению с 2016 г. с 155,5 до 173,7 мкг/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 3.19.** Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитритного азота  $N-NO_2$  (мкг/дм<sup>3</sup>) в поверхностном слое вод прибрежных районов российской части Черного моря в 1996–2017 гг.

Загрязнение вод Цемесской бухты нефтяными углеводородами было невысоким: концентрация НУ в двух из 22 обработанных проб была ниже предела обнаружения ( $DL=0,001$  мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных не была выше 0,028 мкг/дм<sup>3</sup>, т.е. не поднималась выше уровня ПДК (ПДК=0,05 мкг/дм<sup>3</sup>). На акватории порта Новороссийска на протяжении трех лет наблюдается тенденция уменьшения содержания НУ. В 2017 г. среднегодовая концентрация уменьшилась по сравнению с 2016 г. в 1,4 раза, а по сравнению с 2015 — в 2,6 раза и составила 0,014 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация в 2017 г. была в 2,3 раза меньше 2016 г. и в 3,1 раза меньше 2015 г. Содержание детергентов во всех 23 проанализированных пробах было ниже предела обнаружения ( $DL=100$  мкг/дм<sup>3</sup>).

Содержание растворенной ртути в трех проанализированных пробах было ниже предела обнаружения ( $DL=0,010$  мкг/дм<sup>3</sup>). В семи пробах была определена концентрация железа; в одной она была ниже предела обнаружения ( $DL=20$  мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигала 36 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 25,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ - и  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения (0,002–0,02 нг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах. В семи пробах была определена концентрация легко окисляемых растворенных органических веществ по БПК<sub>5</sub>. Их содержание варьировало от аналитического нуля до 2,26 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в среднем 1,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим вод района во все сезоны был в пределах нормы, диапазон концентрации растворенного в воде кислорода составил 8,35–10,74 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 9,54 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс ИЗВ (0,46) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, БПК<sub>5</sub>, железа 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 27 проб воды из приповерхностного слоя. Минимальная соленость (16,40‰) была отмечена 27 июля на близкой к берегу ст. № 1, расположенной внутри бухты, а максимальная — 2 марта на ст. № 8, удаленной от берега на пять миль (18,07‰). Значения pH изменялись в диапазоне 8,21–8,59 ед. pH. Наименьшая величина pH была зафиксирована 19 октября на ст. № 1, наибольшие — 6 апреля во время единовременной съемки на станциях внутри Геленджикской бухты (8,57–8,59 ед. pH). Величина общей щелочности варьировала от 2,552 до 2,955 мг-экв/дм<sup>3</sup>, наименьшая величина была зафиксирована 14 декабря, наибольшая — 25 января. На глубоководной станции № 8 в открытом море в семи проанализированных пробах содержание взвешенных веществ изменялось в пределах 0,95–1,70 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,30 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация нитритов, аммонийного азота и минерального фосфора была значительно ниже ПДК (табл. 3.4). Концентрация фосфатов варьировала от аналитического нуля ( $DL=5,0$  мкг/дм<sup>3</sup>) в десяти пробах до 38,91 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем — 10,03 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения в 22 пробах, наиболее высокие значения (до 239,7 мкг/дм<sup>3</sup>) были отмечены в январе, среднее содержание за год — 25,21 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 5,8 раз меньше, чем в 2016 г. Концентрация нитритов была в диапазоне 0 (13 проб) — 4,4 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее — 1,02 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение было зафиксировано 8 июня на глубоководной станции. Концентрация силикатов изменялась от аналитического нуля до 380,5 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 27 отобранных пробах содержание НУ изменялось от аналитического нуля в трех пробах до 0,024 мг/дм<sup>3</sup>. Три пробы с минимальным содержанием НУ были отобраны на глубоководной станции в период с 24 апреля по 28 июня. Максимальная величина была зафиксирована 25 января на ст. № 4. Среднее содержание НУ за год составило 0,01 мг/дм<sup>3</sup>, что почти совпадает с прошлогодним значением (рис. 3.20). 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 побережья 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 и Сочи (до 8,2 ПДК в 2014 г. в Туапсе и до 7,4 ПДК в 2007 г. в Сочи). 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 14,6 раза.

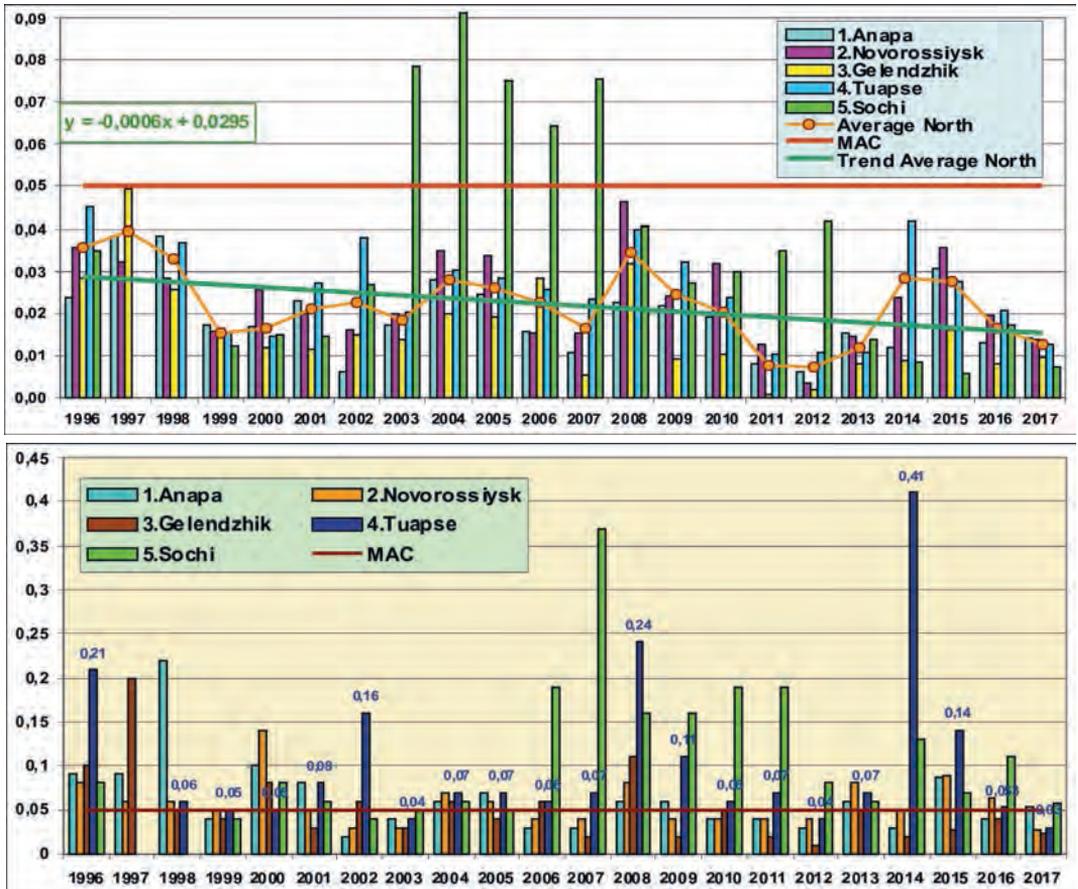


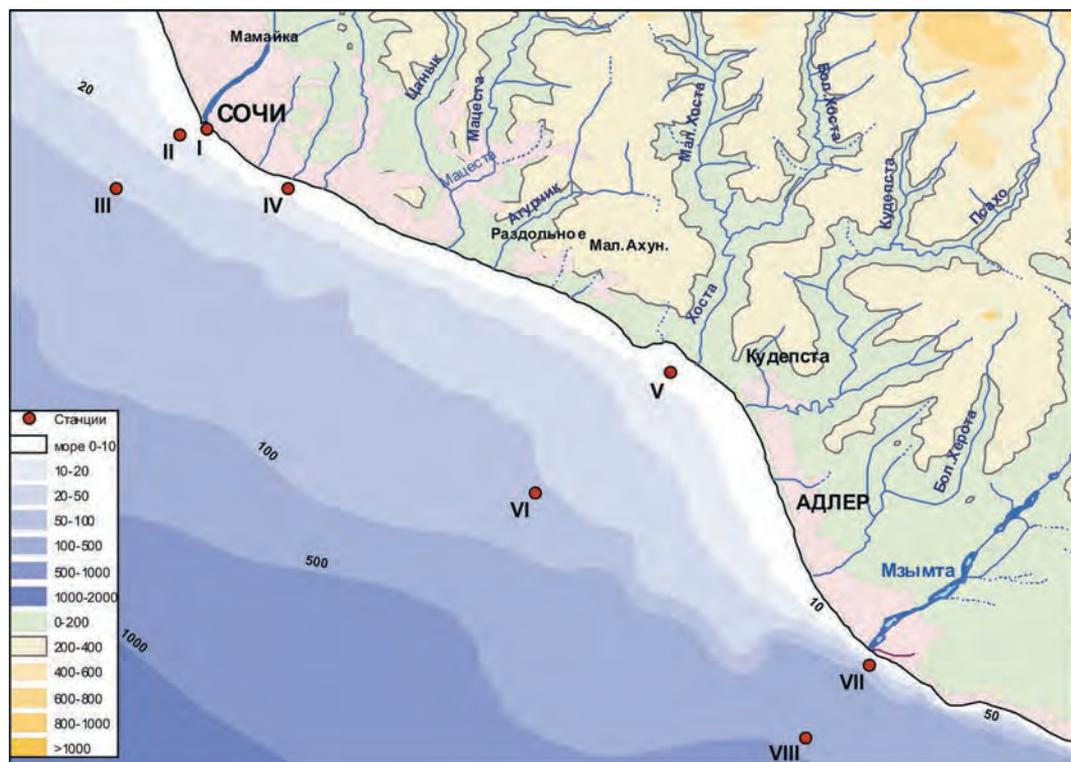
Рис. 3.20. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нефтяных углеводородов ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ ) в поверхностном слое вод российской части Кавказского побережья Черного моря в 1996–2017 гг.

Концентрация СПАВ во всех пробах была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=0,10 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ). Содержание в воде пестицидов  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан), ДДТ и ДДЕ было ниже предела обнаружения ( $0,002\text{--}0,02 \text{ нг}/\text{дм}^3$ ) во всех пробах. Концентрация растворенной ртути в трех проанализированных пробах была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=0,010 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ). В одной пробе из семи концентрация железа была ниже предела обнаружения ( $\text{DL}=20 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ), а в остальных достигала  $41 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , в среднем —  $28,7 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ . Содержание растворенного в воде кислорода изменялось в пределах  $8,50\text{--}13,68 \text{ мг}\text{O}_2/\text{дм}^3$ , средняя —  $10,12 \text{ мг}\text{O}_2/\text{дм}^3$ . Процентное содержание растворенного кислорода изменялось от  $87,0\%$  до  $134,1\%$ . Низкое значение индекса ИЗВ ( $0,41$ ) позволяет отнести воды района к II классу, «чистые». Расчет производился по среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов, железа, БПК<sub>5</sub> и средней концентрации растворенного в воде кислорода.

### 3.5. Прибрежная зона района Сочи — Адлер

В 2017 г. Лабораторией мониторинга загрязнения окружающей среды (ЛМЗС) специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черно-

го и Азовского морей (СЦГМС ЧАМ, г. Сочи) в прибрежной зоне Сочи — Адлер были проведены 4 гидрохимические съемки в марте, апреле, сентябре и ноябре. Наблюдения проводились с борта арендованного малого судна по 23 показателям (гидрология 11, биогенные элементы 7, ТМ 3, НУ, СПАВ) на 8 станциях, расположенных на участке от устья реки Сочи до устья реки Мзымта (рис. 3.21). В районе г. Сочи одна станция находится в центральной части акватории порта (I), вторая в устье реки Сочи и загрязняется ее стоком (II), третья расположена на траверзе реки, но удалена от берега на 2 морские мили и поэтому может считаться условно чистой зоной (III). Южнее две прибрежные станции в устье ручья Малый (IV) и устье реки Хоста (V) позволяют контролировать загрязнение прибрежной зоны, а фоновой служит станция в 2 милях от берега на траверзе устья р. Хоста (VI). В районе Адлера одна станция (VII) также расположена на мелководье (глубина 6 м) немного южнее устья реки Мзымта, а вторая (VIII) в 2 милях от берега в условно чистой зоне (глубина 370 м).



**Рис. 3.21.** Расположение станций отбора проб в прибрежной зоне района Сочи — Адлер в 2017 г. Станция VIII расположена на траверзе р. Мзымта в 2 морских милях от берега.

Пробы воды отбирались батометрами на мелководных станциях из поверхностного и придонного слоев, на глубоких станциях — со стандартных гидрологических горизонтов 0, 10, 25 и 50 м. Максимальная глубина отбора проб составила 57 м. В комплекс гидрохимических наблюдений вошло определение следующих параметров: температура, соленость, хлорность, щелочность, рН, окислительно-восстановительный потенциал морской воды, электропроводность, концентрация взвешенных веществ, растворенного в воде кислорода, аммонийного, нитритного, нитратного и общего азота, фосфатов и общего фосфора, силикатов. На бор-

ту 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 ЦСГМС ЧАМ. Всего в 2017 г. было отобрано 88 проб воды: в районе Адлера — 24 пробы, у Хосты (24) и Сочи (40); было выполнено 1712 анализов. В ходе внутрилабораторного контроля качества выполнено 320 определений и дополнительно 168 определений стабильности градуировочной характеристики.

**Температура** воды в исследуемом прибрежном районе изменялась в пределах от 7,8 °С на горизонте 44 м в двух милях от эстуария реки Сочи 22 марта и 26 апреля до 26,4 °С на морской станции на траверзе устья реки Мзымты 20 сентября. Средняя температура по району составила 13,95 °С. Среднее значение солёности на 2,345‰ было выше прошлогоднего и составило 18,365‰; минимальное значение (8,697‰) было зафиксировано весной 26 апреля в устье реки Хоста; еще в одной пробе в эстуарном районе реки Сочи, отобранной в апреле, значение было ниже 13‰ и составило 10,379‰. Максимальная солёность (19,762‰) закономерно была отмечена на глубине 50 м на траверзе Мзымты 15 ноября; еще в 82 пробах она была выше 17‰ (табл. 3.6). Диапазон значений pH (7,72–8,47 ед.рН) был несколько уже прошлогоднего (7,74–8,86 ед.рН в 2016 г.). Среднее значение (8,16 ед.рН) было меньше прошлогоднего (8,30 ед.рН). Значения щёлочности изменялись в пределах 2,178–3,216 мг-экв/дм<sup>3</sup>, средняя величина составила 2,896 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений электропроводности — 8,75–32,10 мСм/см. Содержание взвешенных веществ в водах района изменялось в течение года в пределах 0,0–22,9 мг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 0,4–21,4 мг/дм<sup>3</sup>; в 2015 г. — 0,1–15,8 мг/дм<sup>3</sup>; 2014–0–5,9; 2013–0,1–7,7; 2012–0,14–14,3; 2011–0,5–37,9 мг/дм<sup>3</sup>), два наибольших значения (22,9 и 19,4 мг/дм<sup>3</sup> — 1,9 и 2,3 ПДК) были отмечены 26 апреля в устье Сочи в поверхностном и придонном слое; средняя концентрация ВВ (2,18 мг/дм<sup>3</sup>) была несколько ниже прошлогоднего уровня — 2,65 мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 3.6.** Средние и максимальные значения стандартных гидрохимических параметров и концентрации биогенных элементов в прибрежных водах Черноморского побережья в районе Сочи-Адлер в 2017 г.

Район	S,‰	Alk	O <sub>2</sub> *	pH	P <sub>total</sub>	PO <sub>4</sub>	SiO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	N <sub>total</sub>
порт Сочи	18,659/ 19,252	2,810/ 2,931	8,03/ 6,70	8,08/ 8,27	46,4/ 104,8	17,8/ 83,3	915/ 1440	103,0/ 278,5	0,9/ 2,2	32,3/ 100,9	382/ 565
Эстуарии рек	17,490/ 19,507	2,884/ 3,134	8,17/ 6,50	8,12/ 8,40	28,0/ 124,8	13,8/ <b>122,8</b>	1514/ <b>9540</b>	51,0/ 281,2	1,0/ 12,1	36,9/ 271,5	378/ 701
Открытые воды	18,899/ 19,762	2,917/ 3,216	8,28/ 6,00	8,20/ 8,47	24,9/ 181,6	6,1/ 23,6	755/ 1452	31,9/ 79,6	0,5/ 2,4	15,6/ 45,9	325/ 524
Суммарно район	18,365/ 19,762	2,896/ 3,216	8,22/ 6,00	8,16/ 8,47	29,2/ 181,6	11,4/ <b>122,8</b>	1154/ <b>9540</b>	50,3/ 281,2	0,8/ 12,1	28,3/ 271,5	359/ 701

Alk — мг-экв/дм<sup>3</sup>; O<sub>2</sub> — мг/дм<sup>3</sup>; биогенные элементы — мкг/дм<sup>3</sup>.  
O<sub>2</sub>\* — средняя и минимальная концентрация растворенного в воде кислорода. Максимальные значения фосфатов и силикатов в устьях рек превышали ПДК.

Концентрация аммонийного азота в водах района Адлер-Сочи изменялась в пределах 0,0–281,2 мкг/дм<sup>3</sup>, семь значений превышающих 100 мкг/дм<sup>3</sup> (0,26 ПДК) были отмечены в эстуарных районах и в акватории порта Сочи в осенний период. Содержание аммонийного азота, равное аналитическому нулю, было зафиксировано в 14 пробах, отобранных в марте и апреле. Средняя по всем станциям составила 50,3 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,3 раза больше прошлогодней (37,7 мкг/дм<sup>3</sup>), и почти равна позапрошлогодней (49,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Средняя концентрация аммония в поверхностном и придонном слоях отличалась незначительно — 50,3 и 51,2 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Также очень незначительно различалось содержание аммонийного азота

в эстуариях рек и в порту Сочи, в то время как содержание аммония в мористых пробах было значительно ниже.

Концентрация нитритного азота изменялась от значений ниже предела обнаружения  $DL=0,1$   $\text{мкг/дм}^3$  в 30 пробах из 64 до  $12,1$   $\text{мкг/дм}^3$  ( $0,5$  ПДК) на поверхности в устьевой области реки Сочи 20 сентября; остальные значимые величины были меньше  $3,53$   $\text{мкг/дм}^3$ . Средняя концентрация по всем станциям составила  $0,78$   $\text{мкг/дм}^3$ , что в полтора раза меньше прошлогодней ( $1,16$   $\text{мкг/дм}^3$ ); в поверхностном слое составила  $0,89$ , а в подповерхностном столбе воды до дна или до горизонта  $50$  м —  $0,86$   $\text{мкг/дм}^3$ . Средняя концентрация нитритного азота в последние восемь лет устойчиво держится в районе  $1$   $\text{мкг/дм}^3$  после многократного снижения в 2006 г. (рис. 3.19). Наибольшие величины показывают очень существенные межгодовые колебания, а максимум в нынешнем столетии был отмечен в 2016 г.

Концентрация нитратов изменялась от аналитического нуля (четыре пробы, отобранные в осенний период) до  $271,5$   $\text{мкг/дм}^3$  на поверхности в приустьевом районе реки Сочи 26 апреля; в среднем  $28,34$   $\text{мкг/дм}^3$  (три тысячных ПДК), что в  $1,45$  раза больше прошлогоднего. В последние полтора десятилетия на всех участках акватории Большого Сочи среднегодовое содержание нитратов резко и почти синхронно изменялось в основном в пределах

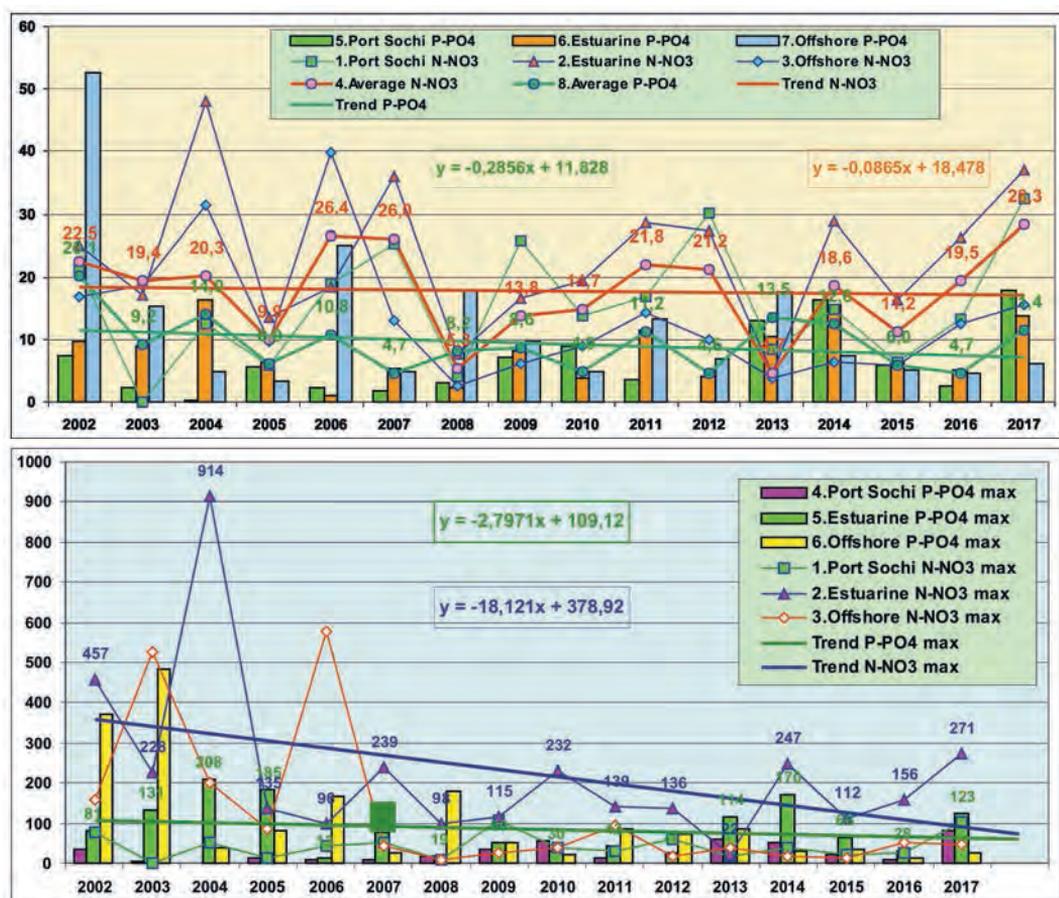


Рис. 3.22. Средняя (вверху) и максимальная (внизу) концентрация нитратов  $N-NO_3$  и  $P-PO_4$  ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2002–2017 гг.

10–25 мг/дм<sup>3</sup>; при этом различается общий незначительный тренд на понижение (рис. 3.22). Содержание общего азота изменялось от 169,8 мг/дм<sup>3</sup> на придонном горизонте акватории порта Сочи до 701,1 мг/дм<sup>3</sup> 26 апреля в эстуарном районе Мзымты, составив в среднем 358,8 мг/дм<sup>3</sup> (уменьшение на 45%); максимальная концентрация на 9,4% выше прошлогодней (635,4 мг/дм<sup>3</sup>). Существенных различий между слоями не отмечено: в поверхностном слое среднегодовая концентрация по всем станциям составила 370,2 мг/дм<sup>3</sup>; а в подстилающих водах — 347,4 мг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание суммарного азота в порту Сочи 382 мг/дм<sup>3</sup> (2016 — 241; 2015 — 466; 2014 — 345; 2013 — 220), в эстуариях рек 378 мг/дм<sup>3</sup> (221, 157, 286; 192) и в открытом море 325 мг/дм<sup>3</sup> (163, 193, 198; 225).

Концентрация **фосфатов** изменялась от аналитического нуля в 20 пробах из 64 проанализированных до максимума 122,8 мг/дм<sup>3</sup>, зафиксированного 26 апреля на придонном горизонте эстуарного района Сочи. Средняя за год концентрация по всем станциям составила 11,4 мг/дм<sup>3</sup> (2016–4,7; 2015–6,0; 2014–12,6; 2013–13,5); различия между слоями (у поверхности 6,1 мг/дм<sup>3</sup>, глубже — 15,9 мг/дм<sup>3</sup>) в основном обусловлены двумя высокими значениями в придонном слое устья Сочи и Хосты (122,8 и 106,8 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Средняя концентрация фосфатов наибольшей была на акватории порта Сочи (17,8 мг/дм<sup>3</sup>), несколько меньше — в эстуарных районах рек (13,8 мг/дм<sup>3</sup>) и меньше всего — в открытом море (6,1 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание общего фосфора (64 пробы) изменялось от 4,9 до 181,6 мг/дм<sup>3</sup>. Минимальная величина была зафиксирована на придонном горизонте в устье р. Мзымты в конце марта, максимальная — в открытом море в двух милях от берега на траверзе устья реки Сочи на поверхности. Среднее значение составило 29,2 мг/дм<sup>3</sup>, что в 2,2 раза выше прошлогоднего значения и соответствует уровню 2013–2015 гг. Существенных различий по вертикали не наблюдалось — в поверхностном слое вод района среднее значение составило 28,4 мг/дм<sup>3</sup>, а в подстилающих водах — 29,9 мг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **силикатов** в пересчете на кремний варьировала в диапазоне 42,3–9540 мг/дм<sup>3</sup>, максимум был в 4,2 раза выше прошлогоднего и зафиксирован 26 апреля в эстуарии реки Сочи. Следующее по величине значение (8220 мг/дм<sup>3</sup>) отмечено в устье реки Хоста того же числа на поверхности. Среднегодовая концентрация составила 1154 мг/дм<sup>3</sup>, что в 4,5 раза выше прошлогодней. Поскольку важнейшим источником силикатов является речной сток, их содержание в эстуарной области рек района Большого Сочи было наибольшим (1514 мг/дм<sup>3</sup>), в 1,7 раза меньше в порту Сочи (915 мг/дм<sup>3</sup>) и наименьшим в открытых водах на удалении от берега (755 мг/дм<sup>3</sup>). В приповерхностном слое вод района исследования содержание кремниевой кислоты (1413 мг/дм<sup>3</sup>) было в 1,6 раз выше, чем в промежуточных и придонных водах до глубины 57 м (896 мг/дм<sup>3</sup>).

В 2017 г. в прибрежных водах между Адлером и Сочи уровень содержания **нефтяных углеводородов** изменялся в диапазоне от аналитического нуля (69% — 44 пробы из 69) до 57 мг/дм<sup>3</sup> (1,14 ПДК), (табл. 3.7). В прошлом году всего три пробы из 64 имели содержание нефтяных углеводородов, равное аналитическому нулю (4,7%), в отличие от 72% в позапрошлом году. Среднегодовая величина составила 10 мг/дм<sup>3</sup>, что в 1,7 раза меньше, чем в 2016 г. Максимальная величина была почти в два раза меньше прошлогодней и была зафиксирована 22 марта в придонном слое на глубине 6 м в устье реки Хоста. Средняя концентрация НУ в поверхностных и глубинных водах отличалась незначительно (9 и 10 мг/дм<sup>3</sup> соответственно). Воды акватории порта Сочи в периоды наблюдений были наиболее загрязненными НУ (в среднем 18 мг/дм<sup>3</sup>), немного меньше было отмечено в эстуарных участках (11), а наименьшим было их содержание на удалении 2 морские мили от берега (6). В целом на всей акватории прибрежного района Большого Сочи содержание нефтяных углеводородов постепенно снижается за последние полтора десятилетия до уровня, предшествовавшего 2003 г.

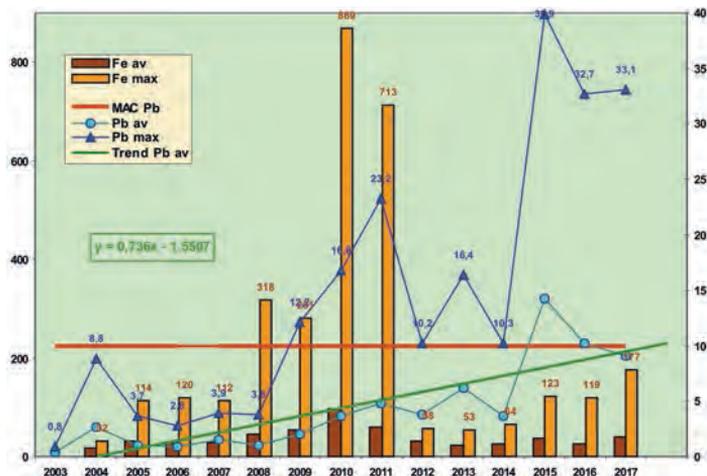
Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) присутствовали в восьми пробах из 64 исследованных в незначительном количестве. Их концентрация изменялась в диапазоне до 538 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум (5,4 ПДК) зафиксирован на траверзе реки Сочи в двух милях от берега в конце апреля; среднее значение составило 19 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 2,4 раза больше, чем в прошлом году (8,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Распределение детергентов по всей исследованной акватории было следующим: в водах порта Сочи — средняя 26 мкг/дм<sup>3</sup>; в эстуарных (7) и мористых (32) участках района. После относительно высоких значений содержания СПАВ в 2005–2007 гг. их концентрация стабилизировалась около 0,1 ПДК.

Концентрация определяемых по БПК<sub>5</sub> легко окисляемых органических веществ составила 0,00–3,20 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; максимум (1,5 ПДК) был отмечен 20 сентября в двух милях от берега на траверзе реки Хоста у дна при температуре воды 13,8 °С и солёности 19,1‰; среднее значение по всему району составило 1,54 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК). Различия между мористыми участками, эстуарными и акваторией порта Сочи незначительные — средние 1,73; 1,49 и 1,24 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно. Распределение органических веществ в столбе воды было относительно равномерным — в среднем 1,61 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и 1,48 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> глубже.

**Нг.** Концентрация растворенной в морской воде ртути была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа (DL=0,01 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех 64 проанализированных пробах.

**Рв.** Содержание свинца в прибрежных водах района Сочи-Адлер было в диапазоне 1,1–33,1 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация уменьшилась незначительно по сравнению с предыдущим годом до 9,06 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 10,2 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение (3,3 ПДК) осталось на том же уровне, что и в прошлом году, и было зафиксировано в апреле на акватории порта Сочи на поверхности. Всего в 18 пробах из 64 (28%) концентрация свинца была выше норматива, что на 13% ниже, чем в прошлом году. В целом в последние полтора десятилетия наблюдается повышение и средних, и экстремальных значений содержания свинца в водах района (рис. 3.23). В 2015–2016 гг. средняя концентрация превышала ПДК, а в 2017 г. составила 0,9 ПДК.

**Fe.** Концентрация железа в прибрежных водах между устьями рек Мзымта и Сочи изменялась в диапазоне 3,0–177,0 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя величина 38,6 мкг/дм<sup>3</sup>. В 18 пробах из 64 (28%) значения превышали ПДК, преимущественно за счет съёмки, проведенной 22 марта по всей исследуемой акватории. Максимум (3,5 ПДК) был зафиксирован в устье реки Сочи в придон-



**Рис. 3.23.** Средняя и максимальная концентрация (мкг/дм<sup>3</sup>) железа (шкала слева) и свинца (справа) в прибрежных водах района Адлер-Сочи в 2003–2017 гг.

ном слое 15 ноября. Среднегодовая концентрация железа на акватории порта Сочи составила 44,6; в эстуарных районах 43,2, а мористее 30,5 мкг/дм<sup>3</sup>. Средние значения в поверхностном и придонном слоях воды составили соответственно 36,5 и 40,8 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. В последние 13 лет был зафиксирован четырехлетний период 2008–2011 гг. очень высоких максимальных значений концентрации железа (281–869 мкг/дм<sup>3</sup>), до и после которого экстремум обычно был в пределах 1–2,5 ПДК. За исключением этого четырехлетнего интервала существенных межгодовых изменений ни максимальных, ни средних величин содержания железа в водах района Большого Сочи не отмечено.

В 2017 г. **кислородный** режим вод исследуемого района между устьями рек Мзымта и Сочи немного отличался от предыдущего года. Минимальная концентрация кислорода понизилась на 0,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 6,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (51% насыщения, ПДК=1) и была отмечена в двух милях от берега на траверзе устья реки Хоста 15 ноября на горизонте 25 м при температуре воды 16,0 °С. Средняя величина по всем пробам практически осталась на прежнем уровне и составила 8,22 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. 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 — 8,28 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в более глубоких слоях — 8,18 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что практически полностью соответствует данным прошлого года. Среднее по всем станциям и горизонтам насыщение воды кислородом в 2017 г. понизилось на 22% и составило 70,4%, диапазон насыщения 51–90%.

### 3.6. Экспедиционные исследования в районе Адлер-Сочи 15 ноября 2017 г.

В рамках финансируемого Программой Развития Организации Объединенных Наций (UNDP) и Европейским Сообществом (ЕС) международного проекта ЭМБЛАС «Усовершенствование методов экологического мониторинга Черного моря» (№ 88460: Improving Environmental Monitoring in the Black Sea, Phase 2 — EMBLAS-II) 15 ноября была проведена экспедиция в прибрежных водах района Адлер-Сочи. Всего было выполнено 8 станций с глубинами от 6,7 до 370 м. Всего было отобрано 22 пробы из поверхностного и промежуточных слоев до глубины 58 м. Целью экспедиции было получение данных об экологическом состоянии морской среды в районе между устьями рек Мзымта и Сочи. Были проведены и зафиксированы результаты метеорологических и гидрологических наблюдений, определены стандартные гидрохимические параметры и концентрация в воде различных загрязняющих веществ. Было также определено содержание тяжелых металлов (ТМ) и стойких органических загрязнителей (СОЗ) в тканях рыбы и двусторчатого моллюска (мидии), отобранных на акватории порта Сочи. Был определен видовой состав, численность и биомасса фитопланктона, а также концентрация фотосинтетических пигментов.

Во время проведения экспедиционных исследований 15 ноября 2017 г. **температура** воды поверхностного слоя была относительно высокой для этого сезона и изменялась в диапазоне 15,3–16,0 °С, среднее значение в поверхностном слое 15,7 °С, глубже опускалась до 11,8 °С на глубине 58 м. Соленость варьировала в узком диапазоне 17,98–19,76‰; в порту Сочи она составляла 18,23‰ как на поверхности, так и у дна. Наиболее распресненным был участок в устье реки Сочи (17,98‰ и 18,11‰), а высокие значения закономерно отмечены на глубинах 25–50 м на удаленных от берега станциях VI и VIII. Хлорность вод района в пробах составляла 9,96–10,94‰, в среднем 10,29‰; щелочность 2,178–3,149 мг-экв/дм<sup>3</sup> (средняя 2,820 мг-экв/дм<sup>3</sup>); концентрация ионов водорода рН 8,09–8,47 (8,317 ед.рН); электропрово-

дность 173,5–345,3/287,6 мСм/см. Существенных закономерностей распределения этих параметров на исследованной акватории не отмечено. Количество взвешенных веществ изменялось незначительно от значений ниже предела обнаружения в воде на горизонтах 25 м и 50 м на ст. № VIII до 3,0 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,25 мг/дм<sup>3</sup>. Очевидно, что повышенное содержание ВВ было вблизи берега на станциях II, IV, V и VII (в среднем 1,48 мг/дм<sup>3</sup>), а на удаленных от берега ст. III, VI и VIII было на треть меньше (0,96 мг/дм<sup>3</sup>). Кислородный режим вод района в пределах нормы, только в одном случае на ст. № VI на глубине 25 м концентрация кислорода опускалась до 6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а в остальных пробах достигала 8,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на глубине 50 м (ст. № VIII); в среднем 7,38 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Разницы в содержании растворенного кислорода на поверхности и в подстилающих водах не было — 7,40 и 7,36 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно. Среднее насыщение вод кислородом составило 63,1%, диапазон от 51% до 68%. Количество легко окисляемого растворенного органического вещества, определяемое по БПК<sub>5</sub>, изменялось от 0,6 и 0,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в порту Сочи до 3,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на глубине 57 м в двух милях от берега на траверзе реки Хоста. Практически все гидрологические и гидрохимические характеристики свидетельствуют об отсутствии существенной вертикальной стратификации вод в прибрежных водах района в рассматриваемый период.

**Оценка вод района Сочи-Адлер.** В 2017 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи вырос по сравнению с предыдущим годом, но остался ниже 2015 г. По расчетному комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ в 2017 г. (0,73) воды относятся к классу «чистые» (табл. 3.10). Средняя концентрация большинства нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. В то же время максимальная концентрация в отдельных пробах превышала ПДК для нефтяных углеводородов (до 1,14 ПДК), железа (3,5 ПДК), свинца (3,3 ПДК), взвешенных веществ (2,3 ПДК). Наибольшее содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК<sub>5</sub>, составляло 1,1 ПДК. Растворенная ртуть в водах района выявлена не была. В 2017 г. воды акватории порта Сочи («умеренно-загрязненные») были наиболее загрязненными по сравнению с эстуарными участками рек Сочи, Хоста и Мзымта и открытыми морскими водами («чистые»). Значительных отличий в составе загрязняющих веществ отмечено не было — свинец, железо и органические вещества по БПК<sub>5</sub>. Индекс комплексности загрязненности вод всей акватории от Мзымты до Сочи был высоким: 58%, поскольку 7 параметров из 12 нормируемых превышали ПДК (БПК<sub>5</sub>, РО<sub>4</sub>, СПАВ, Fe, Pb, НУ и ВВ). Воды района характеризуются единичной повторяемостью превышения ПДК (менее 10%) по нефтяным углеводородам (1,6%, одна проба из 64), взвешенным веществам (5,7%, пять проб из 88), БПК<sub>5</sub> (3,1%, две пробы из 64), СПАВ (3,1%, две пробы из 64), минеральному фосфору (4,7%, три пробы из 64) и устойчивой по железу (28,1%, 18 проб из 64) и свинцу (28,1%, 18 проб из 64). Уровень кратности превышения ПДК максимальным значением был средним (2–10 раз) для РО<sub>4</sub>, ВВ, СПАВ, Fe и Pb, а для БПК<sub>5</sub> и НУ — низким (1–2 раз). В последние несколько лет существенных изменений качества морских вод отмечено не было. Общий уровень загрязнения незначительный, а воды характеризовались как «чистые» и «умеренно-загрязненные». Некоторое локальное ухудшение почти полностью определялось повышением концентрации свинца. Состояние вод района в многолетней динамике оценивается как стабильное.

**Таблица 3.7.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах акватории Черного моря в районе Сочи–Адлер в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Сочи — Адлер	НУ	0,006	0,1	0,017	0,3	0,010	0,2
		0,07	<b>1,4</b>	0,11	<b>2,2</b>	0,057	<b>1,1</b>
	СПАВ	10,3	0,1	8,0	<0,1	0,02	<0,1
		20,0	0,2	25,3	0,3	0,54	<0,1
	Аммонийный азот*	49,3	<0,1	37,7	<0,1	50,3	<0,1
		123,2	<0,1	150,9	<0,1	281,2	0,1
	Нитритный азот	1,05	<0,1	1,16	<0,1	0,78	<0,1
		18,6	0,8	40,6	<b>1,7</b>	12,06	0,5
	Железо	36,5	0,7	25,8	0,5	38,6	0,8
		123,0	<b>2,5</b>	118,5	<b>2,4</b>	177,0	<b>4</b>
Свинец	14,3	1,4	10,2	1,0	9,06	0,9	
	39,9	<b>4</b>	32,7	<b>3</b>	33,1	<b>3</b>	
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1,15	0,4	1,26	0,4	1,54	0,5	
	2,36	0,8	2,58	0,9	3,2	<b>1,1</b>	
Взвешенные вещества	2,63	0,3	2,65	0,3	2,18	0,2	
	15,8	<b>1,6</b>	21,4	<b>2,1</b>	23,0	<b>2,3</b>	
Кислород	8,86		8,25		8,22		
	7,24		6,68		6,0		

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; аммонийного и нитритного азота, АПАВ, железа и свинца в мкг/дм<sup>3</sup>.  
 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 мкг/дм<sup>3</sup>).  
 4. Концентрация ртути была ниже предела обнаружения используемого метода химического анализа.

**Таблица 3.5.** Оценка качества вод Кавказского побережья Черного моря в 2015–2017 гг.

Районы и подрайоны	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. Анапа	0,38	II	0,37	II	0,50	II	НУ 0,29; Fe 0,54; БПК <sub>5</sub> 0,53; O <sub>2</sub> 0,62
2. Новороссийск	0,41	II	0,39	II	0,46	II	НУ 0,27; Fe 0,51; БПК <sub>5</sub> 0,41; O <sub>2</sub> 0,63
3. Геленджик	0,30	II	0,32	II	0,41	II	НУ 0,20; Fe 0,57; БПК <sub>5</sub> 0,29; O <sub>2</sub> 0,59
4. Туапсе	0,37	II	0,47	II	0,44	II	НУ 0,25; Fe 0,48; БПК <sub>5</sub> 0,39; O <sub>2</sub> 0,64
5. Район Сочи — Адлер	0,81	III	0,67	II	0,73	II	Fe 0,77; Pb 0,91; БПК <sub>5</sub> 0,52; O <sub>2</sub> 0,73
5.1. Акватория порта Сочи	0,96	III	0,93	III	0,79	III	Fe 0,89; Pb 1,12; БПК <sub>5</sub> 0,41; O <sub>2</sub> 0,75
5.2. Устья рек Сочи, Хоста, Мзымта и ручья Малый	0,82	III	0,65	II	0,73	II	Fe 0,86; Pb 0,82; БПК <sub>5</sub> 0,50; O <sub>2</sub> 0,74
5.3. Открытое море	0,74	II	0,62	II	0,71	II	Fe 0,61; Pb 0,94; O <sub>2</sub> 0,73; БПК <sub>5</sub> 0,57

## 4. БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ

*Ипатова С. В., Луковская А. А., Аляутдинов А. Р.*

### 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<sup>2</sup>, объем 20 080 км<sup>3</sup>. 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 и гидрохимия морей СССР, Том 3, 1992).

**Климатические условия.** По меридиану Балтийское море вытянуто на 12°10', по параллели — 20°50'. Из-за большой вытянутости вдоль меридиана и параллели отдельные районы Балтийского моря размещаются в разных физико-географических и климатических зонах. Это в свою очередь оказывает влияние на океанологические процессы, происходящие в море и отдельных его районах. Балтийское море расположено в полосе умеренного гумидного климата. В целом климат Балтики характеризуется как переходный от морского к континентальному. Колебания температуры воздуха в среднем составляют от 8 до 15 °С. В южной и западной частях проявляется сильное влияние Атлантического океана, вследствие чего юг и центр моря не замерзают. Циркуляционные процессы региона характеризуются активной циклонической деятельностью с быстрым переносом несущих дождливую погоду воздушных масс атлантического происхождения. Циклоническая циркуляция наблюдается около 200 дней в году. Господствуют ветры широтного переноса, с которыми приходят воздушные массы умеренных широт — около 80%, арктические массы — от 6 до 17% и только 1% — тропические воздушные массы. Температура воды зимой на поверхности в открытом море составляет 1–3 °С, у берегов — ниже 0 °С; летом температура воды повышается до 18–20 °С. Вертикальное распределение температуры характеризуется ее незначительным понижением до 20–30 м, скачкообразным понижением до 60–70 м и затем некоторым повышением ко дну. Холодный промежуточный слой сохраняется круглый год. Атмосферные осадки в Балтийском бассейне в целом составляют 400–800 мм/год, при этом в открытом море количество осадков наименьшее. В годовом ходе максимум осадков приходится на июль–август, минимум на январь–март.

**Гидрология.** Специфической чертой гидрологической структуры Балтики является двойной скачок плотности. Временный верхний слой образуется за счет распреснения и часто совпадает с сезонным термоклином. Постоянный нижний галоклин с очень высокими градиентами солености формируется как вертикальная граница между верхними распресненными водами и глубинными морскими, периодически поступающими в Балтику из пролива Скагеррак через Датские проливы. Вследствие этой особенности обычно выделяют три водные массы: 1) поверхностную с соленостью 7–8‰, она покрывает всю южную и центральную части

моря, на севере и в заливах соленость существенно ниже, температура изменяется в широком пределе от нуля до 20°C; 2) придонную с соленостью 10–21‰ и температурой от 4,5 до 12°C, она занимает впадины в открытых районах моря; 3) переходная (2–6°C, соленость 8–10‰) залегает между поверхностной и придонной водными массами и образуется в результате их смешения. Вертикальное перемешивание водной толщи охватывает слой от поверхности до глубины 50–60 м за счет термической и соленостной конвекции и ограничивается снизу постоянным галоклином. Горизонтальная циркуляция носит циклонический характер. Скорость постоянных течений 3–4 см/с, иногда достигает 10–15 см/с. Направление дрейфовых течений определяется преобладающими ветрами. Глубинная циркуляция также имеет циклонический характер и в значительной степени зависит от поступления соленых вод Северного моря. Приливы небольшие — от 0,04 до 0,1 м, имеют полусуточные и суточные ритмы. Под влиянием ветров и резкой разницы давления повышение уровня в вершинах заливов может достигать 1,5–3 м, вызывая наводнения, например в Невской губе. Максимальная высота ветровых волн достигает 4–6 м. Хорошо выражены сгонно-нагонные колебания уровня моря, которые могут достигать 2 м. Наблюдаются также сейшеобразные колебания уровня до 1–2 и даже 3–4 м. В отдельных районах море покрывается льдом. Ледообразование начинается в начале ноября. В суровые зимы толщина неподвижного льда может достигать 1 м, а толщина плавучих льдов — 40–60 см. В мае море обычно очищается ото льда.

#### 4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы

В 2017 г. наблюдения в восточной части Финского залива и Невской губе были выполнены ФГБУ «Северо-Западное УГМС» (г. Санкт-Петербург) на 40 станциях: на акватории Невской губы к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) от наводнений до устья реки Нева работы проводились на 23 станциях, в том числе на акватории Морского Торгового Порто (МТП) на одной станции в течение всего года; в открытой части губы на 17 станциях; в южном курортном районе губы на 3 станциях; в северном курортном районе на одной станции (12а), а также в районе пос. Ольгино на 1 станции рядом с выходом сбросовой трубы Северной станции аэрации (С2). В восточной части Финского залива за пределами КЗС отбор проб был выполнен в курортном районе мелководной зоны на 2 станциях с мая по октябрь, в мелководной зоне на 6 станциях 15 августа, в Лужской губе и Копорской губах на 4 станциях 17 августа, в глубоководном районе на 5 станциях 15–16 августа (рис. 4.1). Качество воды определялось по следующим показателям: соленость, рН, щелочность, кислород (абсолютный, относительный), БПК<sub>5</sub>, 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.

Вышеперечисленные показатели определялись в соответствии с современными утвержденными методиками. Биохимическое потребление кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) определялось по «Методике выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПК<sub>полн</sub>) 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 — хроматографическим; СПАВ — (для Невской губы) методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов — газохроматографическим; металлов — методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды.



Рис. 4.1. Схема расположения станций мониторинга морской среды в Невской губе в 2017 г.

### 4.3. Характеристика гидрометеорологических условий

Основной особенностью 2017 г. является аномально холодная весна и первая половина лета, а также повторяющиеся второй год подряд значительные осадки в летний период. Отрицательная аномалия температуры воздуха до  $-1 \dots -2^\circ\text{C}$  наблюдалась в течение 4 месяцев, с апреля по июль. Еще в мае и начале июня наблюдался снег, а максимальная температура воздуха в отдельные дни первой половины мая не превышала  $+3 \dots +8^\circ\text{C}$ . Очень теплым было начало года, с аномалией температуры, превышающей  $+3 \dots +4^\circ\text{C}$ , и декабрь с аномалией температуры больше  $+5^\circ\text{C}$ . В целом за год средняя температура воздуха превысила норму на  $1,5\text{--}1,9^\circ\text{C}$ .

Количество осадков в течение летних месяцев (июль, август) достигало  $1,5\text{--}2,0$  месячных норм. Наиболее сухим оказался май, с дефицитом осадков до 30% по сравнению с нормой для этого месяца. Годовое количество выпавших осадков на прибрежных станциях акватории составило от 647 мм по ГМС Кронштадт (на 7% выше нормы) до максимального у северного берега восточной части Финского залива (ГМС Озерки) 933 мм (143% от нормы). После рекордного 2016 г. текущий год стал четвертым в ряду самых дождливых лет.

Средний годовой уровень моря в 2017 г. по всей рассматриваемой акватории был выше средних многолетних значений на 11–14 см, в вершине Невской губы на 17 см. На протяжении большей части 2017 г. значения средних месячных уровней превышали средние многолетние величины. Наибольшие положительные отклонения средних месячных значений уровня от средних многолетних отмечались в апреле (27–31 см), ноябре (22–27 см) и в декабре (28–33 см). Отрицательные отклонения средних месячных значений уровня от средних многолетних отмечались в феврале и сентябре и по всей акватории находились в пределах от  $-5$  до  $-11$  см.

Температура воды в навигационный период в восточной части Финского залива и Невской губе следовала обычному внутригодовому ходу температуры воздуха, что является характерным для климата умеренных широт. В целом за год средняя температура воды по акватории восточной части Финского залива, Выборгского залива и Невской губы была близка к норме и находилась в пределах  $7,3\text{--}7,7^\circ\text{C}$ . Процессы ледообразования зимой 2016–2017 гг. происходили по типу мягкой зимы. Средняя температура воздуха за зиму 2016–2017 г. составила  $-1,1^\circ\text{C}$  при

норме  $-6,4^{\circ}\text{C}$ . Сумма градусо-дней мороза составила  $312,1^{\circ}\text{C}$  при норме  $775^{\circ}\text{C}$ , что характеризует зиму как мягкую. В целом за год пониженный фон солености был характерен для всей рассматриваемой акватории. Как обычно наименьшая прозрачность воды в 2017 г. наблюдалась в Невской губе, наибольшая — в открытых районах восточной части Финского залива.

#### 4.4. Центральная часть Невской губы

В Невской губе в 2017 г. гидрохимические съемки проводились в феврале 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 230 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  $0,05\%$  до  $2,10\%$  (табл. 4.1). Величина водородного показателя рН была в диапазоне  $6,75-7,96$ , в среднем —  $7,20$ . Значения показателя щелочности варьировали в интервале от  $0,468$  ммоль/дм<sup>3</sup> до  $1,470$  ммоль/дм<sup>3</sup> в начале февраля в придонном слое на глубине 3 м. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив ( $2,1$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 22 пробах из 206. Диапазон концентрации в поверхностном слое находился в пределах  $0,6-3,6$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в придонном слое —  $0,6-3,4$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Среднее значение за год —  $1,4$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Кислородный режим в Невской губе был удовлетворительным, случаев дефицита кислорода в течение всего года отмечено не было. Содержание кислорода соответствовало установленной норме и изменялось в пределах от  $6,67$  до  $14,38$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> во всем столбе воды; в среднем —  $9,99$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.1.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Центральной части Невской губы в 2013–2017 гг.

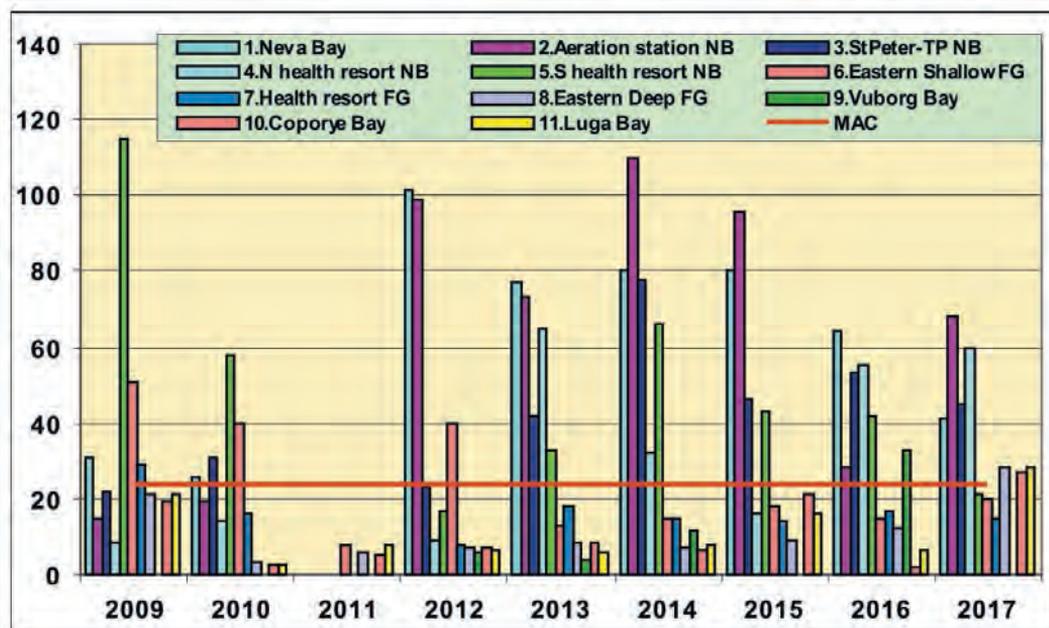
Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс
Температура (°C)	13,15/20,93	11,67/21,12	12,68/20,77	14,1/22,23	12,97/19,42	12,91/20,89
Соленость (‰)	НД	НД	НД	0,09/2,07	0,08/2,10	0,09/2,09
Кислород * (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,13/7,92	10,43/6,96	10,08/7,90	9,83/7,43	9,99/6,67	10,09/7,38
Кислород (%)	94,7/113,3	94,5/119,4	91,3/124,0	94,1/120,3	93,56/117,5	93,63/118,90
рН	7,54/8,5	7,44/8,32	7,41/7,99	7,44/7,98	7,20/7,96	7,41/8,15
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,56/0,95	0,55/0,99	0,52/0,78	0,54/0,98	0,55/1,47	0,54/1,03
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	1,47/4,97	1,71/7,2	1,51/3,2	1,49/4,2	1,40/3,6	1,52/4,63
Кислород* — в нижней строке минимальное значение						

**Биогенные вещества.** Значения концентрации аммонийного азота не превышали предел обнаружения ( $DL=10$  мкгN/дм<sup>3</sup>) в 67 пробах, а в остальных достигали  $556$  мкгN/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и  $550$  мкгN/дм<sup>3</sup> в придонном. Наибольшее 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 у станции С2. Средняя концентрация аммонийного азота была минимальной за последние пять лет. Концентрация нитритов была в диапазоне  $2,4-41$  мкгN/дм<sup>3</sup>; средняя ( $10,40$  мкгN/дм<sup>3</sup>,  $0,43$  ПДК для мезотрофных водоемов), что является наибольшей величиной за последние 5 лет. Максимальное значение было зафиксировано в двух пробах со ст. № 15 с поверхности и на глубине 8 м в самом начале июля. Эта величина была немного ниже экстремумов на других участках акватории губы — у Северных КОС, в торговом порту и северного курортного района (рис. 4.2). В 2017 г. концентрация азота нитратов в водах Невской губы изменялась в пре-

делах 75–820 мкгN/дм<sup>3</sup>; и максимальная, и средняя величины были выше уровня предыдущих лет. Содержание общего азота было в диапазоне 351–1499 мкгN/дм<sup>3</sup>, что соответствует уровню предыдущих лет. Содержание фосфора фосфатов было ниже предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в 134 пробах из 230; максимум был отмечен в придонном слое в июле на ст. 12 и достигал 41 мкгP/дм<sup>3</sup>. Средняя величина была на уровне значений предыдущей пятилетки (табл. 4.2). Содержание общего фосфора варьировало в диапазоне от аналитического нуля (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) до максимального значения 52 мкгP/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в придонном слое на ст. № 12. Средняя величина (9,82 мкгP/дм<sup>3</sup>) превысила значение среднего содержания за последние 5 лет (8,80 мкгP/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 4.2.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Центральной части Невской губы в 2013–2017 г.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	60,63/ 320,0	78,87/ 870,0	71,60/ 580,0	78,35/ 550,0	55,94/ <b>556,0</b>	69,08/ 575,20	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	6,30/ 77,3	7,10/ 80,0	9,06/ 80,5	10,89/ 64,0	10,40/ <b>41,0</b>	8,75/ 68,56	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	238,46/ 550,0	215,85/ 690,0	216,26/ 710,0	245,75/ 916,0	259,45/ 820,0	235,15/ 737,20	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	692,43/ 1490	699,69/ 1950,0	612,39/ 1300,0	661,89/ 1315,0	689,45/ 1499,0	671,17/ 1510,8	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	3,86/ 49,0	2,88/ 64,0	2,5/ 28,0	5,3/ 35,0	4,48/ 41,0	3,80/ 43,40	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	9,01/ 66,0	7,16/ 79,0	6,56/ 43,1	11,47/ 58,0	9,82/ 52,0	8,80/ 59,62	



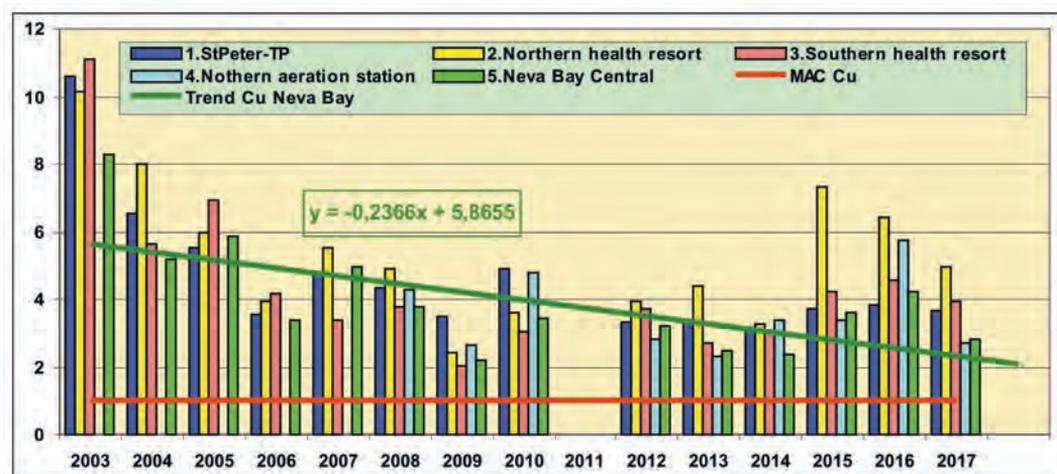
**Рис. 4.2.** Максимальная концентрация нитритного азота N–NO<sub>2</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в различных районах Невской губы и восточной части Финского залива в 2009–2017 гг.

**Органические загрязняющие вещества.** Из 226 отобранных в 2017 г. проб только в 4 пробах было отмечено присутствие нефтяных углеводородов в концентрации равной уровню чувствительности метода химического анализа ( $DL=0,04$  мкг/дм<sup>3</sup>) и в одной 0,05 мкг/дм<sup>3</sup> (1 ПДК). Очевидно, воды Центральной части Невской губы не являются значительно загрязненными нефтяными углеводородами. В 151 случае из 187 значение концентрации СПАВ было ниже предела определения ( $DL=10$  мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание детергентов находилось в пределах от минимально определяемых величин до 59 мкг/дм<sup>3</sup> в поверхностном слое и до 21 мкг/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Содержание фенолов выше предела обнаружения было отмечено в единственном случае (0,7 мкг/дм<sup>3</sup>), зафиксированном в августе в придонном слое на ст. № 25. Во всех отобранных пробах воды из центральной части Невской губы значение концентрации хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) было ниже предела обнаружения.

**Металлы.** В водах центральной части Невской губы концентрация меди превышала ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) в 99% пробах (табл. 4.3). Наибольшие значения концентрации были зафиксированы в поверхностном слое на ст. № 2 в июне (5,9 мкг/дм<sup>3</sup>) и в придонном слое на ст. № 42 в феврале (9,5 мкг/дм<sup>3</sup>). В течение последнего десятилетия наблюдается тенденция снижения уровня содержания меди в водах Невской губы и относительная стабилизация значений в районе 2–3 ПДК (рис. 4.3).

**Таблица 4.3.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Центральной части Невской губы в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	2,49/12,7	2,39/10,0	3,59/28,0	4,24/40,0	<b>2,83/9,5</b>	3,11/20,04	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	11,97/84,0	9,77/62,0	11,09/65,0	11,04/59,0	8,33/ <b>30,8</b>	10,44/60,16	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	7,57/75,0	6,37/37,0	12,32/189,0	7,56/53,3	6,54/ <b>212,0</b>	8,07/113,26	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	46,56/330,0	103,66/303,0	68,85/ <b>358,0</b>	73,02/330,33	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	20,71/78,0	16,31/58,0	23,25/ <b>47,0</b>	20,09/61,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	2,17/9,7	0,97/4,6	0,66/4,2	0,86/8,9	0,43/2,2	1,02/5,92	6



**Рис. 4.3.** Многолетняя динамика среднегодовой концентрации меди (мкг/дм<sup>3</sup>) в различных районах Невской губы в 2003–2017 гг.

Предельно допустимый уровень по содержанию цинка ( $10 \text{ мкг/дм}^3$ ) был превышен в 26% проб. Наибольшая концентрация ( $30,8 \text{ мкг/дм}^3$ ) наблюдалась в придонном слое в феврале на ст. № 42, что соответствует уровню 3,1 ПДК. Концентрация марганца превышала ПДК ( $10 \text{ мкг/дм}^3$ ) в 14% проб. На поверхностном горизонте содержание марганца находилось в диапазоне от минимально определяемых величин до  $177 \text{ мкг/дм}^3$  (ст. № 15, октябрь) в придонном — до  $212 \text{ мкг/дм}^3$  (ст. № 16, сентябрь). Предельно допустимый уровень по содержанию общего железа ( $100 \text{ мкг/дм}^3$ ) был превышен в 13% проб. Наибольшая концентрация наблюдалась на поверхностном горизонте в мае на ст. № 42 ( $358 \text{ мкг/дм}^3$ ), что соответствует уровню 3,6 ПДК. Предельно допустимый уровень по содержанию алюминия был превышен в 5% проб. Наибольшая концентрация ( $47 \text{ мкг/дм}^3$ , 1,2 ПДК) наблюдалась в поверхностном слое в октябре на ст. № 30. В 2017 г. содержание свинца, никеля и кобальта не превышало установленного норматива.

Основной вклад в загрязнение вод центральной части Невской губы вносили медь (средняя годовая концентрация составила 2,8 ПДК, максимальная — 9,5 ПДК), цинк (0,8/3,1 ПДК) и железо (0,7/3,6 ПДК) (рис. 4.3). В целом, содержание меди, цинка и железа было ниже средних величин за последние пять лет, а среднее содержание марганца стало минимальным ( $6,54 \text{ мкг/дм}^3$ ). В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией следующих веществ: марганец (0,65/21,2 ПДК, максимальное значение зарегистрировано в придонном слое в сентябре), алюминий (0,6/1,2 ПДК — на поверхности в октябре) и азот нитритов (0,4/1,7 ПДК — на поверхности и у дна в июле). Воды Центральной части Невской губы не загрязнены нефтяными углеводородами (5 случаев присутствия из 226, что составляет 2%), концентрация СПАВ и фенола была ниже уровня ПДК. Во всех отобранных пробах воды из центральной части Невской губы концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила  $9,99 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , а минимальная —  $6,67 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Индекс загрязненности вод (ИЗВ) центральной части Невской губы в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации меди (2,83 ПДК), цинка (0,83), железа (0,69) и кислорода (0,60), составил 1,24, что определяет воды как «умеренно загрязненные» (III класс).

#### 4.5. Северный Курортный район Невской губы

В 2017 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. Значения солености изменялись в пределах от 0,06 до 0,07‰. Кислородный режим в районе в течение всего года был в пределах обычных сезонных изменений. Содержание кислорода абсолютного соответствовало установленной норме ( $6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) и изменялось в пределах от 9,16 до  $13,05 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (табл. 4.4). Величина водородного показателя рН была в диапазоне 6,42–8,17, в среднем — 7,34. Величина водородного показателя рН в 2017 г. в водах района была минимальной за пятилетний период. Значения показателя щелочности варьировали в интервале от 0,612 до  $0,769 \text{ ммоль/дм}^3$  в начале августа. Концентрация легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышала установленную норму ( $2,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) в четырех пробах из шести. Максимальное содержание органических веществ по БПК<sub>5</sub> ( $4,2 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) наблюдалось в мае.

**Таблица 4.4.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северного Курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	16,23/20,70	14,97/25,2	14,27/19,30	14,73/19,80	14,65/20,6	14,97/21,21
Соленость (‰)	НД	НД	НД	0,08/0,11	0,06/0,07	0,07/0,09
Кислород*, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,21/6,46	11,06/8,06	10,66/9,86	11,43/8,82	11,00/9,16	10,87/8,47
Кислород (%)	103,18/ 129,0	108,67/ 134,8	103,62/ 122,7	112,73/ 153,9	108,18/ 132,2	107,28/ 134,52
pH	7,93/9,40	8,07/9,38	7,53/8,35	7,52/8,69	7,34/8,17	7,68/8,80
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,66/0,79	0,63/0,71	0,57/0,61	0,71/1,05	0,67/0,77	0,65/0,79
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	3,06/7,72	2,55/3,1	2,95/5,9	4,12/7,6	<b>2,88/4,2</b>	3,11/5,70
Кислород* — в нижней строке минимальное значение						

**Биогенные вещества.** В 2017 г. в водах Северного курортного района содержание аммонийного азота не превышало ПДК (рис. 4.4). Максимальное значение 178 мкг/дм<sup>3</sup> было отмечено в августе, что ниже уровня ПДК (389 мкгN/дм<sup>3</sup>). Значение концентрации нитритного азота превысило уровень ПДК (24 мкгN/дм<sup>3</sup>) в двух пробах, максимум был зафиксирован в августе — 60 мкгN/дм<sup>3</sup> (2,5 ПДК). Содержание нитратного азота не превышало норматив и достигало 592 мкгN/дм<sup>3</sup> в августе. В 2017 г. содержание фосфора фосфатов было выше предела обнаружения (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>) в четырех случаях из шести. Максимальное значение 9,7 мкгP/дм<sup>3</sup> было отмечено в августе. Средняя величина (4,71 мкгP/дм<sup>3</sup>) была существенно ниже прошлогодней (табл. 4.5). Величина максимальной концентрации фосфора общего составила 23 мкгP/дм<sup>3</sup> (май).

**Таблица 4.5.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северного курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N—NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	66,0/ 210,0	117,67/ 420,0	55,0/ 180,0	42,33/ 135,0	45,33/ 178,0	65,27/ 224,60	389
Азот нитритов N—NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	12,95/ 65,0	11,92/ 32,0	5,88/ 16,0	15,9/ 55,0	22,43/ 60,0	13,82/ 45,60	24
Азот нитратов N—NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	100,67/ 440,0	118,33/ 290,0	161,5/ 440,0	245,5/ 740,0	313,83/ 592,0	187,97/ 500,40	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	961,67/ 2010,0	736,67/ 1050,0	613,33/ 750,0	873,0/ 1099,0	887,33/ 1172,0	814,40/ 1216,20	
Фосфатный фосфор P—PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	14,62/ 53,0	3,07/ 12,0	2,47/ 9,2	14,88/ 22,0	4,71/ 9,7	7,95/ 21,18	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	27,12/ 74,0	9,85/ 19,0	8,12/ 15,0	26,0/ 36,0	15,65/ 23,0	17,35/ 33,40	

**Органические загрязняющие вещества.** Концентрация нефтяных углеводородов и фенола в водах района в 2017 г. была ниже предела обнаружения используемых методик. Диапазон концентрации СПАВ находился в пределах от минимально определяемой величины до 0,023 мг/дм<sup>3</sup>, максимум наблюдался в августе. 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 2017 г. воды северного курортного района Невской губы были существенно загрязнены металлами. Значения концентрации меди превышали ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех 6 отобранных пробах; диапазон 2,4–8,4 мкг/дм<sup>3</sup> (более 8 ПДК), максимум зафиксирован в ав-

густе (табл. 4.6). Содержание цинка превышало ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 4 отобранных пробах из шести, максимум наблюдался в сентябре — 28,7 мкг/дм<sup>3</sup>. В одной пробе содержание марганца было выше предельно допустимого уровня (10 мкг/дм<sup>3</sup>) — 16,9 мкг/дм<sup>3</sup> (сентябрь). Содержание общего железа превысило ПДК (100 мкг/дм<sup>3</sup>) в двух пробах. Диапазон концентрации находился в пределах от 52 до 201 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была зафиксирована в октябре. Содержание алюминия превысило ПДК в одной пробе, а диапазон значений — 13–64 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была зафиксирована в мае. Содержание свинца, кадмия, никеля и кобальта не превышало установленной ПДК.

**Таблица 4.6.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северного Курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	4,42/7,8	3,25/4,2	7,32/12,0	6,42/9,3	<b>4,97/8,4</b>	5,28/8,34	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	8,22/12,0	7,2/11,0	15,32/24,0	32,38/94,3	<b>12,98/28,7</b>	15,22/34,00	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	13,33/55,0	6,87/18,0	13,4/57,0	5,27/12,8	5,08/ <b>16,9</b>	8,79/31,94	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	78,60/162,0	231,50/648,0	<b>100,67/201,0</b>	136,92/337,0	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	28,67/39,0	39,17/108,0	32,5/ <b>64,0</b>	33,45/70,33	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	1,73/4,3	1,0/2,0	1,00/2,0	1,58/4,6	1,0/2,0	1,26/2,98	6

Основными загрязняющими веществами в водах Северного курортного района в 2017 г. стали медь (средняя годовая концентрация — 4,97 ПДК, максимальная — 8,5 ПДК), цинк (1,3/2,9 ПДК) и железо (1,0/2,0 ПДК). Концентрация основных загрязняющих веществ (меди, цинка и железа) была ниже средних показателей за последние пять лет. В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией таких загрязнителей, как азот нитритов (0,9/2,5 ПДК — максимальное значение зарегистрировано на поверхности в июле), марганец (0,5/1,7 ПДК — на поверхности в сентябре) и алюминий (0,8/1,6 ПДК — на поверхности в мае). В водах Северного курортного района не отмечено присутствие нефтяных углеводородов и фенола, и только в одном случае из 6 зарегистрировано присутствие СПАВ (0,05 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила 11,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 9,16 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Северного курортного района в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации меди (4,97 ПДК), цинка (1,30), железа (1,01) и кислорода (0,55), составил 1,96, что определяет воды как «грязные» (V класс).

#### 4.6. Южный Курортный район Невской губы

В 2017 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 с поверхностного горизонта. Содержание кислорода соответствовало нормативу во всех отобранных пробах. Диапазон концентрации находился в пределах от 8,25 до 13,35 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Соленость изменялась в диапазоне 0,06–0,11‰, максимум отмечен в июне (табл. 4.7). Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,69 до 8,23, в среднем за период наблюдений — 7,50. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,75 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 3,20 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в начале мая. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> превышало установленный норматив (2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 10 про-

бах из 18. Диапазон значений 0,8–6,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (максимум 2,9 ПДК, май). Насыщение вод кислородом меньше допустимого предела (менее 70%) в 2017 г. в водах южного курортного района зафиксировано не было. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) было зафиксировано в 10 пробах. Максимум был отмечен в июне на ст. № 14а — 143%.

**Таблица 4.7.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Южного Курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	15,03/21,1	14,56/24,1	14,96/19,0	15,30/21,0	15,54/19,6	15,08/20,96
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,11/0,41	0,08/0,11	0,10/0,26
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	9,93/7,16	10,24/5,19	10,21/9,33	9,74/7,80	10,27/8,25	10,08/7,55
Кислород (%)	97,12/157,6	99,55/148,1	100,7/112,4	96,7/119,0	102,82/143,0	99,38/136,02
pH	7,76/8,49	7,71/9,67	7,48/8,38	7,64/8,68	7,50/8,23	7,62/8,69
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,21/2,46	1,06/1,52	0,87/1,57	1,18/2,90	1,34/3,2	1,13/2,33
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,47/5,1	2,97/5,2	2,78/5,0	2,37/6,4	2,76/6,0	2,67/5,54

Кислород \* — в нижней строке минимальное значение

**Биогенные вещества.** В 2017 г. в водах Южного курортного района содержание аммонийного азота не превышало уровень ПДК (389 мкг/дм<sup>3</sup>), (табл. 4.8). Диапазон концентрации — от минимально определяемой величины до 265 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июне на ст. № 11а в июне. Содержание нитритного азота было в диапазоне от 2,4 до 21 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июне на ст. № 11а. Максимальная концентрация нитратного азота составила 467 мкг/дм<sup>3</sup> и наблюдалась в сентябре на ст. № 11а. Концентрация фосфатов находилась в пределах от минимально определяемых величин до 57 мкг/дм<sup>3</sup> (июнь, ст. № 17а), а максимальное содержание общего фосфора составило 89 мкг/дм<sup>3</sup> и также наблюдалась на ст. № 17а в июне.

**Таблица 4.8.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Южного курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N—NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	67,7/ 220,0	232,8/ 850,0	74,9/ 350,0	60,0/ 292,0	78,72/ 265,0	102,82/ 395,40	389
Азот нитритов N—NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	9,93/ 33,0	15,99/ 66,0	10,59/ 43,0	12,49/ 42,0	12,09/ 21,0	12,22/ 41,0	24
Азот нитратов N—NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	258,3/ 610,0	194,6/ 530,0	113,9/ 490,0	229,4/ 587,0	189,56/ 467,0	197,15/ 536,80	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	870,0/ 1450,0	885,6/ 1670,0	570,6/ 900,0	850,6/ 1134,0	848,17/ 1322,0	804,99/ 1295,20	
Фосфатный фосфор P—PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	19,4/ 130,0	21,1/ 190,0	3,7/ 11,0	20,2/ 65,0	11,68/ 57,0	15,22/ 90,60	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	26,5/ 130,0	31,2/ 190,0	6,6/ 16,0	33,2/ 99,0	24,17/ 89,0	24,33/ 104,80	

**Органические загрязняющие вещества.** В 2017 г. нефтяные углеводороды были обнаружены в двух пробах из 18 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Превышений норматива по содержанию СПАВ в водах южного курортного района отмечено не было, максимум составил 23 мкг/дм<sup>3</sup> (август, ст. № 17а). Во всех отобранных пробах значения концентрации фенолов и хлорорганических пестицидов были ниже предела чувствительности использованного метода определения.

**Металлы.** В водах Южного курортного района Невской губы концентрация меди превышала норматив (ПДК=1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных в районе пробах. Диапазон концентрации находился в пределах 2,3–8,1 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен на ст. № 14а, июнь (табл. 4.9). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (ПДК=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в водах района был превышен в 5 пробах. Максимальная концентрация составила 18,7 мкг/дм<sup>3</sup> и наблюдалась в июне на ст. № 14а, при средней концентрации 8,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание марганца превышало предельно допустимый уровень (ПДК=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе, диапазон концентрации находился в пределах от минимально определяемой величины до 146 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 11а, сентябрь), при средней концентрации 10,67 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание общего железа превышало предельно допустимый уровень (ПДК=100 мкг/дм<sup>3</sup>) в 3 пробах, диапазон концентрации находился в пределах от минимально определяемой величины до 159 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 17а, октябрь). Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта и алюминия не превышало уровень ПДК.

**Таблица 4.9.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Южного Курортного района Невской губы в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Сu, мкг/дм <sup>3</sup>	2,72/3,6	3,06/5,2	4,21/9,4	4,59/9,8	<b>3,92/8,1</b>	3,70/7,22	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	7,79/32,0	9,03/20,0	10,6/29,0	14,33/26,2	<b>8,4/18,7</b>	10,03/25,18	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	6,46/14,0	5,66/20,0	6,25/33,0	5,33/18,0	<b>10,67/146</b>	6,87/46,20	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	45,3/93,0	154,5/604,0	<b>52,78/159</b>	84,19/285,3	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	34,0/106,0	34,69/87,0	18,94/35	29,21/76,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	2,12/8,4	0,44/2,0	0,78/2,0	0,95/4,3	0,11/2	0,88/3,74	6

Основной вклад в загрязнение акватории Южного курортного района вносили медь (средняя годовая концентрация составила 3,9 ПДК, максимальная — 8,1 ПДК), марганец (1,1/14,6 ПДК), цинк (0,8/1,8 ПДК). Если концентрации меди и цинка показали значения ниже средних показателей предыдущих пяти лет, то концентрация марганца стала максимальной (10,67 мкг/дм<sup>3</sup>) за этот же промежуток времени. Установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией железа (1,6 ПДК, максимальное значение зарегистрировано на поверхности в октябре) и фосфора фосфатов (1,1 ПДК — на поверхности в июне). Воды Южного курортного района не загрязнены органическими веществами. Не было зафиксировано присутствие фенола, содержание нефтяных углеводородов отмечено на уровне аналитического нуля, максимальное значение СПАВ составило 0,05 ПДК. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила 10,27 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 8,25 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Южного курортного района в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации меди (3,92 ПДК), марганца (1,07 ПДК), цинка (0,84) и кислорода (0,58), составил 1,60, что определяет воды как «загрязненные» (IV класс).

### 1.7. Морской торговый порт (МТП)

В 2017 г. наблюдения в районе Морского торгового порта выполнялись на ст. № 5 в полном объеме ежемесячно в течение всего года. Отбор всех 17 проб осуществлялся с поверхностного и придонного горизонтов (глубина 12–13 м). На акватории Морского торгового

порта значения солености изменялись в пределах от 0,06 до 0,10‰ во всей водной толще (табл. 4.10). Содержание растворенного в воде кислорода было выше установленной нормы ( $6 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) в течение всего года и изменялось в пределах от 8,27 до  $13,75 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  в поверхностном слое, в пределах  $8,07\text{--}10,36 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  в придонном слое. Случаев дефицита кислорода (менее 70%) в 2017 году на акватории Морского торгового порта зафиксировано не было. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в мае на поверхностном горизонте (98,6%). Перенасыщение вод кислородом (более 100%) зафиксировано не было. Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,71 до 7,42, в среднем за период наблюдений — 7,11. За пятилетний период можно отметить тенденцию к снижению величины водородного показателя. Значения щелочности варьировали в интервале от 0,51 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 0,78 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в феврале. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> было в диапазоне значений  $1,0\text{--}2,90 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (максимум — январь, поверхность) и превышало установленный норматив ( $2,1 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ ) в двух пробах.

**Таблица 4.10.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Морского торгового порта в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5
Температура (°С)	8,25/20,66	7,44/18,16	8,69/18,49	9,27/21,32	9,77/18,95	8,68/19,52
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,08/0,15	0,07/0,10	0,08/0,13
Кислород* ( $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ )	10,79/7,09	11,06/7,91	10,62/7,66	10,59/6,60	10,52/8,07	10,72/7,47
Кислород (%)	88,52/100,4	89,47/95,7	88,20/101,0	88,46/106,5	89,94/98,6	88,92/100,44
рН	7,50/7,79	7,48/7,76	7,43/7,79	7,42/7,86	7,11/7,42	7,39/7,72
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,64/0,92	0,59/0,71	0,57/0,70	0,61/0,72	0,61/0,78	0,60/0,77
БПК <sub>5</sub> ( $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ )	1,96/4,19	1,61/3,3	1,47/3,4	1,79/3,8	1,52/2,9	1,67/3,52
Кислород* — в нижней строке минимальное значение						

**Таблица 4.11.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов ( $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) в водах Морского торгового порта в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный $\text{N-NH}_4$ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	191,70/ 520,0	167,13/ 490,0	151,91/ 390,0	114,43/ 305,0	76,47/ 120,0	140,33/ 365,0	389
Азот нитритов $\text{N-NO}_2$ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	11,20/ 42,0	13,14/ 78,0	13,81/ 46,0	11,28/ 53,0	13,85/ <b>45,0</b>	12,66/ 52,80	24
Азот нитратов $\text{N-NO}_3$ $\text{мкгN}/\text{дм}^3$	303,04/ 570,0	287,39/ 420,0	273,64/ 770,0	300,29/ 460,0	271,29/ 449,0	287,13/ 533,80	9032
Общий азот $\text{N}_{\text{total}}$ $\text{мкгP}/\text{дм}^3$	957,83/ 2000,0	793,04/ 1140,0	740,91/ 1370,0	730,33/ 1149,0	686,18/ 865,0	781,66/ 1304,80	
Фосфатный фосфор $\text{P-PO}_4$ $\text{мкгP}/\text{дм}^3$	9,8/ 40,0	4,31/ 14,0	6,77/ 13,0	7,27/ 15,0	5,84/ 13,0	6,80/ 19,0	50
Общий фосфор $\text{P}_{\text{total}}$ $\text{мкгP}/\text{дм}^3$	15,90/ 56,0	9,57/ 19,0	11,72/ 22,0	12,91/ 29,0	11,92/ 25,0	12,40/ 30,20	

**Биогенные вещества.** В 2017 г. по данным наблюдений в водах Морского Торгового Пор-та содержание аммонийного азота не превышало уровень ПДК ( $389 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ). На поверхностном горизонте наибольшая концентрация составила  $119 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , в придонном —  $120 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ , максимум наблюдался у дна в сентябре (табл. 4.11). Концентрация нитритного азота превысила предельно допустимый уровень ( $24 \text{ мкг}/\text{дм}^3$ ) в двух пробах. Диапазон значений  $3,5\text{--}$

45 мкг/дм<sup>3</sup> при среднем 13,85 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в июне в придонном слое. Максимальная концентрация нитратного азота составила на поверхностном горизонте 449 мкг/дм<sup>3</sup> (январь), в придонном слое 344 мкг/дм<sup>3</sup> (сентябрь). Значения концентрации нитратного азота стали минимальными за последние пять лет. Содержание фосфатов по фосфору не превышало установленной нормы (ПДК=50 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание фосфатов было от значений ниже предела обнаружения (DL=5 мкг/дм<sup>3</sup>) в пяти пробах до 13 мкг/дм<sup>3</sup> (январь) в поверхностном слое и до 10 мкг/дм<sup>3</sup> (июль) в придонном. Максимальная концентрация общего фосфора составила 25 мкг/дм<sup>3</sup> в январе на поверхности.

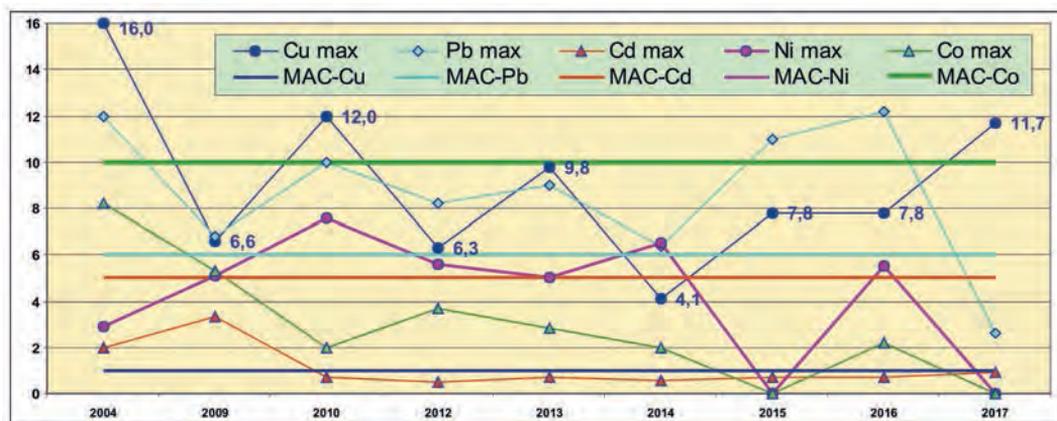
**Органические загрязняющие вещества.** В 2017 г. нефтяные углеводороды были обнаружены в трех пробах из 17 в концентрации равной уровню чувствительности использованного метода химического анализа (DL=0,04 мкг/дм<sup>3</sup>). Содержание СПАВ на акватории МТПП составило 12 мкг/дм<sup>3</sup> в единственной пробе из поверхностного горизонта (октябрь). Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа.

**Металлы.** Значения концентрации меди превышали ПДК (1 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех отобранных пробах. В слое поверхность-дно ее содержание изменялось в пределах 2,1–11,7 мкг/дм<sup>3</sup> (январь, поверхностный горизонт), при средней концентрации 3,68 мкг/дм<sup>3</sup> (3,7 ПДК), (табл. 4.12). Предельно допустимый уровень по содержанию цинка (10 мкг/дм<sup>3</sup>) был превышен в 53% проб. Максимальная концентрация наблюдалась в ноябре на поверхностном горизонте и составила 51,9 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация цинка за весь период наблюдений — 16,85 мкг/дм<sup>3</sup> (1,7 ПДК). Концентрация марганца превышала ПДК (10 мкг/дм<sup>3</sup>) в 7 пробах из 18. Максимальная концентрация (107 мкг/дм<sup>3</sup>) наблюдалась в июле на поверхности. Содержание общего железа превышало предельно допустимый уровень (100 мкг/дм<sup>3</sup>) в 47% проб. Диапазон концентрации от 42 до 452 мкг/дм<sup>3</sup> в феврале в поверхностном слое при средней концентрации 117,59 мкг/дм<sup>3</sup>. (1,2 ПДК). Содержание алюминия превышало предельно допустимую (40 мкг/дм<sup>3</sup>) в 5 пробах. Максимальная концентрация наблюдалась в сентябре в придонном слое и составила 59 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание свинца, кадмия, никеля, кобальта и алюминия не превышало уровень ПДК. Содержание свинца стало минимальным за последние пять лет (рис. 4.4).

**Таблица 4.12.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Морского торгового порта в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr/ MaxAvr5	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	3,38/9,80	3,08/4,10	3,70/7,80	3,83/7,80	<b>3,68/11,7</b>	3,53/8,24	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	17,75/78,0	11,62/25,0	11,57/37,0	11,66/37,0	<b>16,85/51,9</b>	13,89/45,78	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	13,60/60,0	10,83/30,0	11,20/61,0	10,60/61,0	<b>14,01/107,0</b>	12,05/63,80	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	96,27/460,0	112,09/238,0	<b>117,59/452,0</b>	108,65/383,33	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	25,7/77,0	27,7/68,0	33,11/59,0	28,84/68,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	4,18/9,0	2,04/6,4	1,71/11,0	1,79/12,2	0,86/2,6	2,12/8,24	6

Основными загрязняющими веществами акватории Морского торгового порта в 2017 г. стали медь (средняя годовая концентрация составила 3,7 ПДК, максимальная — 11,7 ПДК), цинк (1,7/5,2 ПДК) и марганец (1,4/10,7 ПДК). Концентрация этих металлов превысила средние значения показателей за последние пять лет. В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальным содержанием азота нитритов (0,6/1,9 ПДК — в придонном слое в июле), железа (1,2/4,5 ПДК — на поверхности в феврале) и алюминия



**Рис. 4.4.** Многолетняя динамика максимальной концентрации металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Морского Торгового Порты СПб в 2004–2017 гг.

(0,8/1,5 ПДК — в придонном слое в сентябре). Воды МТП не загрязнены органическими веществами. Только в 3 случаях из 17 отмечено присутствие нефтяных углеводородов на уровне предела обнаружения и по одному случаю присутствия фенола и детергентов с концентрацией существенно ниже ПДК. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила 10,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 8,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) Морского торгового порта СПб в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации меди (3,68 ПДК), марганца (1,40 ПДК), цинка (1,69) и кислорода (0,57), составил 1,83, что определяет воды как «грязные» (V класс).

### 1.8. Северная станция аэрации

В 2017 г. на северной станции аэрации (С2) наблюдения проводились в феврале и с мая по октябрь. Пробы воды отбирались на поверхности и у дна на глубине 3 метра. За весь период наблюдений было отобрано 14 проб. Значения солёности практически не изменялись и находились в пределах от 0,06 до 0,07‰ во всей водной толще (табл. 4.13). Содержание растворенного кислорода во всех пробах воды, отобранных с поверхностного и придонного горизонта, было в пределах нормы. Диапазон изменений составил 8,46 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>–13,49 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на поверхности и 8,50–13,39 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна. Максимальные значения на обоих горизонтах были зафиксированы в феврале. Случаев дефицита кислорода (менее 70%) зафиксировано не было. Максимальное насыщение вод кислородом наблюдалось в июне на поверхностном горизонте (96,4%). Величина водородного показателя рН находилась в пределах от 6,77 до 7,58, в среднем за период наблюдений — 7,23. Значения щёлочности варьировали в интервале от 0,52 ммоль/дм<sup>3</sup> до максимального значения 0,64 ммоль/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в июле на поверхности и у дна. Из 15 проанализированных проб воды содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>3</sub> превышало нормативную величину (2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в семи случаях. Наибольшее значение было зафиксировано у дна в первой половине октября, средняя в поверхностном слое — 1,99 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, на придонном горизонте 2,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.13.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Северной станции аэрации С2 в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср.Макс.
Температура (°С)	12,84/20,60	11,61/19,99	12,39/17,96	14,14/21,76	12,30/18,69	12,66/19,80
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	0,06/0,07	0,06/0,07	0,06/0,07
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	9,99/7,63	10,14/8,45	10,16/8,35	9,73/7,56	9,84/8,46	9,97/8,09
Кислород (%)	92,09/112,10	91,39/100,9	92,97/102,70	92,33/105,50	90,21/96,40	91,80/103,52
pH	7,29/7,54	7,42/7,72	7,35/7,65	7,42/7,70	7,23/7,58	7,34/7,64
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,57/0,61	0,53/0,69	0,54/0,61	0,55/0,64	0,56/0,61	0,55/0,63
БПК5 (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,19/4,33	2,57/4,80	2,11/2,70	2,44/5,40	<b>2,14/3,9</b>	2,29/4,23

Кислород\* — в нижней строке минимальное значение

**Биогенные вещества.** Концентрация аммонийного азота в 2017 г. превысила уровень ПДК (ПДК=389 мкг/дм<sup>3</sup>) в 6 пробах из 14 отобранных. Диапазон концентрации в поверхностном слое составил 106–680 мкгN/дм<sup>3</sup>, в придонном — 228–688 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.14). Максимальное содержание было зарегистрировано в сентябре, как на поверхностном, так и на придонном горизонте. Среднее значение аммонийного азота во всем столбе воды стало максимальным за пятилетний период — 374,0 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитритного азота превысила предельно допустимый уровень (ПДК=24 мкг/дм<sup>3</sup>) в 10 пробах из 14 отобранных; средняя за год составила 29,92 мкг/дм<sup>3</sup>. Закономерно, что такие высокие величины привели к наибольшему экстремальному значению среди всех районов Невской губы (рис. 4.2). Диапазон концентрации в поверхностном слое составил 4,9–42 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — 12–68 мкг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие значения были зафиксированы на поверхности в октябре, а у дна в июне. В 2017 г. средняя концентрация азота нитритного превысила минимум 2016 г., но была меньше всех остальных величин за пятилетний период, как в поверхностном, так и в придонном слоях. В пробах воды, отобранных в районе Северной станции аэрации, концентрация нитратного азота не превышала ПДК и изменялась в диапазоне 227–841 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация фосфора фосфатного в слое воды (поверхность — дно), изменялась в диапазоне от минимально определяемого значения (менее 5 мкг/дм<sup>3</sup>) до 25 мкг/дм<sup>3</sup>, при среднем значении 11,51 мкг/дм<sup>3</sup>. Наибольшие значения концентрации ингредиента были зафиксированы на поверхности (25 мкг/дм<sup>3</sup>) в июне-июле, в придонном слое (21 мкг/дм<sup>3</sup>) в сентябре. Годовой ход общего фосфора практически идентичен годовому ходу фосфора фосфатного. Диапазон концентрации общего фосфора для обоих горизонтов составил 8,2–32 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.14.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Северной станции аэрации (С2) в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	135,07/ 330,0	424,93/ 890,0	216,0/ 720,0	278,64/ 708,0	374,0/ <b>688,0</b>	285,73/ 667,20	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	33,56/ 73,0	40,99/ 110,0	31,19/ 95,6	15,67/ 28,0	<b>29,92/ 68,0</b>	30,27/ 74,92	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	401,43/ 760,0	470,0/ 860,0	250,71/ 470,0	365,14/ 581,0	437,43/ 841,0	384,94/ 702,40	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	988,57/ 1400,0	1370,0/ 2230,0	837,14/ 1140,0	1003,3/ 1836,0	1208,93/ 1987,0	1081,60/ 1718,60	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub>	15,69/ 40,0	15,62/ 47,0	5,74/ 12,0	12,69/ 34,0	11,51/ 25,0	12,25/ 31,60	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	25,64/ 57,0	25,71/ 59,0	10,86/ 17,0	24,18/ 80,0	18,96/ 32,0	21,07/ 49,00	

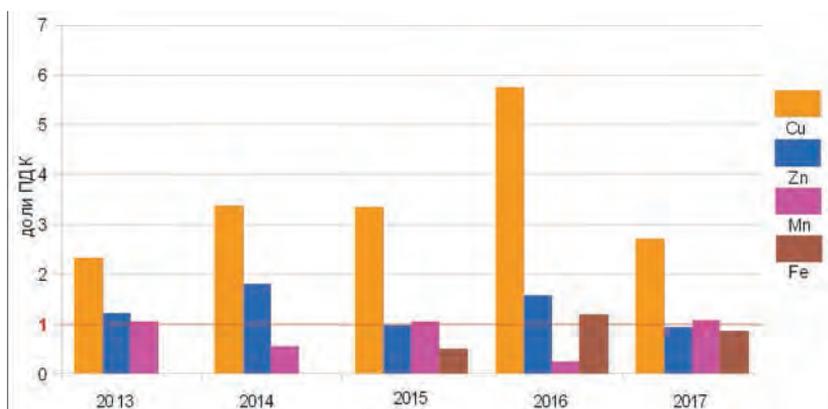
**Органические загрязняющие вещества.** В 2017 г. во всех пробах воды, отобранных на ст. С2, концентрация нефтяных углеводородов была ниже предела чувствительности метода определения (0,04 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание фенола выше предела обнаружения (DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup>) было зафиксировано в 2 пробах из 14 на уровне 0,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация СПАВ превышала аналитический ноль в двух пробах — 13 и 18 мкг/дм<sup>3</sup> в октябре у дна и в августе на поверхности. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела чувствительности метода определения.

**Металлы.** Концентрация меди превышала предельно допустимый уровень во всех отобранных пробах. Содержание в воде меди изменялось в диапазоне от 1,2 до 4,3 мкг/дм<sup>3</sup> (4,3 ПДК). Максимум был зарегистрирован в августе на поверхностном горизонте (рис. 4.5). Средняя концентрация во всем столбе воды (2,71 мкг/дм<sup>3</sup>) была ниже значений предыдущих лет, за исключением минимума в 2013 году. Во всех пробах содержание цинка было выше предела чувствительности метода определения и изменялось в диапазоне 4,4–14,2 мкг/дм<sup>3</sup>. В шести пробах из 14 концентрация была выше ПДК. Максимальное значение (1,4 ПДК) было получено в сентябрьской пробе с поверхности. Концентрация марганца изменялась в диапазоне от минимально определяемой величины (менее 1,0 мкг/дм<sup>3</sup>) до 41,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Уровень ПДК был превышен в четырех пробах из 14 отобранных в данном районе. Максимальная концентрация ингредиента, превысившая ПДК в 4,2 раза, была зафиксирована в июле на поверхностном горизонте. В десяти из 14 проб концентрация свинца была ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных составляла 2,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание общего железа выше уровня ПДК было зафиксировано в трех пробах, а диапазон концентрации составил 60–145 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение наблюдалось в сентябре на придонном горизонте. Концентрация алюминия изменялась в диапазоне от 13 до 28 мкг/дм<sup>3</sup>, зафиксированного в сентябре как на поверхности, так и в придонном слое.

**Таблица 4.15.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Морского торгового порта в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Сu, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>2,31/5,70</b>	<b>3,38/7,1</b>	<b>3,36/10,0</b>	<b>5,75/22,9</b>	<b>2,71/4,3</b>	3,50/10,0	1
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>12,23/25,0</b>	<b>18,04/52,0</b>	9,61/15,0	<b>15,81/30,5</b>	9,44/14,2	13,03/27,34	10
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>10,53/36,0</b>	5,62/21,0	<b>10,04/37,0</b>	2,51/12,0	<b>10,66/41,6</b>	7,87/29,52	10
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	50,57/72,0	<b>117,5/247,0</b>	<b>85,64/145,0</b>	84,57/154,67	100
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	17,21/27,0	13,0/39,0	21,43/28,0	17,21/31,33	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>2,43/8,5</b>	0,81/2,9	1,22/2,6	0,77/4,9	0,57/2,0	1,16/4,18	6

Основной вклад в загрязнение вод около подводного выпуска Северной станции аэрации в 2017 г. вносили медь (средняя годовая концентрация составила 2,7 ПДК, максимальная — 4,3 ПДК), азот нитритов (1,2/2,8 ПДК) и марганец (1,1/4,1 ПДК). Зафиксированная средняя концентрация марганца (10,66 мкг/дм<sup>3</sup>) стала максимальной за последние пять лет. Содержание меди и нитритного азота показало значения ниже средних величин за последние пять лет. В ряде случаев установленные нормативы также были превышены максимальными концентрациями таких загрязняющих веществ как аммонийный азот (0,0/1,8 ПДК — придонный слой в сентябре) и железо (0,9/1,5 ПДК — придонный слой в сентябре). В водах на станции С2 присутствие нефтяных углеводородов не отмечено. В двух случаях из четырнадцати зафиксировано присутствие фенола и СПАВ на очень низком уровне. Во всех отобранных пробах концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) была ниже предела обнаружения. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя кон-



**Рис. 4.5.** Многолетняя динамика средней концентрации металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) меди (Cu), цинка (Zn), марганца (Mn) и железа (Fe) в водах около выпуска Северной станции аэрации в 2013–2017 гг.

центрация растворенного кислорода составила 9,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 8,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязнения вод (ИЗВ) в воде около подводного выпуска Северной станции аэрации, рассчитанный по средней концентрации меди (2,71 ПДК), марганца (1,07 ПДК), нитритов (1,25) и кислорода (0,61), составил 1,41, что определяет воды как «загрязненные» (IV класс).

#### 4.9. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива

В 2017 г. гидрохимическая съемка курортного района мелководной зоны Восточной части Финского залива проводилась в полном объеме ежемесячно с мая по октябрь на станциях 19а и 20а. Отбор проб осуществлялся с поверхностного горизонта. Всего было отобрано 12 проб. Соленость изменялась в диапазоне 0,17–0,71‰, максимум на ст. № 20а, июнь (табл. 4.15). Кислородный режим в течение всего года был удовлетворительным, а значения изменялись в пределах 8,92–11,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Величина водородного показателя рН в районе находилась в диапазоне 6,30–7,70. Максимальное значение было зафиксировано в сентябре на ст. № 20а. Случаев дефицита кислорода (<70% насыщения) зафиксировано не было: диапазон содержания относительного кислорода находился в пределах 94–122%. Содержание легкоокисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> равнялось или превышало установленную норму (2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в 50% отобранных проб. Максимальная концентрация (4,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) наблюдалась в июле на ст. № 20а.

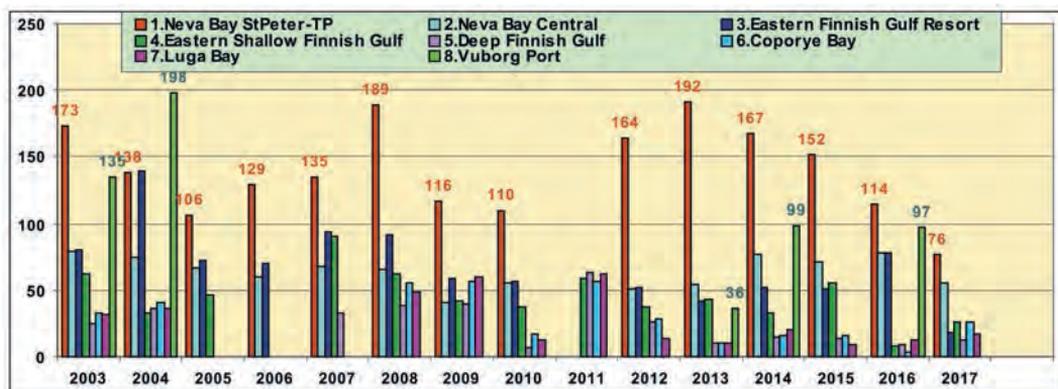
**Таблица 4.16.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах курортного района мелководной зоны Восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс
Температура (°С)	16,30/22,0	14,76/20,60	14,93/18,20	14,57/21,8	15,39/20,5	15,19/20,62
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	1,19/3,26	0,32/0,71	0,76/1,99
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	10,46/8,20	10,70/8,95	10,0/8,87	9,62/5,83	10,15/8,92	10,19/8,15
Кислород (%)	105,70/130,5	105,34/130,2	98,61/110,5	94,63/113,8	101,29/121,5	101,11/121,3
рН	7,38/8,12	7,53/8,53	7,49/8,58	7,37/7,61	7,19/7,70	7,39/8,11
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,62/ 0,70	0,63/ 0,78	0,60/ 0,70	0,72/ 1,08	0,60/ 0,68	0,63/ 0,79
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	2,46/6,8	2,23/4,0	2,21/3,3	2,27/4,0	<b>2,26/4,5</b>	2,29/4,52
Кислород* — в нижней строке минимальное значение						

**Биогенные вещества.** В 2017 г. максимальное содержание нитритов (15,0 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,6 ПДК) было зафиксировано на ст. № 19а в августе; нитратного азота (521 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,06 ПДК) ст. № 19а, сентябрь; аммонийного азота (100 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,26 ПДК) ст. № 20а, август (табл. 4.17). Среднее содержание аммония было минимальным за период 2013–2017 гг., в то время как содержание нитритов и нитратов стало максимальным за этот период (рис. 4.6). Концентрация общего азота менялась от 438 до 1436 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован на ст. № 20а в августе. Содержание фосфатов изменялось в пределах от минимально определяемых величин до 18 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация наблюдалась на ст. № 20а в августе; там же наблюдался максимум общего фосфора (30 мкг/дм<sup>3</sup>).

**Таблица 4.17.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах курортного района мелководной зоны Восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	42,0/ 90,0	52,17/ 180,0	50,92/ 230,0	78,17/ 214,0	18,17/ 100,0	48,29/ 162,80	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	6,44/ 18,0	7,92/ 15,0	3,69/ 14,3	7,03/ 17,0	8,9/ 15,0	6,80/ 15,86	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	134,0/ 390,0	198,67/ 390,0	106,08/ 320,0	218,5/ 420,0	222,5/ 521,0	175,95/ 408,20	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	854,17/ 1720,0	791,67/ 1290,0	590,83/ 790,0	736,83/ 1073,0	736,42/ 1436,0	741,98/ 1261,80	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub>	12,26/ 98,0	5,11/ 20,0	1,61/ 7,3	9,23/ 22,0	5,22/ 18,0	6,69/ 33,06	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	20,93/ 120,0	11,63/ 26,0	5,2/ 12,0	18,72/ 31,0	14,86/ 30,0	14,27/ 43,80	



**Рис. 4.6.** Динамика средней концентрации аммонийного азота N–NH<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Невской губы и восточной части Финского залива в 2003–2017 гг.

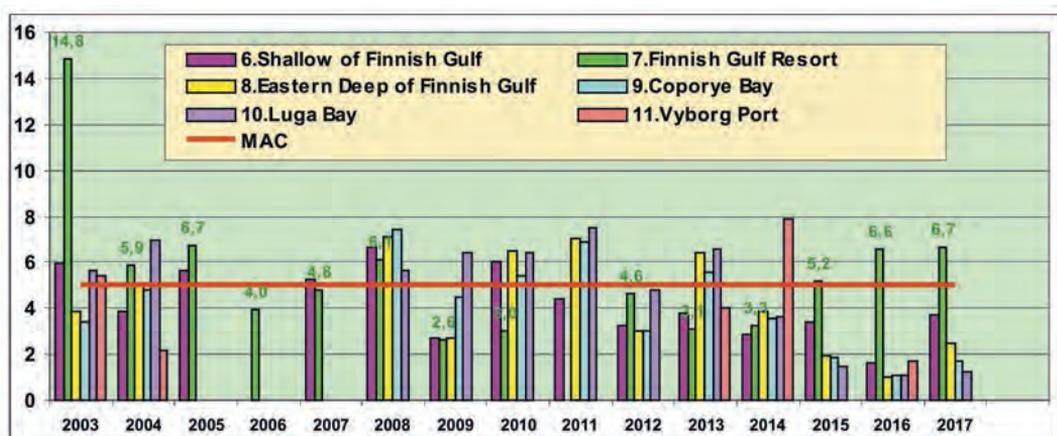
**Органические загрязняющие вещества.** Нефтяные углеводороды были обнаружены в одной августовской пробе в концентрации 0,05 мг/дм<sup>3</sup>. СПАВ обнаружены в трех пробах в концентрации 10, 20 и 24 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание фенола и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела обнаружения во всех отобранных пробах.

**Металлы.** В 2017 г. превышение ПДК отмечено для меди (в 66% отобранных проб, максимум наблюдался в августе), марганца, цинка, железа и алюминия (табл. 4.18). В последние три года концентрация меди в водах курортного района мелководной зоны Восточной ча-

сти Финского залива превышала уровень ПДК (рис. 4.7). Во всех пробах концентрация цинка изменялась в пределах 3,6–16,5 мкг/дм<sup>3</sup>, наибольшее значение наблюдалось на ст. № 20а в сентябре; марганца 1,0–33,0 мкг/дм<sup>3</sup> (октябрь). Среднегодовая концентрация марганца стала минимальной за период 2015–2017 гг. Концентрация железа превышала норматив в 90% отобранных проб, а максимальная концентрация составила 23,8 ПДК (ст. № 20а, август). Концентрация алюминия выше допустимого уровня (ПДК=40 мкг/дм<sup>3</sup>) отмечалась в двух пробах, максимальная концентрация составила 69 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 19а, сентябрь). Содержание никеля, свинца, кадмия и кобальта не превышало установленные нормы.

**Таблица 4.18.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/Ср. Макс	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	3,07/4,8	3,28/5,9	<b>5,22/9,4</b>	<b>6,58/21,2</b>	<b>6,68/13,3</b>	4,97/10,92	5
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	9,58/23,0	6,91/19,0	9,23/18,0	35,03/ <b>88,0</b>	9,47/16,5	14,04/32,9	50
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	7,85/22,0	6,54/27,0	15,28/ <b>57,0</b>	36,49/ <b>147,0</b>	10,66/33,0	15,36/57,20	50
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	<b>108,42/258,0</b>	<b>284,67/1279,0</b>	<b>305,08/1190,0</b>	232,72/909,0	50
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	25,67/ <b>57,0</b>	<b>46,4/105,0</b>	29,25/ <b>69,0</b>	33,77/77,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	3,32/8,5	0,64/5,7	1,17/2,0	3,6/ <b>19,0</b>	0,86/2,3	1,92/7,50	10



**Рис. 4.7.** Динамика средней концентрации меди (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах восточной части Финского залива в 2003–2017 гг.

Основными загрязняющими веществами в водах Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017 г. стали медь (средняя годовая концентрация составила 1,3 ПДК, максимальная 2,66 ПДК), железо (6,1/23,8 ПДК) и алюминий (0,74/1,73 ПДК). Средняя концентрация меди стала наибольшей за последние годы. При этом концентрация органических загрязнителей (нефтяные углеводороды, фенол, СПАВ, хлорорганические пестициды) была очень невысокой и часто ниже аналитического нуля. Кислородный режим был в пределах нормы, средняя концентрация растворенного кислорода составила 10,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 8,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Курортного района мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации железа (6,10 ПДК), меди (1,34 ПДК), алюминия (0,73) и кислорода (0,59), составил 2,19, что определяет воды как «грязные» (V класс).

#### 4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива

В 2017 г. гидрохимическая съемка в восточной части Финского залива была проведена в период с 15 по 17 августа в рамках выполнения договора с Ленинградским областным государственным казенным учреждением (ЛОГКУ) «Региональное агентство природопользования и охраны окружающей среды». Оценка качества вод и донных отложений восточной части Финского залива проводилась по четырем районам отдельно: мелководный район, глубоководный район, Копорская губа и Лужская губа. Для восточной части Финского залива использовались значения ПДК морских вод. В 2017 г. гидрохимическая съемка мелководной зоны восточной части Финского залива проводилась в августе на станциях № 19, 20, 21, 22, 24 и 26 (рис. 4.8). Всего было отобрано 20 проб.



Рис. 4.8. Станции мониторинга морской среды в восточной части Финского залива в 2017 г.

Таблица 4.19. Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс
Температура (°С)	14,22/23,60	13,57/24,9	13,71/19,8	5,97/7,99	18,75/19,67	13,24/19,19
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	2,0/3,56	0,59/2,88	1,30/3,22
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	9,11/ <b>5,72</b>	8,63/ <b>4,69</b>	9,08/ <b>3,76</b>	10,58/8,23	8,62/ <b>5,69</b>	9,20/ <b>5,62</b>
Кислород (%)	89,43/116,8	83,27/119,4	85,63/115,5	86,03/99,8	92,53/113,2	87,38/112,94
pH	7,76/8,64	7,36/7,82	7,55/7,86	7,56/7,66	7,76/8,32	7,60/8,06
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,84/1,41	0,86/1,41	0,74/1,23	0,87/1,11	0,63/1,10	0,79/1,25
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	Н/Д	Н/Д	<b>2,37/3,9</b>	1,33/1,5	Н/Д	1,85/2,7

Кислород\* — в нижней строке минимальное значение

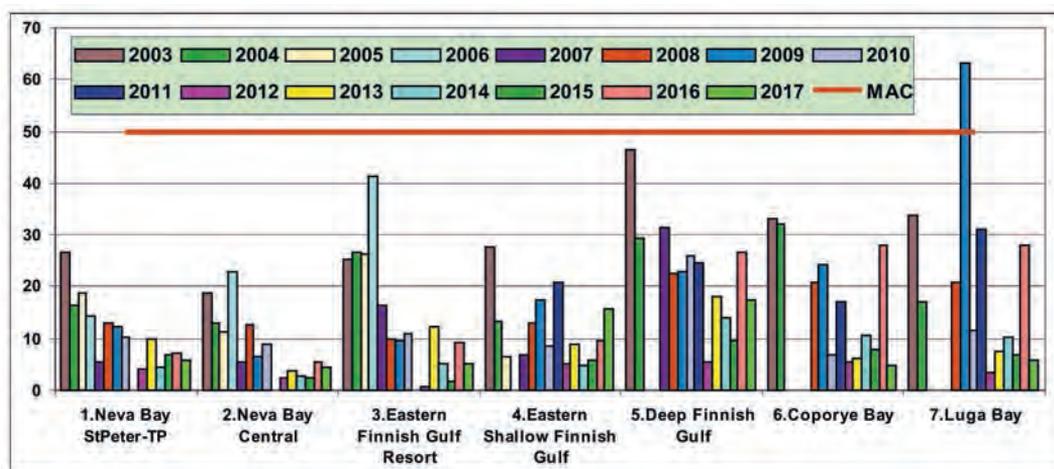
В поверхностном слое соленость вод изменялась в диапазоне от 0,11‰ до 0,87‰, в придонном слое 0,12–2,88‰, максимум на ст. № 24 (табл. 4.19). Распределение всей водной толщи наблюдалось в северо-восточной части района (ст. № 19) с соленостью 0,11–0,12‰, что отражает наибольшее влияние стока из Невской губы. В ходе съемки в августе было зафиксировано два случая низкого содержания растворенного кислорода на придонном горизонте на ст. № 22 (5,99 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и ст. № 24 (5,69 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Концентрация кислорода в придонном слое находилась в пределах 5,69–9,36, в среднем 7,75 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; на поверхности — 8,69–

10,51/9,40 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Диапазон содержания относительного кислорода изменялся в пределах 94,6–113,2% насыщения на поверхности и 54,3–100,6% у дна. Перенасыщение вод кислородом (более 100%) в августе 2017 г. было зафиксировано в пяти пробах. На двух станциях на придонном горизонте насыщение вод кислородом было ниже норматива (70%). Во всех пробах величина водородного показателя оставалась в пределах допустимой нормы (6,5 < рН < 8,5). Щелочность варьировала в стандартном диапазоне 0,513–1,104 ммоль/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.20.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	42,86/ 160,0	33,73/ 67,0	55,15/ 260,0	8,07/ 39,0	26,27/ 148,0	33,22/ 134,80	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	5,10/ 13,0	5,20/ 15,0	8,11/ 18,0	7,61/ 15,0	10,41/ 20,0	7,29/ 16,20	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	103,65/ 260,0	88,94/ 290,0	141,95/ 430,0	204,6/ 258,0	110,4/ 218,0	129,91/ 291,20	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	559,55/ 890,0	485,56/ 790,0	548,10/ 960,0	576,27/ 684,0	526,2/ 639,0	539,14/ 792,60	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub>	8,91/32,0	4,68/22,0	5,8/27,0	9,7/20,0	15,74/59,0	8,97/32,00	50
Общий фосфор P <sub>total</sub>	16,15/46,0	8,24/25,0	8,64/33,0	20,55/39,0	25,03/83,0	15,72/45,20	

**Биогенные вещества** (табл. 4.20). В поверхностном слое содержание аммонийного азота было ниже предела обнаружения методики во всех отобранных пробах, за исключением пробы со ст. № 20 (23 мкг/дм<sup>3</sup>). В промежуточных и придонных слоях воды концентрация аммония находилась в пределах от 23 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 21) до 148 мкг/дм<sup>3</sup> (ст. № 22). Нитриты были обнаружены во всех отобранных пробах в концентрации 3,7–20,0 мкг/дм<sup>3</sup> (0,8 ПДК). Диапазон концентрации нитратов на поверхностном горизонте составил 21–218 мкг/дм<sup>3</sup>, а у дна — 68–207 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание фосфатного фосфора варьировало от 5,4 до 59 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК на ст. № 22 на придонном горизонте). Средняя величина была наибольшей за последние 5 лет и составила 0,3 ПДК (рис. 4.9). В целом за последние полтора десятилетия среднегодовая концентрация фосфатов могла изменяться значительно, однако никогда не достигала ПДК.



**Рис. 4.9.** Динамика средней концентрации фосфатного фосфора (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Невской губы и восточной части Финского залива в 2003–2017 гг.

Содержание общего фосфора во всем столбе воды изменялось в диапазоне 8,5–83,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Следует отметить, что неорганический фосфор составлял больше половины суммарного содержания в воде мелководного района восточной части Финского залива в августе 2017 г.

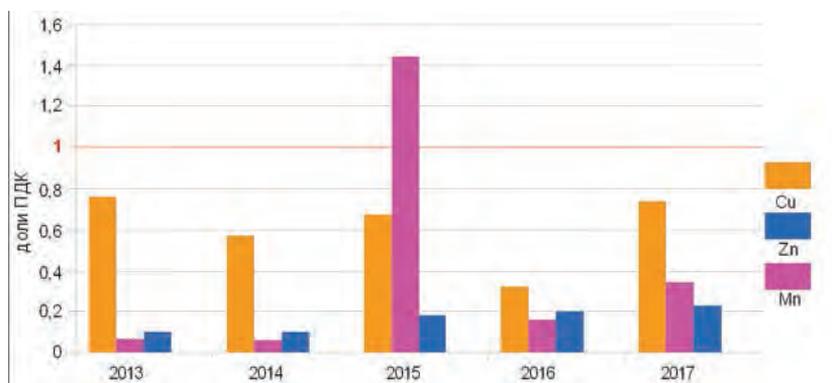
**Органические загрязняющие вещества.** В период проведения съемки в августе 2017 г. во всех проанализированных пробах содержание нефтяных углеводородов, фенола и хлорорганических пестицидов было ниже предела обнаружения использованного метода анализа. Концентрация СПАВ была выше предела обнаружения (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>) в трех пробах — 10,10 и 11 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Металлы.** В 2017 г. основными загрязняющими ингредиентами среди металлов стали медь, марганец и цинк. Концентрация меди превышала уровень ПДК в трех пробах из двадцати. В поверхностных водах ее содержание находилось в пределах 1,7–7,4 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — 2,2–5,5 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.21). Максимальные значения были зафиксированы на ст. № 26. В последние 5 лет средняя величина не достигала норматива и варьировала в пределах 0,3–0,8 ПДК (рис. 4.10).

**Таблица 4.21.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/Ср. Макс	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	3,79/9,0	2,87/8,2	3,36/8,3	1,60/2,3	3,69/7,4	3,06/7,04	5
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	5,24/12,0	4,98/14,9	9,18/19,0	10,16/12,7	11,3/29,8	8,17/17,68	50
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	3,33/22,0	3,22/15,0	<b>72,29/343,0</b>	7,98/14,9	17,03/81,7	20,77/95,32	50
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	24,25/85,0	33,58/106,0	7,0/26,0	21,61/72,33	50
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	19,0/56,0	2,1/13,0	6,5/15,0	9,2/28,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	3,88/7,8	0,58/2,6	0,0/0,0	0,67/2,0	0,0/0,0	1,03/2,48	10

Содержание марганца в 2017 г. превышало уровень ПДК в двух пробах из придонного слоя на ст. № 22 и ст. № 24, а в трех пробах было ниже предела обнаружения (DL=1,0 мкг/дм<sup>3</sup>); максимальная концентрация достигала 23,4 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхностном горизонте и 81,7 мкг/дм<sup>3</sup> в придонном слое. Концентрация цинка на поверхности изменялись от <5,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 29,8 мкг/дм<sup>3</sup>, на придонном горизонте — 5,7–22,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание общего железа выше уровня ПДК в августе 2017 г. зафиксировано не было.



**Рис. 4.10.** Динамика средней концентрации (мкг/дм<sup>3</sup>) меди, цинка и марганца в водах мелководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Основной вклад в загрязнение вод мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017 г. вносили медь (средняя годовая концентрация составила 0,76 ПДК, максимальная — 1,5 ПДК), марганец (0,34/1,6 ПДК) и цинк (0,23/0,6 ПДК). Средние значения этих металлов в воде района превышали средний уровень за последние пять лет. В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией нитритного азота (0,3/1,2 ПДК) и фосфора фосфатов (0,3/1,7 ПДК), оба экстремума отмечены в придонном слое в августе. Содержание органических загрязняющих веществ было ниже предела обнаружения во всех пробах, за исключением детергентов, обнаруженных в трех пробах в концентрации 0,1 ПДК. Кислородный режим в целом был в пределах нормы, однако дважды в придонных водах отмечался дефицит. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) мелководной зоны восточной части Финского залива в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации меди (0,74 ПДК), нитритного азота (0,43 ПДК), марганца (0,34 ПДК) и кислорода (0,70), составил 0,55, что определяет воды как «чистые» (II класс).

#### 4.11. Глубоководная зона восточной части Финского залива

В 2017 г. гидрохимическая съемка глубоководной зоны Восточной части Финского залива проводилась в августе на ст. № 1,2,3,4 и ст. № А. Отбор проб осуществлялся по всему столбу воды с разных горизонтов. Всего было отобрано 39 проб. В глубоководном районе на поверхностном горизонте диапазон значений солености составил 1,21–4,40‰, в придонном слое — 4,05–6,53‰, среднее значение по всем пробам 3,71‰ (табл. 4.22). Для обоих горизонтов максимальные значения были зафиксированы на самой западной ст. № 4. С увеличением глубины значение солености возрастало, что объясняется притоком морских вод из центральной части залива. Кислородный режим в целом был удовлетворительным, среднее значение составило 7,33 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. На всех станциях района на поверхности концентрация растворенного кислорода не выходила за пределы норматива, диапазон 8,83–9,56, в среднем 9,19 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; значения относительного содержания кислорода изменялись от 95,0% до 104,0%. В придонном слое почти все значения были ниже допустимого, диапазон 3,86–6,23/5,11 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (29,9–49,6%); минимальное содержание зафиксировано на западной станции на глубине 59 м, а наилучшая аэрация придонных вод была на самой восточной ст. № 1 (глубина 28 м). В промежуточных слоях средняя концентрация составила 7,45 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Более низкое содержание в воде кислорода на глубинных горизонтах связано с высокой стратификацией водной толщи, не позволяющей хорошо аэрированным поверхностным водам проникать до дна. Во всех пробах величина водородного показателя не выходила за рамки нормативной величины (6,5 < рН < 8,5); диапазон значений составил 7,16–8,34. Щелочность варьировала в стандартном диапазоне 0,758–1,616 ммоль/дм<sup>3</sup>.

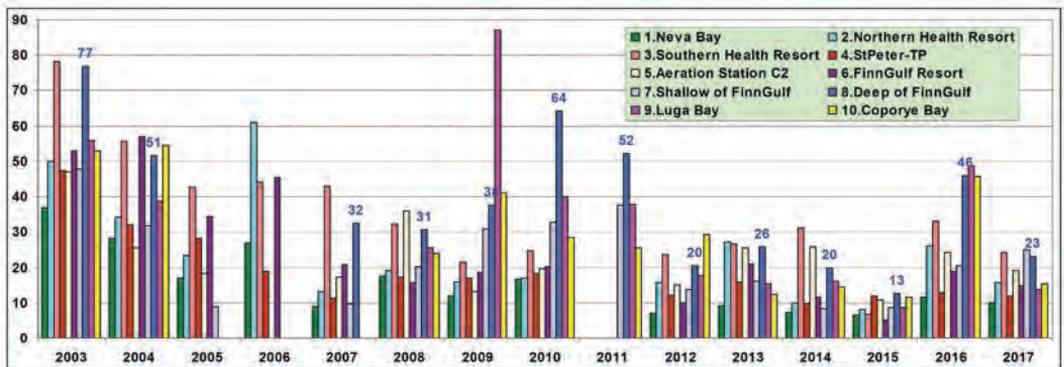
**Таблица 4.22.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017 август	Среднее/Ср. Макс
Температура (°С)	11,12/22,80	9,98/23,10	12,67/19,0	7,35/9,10	12,12/19,24	10,65/18,65
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	4,65/8,27	3,71/6,53	4,18/7,4
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	7,65/2,73	7,99/1,86	7,99/4,92	8,78/3,40	7,33/3,86	7,95/3,35
Кислород (%)	71,78/111,9	71,65/102,4	66,03/102,9	75,69/97,1	70,93/104,0	71,22/103,66
рН	7,86/8,75	7,56/8,64	7,58/7,82	7,60/7,78	7,75/8,34	7,67/8,27
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,33/1,70	1,31/1,65	1,20/1,46	1,28/1,61	1,24/1,62	1,27/1,61
Кислород* — в нижней строке минимальное значение						

**Таблица 4.23.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N-NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	10,41/45,0	14,45/48,0	13,58/63,0	9,15/41,0	12,42/51,0	12,00/49,60	389
Азот нитритов N-NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	1,62/8,3	1,64/7,3	3,96/8,8	1,7/12,0	5,03/28,00	2,79/12,88	24
Азот нитратов N-NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	59,14/ 170,0	51,30/ 170,0	54,73/ 220,0	99,0/ 164,0	55,04/ 153,0	63,84/ 175,40	9032
Общий азот N <sub>total</sub>	490,90/ 640,0	431,54/ 870,0	436,54/ 620,0	458,35/ 553,0	427,08/ 679,0	448,88/ 672,40	
Фосфатный фосфор P-PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	18,01/82,0	14,14/73,0	9,55/36,0	26,75/93,0	17,319/86,0	17,15/74,00	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	25,88/92,0	19,83/85,0	12,70/44,0	45,81/131,0	23,10/100,0	25,46/90,40	

**Биогенные вещества.** В поверхностном слое вод глубоководного района аммонийный азот не был обнаружен ( $DL=20$  мкг/дм<sup>3</sup>), а в глубинных слоях его концентрация изменялась от аналитического нуля в 11 пробах до 51 мкг/дм<sup>3</sup> (0,13 ПДК); максимум отмечен у дна на глубине 35 м на ст. № 2 в слое с очень низким содержанием кислорода — 5,86 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В целом содержание аммония было на уровне среднегодовалой величины (таб. 2.23).



**Рис. 4.11.** Динамика среднего содержания общего фосфора (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Невской губы и восточной части Финского залива в 2003–2017 гг.

В пробах из поверхностного горизонта концентрация нитритного азота была в диапазоне 1,2–3,3 мкг/дм<sup>3</sup>, а в глубинных слоях 0–28,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум (1,2 ПДК) зафиксирован на ст. № А у дна на глубине 30 м. И среднее, и максимум были наибольшими за последние годы. Диапазон концентрации нитратного азота составил на поверхности 17–21/18 мкг/дм<sup>3</sup>, у дна 69–153/120 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание фосфатов в поверхностном слое во всех пробах было ниже предела обнаружения методики (DL=5,0 мкг/дм<sup>3</sup>), а на глубине значения находились в диапазоне 10–86 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум (1,7 ПДК) на ст. № 4 у дна. Еще одно значение выше норматива (54 мкг/дм<sup>3</sup>) зафиксировано на этой же станции только на 9 м выше на горизонте 50 м. Содержание общего фосфора было ниже предела обнаружения в шести пробах и достигало 100 мкг/дм<sup>3</sup> на западной станции у дна. В целом и среднее, и максимальное значения были в пределах обычных межгодовых изменений (рис. 4.11).

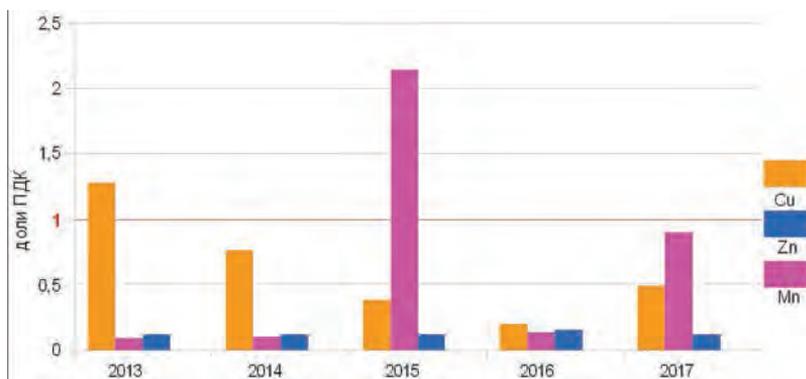
**Органические загрязняющие вещества.** Концентрация нефтяных углеводородов в двух пробах воды из 15 проанализированных составила 0,04 мг/дм<sup>3</sup> (0,8 ПДК). Содержание СПАВ выше предела обнаружения было зафиксировано в двух пробах с поверхности — 10 и 11 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание фенола и хлорорганических пестицидов в водах глубоководной зоны было ниже предела обнаружения используемой методики анализа.

**Металлы.** В 2017 г. основными загрязняющими элементами среди металлов стали медь, марганец и цинк (табл. 4.24, рис. 4.12). В период проведения гидрохимической съемки концентрация меди в поверхностном слое изменялась в диапазоне 2,6–3,7 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном 1,0–2,3 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя величина для всего столба воды 2,47 мкг/дм<sup>3</sup> (0,5 ПДК). Содержание цинка в поверхностном слое изменялось в пределах 5,7–9,7 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое — от <5,0 мкг/дм<sup>3</sup> до 6,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение было отмечено на мористой станции № 4. Содержание марганца в глубоководном районе превысило уровень ПДК в двух пробах, отобранных на придонном горизонте ст. № 4 (232 мкг/дм<sup>3</sup>) и ст. № А (66 мкг/дм<sup>3</sup>). Диапазон значений составил 3,4–26,1 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности и 18,0–232 мкг/дм<sup>3</sup> у дна. Концентрация свинца, алюминия и железа в водах глубоководного района в период проведения съемки была ниже предела обнаружения в 100% проб.

**Таблица 4.24.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>6,41/12,0</b>	3,85/ <b>9,20</b>	1,94/3,40	1,01/1,10	2,47/3,7	3,14/ <b>5,88</b>	5
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	6,5/13,00	6,61/21,60	6,56/7,80	7,87/12,20	6,4/9,70	6,79/12,86	50
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	4,92/39,0	5,06/ <b>55,0</b>	<b>106,9/239,0</b>	7,03/21,0	<b>45,31/232,0</b>	<b>33,84/86,75</b>	50
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	2,2/10,0	0,0/0,0	0,0/0,0	3,57/3,33	50
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	3,88,0	0,0/0,0	0,0/0,0	2,0/2,6	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	7,59/ <b>13,0</b>	0,50/3,20	0,0/0,0	0,2/2,0	0,0/0,0	2,85/3,64	10

Основными загрязняющими веществами вод глубоководной зоны Восточной части Финского залива в 2017 г. стали марганец (средняя годовая концентрация составила 0,91 ПДК, максимальная — 4,64 ПДК), медь (0,5/0,7 ПДК) и цинк (0,13/0,19 ПДК). Средняя концентрация марганца превышала пятилетнюю за счет единичного и очень высокого максимального значения. Такие экстремумы изредка случаются в этом районе, а наибольшая величина (469 мкг/дм<sup>3</sup>) была зафиксирована на ст. № 1 у дна в августе 2010 г. В отдельных случаях установленные нормативы также превышались максимальной концентрацией нитритного азота (0,2/1,2 ПДК) и фосфатов (0,3/1,7 ПДК) в придонном слое в августе. Во всех отобранных пробах концентрация нефтяных углеводородов, фенола, хлорорганических пестицидов (ДДТ и его



**Рис. 4.12.** Динамика средней концентрации ( $\text{мкг}/\text{дм}^3$ ) меди, цинка и марганца в водах глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2013–2017 гг.

метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) была ниже предела обнаружения используемого метода. В верхних слоях воды кислородный режим был в пределах нормы, однако в слое у дна из-за существенной вертикальной стратификации наблюдался хорошо выраженный дефицит растворенного кислорода, концентрация которого в середине августа 2017 г. была ниже нормы в семи пробах и опускалась до  $3,86 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (30% насыщения). Индекс загрязненности вод (ИЗВ) глубоководной зоны восточной части Финского залива в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации марганца (0,91 ПДК), меди (0,49 ПДК), цинка (0,13 ПДК) и кислорода (0,82), составил 0,59, что определяет воды этой части залива как «чистые» (II класс).

#### 4.12. Копорская губа

В 2017 г. гидрохимическая съемка Копорской губы проводилась в августе на двух станциях № 6к и № 3к на разных горизонтах. Всего было отобрано 9 проб. Значения солености на ст. № 3к составили 2,23‰ на поверхности и 2,86‰ у дна; на ст. № 6к — 2,53‰ и 3,71‰ соответственно. Кислородный режим вод губы был удовлетворительным; диапазон содержания кислорода составил в слое поверхность–дно  $6,22\text{--}8,92 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ . Значение кислорода ниже установленного норматива (70%) было зафиксировано на ст. № 6к на придонном горизонте (54,8%). Во всех пробах величина водородного показателя не выходила за рамки нормативной величины ( $6,5 < \text{pH} < 8,5$ ), вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными: диапазон значений на ст. № 3к находился в пределах от 7,86 до 8,08; на ст. № 6к — 7,61–8,17.

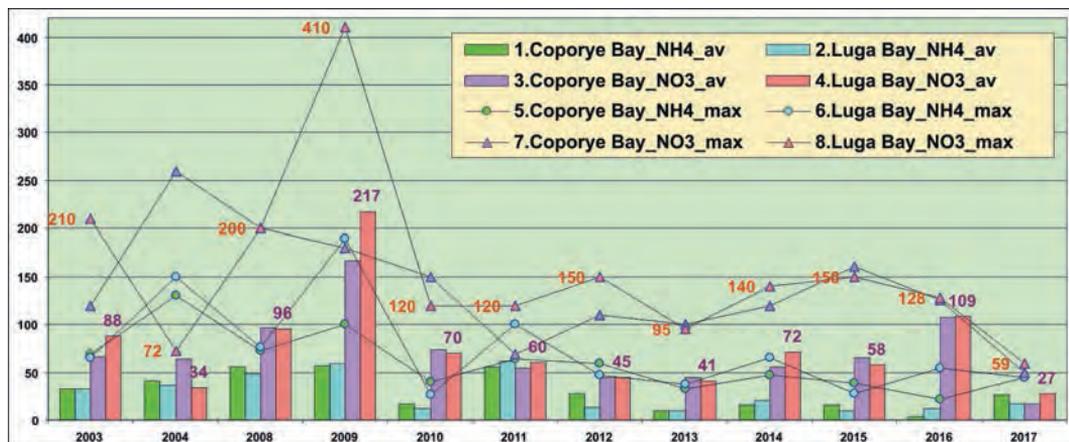
**Таблица 4.25.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Копорской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс
Температура (°С)	13,82/19,40	11,22/21,6	15,68/17,90	7,94/8,42	17,10/19,4	13,15/17,34
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	4,12/4,93	2,89/3,71	3,51/4,32
Кислород* ( $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ )	8,94/7,20	8,21/6,27	7,31/3,46	9,46/6,66	7,95/6,22	8,37/5,96
Кислород (%)	87,53/103,0	74,94/100,0	74,93/103,6	81,7/95,7	84,05/98,0	80,63/100,06
pH	8,02/8,66	7,56/8,21	7,40/7,58	7,50/7,6	7,92/8,17	7,68/8,04
Щелочность ( $\text{ммоль}/\text{дм}^3$ )	1,20/1,43	1,20/1,44	1,12/1,33	1,22/1,33	1,14/1,29	1,18/1,36

**Биогенные вещества.** Концентрация аммонийного азота менялась в диапазоне 35–41 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности, у дна — в интервале от аналитического нуля (DL=20 мкг/дм<sup>3</sup>) в двух пробах до 45 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.26), Максимум (0,12 ПДК) зафиксирован у дна на ст. № 6к. Содержание аммония немного увеличилось по сравнению с предыдущими четырьмя годами, однако раньше и средняя, и максимальная величины были примерно в 2–3 раза выше (рис. 4.13). Концентрация нитритного азота варьировала от незначительной величины 0,6 мкг/дм<sup>3</sup> до значения выше норматива 27 мкг/дм<sup>3</sup> (1,1 ПДК) в придонном слое на глубине 25 м на ст. № 6к. Содержание нитратного азота было в диапазоне 12–14 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности, и 10–49 мкг/дм<sup>3</sup> у дна. Концентрация общего азота изменялась в пределах 426–558 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание силикатов на станции № 3к составляло 61 мкг/дм<sup>3</sup> на поверхности и 112 мкг/дм<sup>3</sup> у дна, на ст. № 6к — 88 и 588 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

**Таблица 4.26.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Копорской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	10,11/33,0	15,44/47,0	15,33/39,0	3,67/22,0	26,0/45,0	14,11/37,20	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	1,71/8,5	2,18/6,7	10,53/21,0	1,3/1,9	5,95/27,0	4,33/13,02	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	44,22/ 100,0	55,33/ 120,0	64,83/ 160,0	107,67/ 125,0	17,33/ 49,0	57,88/ 110,80	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	458,89/ 650,0	437,78/ 560,0	386,67/ 560,0	489,83/ 513,0	511,83/ 558,0	457,00/ 568,20	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	6,14/25,0	10,42/27,0	8,0/27,0	27,83/42,0	4,68/23,0	11,41/28,80	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	12,39/30,0	14,64/33,0	11,45/33,0	45,67/59,0	15,25/33,0	19,88/37,60	



**Рис. 4.13.** Средняя и максимальное содержание аммонийного азота и нитратов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Копорской и Лужской губ в восточной части Финского залива в 2003–2017 гг.

**Органические загрязняющие вещества.** Во всех пробах содержание нефтяных углеводородов, фенола, СПАВ и хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЕ, ДДД, а также α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ) было ниже предела чувствительности использованных методов химического анализа.

**Металлы.** Концентрация марганца в водах Копорской губы в августе 2017 г. превысила уровень 4 ПДК (209 мкг/дм<sup>3</sup>) в одной пробе воды, отобранной на придонном горизонте ст. № 6к, три остальных значения были в интервале 5,2–23,4 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 4.27). Содержание меди в столбе воды было в узком диапазоне 1,1–2,9 мкг/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК), а кадмия 0,16–0,66 мкг/дм<sup>3</sup> (0,07 ПДК). Концентрация цинка на поверхностном горизонте изменялась в диапазоне 5,9–6,5 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном слое 5,4–16,0 мкг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК). Содержание свинца, алюминия, железа, ртути, хрома, кобальта и никеля в водах Копорской губы в период проведения съемки было ниже предела обнаружения во всех пробах.

**Таблица 4.27.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Копорской губы в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>5,53/9,0</b>	3,57/7,9	1,85/2,4	1,1/1,4	1,73/2,9	2,76/4,72	5
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	6,09/11,0	4,11/7,5	6,63/7,7	5,7/8,4	8,45/16,0	6,20/10,12	50
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	2,38/9,1	0,94/4,4	<b>212,0/682,0</b>	3,08/3,8	<b>62,53/209,0</b>	<b>56,19/56,58</b>	50
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	3,25/11,0	0,0/0,0	0,0/0,0	3,25/11,0	50
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	3,75/5,0	0,0/0,0	0,0/0,0	3,75/5,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	7,02/9,8	2,05/2,1	0,5/2,0	0,0/0,0	0,0/0,0	3,19/4,63	10

Основной вклад в загрязнение вод Копорской губы в 2017 г. вносили марганец (средняя годовая концентрация составила 1,25 ПДК, максимальная — 4,18 ПДК), медь (0,35/0,6 ПДК) и цинк (0,17/0,32 ПДК). В ряде случаев установленные нормативы также превышались максимальными значениями нитритного азота (0,2/1,1 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрация нефтяных углеводородов, фенола и хлорорганических пестицидов была ниже предела обнаружения используемых методов химического анализа. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила 8,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 6,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Копорской губы в 2017 г., рассчитанный по средней концентрации марганца (1,25 ПДК), меди (0,35 ПДК), цинка (0,17 ПДК) и кислорода (0,75), составил 0,63, что и определяет воды Копорской губы в августе 2017 г. как «чистые» (II класс).

#### 4.13. Лужская губа

В августе 2017 г. на акватории Лужской губы на двух станциях с глубинами 10 м (18л) и 28 м (6л) на разных горизонтах было отобрано 9 проб. Диапазон солености на мелководной станции 2,54–3,42‰, на более глубокой 3,48–4,00‰ (табл. 4.28). Кислородный режим вод Лужской губы был в пределах нормы. Содержание растворенного кислорода на ст. № 6л на поверхности составило 8,45 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, у дна — 6,13 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В более мелководной части губы (ст. № 18л) концентрация кислорода составила 8,03 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> на поверхности и 7,14 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> у дна. Во всех пробах значения водородного показателя не выходили за рамки нормативной величины (6,5 < рН < 8,5), вертикальные различия от поверхности до дна на обеих станциях были незначительными. Диапазон величин показателя рН от дна к поверхности возрастали: на ст. № 6л от 7,75 до 8,27 и на ст. № 18л от 7,58 до 7,79. Щелочность варьировала в узком диапазоне 1,260–1,639 ммоль/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 4.28.** Среднее и максимальное значение стандартных гидрохимических параметров в водах Лужской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс
Температура (°С)	13,05/20,40	11,64/21,10	15,14/17,8	7,38/7,94	16,68/18,8	12,78/17,21
Соленость (‰)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	4,43/4,80	3,44/4,00	3,94/4,40
Кислород* (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	8,61/4,84	8,36/5,91	6,91/4,27	9,65/8,76	7,49/6,13	8,20/10,40
Кислород (%)	83,58/108,7	74,91/94,7	69,8/97,1	82,2/86,2	78,45/92,4	77,79/95,82
pH	7,91/8,66	7,52/8,35	7,43/7,49	7,52/7,58	7,91/8,28	7,66/8,07
Щелочность (ммоль/дм <sup>3</sup> )	1,27/1,46	1,30/1,80	1,25/1,33	1,33/1,65	1,37/1,64	1,30/1,58

Кислород\* — в нижней строке минимальное значение

**Биогенные вещества.** Концентрация аммонийного азота выше предела обнаружения была зафиксирована в трех пробах из придонного слоя — 24, 33 и 45 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК), (табл. 4.29). В пробе воды с глубины 27 м из придонного слоя на ст. № 6л концентрация нитритного азота превысила допустимый уровень и составила 28 мкг/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК), а в остальных случаях не превышала 7,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание азота нитратов на поверхности менялось в диапазоне 8–59 мкг/дм<sup>3</sup>, у дна — 19–57 мкг/дм<sup>3</sup>. Уровень присутствия в воде губы общего азота был существенно выше — 426–604 мкг/дм<sup>3</sup>, что позволяет предположить доминирование в балансе этого элемента органической формы по сравнению с минеральными. В поверхностном слое вод Лужской губы фосфаты не обнаружены, а в глубинных водах зафиксированы значения 5,1; 8,4 и 22,0 мкг/дм<sup>3</sup> (0,44 ПДК для мезотрофных водоемов). В отличие от азота в балансе фосфора минеральные формы более значимые и составляют в среднем 42,8% от общего фосфора, диапазон концентрации которого составлял 7,2–32,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание силикатов изменялось в пределах 136–591 мкг/дм<sup>3</sup>, причем максимум был отмечен на поверхности мелководной станции, а второе значение (558 мкг/дм<sup>3</sup>) в придонном слое глубоководной.

**Таблица 4.29.** Средняя и максимальная концентрация биогенных элементов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Лужской губы в 2013–2017 гг.

Ингредиент	2013	2014	2015	2016	2017	Среднее/ Ср. Макс	ПДК
Азот аммонийный N–NH <sub>4</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	9,83/37,0	20,11/65,0	9,17/28,0	12,67/54,0	17,0/45,0	13,76/45,80	389
Азот нитритов N–NO <sub>2</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	1,81/5,6	2,15/7,5	8,9/16,0	1,68/6,5	7,05/28,0	4,32/12,72	24
Азот нитратов N–NO <sub>3</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	40,5/95,0	71,5/140,0	58,0/150,0	108,5/128,0	27,33/59,0	61,17/114,40	9032
Общий азот N <sub>total</sub> мкгN/дм <sup>3</sup>	495,0/ 630,0	493,89/ 1000,0	381,67/ 480,0	505,0/ 679,0	521,33/ 604,0	479,38/ 678,60	
Фосфатный фосфор P–PO <sub>4</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	7,63/33,0	10,26/25,0	6,8/31,0	28,0/36,0	5,92/22,0	11,72/29,40	50
Общий фосфор P <sub>total</sub> мкгP/дм <sup>3</sup>	15,29/40,0	16,19/28,0	8,5/38,0	48,5/57,0	13,82/32,0	20,46/39,00	

**Органические загрязняющие вещества.** Содержание нефтяных углеводородов, фенола и хлорорганических пестицидов в воде губы было ниже предела чувствительности использованных методов химического анализа, а детергенты обнаружены в одной пробе из придонного слоя в концентрации 10,0 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Металлы.** Медь в водах Лужской губы найдена во всех четырех пробах в концентрации 1,0–2,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Цинк (3,6–4,9 мкг/дм<sup>3</sup>) и кадмий (0,22–0,28 мкг/дм<sup>3</sup>) также отмечены во всех отобранных пробах, однако даже их максимальное значение было очень далеким от допусти-

мого норматива. Концентрация марганца в водах Лужской губы в августе 2017 г. превысила уровень ПДК в одной пробе, отобранной на придонном горизонте глубоководной ст. № бл (121,0 мкг/дм<sup>3</sup>), что соответствует уровню 2,4 ПДК. В поверхностном слое его содержание изменялось в пределах от 2,6 мкг/дм<sup>3</sup> до 32,1 мкг/дм<sup>3</sup>, в придонном — 25,1–121,0 мкг/дм<sup>3</sup>. В одной пробе воды с поверхности на ст. № 18л концентрация железа составила 46 мкг/дм<sup>3</sup> (0,9 ПДК), а в трех остальных была ниже предела обнаружения. Содержание свинца, алюминия, ртути, хрома, кобальта, никеля и железа в водах Лужской губы в период проведения съемки было ниже предела обнаружения во всех пробах.

**Таблица 4.30.** Средняя и максимальная концентрация металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Лужской губы в 2013–2017 гг.

Металлы	2013	2014	2015	2016	2017	Avr5/ MaxAvr5	ПДК
Cu, мкг/дм <sup>3</sup>	<b>6,59/10,0</b>	3,6/ <b>8,7</b>	1,5/1,7	1,1/1,4	1,25/2,0	2,81/4,76	5
Zn, мкг/дм <sup>3</sup>	6,53/13,0	15,06/ <b>76,0</b>	7,3/8,1	7,53/10,1	4,28/4,9	8,14/22,42	50
Mn, мкг/дм <sup>3</sup>	2,73/10,0	3,48/21,0	<b>109,25/296,0</b>	9,1/25,1	45,2/ <b>121,0</b>	33,95/ <b>94,62</b>	50
Fe, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	1,0/3,0	46,3/ <b>172,0</b>	46,0/46,0	31,1/ <b>73,7</b>	50
Al, мкг/дм <sup>3</sup>	Н/Д	Н/Д	1,3/2,0	0,0/0,0	0,0/0,0	0,65/1,0	40
Pb, мкг/дм <sup>3</sup>	7,1/ <b>11,0</b>	2,1/2,2	0,53/2,1	0,0/0,0	0,0/0,0	2,73/5,02	10

Основными загрязняющими веществами вод Лужской губы в 2017 г. стали марганец (средняя годовая концентрация составила 0,9 ПДК, максимальная — 2,42 ПДК) и медь (0,25/0,4 ПДК). В одном случае установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией азота нитритов (0,3/1,2 ПДК). Во всех отобранных пробах концентрация нефтяных углеводородов, фенола и хлорорганических пестицидов была ниже предела обнаружения используемых методов химического анализа. Кислородный режим был в пределах нормы — средняя концентрация растворенного кислорода составила 7,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а минимальная — 6,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Индекс загрязненности вод (ИЗВ) Лужской губы в августе 2017г., рассчитанный по средней концентрации марганца (0,90 ПДК), меди (0,25 ПДК), железа (0,23 ПДК) и кислорода (0,80), составил 0,55, что и определяет воды Лужской губы как «чистые» (II класс).

## Глава 5. БЕЛОЕ МОРЕ

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

### 5.1. Общая характеристика

Белое море относится к внутренним морям Северного Ледовитого океана, располагаясь на северной окраине Восточно-Европейской платформы. На севере соединяется с Баренцевым морем проливами Горло и Воронка; границей между морями считается линия, проведенная от мыса Святой Нос (Кольский полуостров) до мыса Канин Нос (полуостров Канин). Площадь моря составляет 90,8 тыс. км<sup>2</sup> (вместе с многочисленными мелкими островами, среди которых наиболее известны Соловецкие острова), объем воды 4,4 тыс. км<sup>3</sup>. Белое море имеет довольно сложную конфигурацию с многочисленными заливами и островами, с сильно изрезанной береговой линией. Выделяют четыре крупных залива: Двинский, Онежский, Кандалакшский и Мезенский (рис. 5.1). Акваторию Белого моря принято делить на несколько районов — Воронка, Горло, Бассейн и заливы. Берега Белого моря имеют собственные названия и традиционно разделяются в порядке перечисления против часовой стрелки от побережья Кольского полуострова на Терский, Кандалакшский, Карельский, Поморский, Онежский, Летний, Зимний, Мезенский и Канинский берега; иногда Мезенский разделяют на Абрамовский и Конушинский, а часть Онежского называют Лямецким берегом. Берега северной части Белого моря мало изрезаны, преимущественно обрывисты и безлесны. Береговая линия Горла также мало изрезана и образует лишь несколько небольших губ. Берега Бассейна и его заливов на всем протяжении покрыты лесом и отличаются большой изрезанностью. 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 «Väy 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. В летний период поверхностные воды заливов и центральной части моря прогреваются до 15–16 °С, а в Онежском заливе и Горле не выше 9 °С. Зимой температура поверхностных вод понижается до –1,3...–1,7 °С в центре и на севере моря, а в заливах — до –0,5...–0,7 °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: баренцево-морские 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 баренцево-морские воды, а вдоль восточных берегов моря опреснённые поверхностные воды продвигаются и поступают в Горло и далее на север. Скорости течений составляет 10–15 см/с. Хорошо выражены приливы, которые имеют правильный полусуточный характер. Средняя высота сизигийных приливов колеблется от 0,6 (Зимняя Золотица) до 3 метров, в некоторых узких заливах достигает 7 метров (7,7 метров в Мезенской губе, устье реки Семжа). Приливная волна проникает вверх по течению впадающих в море рек, например на Северной Двине, на расстояние до 120 километров. Несмотря на небольшую площадь поверхности моря на нём развита штормовая деятельность, особенно осенью, когда во время штормов высота волн достигает 6 метров. Сгонно-нагонные явления в холодное время года достигают на море величины 75–90 сантиметров.

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

В Белое море впадают реки Северная Двина, Мезень, Поной, Онега и Кемь; годовой речной сток в среднем оценивается в 215 км<sup>3</sup>.

Основные города и порты на берегах Белого моря: Архангельск (351 226 человек, расположен на обоих берегах Северной Двины и островах дельты в 30–35 км от места впадения реки в Белое море, основан по указу Ивана Грозного в 1584 г. вблизи Михайло-Архангельского монастыря; грузооборот — 4,4 млн.т (<http://www.ascr.ru/>), Северодвинск (185 075 человек), Онега (19 706), Беломорск (10 052), Кандалакша (32 592), нефтяной порт Витино в нескольких километрах к югу от Кандалакши (грузооборот — 2,3 млн.т), Кемь (11 775 чел.) и Мезень — город (3325 чел.) и порт (27 тыс.т), расположенный на берегах реки Мезени в 45 км 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 речно-

го и морского флота. В Кандалакшский залив Белого моря производят сброс сточных вод 6 предприятий. Наиболее крупные из них — ООО «Кандалакшаводоканал-3» и Князегубский рыболовный завод ФГБУ «Мурманрыбвод». В 2017 г. в залив сброшено 5,8 млн.м<sup>3</sup> сточных вод, что на 2,5 млн.м<sup>3</sup> меньше, чем в 2016 г. (8,3 млн.м<sup>3</sup>). Объем загрязненных сточных вод без очистки составил 2,7 млн.м<sup>3</sup> (46%). С загрязненными водами в Кандалакшский залив поступило органических веществ по БПК<sub>полн</sub> 56,6 т, взвешенных веществ — 44,3 т, нефтепродуктов — 0,4 т и других загрязняющих веществ.

### 5.3. Двинский залив

В 2017 г. в Двинском заливе Белого моря наблюдения за состоянием и загрязнением морских вод были выполнены Северным УГМС в двух гидрохимических съёмках 13–15 июля и 21–22 октября на семи станциях мониторинга с глубинами от 9 до 81 м (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, рН, содержания растворенного кислорода, процентного насыщения вод кислородом, концентрации кремния, фосфатов, общего фосфора, азота нитритного, азота нитратного, азота аммонийного, нефтяных углеводородов и хлорорганических пестицидов ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ, ДДТ, ДДЭ).

Значения **температуры** изменялись от  $-0,78^{\circ}\text{C}$  в придонном слое вод в центре залива на глубине 77 м до  $18,96^{\circ}\text{C}$  летом на поверхности на ст. № 17. Соленость на исследованной акватории в среднем составила 22,91‰ с наибольшими значениями в придонном слое, диапазон изменений 5,18–28,43‰. Все четыре пробы с пониженной соленостью менее 17‰ отобраны летом с поверхности вблизи устья реки Двины и у Зимнего берега. Значения рН практически не отличались в разных съёмках: летом было в диапазоне 7,65–8,05, осенью — 7,70–7,96.

Содержание **нефтяных углеводородов** в водах залива превышало предел обнаружения в пяти из 54 отобранных проб и было в пределах 0,01–0,03 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем составляло 0,0016 мг/дм<sup>3</sup> (0,03 ПДК), (табл. 5.1). Значимые цифры отмечены на всех станциях, кроме расположенных вблизи дельты Двины. В последние годы загрязнение вод НУ становится практически незаметным по всей акватории залива (рис. 5.2). Содержание хлорорганических пе-

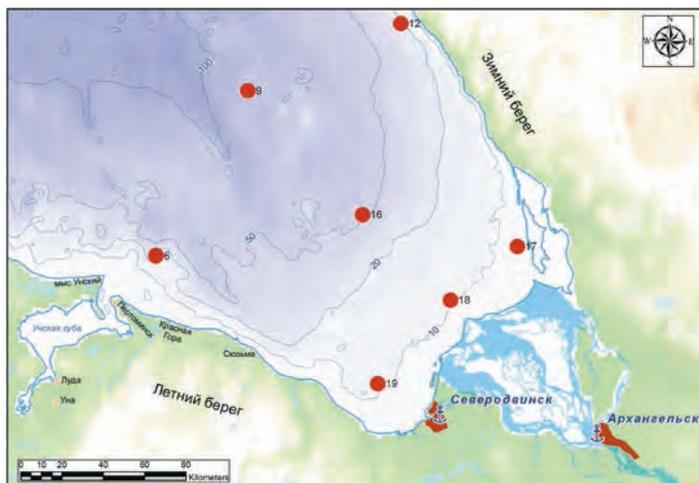


Рис. 5.1. Станции отбора проб в Двинском заливе Белого моря в 2017 г.

стицидов в водах Двинского залива было незначительным: концентрация ДДТ в двух пробах из 20 составила 1,0 нг/дм<sup>3</sup>, тогда как его метаболита ДДЭ в пробах воды выявлено не было. Линдан ( $\gamma$ -ГХЦГ) и  $\alpha$ -ГХЦГ обнаружены не были; содержание  $\beta$ -ГХЦГ в четырех пробах составило 1,0 нг/дм<sup>3</sup>.

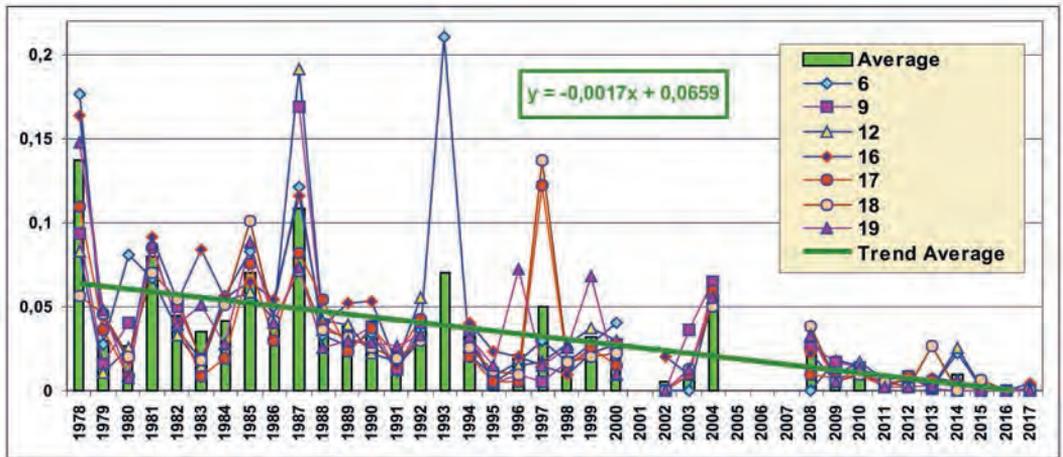


Рис. 5.2. Многолетняя динамика средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) на станциях мониторинга в Двинском заливе Белого моря в 1978–2017 гг.

Содержание аммонийного азота в среднем по всем 40 пробам составило 6,33 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум (48,44 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,02 ПДК) был отмечен в придонном слое на глубине 51 м на ст. № 16 в центральной части залива. Содержание аммония было ниже предела обнаружения 0,10 мкг/дм<sup>3</sup> в 12 пробах. Концентрация нитратного азота была в диапазоне 0 (одна проба) — 54,87 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 13,20 мкг/дм<sup>3</sup>; нитритного азота 0,71–6,19/2,21 мкг/дм<sup>3</sup>; общего фосфора 11,55–66,25/24,2 мкг/дм<sup>3</sup>, фосфатов 1,2–45,9/13,2 мкг/дм<sup>3</sup> и силикатов 125–1584/377 мкг/дм<sup>3</sup>. В последние два с половиной десятилетия в среднем наблюдается снижение содержания аммонийного азота в водах залива (рис. 5.3). В последние годы межгодовые

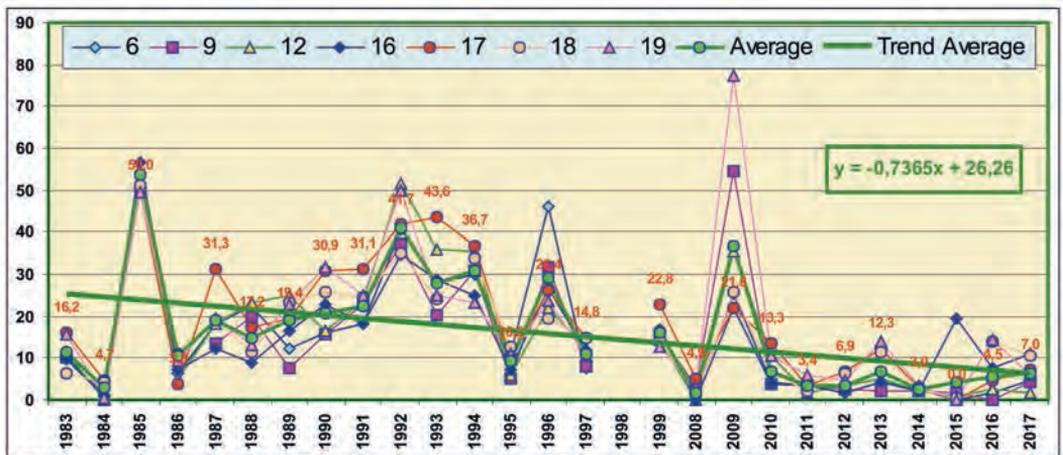


Рис. 5.3. Многолетняя динамика средней концентрации аммонийного азота (мкг/дм<sup>3</sup>) на станциях мониторинга в Двинском заливе Белого моря в 1983–2017 гг.

вариации почти не различимы на фоне очень низких показателей, тогда как ранее, например в 2008–2010 гг., они могли изменяться во много раз. Обычно такие скачки содержания аммония охватывают все станции залива. Почти всегда наибольшие значения содержания аммонийного азота отмечались вблизи дельты реки и на ст. № 12 у Зимнего берега (средняя за все годы наблюдений — 20,9; 18,4; 21,4 и 19,7 мкг/дм<sup>3</sup> последовательно против часовой стрелки), тогда как в центре и на западе была существенно меньше (15,7; 15,9 и 17,5 мкг/дм<sup>3</sup>).

Кислородный режим вод Двинского залива был в пределах среднеегоголетней нормы; среднее содержание растворенного кислорода составило 8,97 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, а диапазон его изменений 7,33–9,96 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. В отличие от прошлого года минимум был зафиксирован на станциях № 17,18 вблизи края дельты Двины на поверхности при наибольшем прогреве воды и низкой солености 5,18‰ и 7,55‰. Насыщение водных масс залива кислородом изменялось в пределах 73,8–94,8%. По сравнению с предыдущим годом наблюдается небольшое повышение среднегодового уровня аэрации вод с 80,6% до 82,9%.

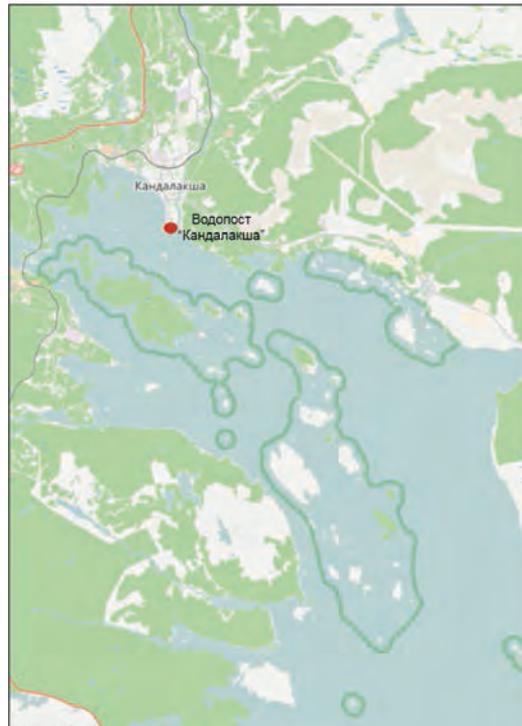
#### 5.4. Кандалакшский залив

На водпосту II категории «Кандалакша» (глубина 9,5 м), расположенном на территории Кандалакшского морского торгового порта (рис. 5.4), сотрудники Центра мониторинга загрязнения окружающей среды Мурманского УГМС в период с марта по октябрь отобрали из подповерхностного слоя 6 проб морской воды. Анализ проб был выполнен по 29 показателям.

Значения **температуры** варьировали в диапазоне 2,8–12,0 °С, при среднегодовом значении 7,5 °С. Соленость воды в пробах за период наблюдений изменялась от 7,60‰ до 16,30‰ при среднегодовом значении 11,48‰, как и в прошлом году минимум в октябре и максимум в июне.

Значения pH в пробах воды варьировали в пределах 6,33–7,11, в среднем 6,76 единиц pH, в 2016 г. — 7,25. Общая щелочность в двух пробах составила 1,008 и 1,240 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Содержание детергентов, взвешенных веществ и легкоокисляемой органики по БПК<sub>5</sub> в водах водпоста было ниже предела обнаружения использованных методов определения.

Среднегодовое содержание нефтяных **углеводородов** в районе расположения водпоста в морском торговом порту составило 12 мкг/дм<sup>3</sup>, изменяясь от 8 до 24 мкг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. в водах порта хлорорганические пестициды обнаружены не были. Концентрация растворенных форм тяжелых металлов в водах водпоста г. Кандалакша изменялась в пределах: медь 4,5–5,9 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 5,23 мкг/дм<sup>3</sup> (1,05 ПДК), марганец 4,7–



**Рис. 5.4.** Станция мониторинга на водпосту «Кандалакша» на территории морского торгового порта в Кандалакшском заливе Белого моря.

16,0/9,35 мкг/дм<sup>3</sup>; железо 7–175/41,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в августе и составляет около 3,5 ПДК; хром 1,1 мкг/дм<sup>3</sup> в одной пробе. Ртуть была найдена в двух пробах в концентрации 0,014 мкг/дм<sup>3</sup> (0,1 ПДК). Никель, свинец, цинк, кадмий обнаружены не были.

Содержание аммонийного азота во всех пробах было ниже предела обнаружения; нитритный азот зафиксирован в трех пробах в количестве 0,76; 1,06 и 5,55 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,23 мкг/дм<sup>3</sup>; нитратный азот присутствовал во всех пробах 0,76–29,76 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 12,32 мкг/дм<sup>3</sup>; фосфатный фосфор 6,52–12,11/8,62 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 2,8 мкг/дм<sup>3</sup>) и силикаты 1313–2830/1787 мкг/дм<sup>3</sup>. В целом содержание биогенных веществ было в пределах естественных межгодовых колебаний.

Концентрация растворенного кислорода в воде в исследуемый период изменялась от 5,81 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в конце марта (меньше норматива) до 11,62 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в октябре при температуре 5,8 °С, среднегодовое значение 9,94 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Процент насыщения изменялся от 48,0% в марте до 105,8% в августе, в среднем составил 88,5%.

**Таблица 5.1.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Двинского и Кандалакшского заливов Белого моря в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Двинский залив	НУ	0,002	0,04	0		0,002	0,04
		0,01	0,2	0		0,03	0,6
	Нитриты	1,25	<0,1	2,206	<0,1	2,21	<0,1
		2,38	<0,1	4,93	<0,1	6,19	<0,1
	Аммонийный азот	4,35	<0,1	5,40	<0,1	6,33	<0,1
		72,63	<0,1	20,89	<0,1	48,44	<0,1
	α-ГХЦГ	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	
	γ-ГХЦГ (линдан)	0,0		0,0		0,0	
		0,0		0,0		0,0	
	ГХЦГ (сумма)	0,0		0,0		0,2	<0,1
		0,0		0,0		1,0	0,1
	ДДТ	0,35	<0,1	0,05	<0,1	0,1	<0,1
		0,5	<0,1	0,5	<0,1	1,0	0,1
	Растворенный кислород	8,31		8,04		8,97	
7,41			6,08		7,33		
% насыщения	84,5		80,55		82,9		
	73		70		73,8		
Кандалакшский залив: порт Кандалакша	НУ	0,015	0,3	0,018	0,36	0,012	0,24
		0,030	0,6	0,039	0,78	0,024	0,5
	СПАВ	3,2	<0,1	0,0		0,0	
		4	<0,1	0,0		0,0	
	Медь	5,1	<b>1,02</b>	4,5	0,9	5,23	<b>1,05</b>
		7,0	<b>1,4</b>	5,2	<b>1,04</b>	5,9	<b>1,2</b>
	Никель	3,4	0,3	3,6	0,4	0	
		4,9	0,5	6,4	0,6	0	
	Свинец	0,8	<0,1	0		0	
		1,3	0,1	0		0	
	Марганец	10,8	0,2	9,4	0,2	9,35	0,2
		19,0	0,4	20,4	0,4	16	0,3

Кандалакшский залив: порт Кандалакша	Железо	61,2	<b>1,2</b>	20,0	0,4	41,3	0,8
		107	<b>2,1</b>	36	0,7	175	<b>3,5</b>
	Ртуть	0,002	<0,1	0,002	<0,1	0,005	<0,1
		0,011	0,1	0,014	0,1	0,014	0,1
	γ-ГХЦГ (линдан)	0	0	0,4	<0,1	0	
		0	0	0,9	<0,1	0	
	α-ГХЦГ	0,37	<0,1	1,07	0,1	0	
		0,9	<0,1	1,9	0,2	0	
	ДДТ	0	0	5,08	0,5	0	
		0	0	8,8	0,9	0	
	Азот аммонийный	44,9	0,1	17,4	<0,1	0	
		161	0,4	47,7	<0,1	0	
	БПК <sub>5</sub> мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0		0		0	
		0		0		0	
	Растворенный кислород	7,52		11,56		9,94	
		6,54		9,25		<b>5,81</b>	<b>0,96</b>
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С)* нефтяных углеводородов (НУ), БПК <sub>5</sub> и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм <sup>3</sup> ; металлов, аммонийного азота и нитритов — в мкг/дм <sup>3</sup> , пестицидов — в нг/дм <sup>3</sup> . 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней строке — максимальное (для кислорода — минимальное) значение.							

В Двинском заливе в 2017 г. было выполнено две гидрохимических съемки в июле и октябре и оценка качества вод может быть дана только ориентировочная. Низкие значения приоритетных загрязняющих веществ, почти полное отсутствие нефтяного загрязнения и низкие показатели биогенных веществ позволяют оценить воды залива как «чистые» без расчета ИЗВ из-за небольшого количества параметров. Высоких и экстремально высоких уровней загрязнения вод Двинского залива в период наблюдений не отмечалось.

Воды Кандалакшского можно отнести, как и в 2016 г. ко II классу качества вод, «чистые» (табл. 5.2). Превышение ПДК было зафиксировано по меди (в большинстве проб) и по железу (в одной пробе превышение было 3,5 ПДК). Приоритетными загрязняющими веществами остались НУ, медь, железо и ртуть, содержание которых было в целом в пределах межгодовых изменений. СПАВ и легкоокисляемые органические вещества в 2017 г. не обнаружены. В последние годы качество вод в районе водпоста порта Кандалакша стабилизировалось. Аэрация вод поверхностного слоя достаточная, зафиксирован только один случай, когда концентрация О<sub>2</sub> была ниже установленного норматива (март).

**Таблица 5.2.** Оценка качества вод порта Кандалакша в Кандалакшском заливе Белого моря в 2015–2017 гг.

Район моря	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Кандалакша	0,85	III	0,57	II	0,68	II	НУ 0,24; Cu 1,05; Fe 0,83; O <sub>2</sub> 0,60

## Глава 6. БАРЕНЦЕВО МОРЕ

*Украинская К. В., Жохова Н. В.*

### 6.1. Общая характеристика

Баренцево море — окраинное море Северного Ледовитого океана, расположенное между северным берегом Европы и островами Шпицберген, Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. В южной части сообщается с Карским морем проливом Карские ворота, с Белым проливами Горло и Воронка. Берега преимущественно фьрдовые, высокие, скалистые, сильно изрезанные, восточнее п-ова Канин низкие и слабо изрезанные. Площадь моря составляет 1424 млн. км<sup>2</sup>, объем 316 тыс. км<sup>3</sup>, средняя глубина 222 м, наибольшая 600 м. Годовой речной сток равен около 163 км<sup>3</sup>/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 °С, летом на юге 8–9 °С, в центральной части 3–5 °С, на севере 0 °С. Вертикальное распределение температуры зависит от притока 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 °С). В слое 50–100 м температура повышается до –1 °С, а затем ко дну — до +1 °С. 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<sup>3</sup> 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 раз-

вит 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 (Арктическая энциклопедия, 2017).

## **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», ОАО «Мурманский морской рыбный порт». В 2017 г. в Кольский залив Баренцева моря сброшено 38,2 млн.м<sup>3</sup> сточных вод, что на 1,7 млн.м<sup>3</sup> больше, чем в 2016 г. (36,5 млн.м<sup>3</sup>). Объем загрязненных сточных вод без очистки составил 31,9 млн.м<sup>3</sup> (84%). Со сточными водами в Кольский залив поступило 287,8 т легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>полн</sub>), 429,4 т взвешенных веществ, 5,7 т нефтепродуктов, 13,2 т железа, 14,4 т СПАВ.

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 и тяжелых металлов. С точки зрения радиационного загрязнения особую опасность представляют собой суда и хранилища отходов ФГУП «Атомфлот» и Северного флота. Дополнительным источником поступления ЗВ является индустриальная деятельность непосредственно на морских акваториях, включая морской транспорт, разработку месторождений, захоронение (дампинг), прямой сброс, аварийные ситуации. В настоящее время вследствие предполагаемого освоения нефтяных месторождений в Баренцевом и Карском морях может существенно увеличиться поступление нефтепродуктов как при эксплуатации месторождений, так и в процессе их транспортировки и перегрузки. Для северных морей разработка нефтяных месторождений представляет особую опасность, что связано с низкими темпами химического, биохимического и микробиологического окисления нефтепродуктов вследствие низких температур воды и воздуха.

## **6.3. Загрязнение вод Кольского залива**

В период с января по ноябрь 2017 г. 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 в этом году пробы не отбирались из-за отсутствия плавсредств. В отобранных пробах были выполнены определения показателей: температура, соленость, рН, щелочность, концентрация растворенного кислорода, органических веществ по БПК<sub>5</sub>, взвешенных веществ, фосфатов, соединений азота (аммонийный, нитритный и нитратный азот), силикатов, нефтяных углеводородов, детергентов, металлов (меди, никеля, марганца, свинца, хрома, железа, кадмия и ртути) и хлорорганических пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ.

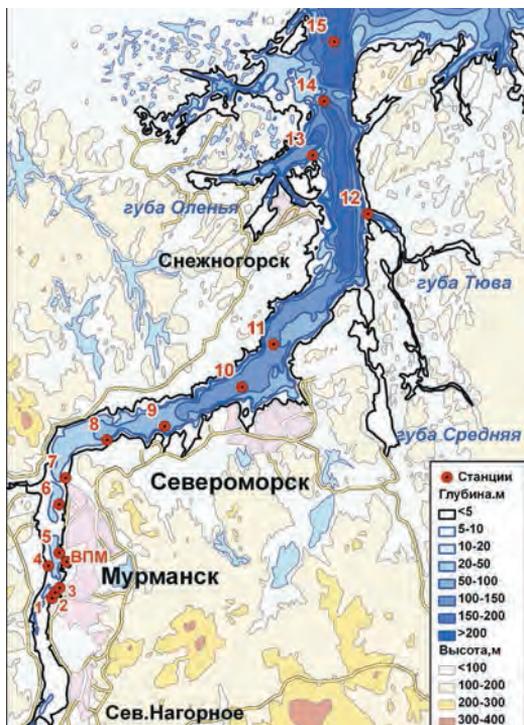


Рис. 6.1. Станции гидрохимического мониторинга в Кольском заливе Баренцева моря.

Температура за весь период наблюдений варьировала в пределах от 2,0 до 10,0 °С. Соленость вод в районе водпоста изменялась в диапазоне 10,28–25,91‰, минимум отмечен в ноябре, а максимум в марте. Величина рН изменялась в диапазоне 7,62–8,04; максимум наблюдался в январе и мае. Общая щелочность в водах водпоста в торговом порту изменялась в диапазоне 0,000–1,348 мг-экв/дм<sup>3</sup>; среднегодовая 0,928 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Количество легкоокисляемых органических веществ в воде по биохимическому потреблению кислорода БПК<sub>5</sub> было ниже аналитического нуля в четырех пробах, а в январе и марте составляло 1,0 и 2,8 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК), в среднем 0,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Содержание взвешенных частиц и АПАВ в воде было ниже предела обнаружения использованного метода определения во всех пробах. В 2017 г. пестициды (ГХЦГ и ДДТ) не были обнаружены.

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в течение 2017 г. изменялось в диапазоне 31–97 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 6.1). Максимальное значение отмечено в сентябре и составляет 1,9 ПДК, что в 1,5 раза ниже прошлогоднего максимального значения. Среднее за год содержание НУ составило 64 мкг/дм<sup>3</sup>, что меньше прошлогоднего, однако превышает ПДК в 1,2 раза. В целом средняя концентрация нефтяных углеводородов в водах порта была наименьшей за последние 7 лет (рис. 6.2).

Содержание **нефтяных углеводородов** в торговом порту г. Мурманск в течение 2017 г. изменялось в диапазоне 31–97 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 6.1). Максимальное значение отмечено в сентябре и составляет 1,9 ПДК, что в 1,5 раза ниже прошлогоднего максимального значения. Среднее за год содержание НУ составило 64 мкг/дм<sup>3</sup>, что меньше прошлогоднего, однако превышает ПДК в 1,2 раза. В целом средняя концентрация нефтяных углеводородов в водах порта была наименьшей за последние 7 лет (рис. 6.2).

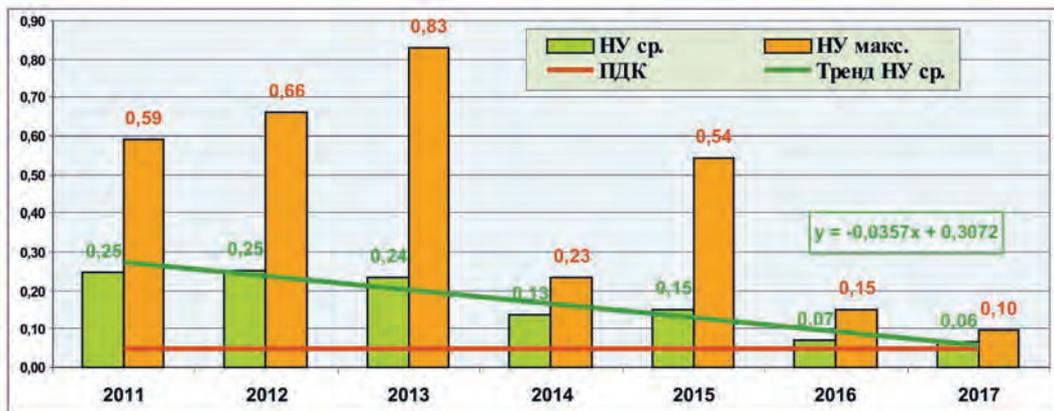
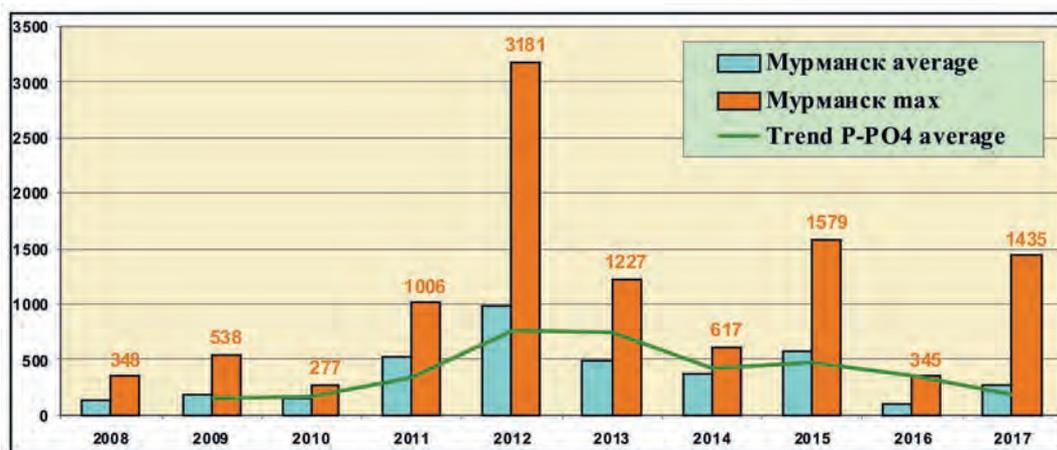


Рис. 6.2. Динамика среднегодового и максимального содержания нефтяных углеводородов в торговом порту Мурманска в 2011–2017 гг.

Загрязнение тяжелыми **металлами** в 2017 г. осталось примерно на уровне прошлого года (табл. 6.1). Содержание меди, кадмия, марганца и железа снизилось. В пробах не был обнаружен никель, но в отличие от 2016 г. был отмечен свинец в двух пробах в концентрации 4,4 и 5,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Превышение ПДК и по средним, и по максимальным значениям отмечено для меди, по максимальным — по железу, но уже с меньшим по сравнению с 2016 г. превышением. В целом в период 2012–2017 гг. содержание железа уменьшилось в 10–15 раз. Содержание в воде ртути было на уровне прошлого года: в одной пробе составило 0,012 мкг/дм<sup>3</sup>, а в остальных пробах ртути не отмечена.

Концентрация аммонийного **азота** в течение года изменялась от аналитического нуля в одной июльской пробе до 1100,0 в марте, в среднем 246,8 мкг/дм<sup>3</sup> (0,11 ПДК); нитритный азот изменялся в пределах 2,31–5,49, в среднем 4,1 мкг/дм<sup>3</sup> (0,17 ПДК); нитраты в пределах 11,2–71,0, в среднем 32,9 мкг/дм<sup>3</sup>; силикаты в пределах 1508–2607 при среднем значении 2043 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание **фосфатов** в водах вблизи водпоста в течение всего года изменялось в узком диапазоне от 20 до 47 мкг/дм<sup>3</sup>. Вместе с тем, в марте в одной пробе было отмечено очень высокое содержание фосфатов — 1435 мкг/дм<sup>3</sup> (28,7 ПДК). Высокие значения неоднократно встречались в течение последнего десятилетия (рис. 6.3). В целом район водпоста чрезвычайно загрязнен фосфатами, поскольку в других частях акватории Кольского залива их среднесуточная концентрация была существенно меньше — в Северном колене 6 мкг/дм<sup>3</sup>, Среднем колене без водпоста 7 мкг/дм<sup>3</sup> и Южном колене 8 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум 18; 43 и 21 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.



**Рис. 6.3** Динамика средней и максимальной концентрации неорганического фосфора P-PO<sub>4</sub> (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах водпоста торгового порта г. Мурманска в 2008–2017 гг.

В районе расположения водпоста кислородный режим морских вод в среднем за год был удовлетворительным. Содержание растворенного в воде **кислорода** в районе торгового порта г. Мурманска не выходило за пределы норматива в пяти пробах из шести и изменялось в диапазоне 5,1–11,06 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (42,1–94,0% насыщения), в среднем 8,44 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что ниже значения прошлого года — 10,12 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Минимальная концентрация была ниже норматива и была отмечена в ноябрьской пробе.

По индексу загрязненности вод **ИЗВ** (0,95) качество вод в районе водпоста в торговом порту г. Мурманска осталось на прошлогоднем уровне и оценивается III классом, «умеренно

загрязненные» (табл. 6.3). Средняя концентрация меди превысила норматив в 1,2 раза, а содержание железа уменьшилось и в среднем не превышало ПДК. Приоритетными загрязняющими веществами были НУ, медь и железо (табл. 6.2).

**Таблица 6.1.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Кольского залива Баренцева моря в 2015–2017 гг. Торговый порт г. Мурманска.

Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
НУ	0,148	<b>3,0</b>	0,07	<b>1,4</b>	0,064	<b>1,2</b>
	0,544	<b>10,9</b>	0,15	<b>3,0</b>	0,097	<b>1,9</b>
СПАВ	16,0	0,2	0		0	
	32	0,3	0		0	
Медь	4,6	0,9	5,3	<b>1,1</b>	5,8	<b>1,2</b>
	5,0	1,0	8,1	<b>1,6</b>	7,3	<b>1,5</b>
Никель	3,3	0,3	1,4	0,1	0	
	9,2	0,9	8,4	0,8	0	
Свинец	1,7	0,2	0		1,57	0,2
	5,6	0,6	0		5,0	0,5
Ртуть	0		0		0	
	0		0,01	0,1	0,012	0,1
Кадмий	0,2	< 0,1	0,3	<0,1	0,09	<0,1
	0,6	< 0,1	0,6	<0,1	0,15	<0,1
Марганец	10,9	0,2	10,8	0,2	5,45	0,1
	21,9	0,4	15,3	0,3	7,9	0,2
Железо	60	<b>1,2</b>	38	0,8	32,5	0,7
	155	<b>3</b>	65	<b>1,3</b>	55,0	<b>1,1</b>
γ-ГХЦГ (линдан)	0,18	< 0,1	0,3	<0,1	0	
	0,6	< 0,1	0,6	<0,1	0	
α-ГХЦГ	0,33	< 0,1	0,5	<0,1	0	
	0,9	< 0,1	1,3	0,1	0	
β-ГХЦГ	0,70	< 0,1	0	0	0	
	2,4	0,2	0	0	0	
ДДТ	0		4,1	0,4	0	
	0		7,0	0,7	0	
ДДД	0		0		0	
	0		0		0	
ДДЭ	0		0		0	
	0		0		0	
Азот аммонийный	532	0,2	374	0,2	246,8	0,1
	1113	0,5	1115	0,5	1010	0,45
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	0,8	0,3	0,8	0,3	0,63	0,3
	2,70	0,9	2,3	0,8	2,8	1,3
Растворенный кислород	9,43		10,12		8,44	
	6,21		9,34		5,10	<b>0,85</b>

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов (НУ) и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; СПАВ, аммонийного азота и металлов — в мкг/дм<sup>3</sup>, пестицидов — в нг/дм<sup>3</sup>.

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

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

Показатель	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Нефтяные углеводороды	5,0	5,0	2,7	3,0	1,4	1,2
Железо	7,0	9,0	6,0	1,2	0,8	0,7
Медь	2,4	1,7	2,2	0,9	1,1	1,2

**Таблица 6.3.** Оценка качества вод торгового порта Мурманск Кольского залива Баренцева моря в 2015–2017 гг.

Район моря	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Торговый порт, г. Мурманск	1,43	IV	0,95	III	0,95	III	НУ 1,28; Cu 1,16; Fe 0,65; O <sub>2</sub> 0,71

## 7. ГРЕНЛАНДСКОЕ МОРЕ (ШПИЦБЕРГЕН)

Демин Б. Н., Демешкин А. С., Сторожилова А. В., Жохова Н. В.

### 7.1. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген

В 2017 г. 20 апреля (4 пробы) и в течение июля (отбор 16 проб 8 и 30 июля) в прибрежных водах поселка Баренцбург на акватории залива Гренфьорд (архипелаг Шпицберген, Гренландское море) Северо-Западным филиалом ФГБУ НПО «Тайфун» на 8 станциях с глубинами от 15 до 102 м был выполнен отбор 20 проб морской воды из поверхностного и придонного слоев (рис. 7.1). В состав определений вошли основные гидролого-гидрохимические показатели (водородный показатель (рН), электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал (Еh), общая щелочность, растворенный кислород, БПК<sub>5</sub>, концентрация биогенных элементов — нитритов, нитратов, аммония, общего азота, фосфатов, общего фосфора, кремниеслоты, 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.

### 7.2. Гидрохимические показатели

Температура морских вод в районе поселка Баренцбург в период проведения исследований изменялась в диапазоне 0,2–7,6 °С. Водородный показатель (рН) морских вод находился в пределах от 7,43 до 8,0 ед. рН. Окислительно-восстановительный потенциал (Еh) морских вод обследованной акватории находился в пределах от 265 до 479 мВ, составляя

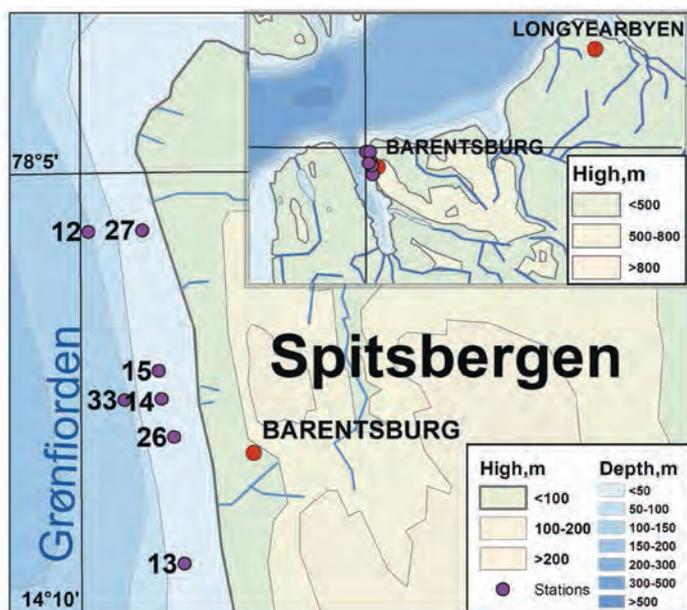


Рис. 7.1. Район наблюдений на акватории залива Гренфьорд архипелага Шпицберген в 2017 г.

в среднем 342,1 мВ. Щелочность морских вод в районе проведения работ изменялась от 1,38 до 1,73 мг-экв/дм<sup>3</sup> (среднее 1,56 мг-экв/дм<sup>3</sup>). Значение электропроводности морской воды восточной части залива Гренфьорд в июле 2016 г. изменялось от 15,82 до 48,2 мС/см при средней величине 44,7 мС/см.

Значения концентрации минеральных форм азота в водах Гренфьорда составляли: аммонийный азот — 0–14,7 в среднем 4,9 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитритный азот <0,5–1,73/0,82 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитратный азот 0–1040,0/333,7 мкгN/дм<sup>3</sup>. Концентрация минерального фосфора в водах района исследований изменялась от значений ниже аналитического нуля до 26 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 6,21 мкгP/дм<sup>3</sup>. Концентрация силикатов изменялась от 8,0 до 233,0, в среднем 47,3 мкгSi/дм<sup>3</sup>.

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое вод на двух станциях № 15,26 в конце марта 2017 г. находилось в пределах 9,2–9,8, в среднем 9,5 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (90,2–93,5/92,1% насыщения), а в июле было существенно выше и варьировало в диапазоне 10,32–11,80/11,00 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (93,8–106,0/101,8% насыщения). Значения биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) морских вод варьировали от значений ниже предела обнаружения используемого метода анализа в марте и трех пробах июля (<1,0 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) до 1,5 мгO<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК).

### 7.3. Загрязняющие вещества

Суммарное содержание нефтяных углеводородов (НУ) в водах обследованной акватории весной находилось весной в пределах 2,9–5,2 мкг/дм<sup>3</sup>, а в летний период — от 0,6 до 8,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание НУ было зафиксировано в июле в придонном слое морских вод на глубине 21,0 м в районе впадения ручья южнее п. Баренцбург (ст. № 13). Средняя концентрация за год составляет 2,9 мкг/дм<sup>3</sup> (рис. 7.2). В целом уровень содержания нефтяных углеводородов в морской воде около Баренцбурга был минимальным за последние годы.

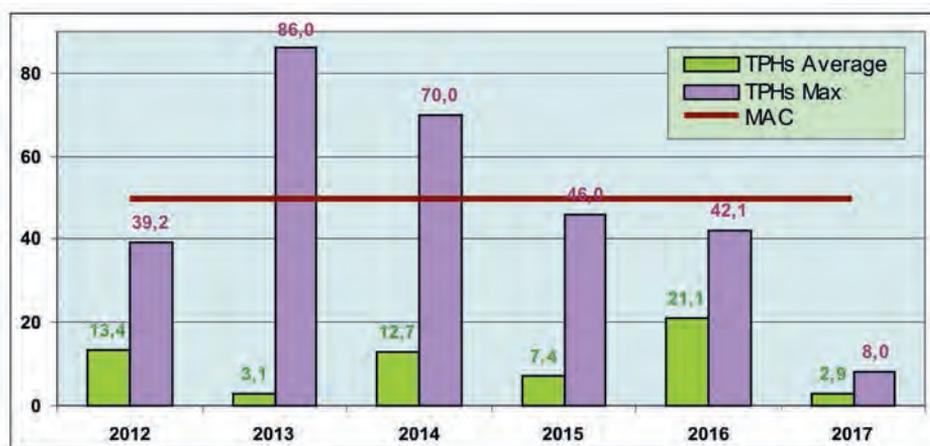


Рис. 7.2. Многолетняя динамика средней и максимальной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.

Концентрация СПАВ, фенолов, гексахлорбензола, пестицидов групп ДДТ и ГХЦГ, альдрин, мирекса и других современных пестицидов, неполярных алифатических углеводородов (НАУ) и летучих ароматических углеводородов (ЛАУ, бензол, толуол, сумма пара- и ме-



та-ксилолов, орто-ксилол и др.) в водах залива Гренфьорд в 2017 г. была ниже предела чувствительности используемого метода химического анализа, менее 10,0; 0,5; 0,05; 0,05; 0,05; 0,05; 0,1 и 0,1 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Из 16 контролируемых полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в марте в четырех пробах морской воды из обследованной акватории все соединения находились ниже предела обнаружения (DL=0,1–5,0 нг/дм<sup>3</sup>). В июле фиксировались 4 соединения ПАУ: нафталин (0,0–9,0 нг/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,0 нг/дм<sup>3</sup>), флуорен (0,0–4,0/1,65 нг/дм<sup>3</sup>), аценафтен (0,0–1,0/0,45 нг/дм<sup>3</sup>) и фенантрен (0,0–6,0/2,5 нг/дм<sup>3</sup>). Концентрация аценафтена, антрацена, флуорантена, пирена, бензо(а)антрацена, хризена, бензо(к)флуорантена, бензо(а)антрацена, бензо(а)пирена, дибензо(а, h)антрацена, индено(1,2,3cd)пирена и бензо(g, h, i)перилена была ниже предела обнаружения каждого соединения. Среднее суммарное содержание соединений группы ПАУ в водах восточной акватории залива Гренфьорд в июле 2017 г. составило 8,1 нг/дм<sup>3</sup>. В морской взвеси сумма идентифицированных ПАУ в марте находилась в пределах от 4,94 до 28,0 нг/мг, а летом была ниже предела обнаружения. Из 15 контролируемых индивидуальных ПХБ в морской воде фиксировались конгенеры #52 (0,14 и 0,54 нг/дм<sup>3</sup>), #99 (0,46), #101 (0,43), #105 (0,11 и 0,27), #118 (0,10 и 0,65), #138 (0,15) и #153 (0,11; 0,16 и 0,18 нг/дм<sup>3</sup>). Наибольшая сумма ПХБ в морской воде (2,68 нг/дм<sup>3</sup>) зафиксирована на ст. № 12. Максимальная концентрация всех идентифицированных ХОС в морской взвеси составляла: для суммы полихлорбензо-

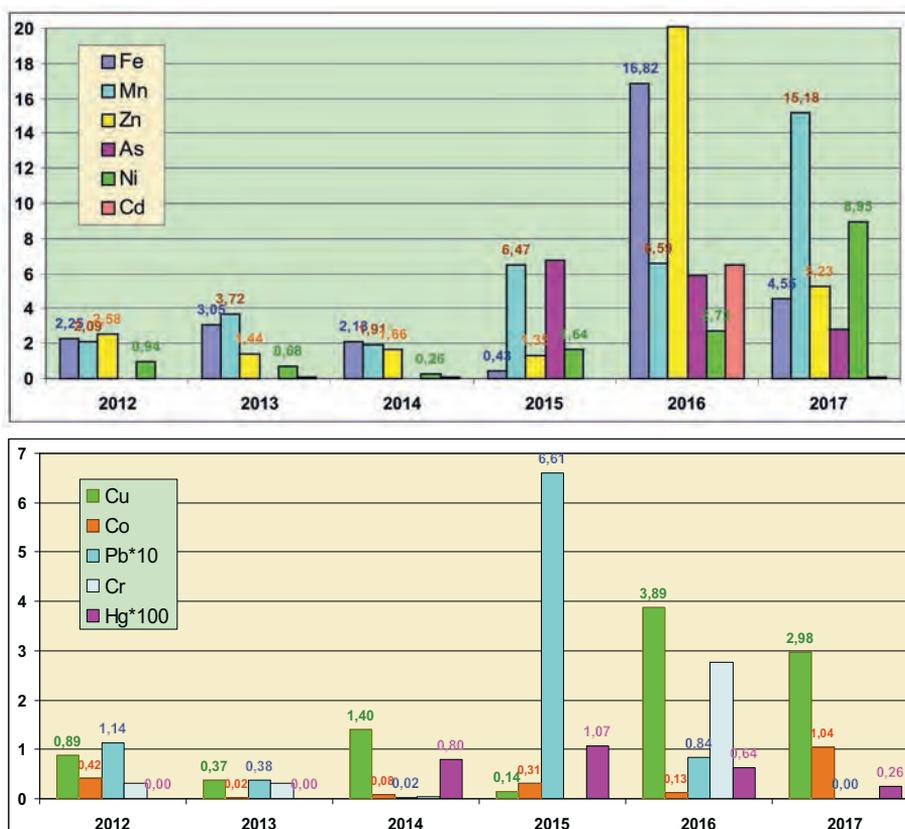


Рис. 7.3. Многолетняя динамика средней концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в прибрежных водах на акватории залива Гренфьорд у поселка Баренцбург.

лов — 0,06 нг/мг весной и 0,02 нг/мг летом; для суммы ГХЦГ — 0,02 нг/мг весной; для суммы ДДТ — 0,08 нг/мг весной; для суммы ПХБ — 3,22 нг/мг весной.

Средняя концентрация контролируемых тяжелых металлов в пробах морской воды не превышала установленный норматив, а максимальная превышала ПДК для меди и никеля, и почти достигала норматив для марганца (табл. 7.1). В последние два года содержание целого ряда металлов в водах у Баренцбурга существенно возросло (рис. 7.3). Концентрация ртути была в целом незначительной и даже максимальная величина не достигала половины допустимой нормы. Концентрация свинца и олова находилась ниже предела обнаружения. Максимальное содержание определявшихся тяжелых металлов в пробах морской взвеси в весенний период наблюдений составляло: железа 4,9 мкг/мг взвеси, марганца 0,04 мкг/мг, цинка 0,10 мкг/мг, меди 0,025 мкг/мг, свинца 0,013 мкг/мг, кадмия 0,0008 мкг/мг, хрома 0,018 мкг/мг, мышьяка 0,038 мкг/мг. Содержание остальных ТМ в пробах морской взвеси было ниже пределов обнаружения.

**Таблица 7.1.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Гренфьорд в 2012–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
сред	0,9/ 0,4/	0,1/ 0,1/	0,01/ 0,1/	0,4/ 0,02/	0,9/ 0,7/	2,6/ 1,4/	2,1/ 3,7/	2,3/ 3,1/	0,3/ 0,3/	0/ 0/
	1,4	0,002	0,07	0,08	0,3	1,7	1,9	2,1	0,05	0,008
	0,1	0,66	0,04	0,31	1,6	1,4	6,5	0,4	0	0,011
	3,9	0,08	6,49	0,13	2,7	20,1	6,6	16,8	2,77	0,006
	3,0	0	0,10	1,04	8,95	5,2	15,2	4,6	0	0,003
макс	2,7/ 1,7/	0,5/ 0,8/	0,11/ 0,3/	1,2/ 0,1/	1,7/ 2,4	5,5/ 5,6/	8,2/ 14,0/	5,7/ 6,4/	1,0/ 1,2/	0/ 0/
	2,6	0,04	0,16	0,6	0,99	14,0	6,5	3,8	0,6	0,06
	0,55	2,22	0,16	0,44	2,9	4,7	14,6	1,4	0	0,016
	9,00	3,20	12,00	2,80	4,8	36,0	12,0	370,0	5,30	0,080
	11,00	0	0,36	2,50	18,0	28,0	44,0	17,0	0	0,023
ПДК сред	0,2/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0/ 0/							
	0,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,1
	0,8	<0,1	0,65	<0,1	0,3	0,4	0,1	0,3	0,14	<0,1
	0,6	–	<0,1	0,2	0,9	0,1	0,3	<0,1	–	<0,1
ПДК max	0,5/ 0,3/	<0,1/ <0,1/	<0,1/ <0,1/	0,2/ <0,1/	0,2/ 0,2/	0,1/ 0,1/	0,2/ 0,3/	0,1/ 0,1/	<0,1/ <0,1/	0/ 0/
	0,5	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	0,3	0,1	<0,1	<0,1	0,6
	0,1	0,2	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	0,3	<0,1	<0,1	0,2
	<b>1,8</b>	0,3	<b>1,20</b>	0,6	0,5	0,7	0,24	<b>7,4</b>	0,27	0,80
	<b>2,2</b>	–	<0,1	0,5	<b>1,8</b>	0,6	0,9	0,3	–	0,2

По результатам исследований 2017 г. на большей части акватории залива Гренфьорд в районе пос. Баренцбург значения большинства гидрохимических показателей были в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация загрязняющих веществ в морских водах не выходила за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, за исключением меди (до 2,2 ПДК) и никеля (до 1,8 ПДК). Качество вод залива Гренфьорд в 2017 г. можно оценить как очень хорошее, поскольку расчет комплексного индекса ИЗВ (0,59) для обследованной акватории, выполненный с использованием отношения средней концентрации к ПДК для марганца (0,30), никеля (0,9), меди (0,6) и норматива растворенного кислорода (6/10,73=0,56), позволяет оценить воды в районе у Баренцбурга как «чистые», II класс качества. Качество вод не изменилось по сравнению с предыдущим годом (ИЗВ=0,60).

# Глава 8. МОРЯ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА

Наблюдения на станциях ГСН в морях Северного Ледовитого океана, за исключением Баренцева и Гренландского морей, в 2017 г. в рамках системы государственного мониторинга не проводились. К морям этого океана относят Гренландское, Норвежское, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское, Бофорта и Линкольна; внутренние моря: Белое и Баффина; самым крупным заливом является Гудзонов залив (рис. 8.1).

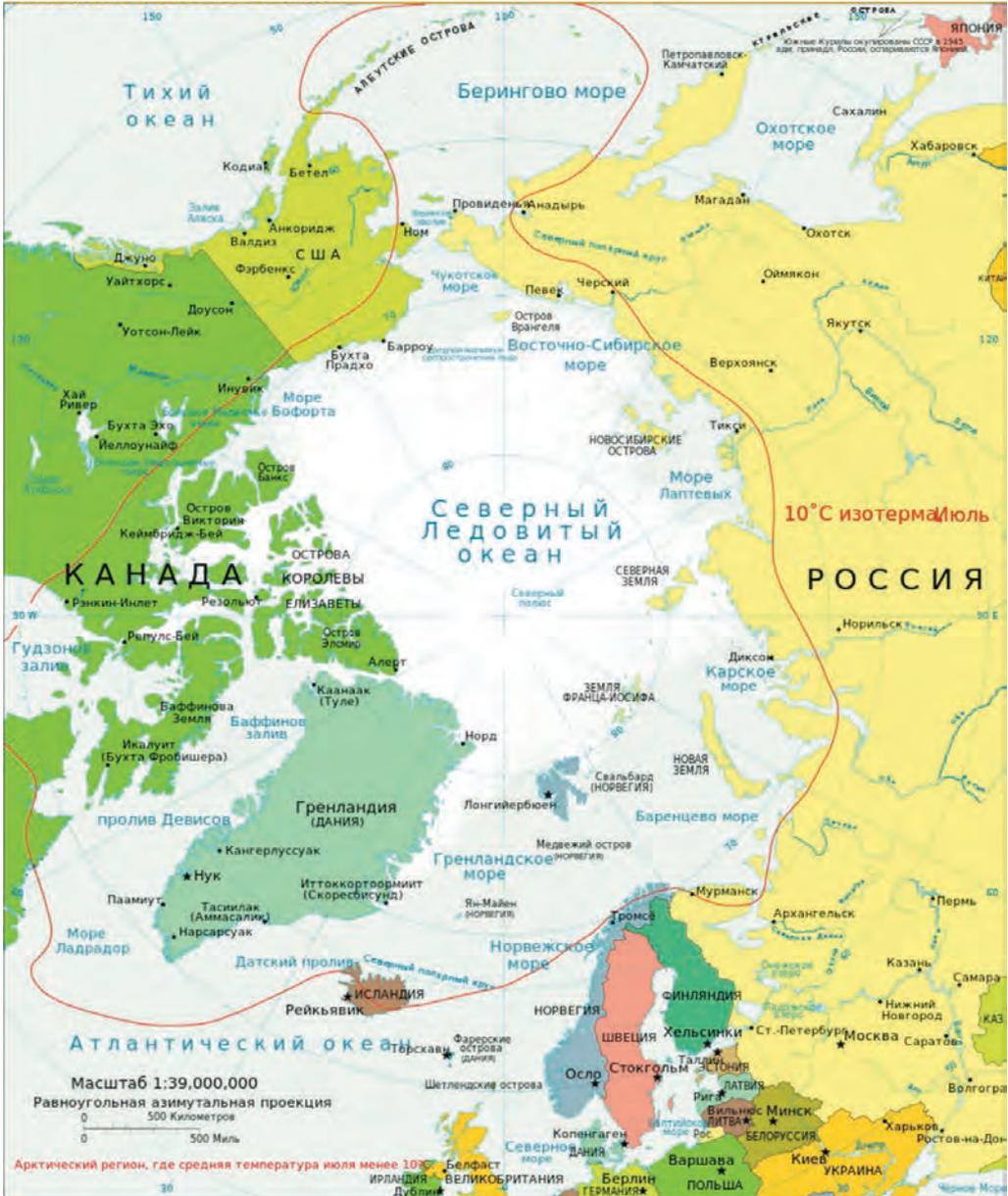


Рис. 8.1. Моря Северного Ледовитого океана.

## Глава 9. ШЕЛЬФ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА (Тихий океан)

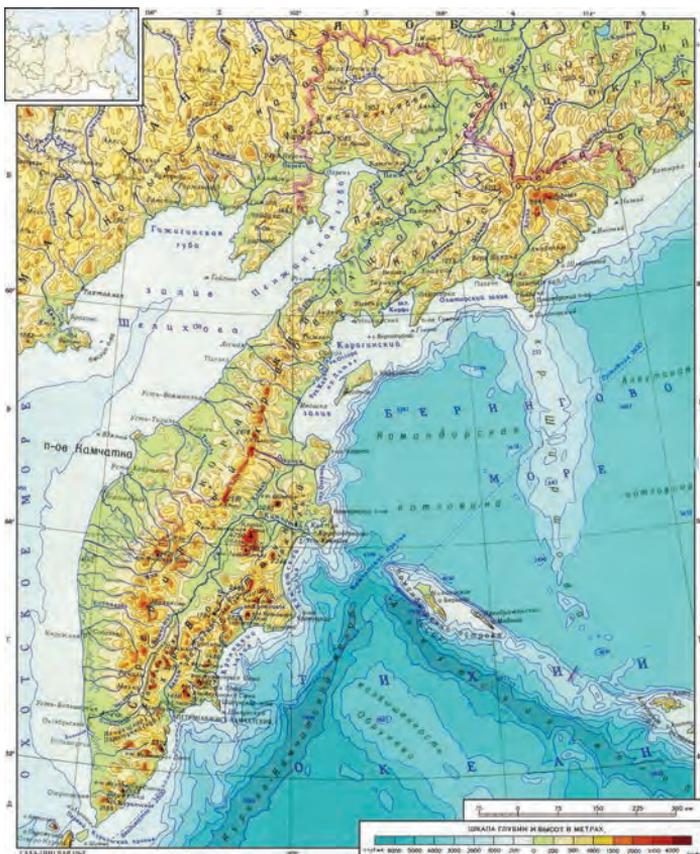
Корчуганова Н.В., Копаница М.В., Погожева М.П., Коршенко А.Н.

### 9.1. Общая характеристика

Юго-восточные берега полуострова Камчатка омываются водами Тихого океана. Побережье здесь значительно изрезано, есть несколько крупных заливов (Камчатский, Кроноцкий, Авачинский). Далеко выступают в море скалистые полуострова (Шипунский, Кроноцкий, Камчатский, Озерной). Крупнейшей бухтой является Авачинская, которая представляет собой внутреннюю, закрытую часть Авачинского залива. Длина бухты 24 километра, ширина у входа — 3 километра, общая площадь водного зеркала равна 215 км<sup>2</sup>. Глубина до 26 метров. В бухту впадают реки Авача и Паратунка. На берегах бухты находится крупнейший город полуострова Петропавловск-Камчатский (181 тыс. жителей) и город-порт Вилючинск (22 тыс.), являющиеся наиболее значительными источниками антропогенного загрязнения.

### 9.2. Источники поступления загрязняющих веществ

Основными источниками загрязнения Авачинской губы являются предприятия судоремонтной и рыбообрабатывающей промышленности, суда рыбного промысла и транспортного флота, а также хозяйственно-бытовые стоки города Петропавловска-Камчатского и других населенных пунктов. Немалый вклад в загрязнение вод Авачинской губы вносят реки Авача и Паратунка, несущие в своих водах большое количество загрязняющих веществ. Сведения о количественном и качественном составе сточных вод, сбрасываемыми промышленными предприятиями и коммунальными службами в прибрежные морские воды Камчатского полуострова, предоставляются Отделом водных ресурсов по Камчатскому краю Амурского БВУ



**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 2017 г.

Предприятие	Отведено всего (тыс. м <sup>3</sup> )	без очистки (тыс. м <sup>3</sup> )	недостаточно очищенные (тыс. м <sup>3</sup> )	Нормативно чистые (тыс. м <sup>3</sup> )	Нормативно очищенные (тыс. м <sup>3</sup> )	Взвешенные вещества (т)	Азот общий (т)	Нефть и нефте- продукты (т)	СПАВ, (кг)	Фосфаты (по Р) (т)	Сульфаты (SO <sub>4</sub> ) (т)	Хлориды (Cl) (т)
<b>Всего в 2017 г.</b>	<b>38393,59</b>	<b>5688,24</b>	<b>866,01</b>	<b>26842,00</b>	<b>4960,70</b>	<b>983,51</b>	<b>264,80</b>	<b>5,47</b>	<b>10,35</b>	<b>99,87</b>	<b>228,76</b>	<b>636,30</b>
<b>Всего в 2016 г.</b>	<b>40983,58</b>	<b>5966,37</b>	<b>901,81</b>	<b>28745,00</b>	<b>5399,430</b>	<b>764,29</b>	<b>157,53</b>	<b>6,28</b>	<b>9,28</b>	<b>51,54</b>	<b>286,35</b>	<b>973,57</b>
<b>г. Петропавловск-Камчатский</b>												
ОАО «Петропавловск-Камчатский МТП»	12,32	12,32				0,604	0,241	0,005	0,009924	0,193	0,355	0,354
АО «ПСРЗ»	163,90	6,90		157,00		0,192	0,026	0	0,000383	0,009	0,179	0,252
ООО «Жестяно-баночная фабрика и Ко»	131,55	0,00	131,55			14,53	0,467	0,01	0,019053	0,144	1,456	1,334
ООО «Петропавловск-Камчатский рыбоконсервный завод»	78,03	0,00	78,30			2,576	0,196	0,022	0,000051	8,489	2,369	1,166
ООО «Экология»	2,00		2,00			29,25	0,005	0,001	0,000863	0,008	1,533	12,12
ЗАО «Судоремсервис»	483,72	0,00	283,72	200,00		7,219	2,019	0,011	0,042882	0,427	9,406	10,88
Рыболовецкий колхоз им. В.И. Ленина	171,98	0,00	171,98			0,85	0,21	0,014	0,011219	0,487	35,93	263,59
ООО «Аквафиш»	8,01		8,01				0,008	0,001	0,001658	0,003	7,584	55,31
ООО «Аквафиш»	8,93	0,00	8,93			0,591	0,238	0	0,00955	0,221	0,668	11,03
Краевое государственное унитарное предприятие «Камчатский водоканал»	4959,10				4959,10	138,4	93,69	0,42	0,64054	38,62	30,17	229,4
ООО «УКР»	3640,47	3640,47				716,7	135,3	4,93	9,16227	47,76	28,96	178,9
ООО «Камчаттралфлот»	254,40	254,40				0,814	0,063	0,003	0,015391	0	0	0
ООО «Камчатскэнерго»	24,91					0,663	0,014	0	0,000249	0,191	0,738	0,306
ООО «Камчатскэнерго»	26394,36	71,56	29,80	26293,00		0,26	0,07	0	0,000001	0,03	12,71	68,37
<b>г. Вилючинск</b>												
АО «Камчатэнергосервис»	1030,18	1030,18				41,92	22,34	0,028	0,361539	2,186	39,69	44,34
	157,60	157,60				6,01	2,13	0,003	0,037516	0,208	2,92	5,837
	511,50	511,50				21,91	7,503	0,018	0,039073	1,081	51,81	14,45
ОАО «СВРЦ»	150,98		150,98			1,44	0,562	0,011	0,00314	0,004	2,577	2,492
	1,60				1,60	0,007			0		0,026	0,023
	192,00			192,00				0,002	0,00024			
	3,31	3,31				0,056			0,000113		0,034	0,045
	12,00				0,00	0,124			0,000271		0	
ДВЦ «ДальРАО»	0,74		0,74			0	0	0	0,00001	0		0,05

по результатам обобщения материалов статистической отчетности по форме 2-ТП-Водхоз за 2017 г. (табл. 9.1). В 2017 г. в Авачинскую губу ими было сброшено 38,4 млн.м<sup>3</sup> сточных вод, из них загрязненных без очистки 5,7 млн.м<sup>3</sup>, недостаточно очищенных 0,9 млн.м<sup>3</sup>, нормативно очищенных 5,0 млн.м<sup>3</sup>, нормативно чистых — 26,8 млн.м<sup>3</sup>. Общий объем производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, по сравнению с 2016 г., уменьшился на 6%. Несмотря на это, увеличилось количество ряда сбрасываемых веществ (СПАВ, взвешенные вещества, азот общий, фосфаты) на фоне снижения поступления других компонентов (нефть и нефтепродукты, сульфаты и хлориды).

С водой рек Авача и Паратунка в отчетном году в Авачинскую губу поступило: фенолов — 16 тонн, нефтепродуктов — 658 т, детергентов — 20 т, взвешенных веществ — 67,58 тыс.т, неорганических соединений азота и фосфора — 2902 т. Расход воды в реках Авача и Паратунка, по сравнению с прошлым годом, увеличился на 20% и 47% соответственно. В отличие от 2016 г. количество поступающих в бухту с речным стоком детергентов и фенолов снизилось на 64% и 30% соответственно, взвешенных веществ и биогенных элементов увеличилось на 85% и 45%, а поступление нефтепродуктов осталось без изменений (табл. 9.2).

**Таблица 9.2.** Поступление загрязняющих веществ в Авачинскую губу с речным стоком в 2017 г.

Реки	р. Авача		р. Паратунка		Сумма
	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	
Расход воды (м <sup>3</sup> /с)	155,0		45,7		200,7
Наименование вещества	мг/л	тыс. т	мг/л	тыс. т	тыс. т
Детергенты	0,004	0,020	0,000	0,000	0,020
Фенолы	0,002	0,010	0,004	0,006	0,016
Нефтепродукты	0,099	0,484	0,121	0,174	0,658
Взвешенные вещества	12,9	63,06	3,14	4,52	67,58
Азот нитритный	0,014	0,068	0,000	0,000	0,068
Азот нитратный	0,380	1,857	0,421	0,607	2,464
Азот аммонийный	0,053	0,259	0,009	0,013	0,272
Фосфор минеральный	0,018	0,088	0,007	0,010	0,098

### 9.3. Загрязнение вод Авачинской губы

В 2017 г. специалистами Центра по мониторингу загрязнения окружающей среды ФГБУ «Камчатское УГМС» было проведено 6 гидрохимических съемок на арендуемом судне (катер «РУМ 45–63») с мая по октябрь на 9 станциях в Авачинской губе (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 2,76‰ до 32,73‰; минимальное значение зафиксировано в поверхностном слое в приустьевой зоне реки Паратунка на ст. № 48. Значения ниже 10‰ были зафиксированы в 14 пробах, отобранных из поверхностного слоя с июня по август по всей акватории губы, включая эстуарные районы рек и бухты Моховая и Крашенинникова. В подповерхностных водах на глубине



Рис. 9.2. Схема расположения станций мониторинга морских вод в Авачинской губе в 2017 г.

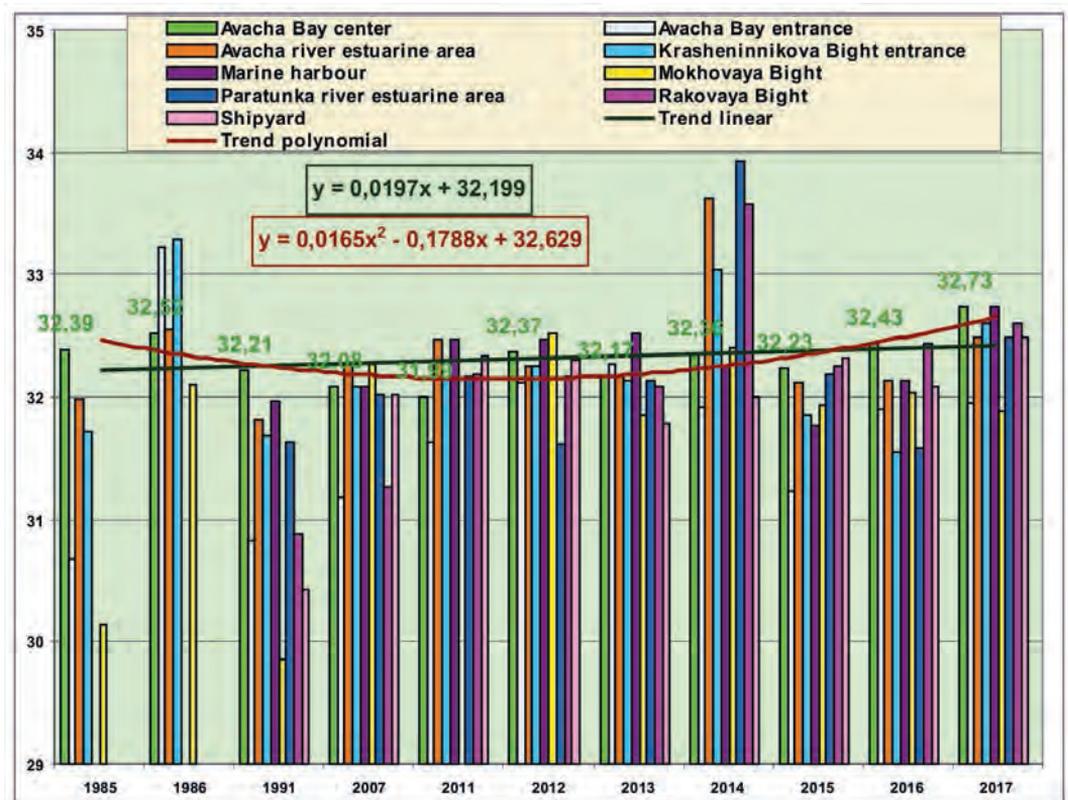


Рис. 9.3. Многолетняя динамика средней солености (%) в водах Авачинской губы в 1985–2017 гг.

10 м соленость не опускалась ниже 29,83‰. В придонном слое она изменялась в диапазоне 26,83–32,73‰. Многолетняя динамика солености в различных частях губы позволяет предположить наличие небольшого положительного тренда, особенно выраженного в последние три года (рис. 9.3). Значения хлорности изменялись в диапазоне 1,53–18,12‰, составив в среднем для всей толщи 14,56‰. Средняя для поверхностного слоя — 9,96‰; промежуточного — 17,35‰ и придонного — 17,61‰. Температура морской воды изменялась от 2,04°C в центре Авачинской губы (ст. № 2) на глубине 26 м 25 мая до 18,97°C на поверхности в районе морского порта в начале августа. В течение отчетного периода показатели температуры в толще вод изменялись в диапазоне 2,5–9,7°C; на поверхности в пределах от 4,07 до 18,97°C; в придонном слое 2,04–8,37°C. Значения pH были в диапазоне 7,57–9,12. Мутность воды варьировала в диапазоне от 13,0 (в устьевой зоне реки Паратунка) до 137,0 мг/дм<sup>3</sup> (выход из Авачинской губы); среднегодовой показатель (72,0 мг/дм<sup>3</sup>) такой же как в прошлом году.

Наибольшее количество растворенных **нефтяных углеводородов**, как правило, наблюдалось в районах сброса сточных вод судоремонтных заводов, транспортных предприятий и в местах стоянки судов. Распространению НУ на всю акваторию губы способствовали приливо-отливные, сгонно-нагонные явления и течения, поэтому их повышенная концентрация фиксировалась практически повсеместно на различных горизонтах. Поступив в морскую среду, часть нефтяных углеводородов распределялась в виде пленки, отдельные пятна которой ежедневно при отсутствии льда фиксировались наблюдателями на станции МГ-1 Петропавловск-Камчатский. Среднегодовое содержание нефтяных углеводородов в водах Авачинской губы составило 2,0 ПДК против 2,8 ПДК зарегистрированных в 2016 г. В районе ПСРМЗ и в бухтах Моховой и Раковой, в среднем по толще, зафиксировано наибольшее содержание нефтепродуктов — 2,2 ПДК. Годовой максимум определен 8 августа на придонном горизонте акватории Петропавловского судоремонтного завода (ст. № 49) — 4,4 ПДК. Впервые за последний пятилетний период во всех отобранных пробах концентрация НУ была выше норматива. В предыдущие три года наблюдалось незначительное повышение максимальной величины, которое сменилось резким падением в 3,4 раза в 2017 г. (рис. 9.4). Во всех пробах содержание НУ было выше ПДК, а превышение норматива более чем в 2 раза было отмечено в 66 пробах из 138 проанализированных.

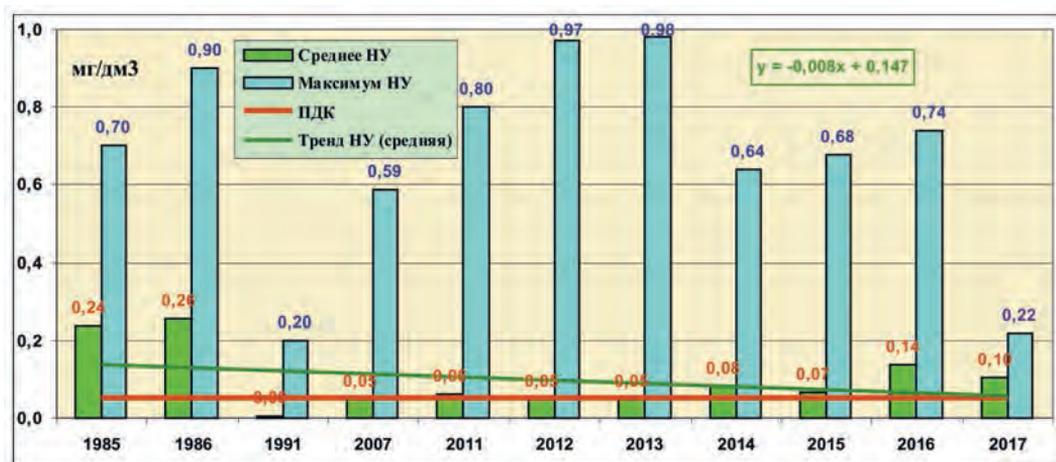


Рис. 9.4. Динамика максимальной и средней концентрации нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах Авачинской губы в 1985–2017 гг.

В 2017 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 с марта по декабрь (с максимальной повторяемостью до 15 дней в ноябре) отмечались небольшие нефтяные пятна слабой интенсивности. На ГМС Петропавловский маяк (Авачинский залив) нефтяная пленка слабой интенсивности, с покрытием 10% видимой акватории, наблюдалась с 19 марта по 12 октября. В мае отмечено наибольшее количество дней с загрязнением — 26, а с июня по октябрь пятна нефтепродуктов фиксировались в течение 3–10 дней ежемесячно. С июня по август визуальные наблюдения за загрязненностью прибрежной части моря нефтепродуктами зачастую были невозможны из-за туманов и моросящих осадков, приводящих к существенному ухудшению видимости. Наиболее загрязнена нефтепродуктами, как и в предшествующие годы, Авачинская губа. Ежедневно, при отсутствии льда, на МГ-1 Петропавловск-Камчатский отмечалось покрытие 10% видимой части акватории губы нефтяной пленкой слабой интенсивности (1 балл): в июне и августе — практически весь месяц (28 дней), май — 20 дней, сентябрь — 16 дней, в остальные месяцы — от 2 до 14 дней. На западном побережье Камчатки (район поселка Озерная, Охотское море) с 19 марта по 22 октября отмечалась нефтяная пленка слабой интенсивности (1 балл) с покрытием 10% видимой части морской акватории. В остальные месяцы нефтяная плёнка отсутствовала.

**Фенолы** являются распространенным загрязняющим веществом в Авачинской губе. Они образуются при биохимическом распаде, трансформации органического вещества и поступают в морскую среду с речными водами, стоками промышленных предприятий и коммунальных объектов. Участки наиболее высокой концентрации фенолов сосредоточены в устьях рек Авача и Паратунка, а также в восточной части губы в местах выпуска сточных вод города Петропавловска-Камчатского. Концентрация изменялась от аналитического нуля в 13 пробах из 108 до 22 мкг/дм<sup>3</sup> (октябрь, поверхностный горизонт, район Морского порта). Среднегодовое значение фенолов в 2017 г. составило 22 мкг/дм<sup>3</sup> (2,2 ПДК). Ежемесячно в целом по толще вод концентрация фенолов регистрировалась в диапазоне 1–4 ПДК. В целом по толще наиболее загрязнены фенолами в 2017 г. были Морской порт, бухта Крашенинникова, выход из Авачинской губы и бухта Раковая — 3 ПДК. На протяжении последних пяти лет концентрация фенолов оставалась стабильно повышенной на уровне 2–4 ПДК.

**Детергенты** поступают в Авачинскую губу с хозяйственно-бытовыми и промышленными стоками в составе моющих и чистящих средств. Поэтому наибольшая концентрация наблюдается в прибрежных водах восточной части губы и в районах впадения рек. В целом содержание детергентов в течение последних пяти лет не выходило за пределы норматива. Концентрация АПАВ варьировала от значений равных пределу обнаружения (DL=50 мкг/дм<sup>3</sup>) в большинстве проб (123 из 138) до 300 мкг/дм<sup>3</sup> (3 ПДК, центр Авачинской губы, 17 октября). Вся толща вод Авачинской губы почти равномерно загрязнена детергентами, поскольку с глубиной их концентрация изменяется незначительно. Из пятнадцати значений содержания детергентов выше минимально определяемой величины десять были зафиксированы в середине октября на всех станциях отбора проб в губе. В 2017 г. среднегодовая (60 мкг/дм<sup>3</sup>) концентрация незначительно снизилась с 0,9 ПДК до 0,6 ПДК, в частности, благодаря уменьшению поступления с речным стоком.

**Биогенные элементы.** Концентрация минерального фосфора изменялась в широком диапазоне 1,65–100,98 мкг/дм<sup>3</sup>; общего фосфора — 6,67–147,37 мкг/дм<sup>3</sup>. Средние значе-

ния составили 35,75 и 51,64 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно, что выше прошлогодних значений на 41% и 20%. Среднемесячная концентрация фосфатов в целом по толще вод губы изменялась от 25,24 мкг/дм<sup>3</sup> до 50,05 мкг/дм<sup>3</sup>, а фосфора общего — от 36,12 мкг/дм<sup>3</sup> до 74,48 мкг/дм<sup>3</sup> в июле и октябре соответственно. Летом, в период активного фотосинтеза, содержание фосфора в морской воде снижается за счет наибольшего его потребления фитопланктоном. Осенью процессы регенерации преобладают над процессами потребления, а 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. На поверхности и в придонном слое Авачинской губы наибольшее количество фосфатов фиксировалось в центральной части губы — в среднем за год 15,64 и 79,99 мкг/дм<sup>3</sup>. В районе ПСРМЗ (ст. № 49) в октябре на придонном горизонте отмечена наибольшая разовая концентрация общего фосфора (147,37 мкг/дм<sup>3</sup>) и средняя по толще вод (59,37 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация **нитритов** в водах Авачинской губы во всех пробах превышала предел обнаружения и варьировала от 1,9 до 145,9 мкг/дм<sup>3</sup> (6,1 ПДК), максимум зафиксирован в центральной части Авачинской губы у дна. В сентябре на придонном горизонте превышение нормы отмечалось практически на всех станциях. Среднегодовое содержание по сравнению с прошлым годом по всей толще вод увеличилось в 3,6 раза и составило 9,0 мкг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК). Нитриты являются неустойчивыми соединениями и при наличии кислорода окисляются до нитратов, которые преобладают в морской воде как конечный продукт минерализации. Концентрация нитратов в водах Авачинской губы была в пределах 50,5–337,3 мкг/дм<sup>3</sup> (октябрь, ст. № 47 в морском порту, у дна на глубине 20 м); средняя в целом по толще увеличилась в 2,8 раза и составила 209,7 мкг/дм<sup>3</sup> (0,02 ПДК). Ни в одной из отобранных проб превышения ПДК не выявлено. Наибольшие величины нитратов в целом по толще вод определены в июне и октябре — 192,7 и 201,9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Наибольшие среднегодовые значения выявлены в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка — 186,0 и 197,8 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. Содержание аммонийного азота в период отбора проб с мая по октябрь изменялось в диапазоне 7–261 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовое значение (87,2 мкг/дм<sup>3</sup>, 0,04 ПДК) незначительно отличалось от прошлогоднего (78,4 мкг/дм<sup>3</sup>). В период наблюдений в среднем по толще вод отмечено плавное повышение среднемесячных значений до июля (82; 112 и 140 мкг/дм<sup>3</sup>), а затем постепенное снижение до октября (100,4; 77,9 и 11,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация зафиксирована в июне на придонном горизонте на глубине 21 м в приустьевой зоне реки Авача на ст. № 4. Наименьшие значения аммонийного азота выявлены вне зон стока рек — у выхода из Авачинской губы на ст. № 43.

В 2017 г. концентрация **силикатов** в водах губы варьировала в широком диапазоне 421–4216 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая величина увеличилась в 1,3 раза до 1615 мкг/дм<sup>3</sup>. 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. В текущем году различия между слоями вод были менее заметными, чем в 2016 г. Среднегодовое значение для поверхностного слоя составило 2415 мкг/дм<sup>3</sup>, для придонного — 1180 мкг/дм<sup>3</sup>, а для промежуточной водной толщи — 958 мкг/дм<sup>3</sup>. 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 (рис. 9.5). В 2017 г. высокие величины концентрации силикатов (более 3000 мкг/дм<sup>3</sup>–19 проб) были отмечены только в поверхностном слое по всей

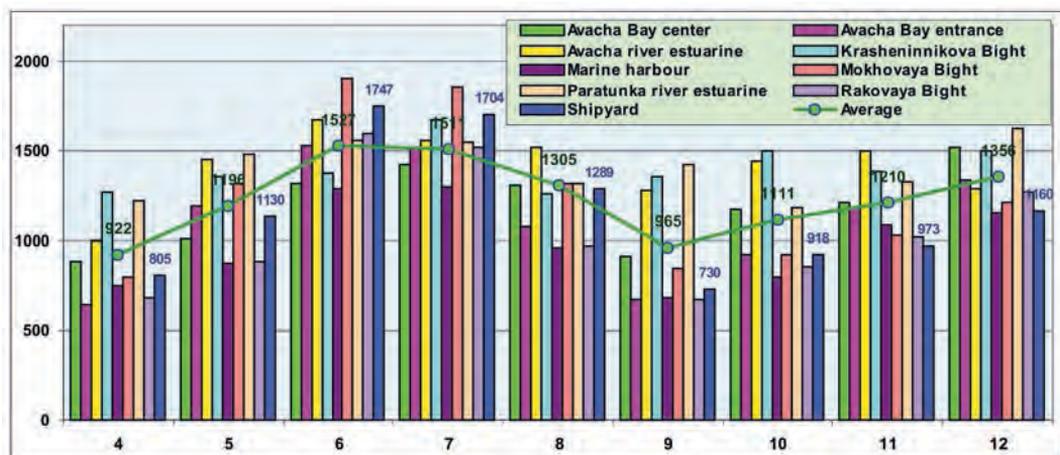


Рис. 9.5. Сезонная динамика средней концентрации силикатов ( $\text{мкг/дм}^3$ ) в водах различных участков Авачинской губы в 1985–2017 гг.

акватории Авачинской губы и составили в июне в среднем  $3427 \text{ мкг/дм}^3$ , в июле  $3741 \text{ мкг/дм}^3$ , а в августе  $3744 \text{ мкг/дм}^3$ ; в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка повышенные значения отмечены 7 раз.

**Кислородный режим** Авачинской губы характеризуется постоянным перенасыщением кислородом поверхностного горизонта и дефицитом его в придонном слое в теплый период года. С повышением температуры воды потребление растворенного кислорода на процессы биохимического окисления органического вещества увеличивается, а слабое ветровое перемешивание и устойчивая летняя стратификация водных масс препятствуют аэрации придонного слоя. Содержание растворенного в воде кислорода в период наблюдений изменялось в пределах  $3,42\text{--}14,02$  ( $30,8\text{--}146,9\%$  насыщения), составив в среднем  $9,81 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $95\%$  насыщения), (табл. 9.3). В поверхностном слое содержание растворенного кислорода варьировало в диапазоне  $9,00\text{--}14,02 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  (в среднем за год  $11,83$ ); в придонном слое —  $2,37\text{--}12,79 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $8,13$ ). Среднемесячная концентрация во всей толще вод была максимальной в июне —  $11,15 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$ , что соответствует насыщению  $106\%$ . В дальнейшем, с прогревом водных масс и увеличением потребления кислорода на процессы биохимического окисления, содержание растворенного кислорода постепенно уменьшалось до  $8,22 \text{ мгO}_2/\text{дм}^3$  ( $85\%$ ) в сентябре. С началом процесса осенне-зимней конвекции разница между придонным и поверхностным слоями уменьшается. Наименьшая концентрация кислорода на глубине наблюдается в центральной части губы, где в силу ее чашеобразного строения образуется устойчивая застойная зона. В 2017 г. содержание кислорода меньше норматива было зафиксировано в 10 пробах из придонных вод центральной части губы, у входа в бухту Крашенинникова, в районе мыса Сигнального и в приустьевых зонах рек Авача и Паратунка в июле, августе и сентябре.

В 2013–2017 гг. наблюдалась относительная стабилизация состояния вод Авачинской губы с небольшими межгодовыми вариациями и тенденцией к уменьшению уровня загрязнения, однако в 2016 г. тренд изменился. Вследствие роста содержания приоритетных загрязняющих веществ — фенолов, СПАВ и особенно нефтяных углеводородов от 1,4 до 2,8 ПДК, ИЗВ значительно увеличился и воде был присвоен V класс качества — «грязные» (табл. 9.4, рис. 9.6). В 2017 г. ИЗВ немного снизился, в первую очередь за счет фенолов и НУ, и составил 1,43, что позволяет отнести воды Авачинской губы к IV классу качества — «загрязнённые».

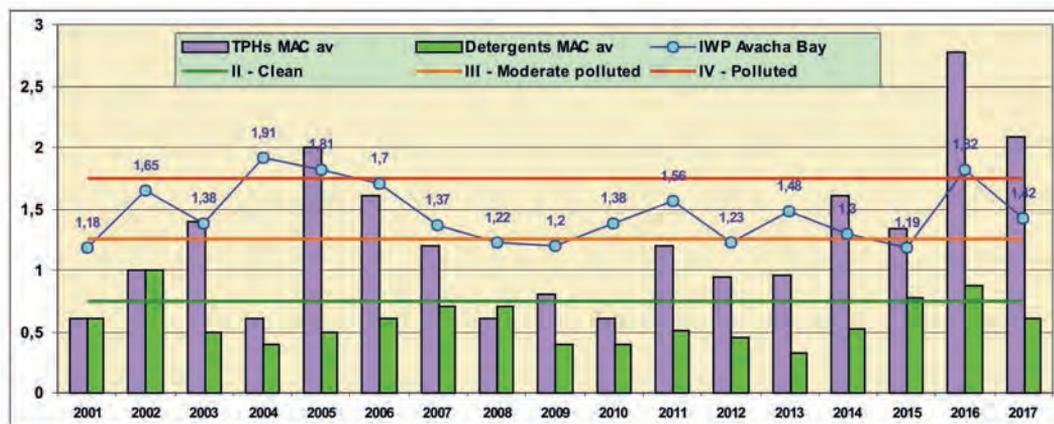
**Таблица 9.3.** Среднегодовая и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах Авачинской губы п-ова Камчатка в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
Авачинская губа	НУ	0,067	1,3	0,14	2,8	0,104	2,0
		0,68	13,6	0,74	14,8	0,22	4,4
	Фенолы	2,1	2,1	3,3	3	2,4	2,4
		10	10,0	21	21,0	22	22,0
	СПАВ	77	0,8	88	0,9	60	0,6
		210	2,1	370	3,7	300	3,0
	Азот аммонийный	82,2	<0,1	61,0	<0,1	62	<0,1
		496	0,2	372	0,2	261	0,1
	Растворенный кислород	9,94		9,55		9,81	
		2,96	0,49	2,37	0,40	3,42	0,57

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

**Таблица 9.4.** Оценка качества вод Авачинской губы п-ова Камчатка в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Среднее содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
Авачинская губа	1,19	III	1,90	V	1,43	IV	НУ 2,08; СПАВ 0,60; фенолы 2,42; O <sub>2</sub> 0,61



**Рис. 9.6.** Динамика Индекса Загрязненности Вод (IWP) и ПДК нефтяных углеводородов (TPHs MAC) и СПАВ (Detergents MAC) в водах Авачинской губы Камчатки в 2001–2017 гг.

## Глава 10. ОХОТСКОЕ МОРЕ

*Артамонова Е. М., Щербаков К. А., Коршенико А. Н.*

### 10.1. Общая характеристика

Охотское море относится к наиболее крупным и глубоким морям мира. Его площадь равна 1603 тыс.км<sup>2</sup>, объем — 1316 тыс.км<sup>3</sup>, 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), (Залогин Б. С., Косарев А. Н., 1999). Проливами Невельского, Татарским и Лаперуза оно сообщается с Японским морем, Курильскими проливами — с Тихим океаном.

Проливы Невельского и Лаперузы 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 (Залогин Б. С., Косарев А. Н., 1999).

Рельеф дна северной части представляет собой материковую отмель (22% поверхности моря). Большая часть (70%) находится в пределах материкового склона (от 200 до 1500 м); оставшая часть представляет собой участок ложа.

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 А. Д., Залогин Б. С., 1982).

Зимой в северной части моря температура воды составляет  $-1,5^{\circ}$ – $-1,7^{\circ}$ С. Летом прогревается только верхний слой толщиной в несколько десятков метров, под которым сохраняется холодный промежуточный слой с температурой  $-1,7^{\circ}$ 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  $3,5^{\circ}$ С, а летом —  $7$ – $14^{\circ}$ С; с глубиной температура понижается до  $1,5$ – $2,5^{\circ}$ С на горизонте 400 м.

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 100 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 (Залогин Б.С., Косарев А.Н., 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<sup>3</sup>/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 А.Д., Залогин Б.С., 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 (Моря СССР, 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 — источник красной икры. Ведется интенсивный лов сельди, минтая, камбалы, трески, наваги, мойвы и др. 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 Охотского моря

Наибольшей антропогенной нагрузке подвергаются районы Тауйской губы в северной части моря и шельфовые районы острова Сахалин. В Тауйскую губу загрязняющие вещества поступают от береговых промышленных и коммунально-бытовых объектов, причем стоки Магадана поступают в прибрежную зону практически без очистки. Шельфовая зона острова Сахалин загрязняется предприятиями добычи углеводородного сырья, целлюлозно-бумажными комбинатами, рыбопромысловыми и перерабатывающими судами и предприятиями, сточными

водами коммунально-бытовых объектов. Ежегодное поступление нефтепродуктов в юго-западную часть моря оценивают примерно в 1,1 тыс.т, при этом 75–85% с речным стоком. В Сахалинский залив нефтеуглеводороды попадают в основном со стоком реки Амур, поэтому максимальная концентрация отмечается в центральной и западной частях залива по оси поступающих амурских вод. Восточная часть моря — шельф полуострова Камчатка — загрязняется речным стоком, с которым в морскую среду поступает основная часть нефтеуглеводородов. В связи с сокращением работ на рыбоконсервных предприятиях полуострова с 1991 г. произошло уменьшение объема сточных вод, сбрасываемых в прибрежную зону моря. Южная часть моря — пролив Лаперуза и залив Анива — подвергаются интенсивному нефтяному загрязнению в весенне-летний период торговым и рыболовецким флотами. В среднем содержание НУ в проливе Лаперуза не превышает предела допустимой концентрации. Залив Анива загрязнен чуть больше, а наибольший уровень загрязнения в данном районе отмечается у порта Корсаков. Загрязнение прибрежной зоны моря вдоль северо-восточной части острова Сахалин связано, в основном, с разведкой и добычей нефти и газа на шельфе острова (<http://geographyofrussia.com>).

Залив Анива загрязнен чуть больше, а наибольший уровень загрязнения в данном районе отмечается у порта Корсаков. Загрязнение прибрежной зоны моря вдоль северо-восточной части острова Сахалин связано, в основном, с разведкой и добычей нефти и газа на шельфе острова (<http://geographyofrussia.com>).

### 10.3. Загрязнение шельфа о. Сахалин

На шельфе о. Сахалин в 2017 г. наблюдения за состоянием морской среды выполнялись ежемесячно в безледовый период с мая по октябрь Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) на акватории Охотского моря в районе п. Стародубское (одна станция, 6 проб); в заливе Анива в районе п. Пригородное (три станции, 18 проб) и п. Корсаков (три станции, 18 проб); а также на акватории Японского моря в районе г. Александровск-Сахалинский (5 станций, 30 проб), (рис. 10.1). Анализ проб морской воды выполнялся в лаборатории мониторинга загрязнения морских и поверхностных вод суши (ЛМЗМПВС, г. Южно-Сахалинск) и аналитической лаборатории, расположенной в г. Александровск-Сахалинский. Анализ 60 проб донных отло-

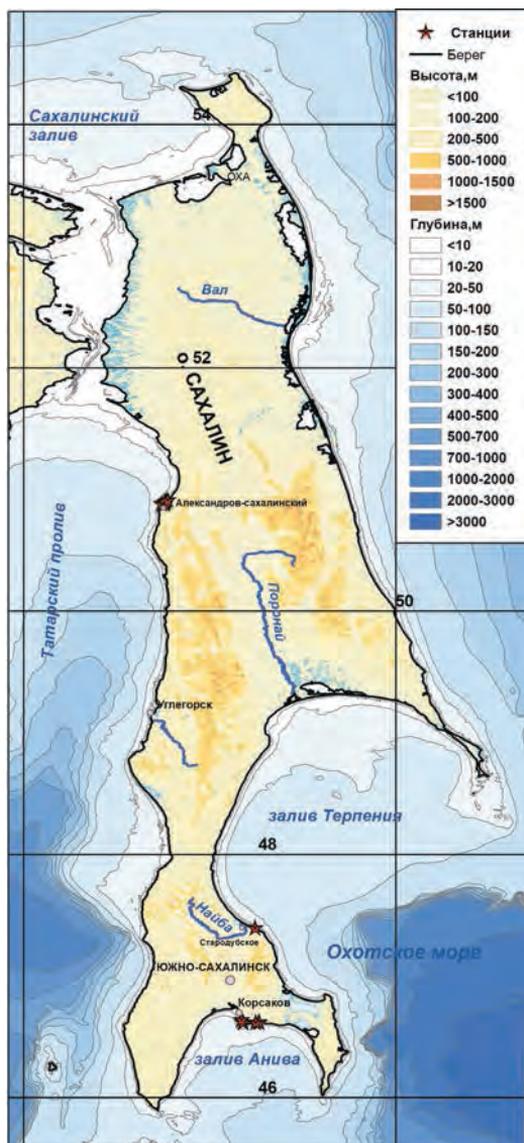


Рис. 10.1. Станции мониторинга состояния морской среды на шельфе о. Сахалин в 2017 г.

жений выполнялся в ЛМЗМПВС. В пробах морской воды определялись: гидрохимические показатели (рН, соленость; хлорность, растворенный кислород, щелочность, фосфор минеральный, кремний, азот нитритный, азот нитратный и азот аммонийный); концентрация загрязняющих веществ в воде и донных отложениях (нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ, медь, цинк, кадмий, свинец).

### 10.3.1. Район поселка Стародубское

В 2017 г. температура воды поверхностного слоя варьировала в диапазоне 5,3–20,5 °С; соленость 29,39–30,75‰; хлорность 16,27–17,02‰; рН изменялся незначительно 8,00–8,09; щелочность 1,845–2,445 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 16 до 60 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 38,8 мг/дм<sup>3</sup>, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> от менее предела обнаружения (1,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) до 5,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 0,6 ПДК.

Концентрация нефтяных **углеводородов** в шести обработанных пробах воды изменялась от значений ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа (<0,020 мг/дм<sup>3</sup>, 3 пробы) до 0,043 мг/дм<sup>3</sup>, 0,9 ПДК (табл. 10.1). СПАВ в поверхностном слое морских вод были отмечены во всех пробах, их содержание варьировало в пределах 18–46 мкг/дм<sup>3</sup>.

Содержание тяжелых **металлов** в поверхностном слое вод составляло: медь 3,5–7,3 мкг/дм<sup>3</sup> (1,1 ПДК), отмечена тенденция к снижению загрязнения морских вод медью; цинк — средняя концентрация 2,65 мкг/дм<sup>3</sup>; содержание свинца — 1,61 мкг/дм<sup>3</sup> в среднем, максимум достигал 3,4 мкг/дм<sup>3</sup>, что незначительно превышает прошлогодние значения; содержание кадмия в пяти пробах из шести было ниже предела обнаружения (DL=0,3 мкг/дм<sup>3</sup>).

Концентрация всех определяемых форм **азота** в 2017 г. повысилась относительно значений 2016 г. примерно в два раза. Средняя и максимальная концентрация аммонийного азота составили 81,91 мкгN/дм<sup>3</sup> и 348,0 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно; нитритов — средняя повысилась относительно прошлого года (3,9 мкгN/дм<sup>3</sup>), а максимальная наоборот уменьшилась до 5,9 мкгN/дм<sup>3</sup>; нитратов — уменьшилась до 9,6 мкгN/дм<sup>3</sup> и до 15,43 мкгN/дм<sup>3</sup> соответственно. Среднегодовое содержание фосфатов повысилось в 2,6 раза и составило в 2017 г. 285,26 мкгP/дм<sup>3</sup>, диапазон 5,68–1003,6 мкгP/дм<sup>3</sup>. Концентрация силикатов варьировала от 79,7 до 517 мкгSi/дм<sup>3</sup>; среднее значение 278,1 мкгSi/дм<sup>3</sup>.

Концентрация растворенного в воде **кислорода** в 2017 г. была в диапазоне 7,90–12,01 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднегодовой показатель составил 9,58 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Приоритетными загрязняющими веществами в 2017 г. были нефтяные углеводороды, СПАВ, растворенные органические вещества и медь. В целом уровень загрязненности района по ИЗВ (0,59) снизился и морские воды у пос. Стародубское могут быть оценены как «чистые» (табл. 10.2).

Загрязнение **донных отложений** нефтяными углеводородами в шельфовой зоне о. Сахалин в районе пос. Стародубское в среднем повысилось в два раза по сравнению с предыдущим годом, максимум достигал 4,6 ДК. И средняя, и максимальная концентрация фенолов снизилась примерно на порядок по сравнению с предыдущими годами, поскольку в четырех пробах из шести их содержание были ниже предела обнаружения DL=0,05 мкг/дм<sup>3</sup>. В целом средний уровень загрязненности донных осадков в 2017 г. в районе поселка незначительно изменился по сравнению с 2016 г.

### 10.3.2. Залив Анива. Район порта Корсаков

В районе порта г. Корсакова в 2017 г. мониторинг состояния морской среды проводился с мая по октябрь на трех станциях. Температура морской воды изменялась от 8,2 °С до

19,0 °С. Соленость была в пределах 20,54–31,54‰, в среднем 29,54‰; минимум отмечен в 27 июня, максимум — 10 июля. Хлорность изменялась в диапазоне 11,37–17,77‰, в среднем 16,38‰; рН 7,88–8,09; щелочность 1,675–2,305 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от аналитического нуля (предел обнаружения 5 мг/дм<sup>3</sup>) до 187 мг/дм<sup>3</sup> (10 июля), в среднем 31,5 мг/дм<sup>3</sup>, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> от значений ниже предела обнаружения DL=1,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в мае и августе до 8,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> 27 сентября, в среднем 2,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК).

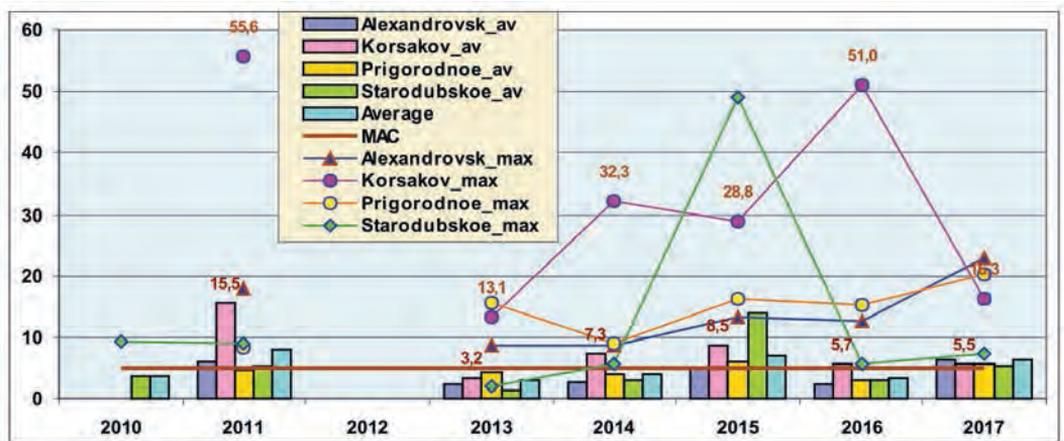
Концентрация **НУ** в прибрежных водах залива в районе порта Корсаков изменялась от значений ниже предела обнаружения (0,02 мг/дм<sup>3</sup>, в 9 пробах из 18) до 0,066 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК, 25 мая). Средняя за год величина составила 0,020 мг/дм<sup>3</sup> (0,4 ПДК), что немного ниже уровня предыдущего года. Содержание фенолов в водах залива было ниже предела обнаружения (DL=2,0 мкг/дм<sup>3</sup>) во всех пробах, за исключением двух — 2,0 и 2,3 мкг/дм<sup>3</sup>; средняя концентрация составила 0,24 мкг/дм<sup>3</sup>. В отличие от предыдущего года концентрация СПАВ только в четырех пробах была ниже предела обнаружения (DL=10 мкг/дм<sup>3</sup>), а в остальных достигала 60 мкг/дм<sup>3</sup>; в среднем 21,2 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 10.3.** Концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Анива в районе п. Корсаков в 2013–2017 гг.

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

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



**Рис. 10.2.** Средняя и максимальная концентрация меди (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах шельфа о. Сахалин в 2010–2017 гг.

В 2017 г. концентрация **меди** в морской воде в районе порта Корсаков изменялась в диапазоне 0,8–16,351,0 мкг/дм<sup>3</sup>; хотя максимум был в 3,1 раза меньше прошлогоднего, однако средние были равными — 5,5 и 5,7 мкг/дм<sup>3</sup> (табл. 10.3, рис. 10.2). Уровень содержания свинца в морских водах практически не изменился за последние годы, а цинка уменьшился в несколько раз. Концентрация кадмия была ниже предела обнаружения во всех пробах.

Концентрация различных форм **азота** в водах залива в районе п. Корсаков была в пределах естественной межгодовой изменчивости: средняя концентрация аммонийного азота уменьшилась в 1,6 раза и составила 73,6 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — 408 мкг/дм<sup>3</sup>, при этом в 10 пробах из 18 значения были ниже предела обнаружения DL=20 мкг/дм<sup>3</sup>; нитритов — 9,3 и 64,3 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум в конце сентября; нитратов — 87,2 и 721 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация неорганического фосфора в течение теплого периода года изменялась в пределах 6,4–209,1 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 57,9 мкг/дм<sup>3</sup> (в прошлом году — 53,7 мкг/дм<sup>3</sup>); максимум отмечен 27 сентября. Содержание силикатов в водах района изменялось в диапазоне 100–2425 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 589 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум в конце июня. По сравнению с 2016 г. среднее содержание кремния в морских водах у Корсакова уменьшилось в 1,4 раза.

**Кислородный** режим в водах порта Корсаков в целом был удовлетворительным. Среднее содержание растворенного кислорода в период проведения наблюдений составило 8,12 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (92,8% насыщения) при диапазоне концентрации 6,53–12,2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, все значения близкие к прошлогодним. Минимальное значение было отмечено в конце сентября при температуре воды 14,8 °С и солёности 22,47‰. По ИЗВ воды залива Анива в районе порта Корсаков в 2017 г. по-прежнему могут быть отнесены к III классу (0,85), «умеренно-загрязненные» (табл. 10.2). По сравнению с предыдущим годом качество вод в районе порта немного улучшилось. Приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, растворенные органические вещества (по БПК<sub>5</sub>) и медь.

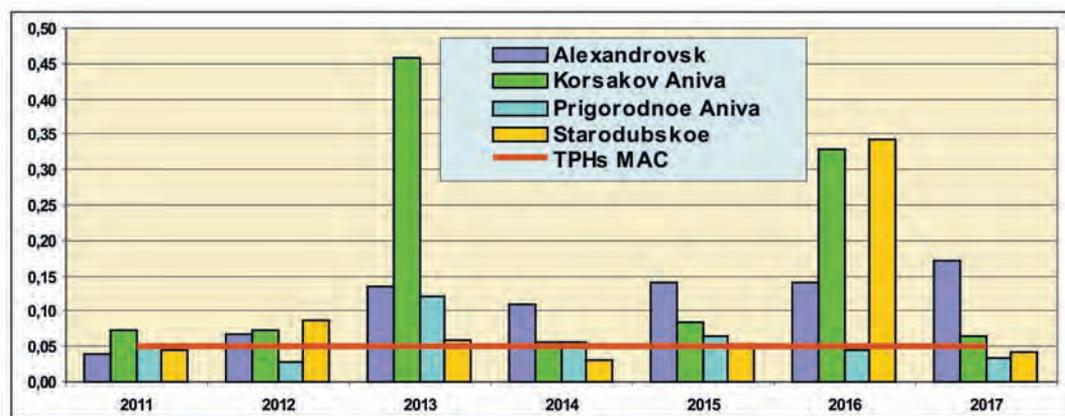
В шести пробах **донных отложений** из прибрежной зоны залива Анива в районе порта Корсаков содержание нефтяных углеводородов изменялось в диапазоне 67–324 мкг/г с максимумом в июле, в среднем 191 мкг/г (3,8 ДК, в 2016 г. — 3 ДК, в 2015 г. — 2 ДК). Средняя и максимальная концентрация немного повысились. Значения концентрации фенолов варьировали от аналитического нуля в двух пробах до 0,17 мкг/г, в среднем 0,06 мкг/г, что в 5,3 раза ниже прошлогоднего уровня. Содержание тяжелых металлов в осадках у порта Корсаков изменялось в следующих диапазонах: медь 10,2–105,6 мкг/г (среднее 45,1 мкг/г, 1,3 ДК; в 3,9 раза выше прошлогоднего); цинк 14,2–109,4 мкг/г (62,5 мкг/г, 0,45 ДК, немного больше прошлогоднего — 55,1 мкг/г). Концентрация кадмия варьировала в пределах 0,6–1,17 мкг/г, в среднем в 3 раза меньше прошлогоднего значения — 0,4 мкг/г. Содержание свинца изменялось в диапазоне 4,8–17,9 мкг/г, среднее повысилось в 1,7 раза и составило 8,3 мкг/г, 0,1 ДК.

### 10.3.3. Залив Анива. Район п. Пригородное

В 2017 г. вблизи пос. Пригородное было отобрано восемнадцать проб воды и донных отложений на трех станциях с мая по октябрь. Температура поверхностного слоя вод изменялась в диапазоне 8,8–20,0 °С; солёность 12,25–31,33‰, минимум отмечен 27 июня на ст. № 101, а максимум в этот же день на соседней станции № 102; хлорность 6,78–17,34‰; рН 7,68–8,10; щёлочность изменялась в диапазоне 1,225–2,216 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация твердых взвешенных веществ изменялась от 5,0 мг/дм<sup>3</sup> в середине августа до 96,0 мг/дм<sup>3</sup> в конце мая, средняя 35,6 мг/дм<sup>3</sup>, а легко окисляемого органического вещества по БПК<sub>5</sub> от значений менее <1,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в шести пробах до 4,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,55 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>

(0,7 ПДК); в прошлом году — 3,9 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Стандартные параметры морских вод в районе Пригородного в целом были в пределах естественных межгодовых колебаний. В период наблюдений было отмечено два случая значительного (ниже 20%) распреснения поверхностных вод района на ст. № 101.

Концентрация **НУ** в поверхностном слое вод изменялась от значений ниже предела обнаружения (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) в 15 пробах из 18, а в остальных составила 0,020; 0,027 и 0,033 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 0,004 мг/дм<sup>3</sup> (0,08 ПДК). В целом уровень загрязнения НУ остался на уровне прошлого года, в отличие от вод вблизи Стародубского и Корсакова (рис. 10.3). Содержание фенолов было выше предела обнаружения (DL=2 мкг/дм<sup>3</sup>) только в двух пробах — 2,3 и 3,0 мкг/дм<sup>3</sup>; детергентов ниже DL в восьми пробах, а в остальных достигала 30 мкг/дм<sup>3</sup> (0,3 ПДК), в среднем 11,6 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание **меди** в морской воде в районе пос. Пригородное изменялось в диапазоне 1,3–20,2 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 5,5 мкг/дм<sup>3</sup> (1,1 ПДК), что почти в два раза выше прошлогоднего значения (табл. 10.1). В целом на шельфе о. Сахалин концентрация меди весьма высокая (рис. 10.2). Средние значения в разных районах находятся в районе ПДК, однако максимальные существенно превышают норматив. Содержание цинка 1,9–7,8 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 3,7 мкг/дм<sup>3</sup> (0,07 ПДК). Концентрация свинца в девяти пробах была ниже предела обнаружения DL=0,3 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимальная достигала 2,3 мкг/дм<sup>3</sup> (0,2 ПДК), значения были в районе 0,1 ПДК или меньше. Кадмий был обнаружен в двух пробах в концентрации 0,5 и 0,7 мкг/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 10.3.** Максимальная концентрация нефтяных углеводородов (мг/дм<sup>3</sup>) в водах шельфа о. Сахалин в 2010–2017 гг.

Концентрация аммонийного азота в водах залива в районе п. Пригородное изменялась от аналитического нуля в 8 пробах до 310,0 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение почти не изменилось и составило 52,1 мкг/дм<sup>3</sup>; азот нитритов 0,6–24,9 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 6,3 мкг/дм<sup>3</sup>; нитратов 12,8–233 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем была на уровне прошлого года и составила 69,1 мкг/дм<sup>3</sup>. В целом содержание соединений азота в морской воде у пос. Пригородное было в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация неорганического фосфора была в пределах 5,0–436,4 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя величина увеличилась в 1,3 раза и составила 71,7 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в конце мая. Содержание силикатов изменялось в очень широком диапазоне 130–4271 мкг/дм<sup>3</sup>, среднее значение уменьшилось в 1,4 раза и составило 873 мкг/дм<sup>3</sup>. Три наибольших значения выше 640 мкг/дм<sup>3</sup> (3935, 4271 и 2820 мкг/дм<sup>3</sup>) были зафиксированы на ст. № 101 в мае, июне и июле соответственно.

**Донные отложения.** Концентрация нефтяных углеводородов изменялась в диапазоне 5–61 мкг/г, а среднегодовое значение (15 мкг/г) увеличилось в 1,25 раза по сравнению с 2016 г. (12 мкг/г). Концентрация фенолов в донных отложениях варьировала в пределах <0,05–0,40 мкг/г. Среднегодовое значение было немного выше уровня 2016 г. и составила 0,24 мкг/г.

В 2017 г. наблюдалось незначительное повышение содержания тяжелых металлов (меди и кадмия) в донных отложениях по сравнению предыдущим годом: среднегодовая концентрация меди увеличилась в 2,2 раза, а кадмия — в 2 раза. Цинк и свинец в донных отложениях исследуемой акватории определялись ниже предела обнаружения использованной методики анализа. Если оценивать тенденцию изменчивости содержания тяжелых металлов в период 2015–2017 гг., то накопления тяжелых металлов в донных отложениях варьируются от года к году, однако находятся в пределах среднесуточных значений.

**Таблица 10.1.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в водах и донных отложениях шельфа о. Сахалин в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК
пос. Стародубское (6 проб в 2017 г.)	НУ	0,014 0,052	0,3 <b>1,0</b>	0,086 0,342	<b>1,7</b> <b>6,8</b>	0,018 0,043	0,4 0,9
	Фенолы	0,1 0,6	0,1 0,6	0,4 2,4	0,4 <b>2,4</b>	0 0	
	СПАВ	3 20	<0,1 0,2	0 0		28 46	0,3 0,5
	Кадмий	0,00 0,0	<0,1 <0,1	0 0		0,07 0,4	<0,1 <0,1
	Медь	13,9 49	<b>2,8</b> <b>9,8</b>	3,0 5,8	0,6 <b>1,2</b>	5,4 7,3	<b>1,1</b> <b>1,5</b>
	Цинк	9,4 32,9	0,2 0,7	2,9 8,4	<0,1 0,2	2,7 10,3	<0,1 0,2
	Свинец	1,1 2,3	0,1 0,2	1,87 9,7	0,20 <b>1,0</b>	1,6 3,4	0,2 0,3
	Аммонийный азот*	58 156	<0,1 <0,1	103 328	<0,1 0,1	82 348	0,2 0,9
	БПК <sub>5</sub>	3,2 4,3	<b>1,0</b> <b>1,4</b>	4,2 6,8	<b>1,4</b> <b>2,3</b>	1,7 5,1	0,8 <b>2,4</b>
	Кислород	9,9 8,0		8,59 7,70		9,58 7,90	
Залив Анива: порт г. Корсакова (18 проб в 2017 г.)	НУ	0,024 0,085	0,5 <b>1,7</b>	0,047 0,330	0,9 <b>6,6</b>	0,02 0,07	0,4 <b>1,4</b>
	Фенолы	0,3 3,1	0,3 <b>3,1</b>	0,12 2,1	0,1 <b>2,1</b>	0,2 2,3	0,2 <b>2,3</b>
	СПАВ	20,5 72	0,2 0,7	0 0		21 60	0,2 0,6
	Кадмий	0,3 1,9	<0,1 0,2	0,57 5,0	<0,1 0,5	0 0	0 0
	Медь	8,5 28,8	<b>1,7</b> <b>5,8</b>	5,7 51,0	<b>1,1</b> <b>10,2</b>	5,5 16,3	<b>1,1</b> <b>3,3</b>
	Цинк	13,0 69,0	0,3 1,4	13,3 56,7	0,3 <b>1,1</b>	5,2 21,2	0,1 0,4
	Свинец	1,2 4,4	0,1 0,4	0,8 3,2	<0,1 0,3	0,9 3,5	0,1 0,4
	Аммонийный азот**	82 222	<0,1 0,1	118 315	<0,1 0,1	74 408	0,2 <b>1,0</b>
	БПК <sub>5</sub>	4,1 21,0	1,4 7,0	3,7 7,2	<b>1,2</b> <b>2,4</b>	2,5 8,1	<b>1,2</b> <b>3,9</b>
	Кислород	8,52 7,37		8,79 7,15		8,12 6,53	

Залив Анива: район пос. Пригородное (18 проб в 2017 г.)	НУ	0,012 0,064	0,2 <b>1,3</b>	0,007 0,044	0,1 0,9	0,004 0,03	0,08 0,6
	Фенолы	0,2 3,1	0,2 <b>3,1</b>	0 0		0 0	
	СПАВ	15 74	0,2 0,7	0 0		12 30	0,1 0,3
	Кадмий	0,1 1,0	<0,1 0,1	0,17 1,0	<0,1 0,1	0,07 0,7	<0,1 <0,1
	Медь	6,0 16,2	<b>1,2</b> <b>3,2</b>	2,92 15,3	0,6 <b>3</b>	5,5 20,2	<b>1,1</b> <b>4,0</b>
	Цинк	8,9 41,7	0,2 0,8	13,2 56,2	0,3 <b>1,1</b>	3,7 7,8	<0,1 0,2
	Свинец	0,8 2,3	<0,1 0,2	0,16 1,1	<0,1 0,1	0,7 2,3	<0,1 0,2
	Аммонийный азот*	22 57	<0,1 <0,1	62 335	<0,1 0,1	52 310	0,1 0,8
	БПК <sub>5</sub>	1,8 5,2	0,6 <b>1,7</b>	3,9 9,5	<b>1,3</b> <b>3</b>	1,6 4,3	0,8 <b>2,0</b>
	Кислород	8,5 6,8		8,82 7,29		7,86 5,03	<b>0,84</b>

#### Донные отложения

пос. Стародубское (6 проб в 2017 г.)	НУ	49,3 98	1,0 <b>2,0</b>	48,8 106	1,0 <b>2,1</b>	98,8 228	<b>2,0</b> <b>4,6</b>
	Фенолы	0,4 1,1		0,27 1,08		0,035 0,14	
	Медь	6,1 10,2	0,2 0,3	2,2 4,8	<0,1 0,1	4,05 5,9	0,1 0,2
	Цинк	5,1 7,9	<0,1 <0,1	0 0		10,5 17,9	<0,1 0,1
	Кадмий	0,008 0,05	<0,1 <0,1	0 0		0,1 0,37	0,1 0,5
	Свинец	4,7 11,8	<0,1 0,1	1,6 5,0	<0,1 <0,1	1,5 2,4	<0,1 <0,1
порт г. Корсакова (6 проб в 2017 г.)	НУ	99,6 330	<b>2,0</b> <b>6,6</b>	158,3 346	3,2 <b>6,9</b>	190,8 324	<b>3,8</b> <b>6,5</b>
	Фенолы	0,21 0,91		0,29 0,91		0,06 0,17	
	Медь	28,7 158,0	0,8 <b>4,5</b>	11,5 40,6	0,3 <b>1,2</b>	45,1 105,6	<b>1,3</b> <b>3,0</b>
	Цинк	23,2 92,0	0,2 0,7	55,1 167,0	0,4 <b>1,2</b>	62,5 109,4	0,4 0,8
	Кадмий	0,04 0,33	0,1 0,4	1,20 6,80	<b>1,5</b> <b>8,5</b>	0,39 1,17	0,5 <b>1,5</b>
	Свинец	23,6 110,0	0,3 <b>1,3</b>	5,1 13,3	<0,1 0,2	8,3 17,9	0,1 0,2
пос. Пригородное (18 проб в 2017 г.)	НУ	21,1 104	0,4 <b>2,1</b>	6,5 34	0,1 0,6	14,9 61	0,3 <b>1,2</b>
	Фенолы	0,22 0,86		0,16 0,86		0,08 0,40	
	Медь	11,8 46,9	0,3 <b>1,3</b>	2,5 18,0	<0,1 0,5	5,8 10,2	0,2 0,3
	Цинк	7,2 28,6	<0,1 0,2	0 0		11,9 19,5	0,1 0,1
	Кадмий	0,03 0,32	<0,1 0,4	0 0		0,06 0,11	0,1 0,1

пос. Пригородное (18 проб в 2017 г.)	Свинец	2,8 10,4	<0,1 0,1	0,7 8,2	<0,1 0,1	2,1 3,3	<0,1 <0,1
Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С*) нефтяных углеводородов, растворенного в воде кислорода и БПК <sub>5</sub> приведена в мг/дм <sup>3</sup> ; СПАВ, фенолов, металлов и аммонийного азота в мкг/дм <sup>3</sup> . 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. 2. Для каждого ингредиента в верхней строке указано среднее за год значение, в нижней — максимальное (для кислорода — минимальное) значение. 3. Значения ПДК от 0,1 до 3,0 указаны с десятичными долями; выше 3,0 округлены до целых. 4. Аммонийный азот* — использовано значение ПДК в пересчете на азот.							

**Таблица 10.2.** Оценка качества морских вод Охотского моря в шельфовой зоне о. Сахалин в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
поселок Стародубское	1,19	III	1,11	III	0,59	II	НУ 0,36; БПК <sub>5</sub> 0,81; Cu 1,08; O <sub>2</sub> 0,63
порт Корсаков	1,06	III	1,00	III	0,85	III	НУ 0,40; БПК <sub>5</sub> 1,17; Cu 1,10; O <sub>2</sub> 0,74
поселок Пригородное	0,88	III	0,70	II	0,68	II	БПК <sub>5</sub> 0,74; СПАВ 0,12; Cu 1,11; O <sub>2</sub> 0,76
Суммарно шельф о. Сахалин	0,93	III	0,79	III	0,86	III	НУ 0,74; БПК <sub>5</sub> 0,80; Cu 1,17; O <sub>2</sub> 0,72

### 10.3.4. Визуальные наблюдения

В 2017 г. визуальные наблюдения за состоянием морских акваторий выполняла 21 станция. Результаты визуальных наблюдений оценивались по 3-х бальной шкале, в соответствии с которой максимальное загрязнение оценивалось в 3 балла. По данным визуальных наблюдений высокий уровень поверхностного загрязнения нефтепродуктами стабильно сохранялся в припортовых акваториях. Среднегодовой балл загрязнения нефтепродуктами у п. Корсаков составил 2,5; п. Холмск — 2,1; п. Малокурильск — 1,6. Причиной высокого уровня загрязнения припортовых акваторий является попадание в морскую среду хозяйственно-бытовых и промышленных отходов, бесконтрольный сброс льяльных вод и нефтесодержащего мусора с маломерных судов. В остальных пунктах уровень концентрации нефтепродуктов на морской поверхности в зоне наблюдения по визуальной шкале оценок не превысил в среднем 1 балла.

## Глава 11. ЯПОНСКОЕ МОРЕ

*Подкопаева В. В., Артамонова Е. М., Матвейчук И. Г., Коршенко А. Н.*

### 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<sup>2</sup>, объем воды — 1715 тыс.км<sup>3</sup>, 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 ледообразование ежегодно наблюдается только в глубоко вдающихся в материк заливах и бухтах. Припай развит незначительно. Толщина ледяного покрова в середине февраля доходит до 1 м.

Циклоны в Японском море можно подразделить на два вида: тропические циклоны океанического происхождения (тайфуны), которые обычно наблюдаются в теплое время года, и континентальные циклоны в холодный период. Циклоны первого вида наблюдаются обычно в теплое время года, а циклоны второго вида — в холодное. Повторяемость конти-

нентальных циклонов составляет 50–55 случаев в год, а океанических тайфунов — около 25 случаев. Однако сила ветра и вызываемое волнение при тайфунах намного больше.

## 11.2. Источники загрязнения

Прибрежные районы залива Петра Великого Японского моря являются одним из самых густонаселенных мест Дальнего Востока. Хозяйственная деятельность приводит к интенсивному антропогенному воздействию на акваторию залива и бухты вдоль береговой полосы. Основными загрязнителями морских вод являются промышленные (предприятия электроэнергетики, судостроительной, химической и угольной промышленности, машиностроения и металлообработки, а также торговый, военный, рыболовецкий и маломерный флот) и муниципальные (коммунальные сбросы жилых массивов) сточные воды, ливневый поверхностный сток с прилегающей загрязненной территории, сброс твердых отходов и мусора в море (marine litter), проведение строительных, дноуглубительных, взрывных и других работ на водных объектах. Существенный вклад в загрязнение прибрежной зоны залива вносят реки Раздольная с притоками р. Комаровка и р. Раковка, Артёмовка, Партизанская, Рудная и Объяснение. В реки бассейна Японского моря сбрасывается 332,09 млн.м<sup>3</sup>/год сточных вод, имеющих загрязняющие вещества.

По состоянию на 1 января 2017 года в Приморском крае учтено 507 водопользователей, которые сбрасывают сточные воды в поверхностные водные объекты более чем пятью сотнями организованных выпусков. 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.

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 подвергается 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 стока города и порта Находка, а также сток р. Партизанская.

По данным государственной статистической отчетности по форме 2ТП-водхоз суммарный забор свежей воды из природных водных объектов по зоне деятельности Отдела водных ресурсов по Приморскому краю в 2017 г. составил 588,92 млн.м<sup>3</sup> против 700,18 млн.м<sup>3</sup> в 2016 г., уменьшение составило 15,9%. При этом забор морской воды увеличился на 2,7%, забор пресной поверхностной воды уменьшился на 24,4%, забор подземной воды уменьшился на 21,7%. В 2017 г. было использовано 521,85 млн.м<sup>3</sup> против 594,09 млн.м<sup>3</sup> в прошлом, в том числе:

- на хозяйственно-питьевые нужды 98,75 млн.м<sup>3</sup> против 115,70 млн.м<sup>3</sup> — уменьшение на 14,7%, основной причиной является экономия воды вследствие установки водоизмерительной аппаратуры;

- на производственные нужды 329,65 млн.м<sup>3</sup> против 312,00 млн.м<sup>3</sup> (увеличение на 5,66%),

- на сельскохозяйственное водоснабжение 0,10 млн.м<sup>3</sup> против 0,18 млн.м<sup>3</sup> — уменьшение на 44,44%. Уменьшение показателя произошло вследствие снижения объема сельскохозяйственной продукции, сокращения количества поголовья скота, приостановки деятельности или закрытия ряда предприятий.

Объем сбрасываемых в водные объекты сточных вод составил в 2017 г. 401,30 млн.м<sup>3</sup>, что ниже показателя прошлого года на 11% (452,62 млн.м<sup>3</sup>). Объем сброшенных загрязненных сточных вод составил 268,25 млн.м<sup>3</sup> против 275,68 млн.м<sup>3</sup> прошлого года — уменьшение на 3,5%, из них:

- сброшенных без очистки 235,04 млн.м<sup>3</sup> против 238,36 млн.м<sup>3</sup> прошлого года (уменьшение на 1,4%);

- недостаточно очищенных 33,21 млн.м<sup>3</sup> против 37,31 млн.м<sup>3</sup> прошлого года (уменьшение на 16,7%). Уменьшение показателя произошло в связи со снижением объема сбрасываемых недостаточно очищенных сточных вод КГУП «Приморский водоканал», МУП «Уссурийск-Водоканал» вследствие улучшения работы очистных сооружений.

- нормативно очищенных 69,39 млн.м<sup>3</sup> против 64,1 млн.м<sup>3</sup> прошлого года (увеличение на 8,2%);

- нормативно чистых 63,66 млн.м<sup>3</sup> против 107,85 млн.м<sup>3</sup> прошлого года (уменьшение на 41,7%).

Мощность очистных сооружений перед сбросом сточных вод в водные объекты составила 540,56 млн.м<sup>3</sup>, против 534,24 млн.м<sup>3</sup> в 2016 г., увеличение составило 1,2%. Увеличение вызвано вводом в эксплуатацию новых очистных сооружений и реконструкцией существующих очистных сооружений в Приморском крае.

Река Раздольная с притоками является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Уссурийска и Октябрьского муниципального района. В 2017 г. в этот водоток с очищенными и недостаточно-очищенными стоками МУП «Уссурийск-Водоканал» поступило: аммонийного азота 37,28 т, железа — 1367,27 кг, алюминия — 22,16 т, бора — 0,73 т, нефтепродуктов — 1,02 т, нитратов — 400,833 т, нитритов — 817,67 кг, сульфатов — 575,93 т, БПК<sub>полн</sub> 110,45 т органических веществ, взвешенных веществ 150,89 т, фенолов — 13,11 кг, таннидов — 2545,83 кг, СПАВ 1575,79 кг, хлоридов 633,70 т, жиров — 264,66 кг и цинка — 98,77 кг.

Река Партизанская с притоками является приемником недостаточно-очищенных и загрязненных сточных вод города Партизанска и Партизанского муниципального района. В водоток

с загрязненными сточными водами ООО «Теплосетевая компания» данные по сбросу загрязняющих веществ следующие: БПК<sub>полн</sub> — 35,74 т, взвешенных веществ — 24,39 т, хлоридов — 43,73 т.

Японское море (Амурский залив, Уссурийский залив, залив Находка, бухта Золотой Рог) является приемником нормативно-очищенных и загрязненных сточных вод городов Владивосток, Находка, Артем, Большой Камень, Фокино, Шкотовского, Хасанского, Надеждинского муниципальных районов. Сточные воды от объектов городов Находка, Большой Камень сбрасываются нормативно очищенными. Наиболее крупными загрязнителями являются КГУП «Приморский водоканал», АО ДКГ СП Владивостокская ТЭЦ-2. В воды бассейна Японского моря сбрасывается 43,94 тонны нефтепродуктов, 2,133 тыс.т взвешенных веществ, 2,947 тыс.т БПК<sub>полное</sub>, 2,78 млн.т хлоридов, 389 т аммонийного азота, 1463 т нитратов, 28,86 т нитритов, 30 тыс.т СПАВ, 34,69 т жиров, 23,83 т железа, 1,48 т цинка, 425 млн.т сульфатов, 380 кг фенолов, 102,5 т фосфатов.

В бухту Золотой Рог сбрасывается 67,104 млн.м<sup>3</sup>/год сточных вод, имеющих загрязняющие вещества. Основные загрязняющие воды бухты Золотой Рог предприятия следующие: ОАО «Центр судоремонта Дальзавод» — 1472,86 тыс.м<sup>3</sup>, ООО «Аренда» 15,15 тыс.м<sup>3</sup>, ОАО «Владивостокский Морской Торговый Порт» — 233,11 тыс.м<sup>3</sup>, ЗАО «Первомайский судоремонтный завод» — 15,33 тыс.м<sup>3</sup>, КГУП «Приморский Водоканал» — 61 590,14 тыс.м<sup>3</sup>, ОАО «Владивостокское предприятие Электрорадиоавтоматика» — 37,85 тыс.м<sup>3</sup>, ОАО «Владивостокский морской рыбный порт» — 2148,05 тыс.м<sup>3</sup>, ОАО «Дальневосточный коммерческий холодильник» — 1512,22 тыс.м<sup>3</sup>, ООО «Владивостокский морской терминал» — 7,70 тыс.м<sup>3</sup>, ОАО «Владавто» — 70,65 тыс.м<sup>3</sup>, ООО «Фемста» — 0,51 тыс.м<sup>3</sup>, ЗАО «Дальзавод — Терминал» 0,59 тыс.м<sup>3</sup>.

В 2017 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. Отбор проб проводился в бухтах Золотой Рог и Диомид и в проливе Босфор Восточный на катере Nimbus ФГБУ «Приморское УГМС», а в заливах Находка, Амурский и Уссурийский на э/с «Атлас» ДВНИГМИ. Всего было обследовано в мае, августе и октябре в бухте Золотой Рог пять станций, Диомид — одна станция, в проливе Босфор Восточный — 3 ст.; в Амурском заливе — 9 ст. в апреле и сентябре; в Уссурийском заливе — 9 ст. в апреле, июле и октябре; в заливе Находка — 12 ст. в мае, июле и сентябре. 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 загрязненности грунтов по Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95 (таблица А.5). Всего в 2017 г. отобрано 319 проб воды и 78 проб донных отложений. Выполнено 9947 определений в воде и 1836 определений в донных отложениях на 45 (26+19 соответственно) ингредиентов.

### 11.3. Бухта Золотой Рог

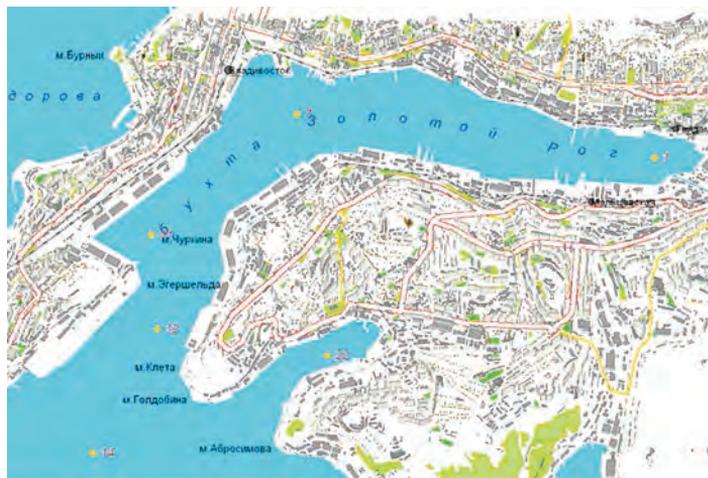
Бухта Золотой Рог — длинная узкая бухта к северу от пролива Босфор Восточный Японского моря, по берегам которой расположен город Владивосток. Удобное место стоянки судов. Здесь расположены торговый и рыбный порты, судоремонтные предприятия, а также части

Тихоокеанского флота. Через бухту проложен вантовый Золотой мост. Площадь поверхности — 4,44 км<sup>2</sup>. Бухта Золотой Рог, защищенная 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 (ENE) от него мысом Голдобина. С северо-запада бухта ограничена полуостровом Шкота. Северо-западный берег бухты Золотой Рог холмистый, в южной части обрывистый и на всем протяжении приглубый. Северный, южный и восточный берега бухты возвышенны, кое-где обрывисты и окаймлены узкой низкой прибрежной полосой, искусственно выровненной и местами расширенной для портовых сооружений. Берег вершины бухты низкий; к нему выходит долина, по которой протекает речка Объяснения. Берега бухты Золотой Рог почти на всем протяжении укреплены стенками, оборудованы причалами и пирсами. Глубины во входе в бухту Золотой Рог 20–27 м. Далее к вершине бухты они постепенно уменьшаются. 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, чем зимой. Туманы в бухте Золотой Рог наблюдаются с апреля по август. Наиболее часто они бывают в июне — июле. Как правило, туманы появляются при юго-восточных ветрах, которые приносят их со стороны Уссурийского залива. При штиле туманы бывают реже. Приливы в бухте Золотой Рог неправильные полусуточные. Даже в сильные морозы бухта остаётся незамерзшей, так как ТЭЦ-2 сбрасывает в нее теплые воды.

В 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории бухты Золотой Рог проводились в мае, августе и октябре на 5 постоянных станциях мониторинга (рис. 11.1).

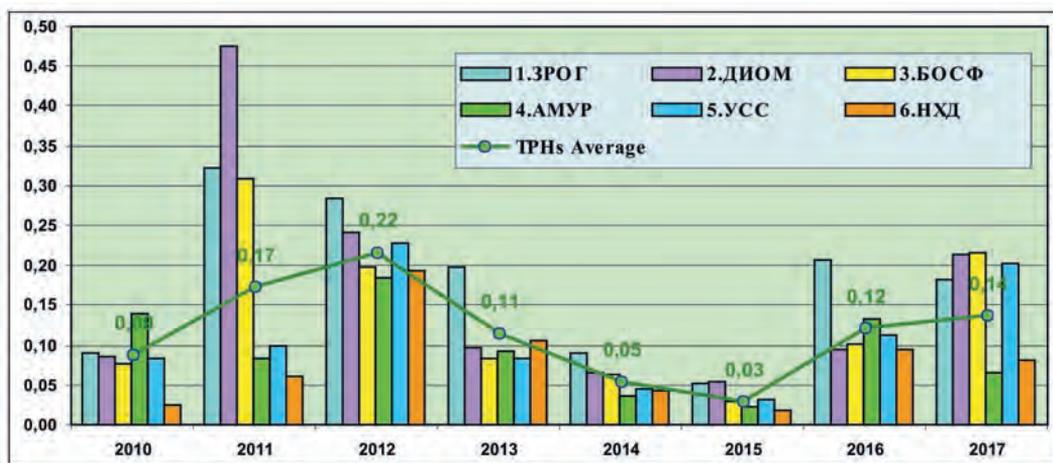
В 39 пробах воды из бухты Золотой Рог в 2017 г. значения **температуры** морской воды изменялись в период наблюдений от 5,10 °С (в октябре на ст. № 12 на выходе из бухты) до 24,70 °С (в августе в вершине бухты на ст. № 1). Среднегодовое значение температуры воды составило 15,15 °С. Соленость в 2017 г. изменялась в поверхностном слое от 20,18‰ в августе до 33,04‰ в октябре, в придонном слое — от 21,71‰ в августе до 33,65‰ в октябре. Среднегодовой показатель солености в 2017 г. составил 31,089‰. Значения водородного показателя рН в поверхностном горизонте изменялись от 7,91 (ст. № 1 в октябре) до 8,24 (ст. № 11 в августе), в придонном горизонте — от 7,74 (ст. № 1 в августе) до 8,15 (ст. № 12 в мае); среднегодовое значение составило 8,09. Средняя концентрация взвешенных частиц составила 6,9 мг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 6,4 мг/дм<sup>3</sup>), мак-

в августе), в придонном горизонте — от 7,74 (ст. № 1 в августе) до 8,15 (ст. № 12 в мае); среднегодовое значение составило 8,09. Средняя концентрация взвешенных частиц составила 6,9 мг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 6,4 мг/дм<sup>3</sup>), мак-

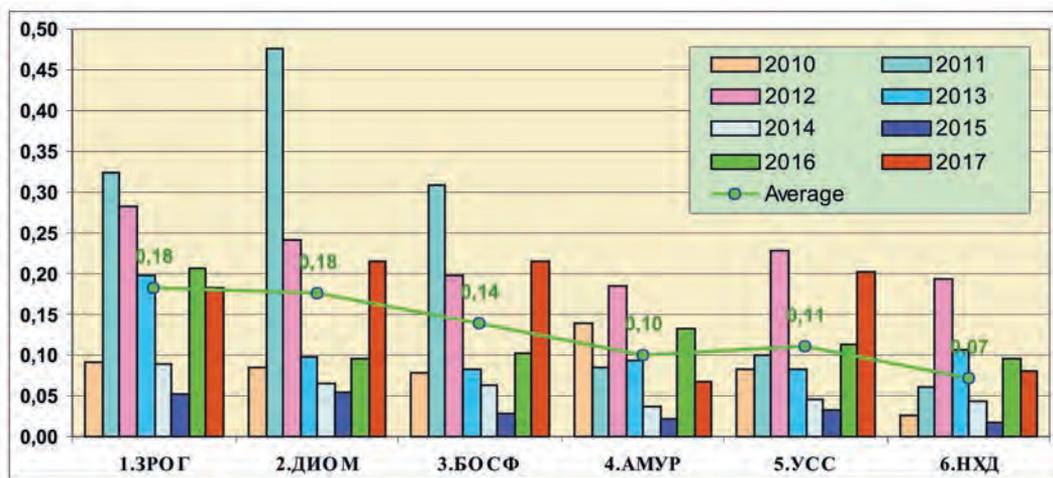


**Рис. 11.1.** *Схема расположения станций мониторинга в бухтах Золотой Рог и Диомид в 2017 г.*

симум — 14,3 мг/дм<sup>3</sup>, 1,4 ПДК, зафиксирован в мае на ст. № 14 в придонном слое. Значение биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) в толще воды бухты изменялось в диапазоне 1,0–7,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; максимум (3,3 ПДК) отмечен дважды 15 августа в вершине и средней части бухты на поверхности. Всего в 15 пробах из 39 значения превышали новый норматив ПДК-2016. Среднегодовое значение БПК<sub>5</sub> составило 2,7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что меньше прошлогодней в 1,6 раза. Прозрачность вод бухты не превышала 5 метров.



**Рис. 11.2.** Межгодовые изменения среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.: 1.ЗРОГ — бухта Золотой Рог, 2.ДИОМ — бухта Диомид, 3.БОСФ — пролив Босфор Восточный, 4.АМУР — Амурский залив, 5.УСС — Уссурийский залив, 6.НХД — залив Находка.



**Рис. 11.3.** Динамика среднегодовой концентрации нефтяных углеводородов (мкг/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.: 1 — бухта Золотой Рог, 2 — бухта Диомид, 3 — пролив Босфор Восточный, 4 — Амурский залив, 5 — Уссурийский залив, 6 — залив Находка.

В 2017 г. средний уровень загрязненности вод бухты Золотой Рог **нефтяными углеводородами** (НУ) изменился по сравнению с 2016 г. незначительно и снизился с 4,1 ПДК до 3,6 ПДК (табл. 11.1, рис. 11.2). Концентрация НУ превысила норматив в 79,5% проб, что меньше по сравнению с 2016 г. — 84,6%. В период проведения наблюдений концентрация НУ изменялась в диапазоне 0,02–0,51 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание НУ (10 ПДК, уровень ВЗ) зарегистрировано в мае на поверхностном горизонте ст. № 7. Среди всех контролируемых районов залива Петра Великого наибольшие значения средней концентрации нефтяных углеводородов впервые за много лет были зафиксированы не в бухте Золотой Рог, а на трех других участках залива (рис. 11.3).

По **визуальным наблюдениям** за состоянием поверхности морских вод бухты Золотой Рог местами наблюдался плавающий мусор и нефтяная плёнка интенсивностью 1–3 балла и густотой 10 баллов. В мае плёнка в 91–100% наблюдалась в районе станций № 1,7,11,12,14. В августе на ст. № 7 наблюдалась нефтяная пленка покрытием 81–90%, интенсивностью 2 балла и густотой 9 балла; на ст. № 1 наблюдалась пленка покрытием 70–80%, интенсивностью 2 балла и густотой 8 балла, на ст. № 12 наблюдалась пленка покрытием 61–70%, интенсивностью 1 балла и густотой 7 балла. Пленка покрытием 51–60%, интенсивностью 1 балла и густотой 6 балла, наблюдалась на ст. № 11, так же в августе.

Концентрация **фенолов** в бухте Золотой Рог в течение безледного периода изменялась в диапазоне 0,4–1,6 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение (1,6 ПДК) зарегистрировано на поверхностном горизонте в августе на ст. № 7. Среднегодовая концентрация фенолов осталась практически на уровне 2015–2016 гг.: 0,9 ПДК. Содержание фенолов превышало 1 ПДК в 25,7% проб воды; в 2016 г. этот показатель составил 20,5%.

Среднегодовое содержание **АПАВ** в 39 пробах воды из бухты составило 2,8 ПДК. Диапазон концентрации в поверхностном слое: 81 мкг/дм<sup>3</sup> в августе на ст. № 14–446 мкг/дм<sup>3</sup> в мае на ст. № 7. Максимальная концентрация была отмечена в октябре на горизонте 10 м на ст. № 14. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание АПАВ в водах бухты возросло с 2 до 2,8 ПДК. Следует отметить, что в течение последних двух лет наблюдается неуклонный рост уровня загрязненности вод бухты СПАВ. Так, в 2015 г. и во все предыдущие годы среднее содержание СПАВ держалось на уровне примерно 1 ПДК или меньше, а в 2016 г. произошло резкое (в 5 раз) повышение уровня загрязненности морских вод СПАВ с 0,4 до 2 ПДК.

В 2017 г. среднегодовая концентрация почти всех определяемых тяжелых **металлов** в водах бухты Золотой Рог не превышала норматива (табл. 11.1). Исключение составило железо, среднее содержание которого составило в водах бухты 1,1 ПДК. Максимальные значения превысили ПДК по цинку в 2,2 раза и железу в 4,3 раза, а по ртути достигали норматива. Максимальная концентрация ртути обнаружена в октябре в придонном слое на ст. № 7; здесь же в мае на поверхности отмечено наибольшее содержание цинка, а железа на соседней станции № 7.

**Таблица 11.1.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах бухты Золотой Рог в 2012–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Сред.	1,2/	0,2/	0,3/	-/	0,3/	7,1/	19,0/	76,6/	0,3/	0,01/
	0,8/	0,2/	0,2/	0/	0,3/	6,0/	5,4/	27,7/	0,3/	0,00/
	1,5/	0,5/	0,2/	0/	1,6/	21,4/	10,5/	32,6/	0,6/	0,023/
	1,6/	0,2/	0,2/	-/	0,7/	19,1/	5,7/	33,9/	-/	0,026/
	1,8/	0,6/	1,3/	-/	0,5/	9,1/	6,0/	24,7/	-/	0,041/
	1,6	0,3	0,8	-	0,8	17,0	2,0	55,6	-	0,04
Макс.	6,3/	1,2/	5,5/	0,1/	0,9/	31/	73,0/	624/	1,5/	0,12/
	2,3/	0,7/	1,9/	0/	0,5/	55/	29,0/	220/	1,2/	0,01/
	4,9/	7,9/	2,2/	0/	7,3/	100/	103,0/	181/	4,3/	0,34/
	6,1/	2,1/	0,7/	-/	6,0/	61,0/	33,0/	99,0/	-/	0,09/
	4,7/	2,3/	16,0/	-/	2,3/	23,0/	36,0/	47,0/	-/	0,16/
	3,9	3,2	3,5	-	1,5	112	12,0	214	-	0,10

ПДК сред.	0,24/ 0,16/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ – –	<0,1/ <0,1/ <0,16/ <0,1/ <0,1/ <0,1	0,14/ 0,12/ 0,4/ 0,4/ 0,2/ 0,3	0,38/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,1/ <0,1	1,5/ 0,5/ 0,65/ 0,7/ 0,5/ 1,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –/ – –	0,1/ <0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,4/ 0,4
ПДК max.	<b>1,26</b> / 0,46/ <b>1,0</b> / <b>1,2</b> / 0,9/ 0,8	0,12/ <0,1/ 0,8/ 0,2/ 0,2/ 0,3	0,55/ 0,2/ 0,2/ 0,1/ <b>1,6</b> / 0,35	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –/ – –	<0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,6/ 0,2/ 0,15	0,6/ 1,1/ <b>2,0</b> / <b>1,2</b> / 0,5/ <b>2,2</b>	<b>1,46</b> / 0,6/ <b>2,0</b> / 0,7/ 0,7/ 0,2	<b>12,5</b> / <b>4,4</b> / <b>3,6</b> / <b>2,0</b> / 0,9/ <b>4,3</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –/ – –	<b>1,2</b> / 0,1/ <b>3,4</b> / 0,9/ <b>1,6</b> / <b>1,0</b>

Концентрация аммонийного азота в толще вод бухты Золотой Рог изменялась в диапазоне 19–1002 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум всех форм азота был отмечен в поверхностном слое в мае в вершине бухты вблизи устья реки Объяснение на ст. № 1. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание аммонийного азота снизилось в 1,4 раза и составило 163,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация нитритного азота в толще воды снизилась с 10,43 до 6,3 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная составила 35,0 мкг/дм<sup>3</sup> (1,8 ПДК). Среднее содержание нитратов снизилось с 46,83 до 32,09 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум — 142 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения общего азота в бухте Золотой Рог изменялись в пределах 759–2774 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация снизилась с 1190,6 до 1090,4 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация органического азота составила 882 мкг/дм<sup>3</sup>, значения варьировали в диапазоне 113–1703 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 2017 г. среднегодовая концентрация минерального (фосфатов) и общего фосфора составила 36,2 и 42,9 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно; как и всех форм азота максимальные величины — 136 и 164 мкг/дм<sup>3</sup> — были отмечены в мае на ст. № 1 в вершине бухты. По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание минерального фосфора снизилось в 1,5 раза, а среднегодовое содержание общего фосфора осталось на уровне 2016. Среднегодовое содержание кремния в бухте Золотой Рог незначительно снизилось с 590 мкг/дм<sup>3</sup> до 500,4 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация (1714 мкг/дм<sup>3</sup>) была зафиксирована в августе на ст. № 1.

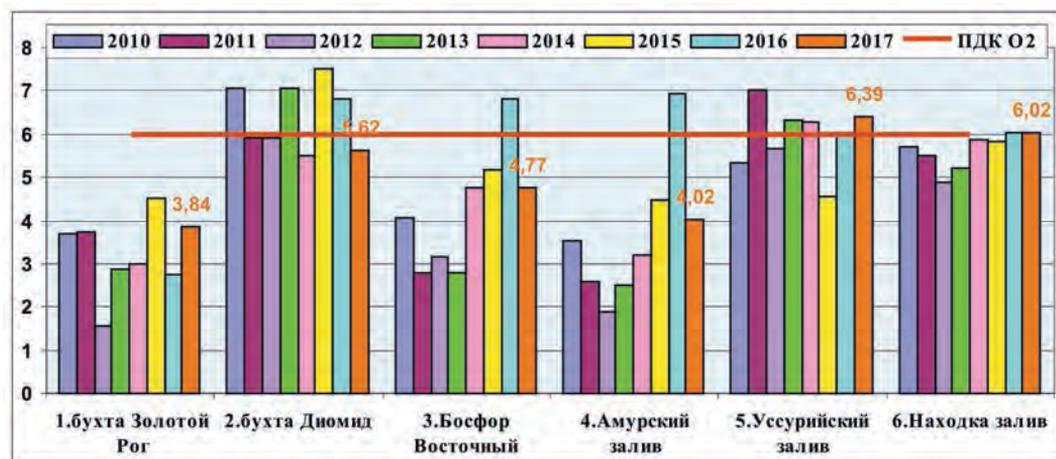


Рис. 11.4. Динамика минимальной концентрации растворенного в воде кислорода (мкгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.

Содержание растворенного в воде кислорода в течение периода наблюдений изменялось в пределах от 3,84 мкгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> до 9,57 мкгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (51,7–122,3% насыщения), а в среднем за год составило 7,60 мкгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (90,4% насыщения). В теплое время года в августе и октябре кис-

лородный режим в водах бухты ухудшался. В этот период было отмечено 6 случаев, когда концентрация растворенного кислорода была ниже  $6 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Абсолютный минимум был зафиксирован в августе 2017 г. на ст. № 1 в поверхностном слое —  $3,84 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , что ниже норматива в 1,6 раза.

В 2017 г. качество вод бухты Золотой Рог по ИЗВ почти не изменилось по сравнению с 2016 г. (рис. 11.16). В абсолютном выражении индекс немного вырос внутри V класса («грязные») с 2,06 до 2,13. Приоритетными загрязняющими веществами являются нефтяные углеводороды, детергенты, растворенное органическое вещество по БПК<sub>5</sub>, железо, цинк и ртуть. Воды бухты также весьма мутные с высокой концентрацией взвешенных веществ. Содержание растворенного в воде кислорода в целом пониженное, а в период августа — октября шесть раз было ниже норматива (табл. А.4).

В бухте Золотой Рог в мае и октябре 2017 г. было отобрано 10 проб **донных отложений**. Грунты в бухте почти на всех станциях илистые, с сильным запахом и маслянистыми вкраплениями нефтепродуктов. Содержание нефтяных углеводородов в пробах изменялось в пределах 3560–29 900 мкг/г, составив в среднем 12 860 мкг/г. Среднегодовое содержание НУ по сравнению с 2016 г. повысилось в 1,3 раза. В 2005 — 1440 мкг/г; 2006 — 12 850; 2007 — 15 830; 2008 — 4900; 2009 — 8150; 2010 — 8350; 2011 — 8930; 2012 — 6966; 2013 — 6136; 2014 — 10 524; 2015 — 13 089; 2016 — 10 080 мкг/г. Средняя величина превышала допустимый уровень концентрации нефтяных углеводородов (ДК) почти в 258 раз (табл. А.5). Максимальное значение (598 ДК) было отмечено в мае в районе ст. № 7 (центральный район бухты, станция расположена вблизи строящейся гостиницы). Эта станция из года в год является самой загрязнённой НУ, в 2017 г. на этой станции средняя концентрация нефтяных углеводородов в донных отложениях составила 519 ДК (25 950 мкг/г сухого остатка). Превышение допустимого уровня концентрации отмечалось в 100% проб. Содержание фенолов изменялось в пределах 2,6–6,7 мкг/г; в среднем — 4,6 мкг/г; в 2016 г. этот показатель составил 5,0 мкг/г. Максимум отмечен в октябре на ст. № 7 в центральной части бухты Золотой Рог.

В 2017 г. в ходе определения уровня загрязнённости донных отложений бухты Золотой Рог **пестицидами** было обнаружено, что концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в пробах изменялась в диапазоне от 0,8 до 5,7 нг/г сухого вещества; в среднем — 2,8 нг/г, что в 4 раза больше, чем в 2016 году. Концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ была в диапазоне 1,0–6,6 нг/г (132 ДК), а в среднем составила 3,8 нг/г (76 ДК); по сравнению с 2016 г. среднее содержание линдана повысилось более, чем в 6 раз. Максимальная концентрация как  $\alpha$ -ГХЦГ, так и  $\gamma$ -ГХЦГ была зафиксирована в вершине бухты на ст. № 1.

Средняя и максимальная концентрация ХОП группы ДДТ составила: ДДТ — 12,3 и 63,4 нг/г; ДДЭ — 15,8 и 48,9 нг/г; ДДД — 16,9 и 83,7 нг/г. Среднее содержание ДДТ повысилось более чем в 5 раз по сравнению с 2016 г.; ДДЭ — в 2 раза, а среднее содержание ДДД снизилось в 2 раза. Среднегодовая суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ в донных отложениях бухты Золотой Рог не изменилась по сравнению с 2016 г. и составила 45,0 нг/г или 18 ДК, (2016–44,3 нг/г или 17,7 ДК, а в 2015 г. этот показатель составил 12,7 ДК); максимальная — 196 нг/г (78 ДК). Анализ загрязнения донных осадков различных акваторий залива Петра Великого пестицидами группы ДДТ свидетельствует о том, что наибольшие значения во все годы были зафиксированы в расположенных в пределах Владивостока и в наибольшей степени подверженных загрязнению бухтах Золотой Рог и Диомид, а также в проливе Босфор Восточный (рис. 11.5). В остальных районах залива Петра Великого уровень загрязнённости донных осадков пестицидами группы ДДТ существенно ниже. Следует отметить значительное многократное превышение максимальных значений в отдельных пробах на всех участ-

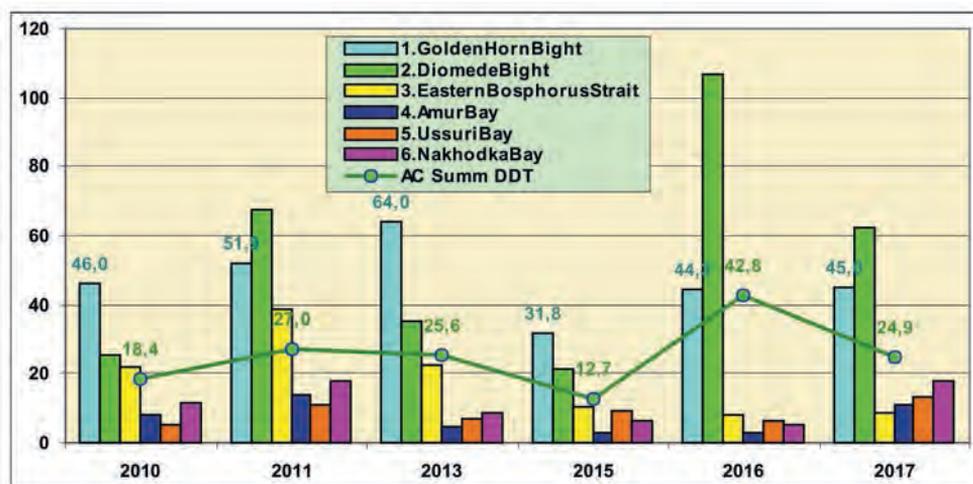


Рис. 11.5. Изменение средней суммарной концентрации пестицидов группы ДДТ (мкг/г и ДК — зеленая линия) в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2017 гг.

ках залива над среднегодовыми величинами. Почти всегда годовой экстремум фиксировался в бухте Золотой Рог.

Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях бухты Золотой Рог составила 5,9 нг/г сухого остатка, по сравнению с 2016 г. рост в 2,9 раза. В период наблюдений концентрация варьировала от 1,40 до 25,60 нг/г, максимум наблюдался в октябре на ст. № 22.

Средняя за 2017 год концентрация полихлорированных бифенилов (ПХБ) в донных отложениях бухты Золотой Рог составила в 605,6 нг/г (30,3 ДК), а в 2016 г. — 357,5 нг/г (17,9 ДК), в 2015 г. — 19,7 ДК; диапазон значений в 2017 г. — 240,2–1109,8 нг/г (85,5 ДК). Наиболее загрязнены ПХБ донные отложения в районе ст. № 7 практически в центре города Владивостока.

В 2017 г. в донных отложениях бухты Золотой Рог среднегодовая концентрация меди, свинца, кадмия, хрома и ртути увеличилась в 1,3–2,3 раза, содержание остальных металлов осталось на уровне прошлого года (табл. 11.2). Средняя величина кобальта, никеля и хрома была ниже уровня допустимой концентрации, а меди превысила ДК в 4 раза, кадмия — в 3,5 раза, свинца — в 2 раза, цинка — в 2,7 раза и ртути — в 3,7 раза. Максимальная концентрация свинца (4 ДК) и ртути (7 ДК) зарегистрирована в мае на ст. № 7, расположенной вблизи района строительства гостиницы. Здесь же в октябре были отмечены максимальные значения меди (12 ДК), цинка (6 ДК) и кадмия (11,6 ДК). Показатели органических загрязняющих веществ также были наибольшими в донных осадках на этой станции в центре Золотого Рога, что возможно связано со структурой отложений в этой части бухты.

Таблица 11.2. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Золотой Рог в 2011–2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Сред.	122,3/ 128,0/ 132,8/ 131,4/ 149,9/ 89,8/ 145,8	155,9/ 118,4/ 142,2/ 121,2/ 195,3/ 92,4/ 168,1	1,5/ 1,6/ 1,9/ 1,8/ 3,7/ 1,9/ 2,8	5,3/ 5,3/ 4,5/ 3,4/ 6,1/ 4,1/ 4,2	12,3/ 12,8/ 15,2/ 13,4/ 20,9/ 11,5/ 12,6	321/ 335/ 339,4/ 299,3/ 380,5/ 285,3/ 382,7	177/ 227/ 189,8/ 93,0/ 199,5/ 199,6/ 185,4	29632/ 33106/ 32871/ 27872/ 28742/ 25609/ 25024	39,7/ 41,6/ 39,4/ 37,9/ 76,0/ 37,6/ 16,6	0,65/ 0,81/ 0,46/ 0,69/ 1,54/ 0,68/ 1,07

Макс.	249/ 275/ 242/ 310/ 280,0/ 161,0/ 416	340/ 265/ 368/ 273/ 439/ 181/ 351	3,5/ 3,9/ 3,7/ 3,9/ 6,2/ 3,6/ 9,3	7,7/ 7,2/ 5,8/ 6,1/ 14,0/ 6,8/ 6,0	19/ 15/ 20/ 21/ 32,0/ 18,0/ 16	603/ 559/ 612/ 678/ 611,0/ 441/ 832	357/ 458/ 388/ 207/ 321,0/ 522,0/ 294,0	51076/ 35317/ 35957/ 34982/ 35161/ 30735/ 27690	58/ 59/ 68/ 59/ 130,0/ 87,0/ 25	1,74/ 1,32/ 1,84/ 1,21/ 5,27/ 1,84/ 2,1
ДК* сред.	3,5/ 3,7/ 3,8/ 3,7/ 4,3/ 2,6/ 4,1	1,8/ 1,4/ 1,7/ 1,4/ 2,3/ 1,1/ 2	1,9/ 2,0/ 2,4/ 2,3/ 4,6/ 2,4/ 3,5	0,3/ 0,3/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,2	0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,6/ 0,3/ 0,36	2,3/ 2,4/ 2,4/ 2,1/ 2,7/ 2,0/ 2,7	-	-	0,4/ 0,4/ 0,39/ 0,38/ 0,76/ 0,4/ 0,17	2,2/ 2,7/ 1,5/ 2,3/ 5,1/ 2,3/ 3,7
ДК max.	7,1/ 7,9/ 6,9/ 8,9/ 8,0/ 4,6/ 11,9	4,0/ 3,1/ 4,3/ 3,2/ 5,2/ 2,1/ 4,1	4,4/ 4,9/ 4,6/ 4,9/ 7,75/ 4,5/ 11,6	0,4/ 0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,7/ 0,3/ 0,3	0,5/ 0,4/ 0,6/ 0,6/ 0,9/ 0,5/ 0,46	4,3/ 4,0/ 4,4/ 4,8/ 4,4/ 3,1/ 5,9	-	-	0,6/ 0,6/ 0,68/ 0,6/ 1,3/ 0,9/ 0,25	5,8/ 4,0/ 6,1/ 4,0/ 17,6/ 6,1/ 7,0
* выделенные значения выше ДК.										

#### 11.4. Бухта Диомид

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

В 2017 г. гидрохимические наблюдения в бухте Диомид проводились в мае, августе и октябре на одной ст. № 22 (рис. 11.1), всего отобрано 6 проб воды и 2 пробы грунта. Среднегодовая **температура** воды в бухте Диомид составила 15,97 °С. Значения на поверхностном горизонте изменялись от 13,7 °С до 24,0 °С, в придонном слое — 10,0–22,2 °С. Соленость изменялись от 16,890‰ в августе на поверхности до 33,140‰ в октябре на глубине 12 м; среднее значение составило 29,625‰; 2016 г. — 32,053‰. Показатель pH варьировал от 8,05 в августе до 8,24 в августе, в среднем — 8,15; в прошлом году — 8,16. Содержание взвешенных в воде частиц изменялось в диапазоне 3,8–13,2 мг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК), максимум отмечен в августе на поверхности; средняя величина составила 7,33 мг/дм<sup>3</sup>. В 2017 г. показатель биохимического потребления кислорода за пять суток (БПК<sub>5</sub>) снизился по сравнению с 2016 г. с 4,17 до 2,83 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК); максимальное значение (5,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 2,4 ПДК) зарегистрировано в августе. Прозрачность воды бухты не более 3 м.

Среднегодовое содержание **нефтяных углеводородов** составило 4,4 ПДК (0,22 мг/дм<sup>3</sup>), а диапазон изменений составил 0,05–0,45 мг/дм<sup>3</sup> (табл. 11.1). По сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание НУ в исследуемом районе повысилось в 2,2 раза с 1,9 до 4,2 ПДК. Максимальная концентрация (9 ПДК) зарегистрирована в мае на горизонте 10,5 м. Превышение ПДК отмечено в 83,3% проб. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности

морских вод бухты Диомид в мае и ноябре покрытие нефтяной пленкой составило более 91%, с густотой 10 баллов и интенсивностью 4 и 2 балла соответственно. В августе покрытие нефтяной пленкой составило 51–60%, с густотой 6 баллов и интенсивностью 1 балл.

Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,5–1,7 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание составило 0,9 ПДК; максимум зафиксирован в мае в поверхностном слое — 1,7 ПДК; норматив был превышен в двух пробах. Уровень загрязненности морских вод фенолами почти не изменился по сравнению с прошлым годом (рис. 11.6). Концентрация АПАВ в шести отобранных для анализа пробах воды варьировала в диапазоне 1–3,1 ПДК (310 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая величина — 2,4 ПДК — практически не изменилась по сравнению с 2016 г. Максимальная концентрация превысила ПДК в 3,1 раза и наблюдалась в октябре на поверхностном горизонте. В 2017 г. среднегодовая концентрация тяжелых металлов в водах бухты не превышала норматива. Максимальная концентрация железа превысила ПДК в 2 раза и была отмечена в октябре на горизонте 12 м.

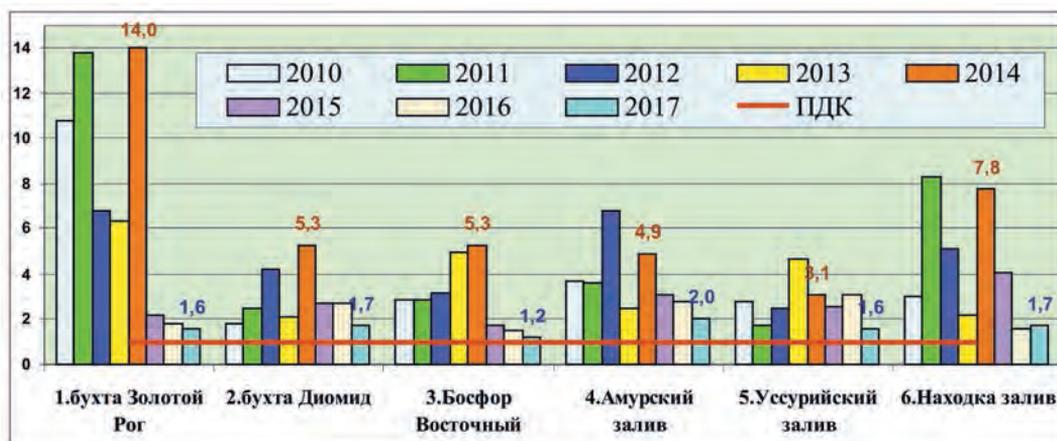


Рис. 11.6. Динамика средней концентрации фенолов (мкг/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.

Содержание аммонийного азота изменялось в пределах 22–131 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 71,2 мкг/дм<sup>3</sup> (<0,1 ПДК), что в абсолютном выражении в 1,3 раза ниже уровня 2016 г. В 2017 г. среднее содержание нитритов, нитратов и общего азота в морской воде составило 3,0 (в 2016 г. — 2,5), 16,8 (22,7) и 1102 мкг/дм<sup>3</sup> (940 мкг/дм<sup>3</sup>); максимальное — 4,6, 47,0 и 1236 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно. По сравнению с 2016 г. средняя концентрация нитритов и общего азота незначительно повысилась, нитратов — снизилась в 1,35 раза. Среднегодовая концентрация органического азота составила 1011 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — 1197 мкг/дм<sup>3</sup>; по сравнению с 2016 г. среднее содержание органического азота повысилось в 1,2 раза (2016 г. — 822 мкг/дм<sup>3</sup>).

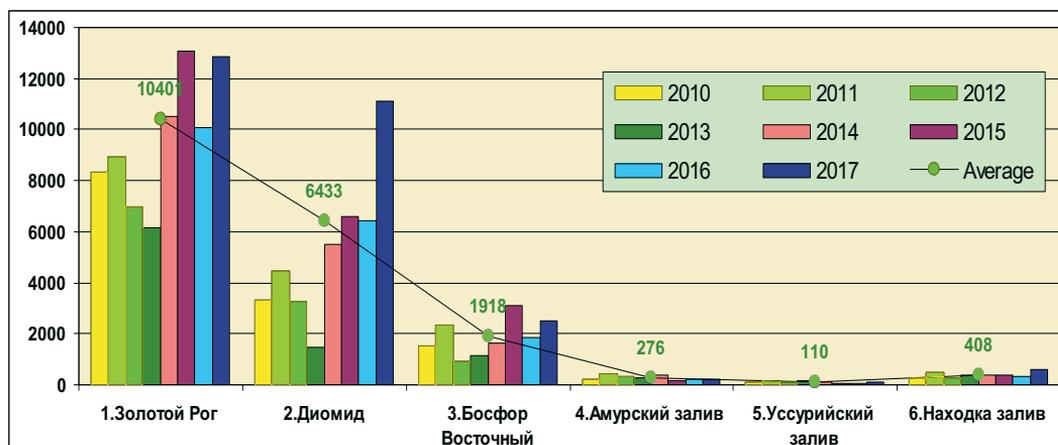
В период проведения работ концентрация **фосфатов** была в диапазоне 13,0–33,0 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя 23,2 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре. Содержание общего фосфора изменялось в диапазоне 16,0–38,0 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре. Среднее значение (26,7 мкг/дм<sup>3</sup>) повысилось по сравнению с 2016 г. в 1,8 раза. По сравнению с прошлым годом концентрация фосфатов незначительно снизилась с 25 до 23 мкг/дм<sup>3</sup>, а общего фосфора напротив повысилась почти в 2 раза. Содержание кремния изменялось в пределах 209–1114 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за год 463 мкг/дм<sup>3</sup>, что практически соответствует значению 2016 г. (405 мкг/дм<sup>3</sup>); максимум зафиксирован в августе на поверхностном горизонте. В последние три года от-



мечено неуклонное увеличение содержания кремния в водах бухты Диомид: среднегодовое содержание в 2014–2017 гг. было 187,6/289,2/405/463 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно.

Среднегодовая концентрация растворенного **кислорода** составила 7,80 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (94% насыщения). Минимальное значение (5,61 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> или 77,5,0% насыщения) было отмечено в августе. По индексу загрязненности вод ИЗВ (2,24 — V класс, «грязные») качество вод бухты Диомид ухудшилось по сравнению с 2016 г. (1,58, IV класс, «загрязненные») за счет повышения уровня загрязненности вод НУ. Приоритетными ЗВ были нефтяные углеводороды, детергенты и растворенное органическое вещество. Концентрация тяжелых металлов в водах бухты не превышала норматива, кроме максимального содержания железа — 2,0 ПДК.

В 2017 г. в бухте Диомид в мае и октябре было отобрано две пробы **донных отложений**. В майской пробе содержание нефтяных углеводородов составило 13 850 мкг/г сухого вещества (277 ДК), в октябрьской — 8350 мкг/г; среднее — 11 100 мкг/г (222 ДК). По сравнению с 2016 г. среднее содержание увеличилось в 1,7 раза (рис 11.7). В последние 10 лет уровень загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений бухты Диомид имеет тренд к повышению. Среднегодовая концентрация НУ в донных отложениях бухты Диомид составила в 2005 — 310 мкг/г; 2006 — 5380; 2007 — 5340; 2008 — 2790, 2009 — 6660; 2010 — 3300; 2011 — 4470; 2012 — 2860; 2013 — 1460; 2014 — 5510; 2015 — 6610; 2016 — 6440; 2017 — 11 100 мкг/г (222 ДК). Превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. Содержание фенолов в майской и октябрьской пробах составило 2,7 и 3,8 мкг/г соответственно, среднее — 3,3 мкг/г, что в 1,7 раза ниже уровня 2016 г. (5,45 мкг/г).



**Рис. 11.7.** Многолетние изменения суммарной концентрации нефтяных углеводородов (мкг/г) и среднее значение в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2017 гг.

В 2017 г. содержание **α-ГХЦГ** в донных отложения бухты Диомид составило в двух пробах 8,8 и 3,6 нг/г, в среднем — 6,2 нг/г; это почти в 8 раз больше прошлогоднего значения (0,78 нг/г). Концентрация **γ-ГХЦГ** в мае составила 2,9 нг/г, в октябре — 46,9 нг/г (938 ДК), среднее содержание — 24,9 (498 ДК), что выше уровня 2016 г. в 62 раза. Концентрация **ДДТ** в осадках залива составила: в мае 6,4 нг/г, в октябре 10,8 нг/г; в среднем — 8,6 нг/г (в 2016 г. — 12,1); **ДДЭ** — 7,9 и 40,6 нг/г; в среднем — 24,3 нг/г (в 2016 г. — 24,2); **ДДД** — 5,5 и 53,1 нг/г;

в среднем — 29,3 нг/г (в 2016 г. — 70,8). В бухте Диомид в 2017 г. суммарная концентрация пестицидов группы ДДТ составила 62,2 нг/г или 24,9 ДК, а в 2016 г. — 42,8 ДК. По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений бухты Диомид пестицидами группы ДДТ снизился почти в 2 раза (рис. 11.5). Средняя концентрация ПХБ составила 828,5 нг/г (41,4 ДК), что ниже уровня прошлого года (64,8 ДК) в 1,5 раза. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях составила 15,9 нг/г.

Загрязнение донных отложений бухты Диомид тяжелыми **металлами** было традиционно высоким (табл. 11.3). Ниже принятого норматива ДК было среднее содержание кобальта и хрома. Для всех остальных металлов ДК была многократно превышена. По сравнению с 2016 г. повысилось среднее содержание меди, кадмия, никеля и ртути. Особенно резко возросло среднее содержание меди — в 2 раза и ртути — в 2,3 раза. Среднее содержание свинца и цинка снизилось в 1,6 раза. А уровень загрязненности донных отложений хромом вернулся к показателям 2014–2015 гг., когда его среднее содержание было меньше принятого для оценки норматива ДК.

**Таблица 11.3.** Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях бухты Диомид в 2011–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Сред.	203,3/ 268,7/ 360,5/ 185,0/ 261,0/ 638,5/ 1231,0	142,3/ 240,3/ 245,0/ 111,0/ 169,0/ 350,5/ 224,5	4,1/ 2,6/ 1,5/ 2,2/ 2,6/ 3,8/ 4,3	4,0/ 6,0/ 4,2/ 3,0/ 2,5/ 15,1/ 8,2	12,1/ 11,7/ 15,0/ 11,5/ 12,5/ 42,0/ 77,5	293/ 425/ 877,5/ 324,5/ 490,5/ 2202,0/ 1367,5	106/ 133/ 169/ 128/ 55,5/ 860,0/ 337,0	22076/ 22602/ 37401/ 26080/ 26146/ 37838/ 35998	153/ 239/ 194,5/ 76,0/ 69,0/ 359,5/ 66,0	0,55/ 1,59/ 0,32/ 0,15/ 0,64/ 0,55/ 1,27
Макс.	405/ 457/ 504/ 278/ 402/ 1098/ 1473,0	259/ 477/ 369/ 150/ 270/ 487/ 249,0	9,5/ 3,7/ 2,7/ 3,4/ 4,4/ 4,2/ 4,8	6,9/ 8,5/ 5,2/ 3,9/ 2,8/ 22,0/ 11,0	19,0/ 14,0/ 19,0/ 13,0/ 14,0/ 49,0/ 135,0	533/ 708/ 1422/ 458/ 800/ 2633/ 1705,0	140/ 139/ 211/ 136/ 97/ 1427/ 424,0	34843/ 25233/ 48487/ 30579/ 35324/ 54941/ 39079	399/ 428/ 309/ 111/ 84/ 468,0/ 68,0	0,82/ 3,87/ 0,36/ 0,17/ 0,94/ 0,57/ 1,31
ДК сред.	<b>5,8/ 7,7/ 10,3/ 5,3/ 7,5/ 18,2/ 35,2</b>	<b>1,7/ 2,8/ 2,9/ 1,3/ 2,0/ 4,1/ 2,6</b>	<b>5,1/ 3,3/ 1,9/ 2,75/ 3,25/ 4,75/ 5,4</b>	0,2/ 0,3/ 0,2/ 0,15/ 0,1/ 0,8/ 0,4	0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,36/ 1,2/ 2,2	<b>2,1/ 3,0/ 6,3/ 2,3/ 3,5/ 15,7/ 9,8</b>	-	-	<b>1,5/ 2,4/ 1,95/ 0,8/ 0,7/ 3,6/ 0,66</b>	<b>1,8/ 5,3/ 1,2/ 0,5/ 2,1/ 1,8/ 4,2</b>
ДК max.	<b>11,6/ 13,1/ 14,4/ 7,9/ 11,5/ 31,4/ 42</b>	<b>3,0/ 5,6/ 4,3/ 1,8/ 3,2/ 5,7/ 2,9</b>	<b>11,9/ 4,6/ 3,4/ 4,25/ 5,5/ 5,25/ 6</b>	0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,19/ 0,14/ 1,1/ 0,55	0,5/ 0,4/ 0,5/ 0,4/ 0,4/ 1,4/ 3,9	<b>3,8/ 5,1/ 10,2/ 3,3/ 5,7/ 18,8/ 12,2</b>	-	-	<b>4,0/ 4,3/ 3,0/ 1,1/ 0,8/ 4,7/ 0,7</b>	<b>2,7/ 12,9/ 1,2/ 0,5/ 3,1/ 1,9/ 4,4</b>

\* выделенные значения выше ДК.

## 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



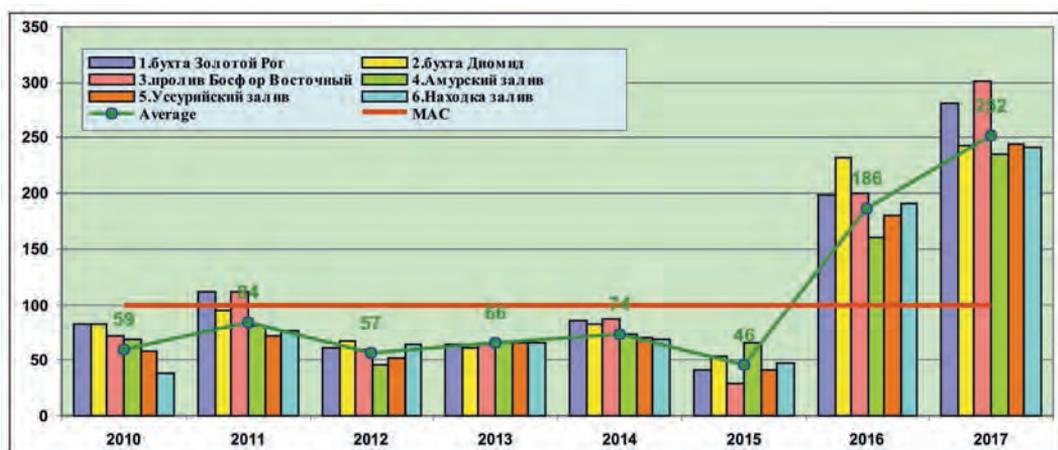


Рис. 11.9. Межгодовая динамика средней концентрации поверхностно-активных веществ (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.

сти нефтепродуктами на 51–60%, с плотностью 6 баллов и интенсивностью 6 баллов. Концентрация фенолов в пробах воды в 2017 г. варьировала от 0,4 до 1,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание не изменилось по сравнению с 2016 г. и составило 0,8 ПДК. Максимум отмечен в августе в районе мыса Безымянный вблизи о. Елены на ст. № 23 в придонном слое. Превышение ПДК отмечено в 25,9% проб. Концентрация анионных поверхностно-активных веществ (АПАВ) в морских водах была в пределах 128–638 мкг/дм<sup>3</sup> (6,4 ДК). Среднее содержание АПАВ повысилось по сравнению с 2016 г. с 2 до 3 ПДК (рис. 11.9). Максимальное значение было отмечено в октябре на ст. № 19 в бухте Улисс у дна. Характерным для всей акватории залива Петра Великого является значительное увеличение содержания детергентов в последние два года.

Таблица 11.4. Средняя и максимальная концентрации тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах пролива Босфор Восточный в 2012–2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Сред.	0,8/ 0,6/ 1,4/ 3,1/ 2,0/ 1,7	0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,1/ 0,64/ 0,3	0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,16/ 0,8/ 0,96	0/ 0 0 –	0,3/ 0,3/ 1,0/ 0,69/ 0,66/ 1,1	6,9/ 5,7/ 11,8/ 26,7/ 9,6/ 18,2	16,8/ 4,4/ 5,3/ 3,8/ 4,95/ 4,6	84,1/ 27,6/ 26,6/ 27,0/ 26,9/ 62,3	0,8/ 0,4/ 0,5/ –	0,0/ 0,0/ 0,03/ 0,022/ 0,041/ 0,04
Макс.	2,3/ 1,4/ 3,7/ 55/ 3,3/ 5,2	0,4/ 0,8/ 1,0/ 0,5/ 2,9/ 0,8	0,5/ 0,56/ 0,4/ 0,4/ 6,6/ 3,8	0,1/ 0/ 0/ –	0,7/ 0,5/ 2,9/ 6,5/ 1,4/ 2,8	113/ 118/ 38/ 301/ 27,0/ 89,0	111/ 46/ 31/ 13/ 23,0/ 43,0	711/ 302/ 91/ 45/ 81,0/ 155	12/ 2,9/ 1,1/ –	0,02/ 0,0/ 0,40/ 0,05/ 0,28/ 0,10
ПДК сред.	0,16/ 0,12/ 0,3/ 0,6/ 0,4/ 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,096	<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	0,3/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1	<b>1,7</b> / 0,6/ 0,5/ 0,5/ 0,5/ <b>1,2</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,2/ 0,4/ 0,4
ПДК max.	0,5/ 0,28/ 0,7/ <b>11,0</b> / 0,66/ <b>1,0</b>	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,1	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,66/ 0,4	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –	<0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,65/ 0,1/ 0,3	<b>2,3</b> / <b>2,4</b> / 0,8/ <b>6,0</b> / 0,5/ <b>1,8</b>	<b>2,2</b> / 0,9/ 0,6/ 0,26/ 0,5/ 0,9	<b>14,2</b> / <b>6,0</b> / <b>1,8</b> / 0,9/ <b>1,6</b> / <b>3,1</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ –	0,2/ <0,1/ <b>4,0</b> / 0,5/ <b>2,8</b> / <b>1,0</b>

Среднегодовая концентрация почти всех определяемых в водах пролива Босфор Восточный **металлов** не превышала 1 ПДК (табл. 11.4). Лишь среднее содержание железа составило в 2017 г. 1,2 ПДК (62,3 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация железа превысила ПДК в 3,1 раза и была зафиксирована в августе на ст. № 18 в придонном слое. Превышение ПДК зафиксировано по цинку в бухте Улисс в октябре. Максимум по меди составил 1 ПДК в августе в бухте Улисс, по ртути — 1 ПДК в октябре на ст. № 18. По сравнению с 2016 г. уровень загрязнения вод пролива тяжелыми металлами практически не изменился.

Концентрация биогенных элементов в водах пролива в период проведения работ была в пределах естественных межгодовых изменений. Содержание аммонийного **азота** изменялось в диапазоне 17–307 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее значение (91,4 мкг/дм<sup>3</sup>) не превышало 0,1 ПДК. Среднегодовая концентрация нитритов по сравнению с 2016 г. незначительно повысилась с 2,3 до 3,6 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум был отмечен в августе в бухте Улисса и составил в поверхностном слое 9,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Диапазон значений нитратного азота был широким: от 3,5 до 116 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. № 18 в придонном слое. Среднегодовая концентрация по сравнению с 2016 г. снизилась с 33,15 до 29,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения общего азота изменялись в диапазоне 767–1672 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 1151,5, что в 1,2 раза выше, чем в 2016 г. (958,5 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимум был зарегистрирован в августе на ст. № 19 (бухта Улисса) на горизонте 10 м. Среднегодовая концентрация органического азота в 2017 г. составила 1022 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 898 мкг/дм<sup>3</sup>), содержание органического азота изменялось в пределах 726–1567 мкг/дм<sup>3</sup>.

В 2017 г. отмечено дальнейшее повышение среднегодового содержания минерального **фосфора**; в 2010–2016 гг. эти значения составили — 10,8; 5,2; 9,6; 10,8, 15,6, 16,3 и 22,08 мкг/дм<sup>3</sup> соответственно по годам. В 2017 г. среднее значение фосфатов стало в 1,1 раза больше и составило 24,68 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация фосфатов (70,0 мкг/дм<sup>3</sup>) была отмечена в августе на ст. № 23 в придонном слое. Значения общего фосфора изменялись от 13 до 78 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в одной пробе с наибольшим содержанием минерального фосфора. Средняя величина повысилась в 1,3 раза и составила в 2017 г. 29,74 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовая концентрация органического фосфора в толще вод пролива Босфор Восточный уменьшилась в 2 раза и составила 5,1 мкг/дм<sup>3</sup>, концентрация в пробах изменялась от 1,0 до 22,0 мкг/дм<sup>3</sup>.

Концентрация **кремния** изменялась в широком диапазоне от 175 до 3456 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в августе на ст. № 23 в поверхностном слое; средняя концентрация составила 714,5 мкг/дм<sup>3</sup>, что выше прошлогоднего значения в 1,5 раза (476,3 мкг/дм<sup>3</sup>).

В 2017 г. среднее содержание растворенного **кислорода** в водах пролива Босфор Восточный снизилось с 8,65 до 7,85 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (89,3% насыщения). Минимальное значение было зарегистрировано в августе на ст. № 23 (4,77 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 57,5% насыщения), что ниже норматива в 1,3 раза. Третий год подряд наблюдается устойчивый тренд к ухудшению кислородного режима.

По **ИЗВ** (2,36; V класс, «грязные») качество вод пролива Босфор Восточный в 2017 г. существенно ухудшилось. Приоритетными ЗВ в этом районе являются нефтяные углеводороды, АПАВ, фенолы, органическое вещество, железо и ртуть. Ухудшение кислородного режима также существенно повлияло на качество вод.

В проливе Босфор Восточный в 2016 г в мае и октябре было отобрано шесть проб **донных отложений**. Содержание нефтяных углеводородов находилось в пределах 1330–3540 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 2523 мкг/г (50,5 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности повысился в 1,4 раза. Максимальная концентрация в 2017 г. превысила ДК в 71 раз и была зафиксирована в бухте Улисс в октябре; в 2016 г. максимум составил 57 ДК.

В предыдущие годы средняя концентрация составила: в 2005 — 120; 2006 — 820; 2007 — 2560; 2008 — 1780; 2009 — 2690, 2010 — 1510, 2011 — 2343, 2012 — 902, 2013 — 1050, 2014 — 1625, 2015 — 3107, 2016 — 1840 мкг/г сухого остатка. В 2017 г. превышение допустимого уровня концентрации наблюдалось в 100% проб. В 2017 г. уровень загрязненности донных отложений пролива фенолами повысился с 3,47 до 4,9 мкг/г, при диапазоне концентрации 2,9–4,9 мкг/г. Максимальное значение зарегистрировано в мае на ст. № 23.

Содержание **пестицидов** группы ГХЦГ в донных отложениях пролива в период проведения работ находилось в следующих пределах:  $\alpha$ -ГХЦГ — 0,3–2,8 нг/г сухого остатка, составив в среднем 0,9 нг/г;  $\gamma$ -ГХЦГ — 0,24–3,00 нг/г, в среднем 1,30 нг/г (26 ДК). По сравнению с 2016 г. среднее содержание  $\alpha$ -ГХЦГ практически не изменилось, а  $\gamma$ -ГХЦГ повысилось в 3,6 раза; максимум  $\gamma$ -ГХЦГ (60 ДК) зафиксирован в октябре на ст. № 18. Концентрация ДДТ была в диапазоне 1,1–3,6 нг/г, в среднем 2,2 нг/г; ДДЭ — 0,0–13,4 нг/г (5,0 нг/г); ДДД — 0,3–2,1 нг/г (1,4 нг/г). Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ составило в 2017 г. 8,6 нг/г (3,4 ДК), а максимальное достигало 19,10 нг/г (7,6 ДК). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений пестицидами группы ДДТ не изменился.

Концентрация **ПХБ** в донных отложениях изменялась от 34,4 до 206,4 нг/г, составив в среднем 120,7 нг/г (6 ДК). Наиболее сильно загрязнены полициклическими хлорированными бифенилами донные отложения в бухте Улисс. Именно в этом районе зафиксировано максимальное значение — более 10 ДК. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях пролива Босфор Восточный составила 0,3 нг/г, а максимальная составила 0,9 нг/г и была отмечена в мае на ст. № 19 в бухте Улисс.

В 2017 г. среднегодовая концентрация марганца, меди, кадмия, цинка и ртути по сравнению с 2016 г. увеличилась в 1,2–2 раза; свинца, кобальта и хрома снизилась, а никеля и железа — не изменилась (табл. 11.5). Средняя концентрация ртути составила 1,6 ДК (увеличение в 2 раза); максимум ртути был зафиксирован в мае на ст. № 18. Среднегодовая концентрация кадмия превысила ДК в 2,5 раза; максимальная — в 9,25 раза и была зафиксирована в октябре на ст. № 23.

**Таблица 11.5.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях пролива Босфор Восточный и бухты Улисс в 2010–2017 гг.

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

ДК	1,7/	3,0/	1,0/	0,2/	0,6/	1,2/	-	-	0,4/	3,5/
max	2,8/	5,6/	0,9/	1,7/	0,6/	0,96/			0,4/	1,5/
	1,8/	0,8/	1,0/	0,3/	0,4/	1,3/			0,4/	25,3/
	1,5/	0,6/	1,0/	0,18/	0,5/	1,6/			0,4/	0,7/
	1,5/	1,96/	1,0/	0,15/	0,6/	1,6/			0,3/	1,7/
	2,25/	1,5/	4,25/	0,7/	0,8/	1,4/			0,85/	5,1/
	1,5/	0,8/	1,6/	0,55/	0,5/	1,2/			0,4/	1/
	1,5	0,7	9,25	0,2	0,45	1			0,15	3,8

## 11.6. Амурский залив

Амурский залив — внутренний залив у северо-западного берега залива Петра Великого. Длина около 65 километров, ширина от 9 до 20 километров, глубина до 50 метров. Площадь поверхности 966 км<sup>2</sup>. 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

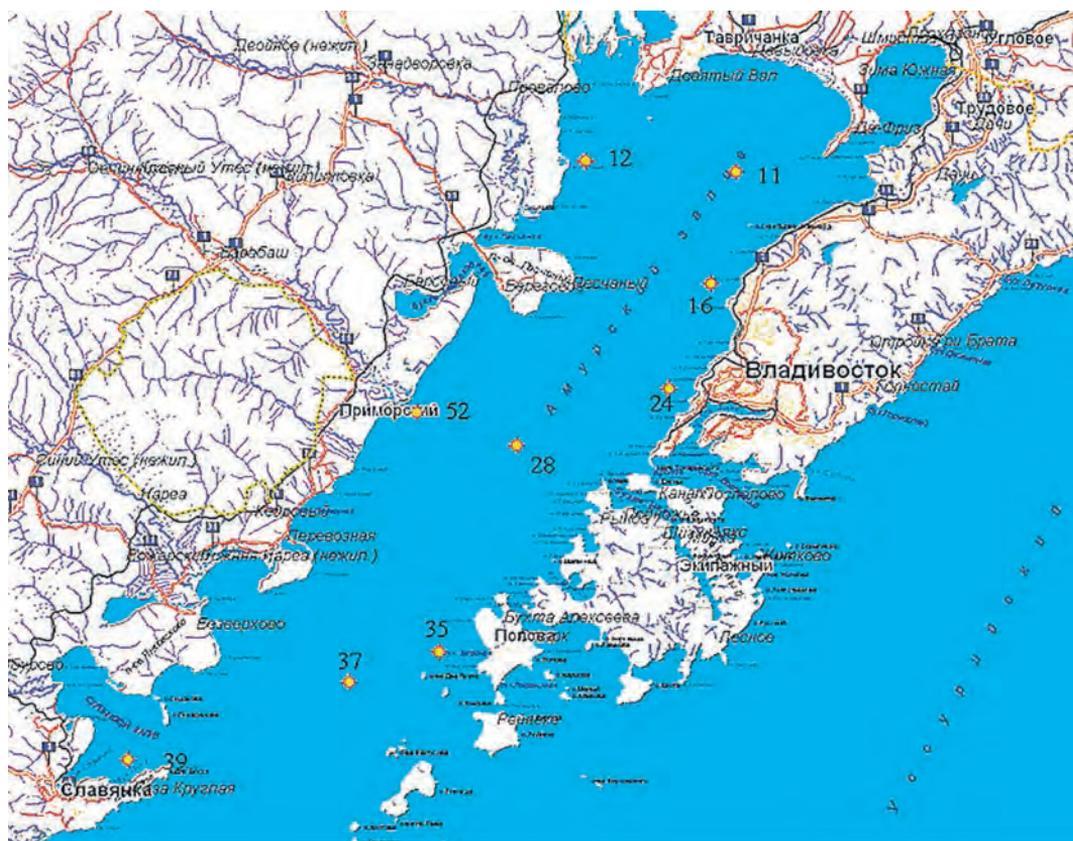


Рис. 11.10. Станции отбора проб в Амурском заливе в 2017 г.

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

В 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Амурского залива проводились в апреле и сентябре на 9 станциях. Всего было отобрано 50 проб воды и 18 проб донных отложений (рис. 11.10). В период наблюдений **температура** воды изменялась от 2,25 °С в апреле на ст. № 24 в придонном слое до 22,18 °С там же в сентябре на поверхности, составив в среднем для всей толщи 11,78 °С. Соленость варьировала от 22,51‰ в сентябре на ст. № 12 в поверхностном слое до 33,96‰ в апреле на ст. № 37 в придонном слое, составив в среднем 31,71‰. Значения pH изменялись от 7,33 в сентябре на ст. № 12 до 8,36 в апреле на ст. № 39; среднее — 8,04. Среднегодовое содержание взвешенных веществ снизилось по сравнению с прошлым годом в 1,2 раза и составило 6,43 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание взвешенных веществ 14,6 мг/дм<sup>3</sup> (1,5 ПДК) было зафиксировано в сентябре на ст. № 52 в устье реки Барабашевка. Среднее за 2017 г. значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> незначительно повысилось по сравнению с 2016 г. (2,21 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) и составило в 2017 г. 2,68 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК). Максимальное значение зарегистрировано в апреле на станциях № 28 и № 12, и превысило ПДК в 4,3 раза (9,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Прозрачность воды залива не более 5 м.

В период проведения наблюдений содержание **нефтяных углеводородов** в водах Амурского залива изменялось от аналитического нуля до 0,29 мг/дм<sup>3</sup> (6 ПДК). Максимальное значение было зафиксировано в сентябре на ст. № 12 в придонном слое на горизонте 4 м. Среднегодовая концентрация (0,066 мг/дм<sup>3</sup>, 1,4 ПДК) снизилась по сравнению с 2016 г. в 1,9 раза (рис. 11.2). Содержание НУ превысило ПДК в 47,9% проб воды. По визуальным наблюдениям на видимой водной поверхности Амурского залива в сентябре на ст. № 28 было зафиксировано покрытие пятнами нефтепродуктов 51–60% с густотой и интенсивностью в 6 баллов. В остальные периоды нефтяной плёнки с покрытием поверхности воды более 50% не наблюдалось. Сильнее других районов загрязнены воды вблизи Владивостока.

Уровень загрязненности морских вод **фенолами** не изменился по сравнению с 2015–2016 гг. и составил в среднем 1 ПДК. Диапазон значений 0,3–2,0 мкг/дм<sup>3</sup>; максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре в прибрежных водах на ст. № 24 на горизонте 10 м вблизи г. Владивосток. В 54,4% случаев концентрация фенолов в пробах превышала ПДК. Концентрация АПАВ в водах Амурского залива в 2017 г. изменялась от 26 до 659 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 234,9 мкг/дм<sup>3</sup> (2,3 ПДК). Максимальная концентрация (6,6 ПДК) была зафиксирована в сентябре на ст. № 12 в придонном слое. Как и на остальных участках акватории залива Петра Великого содержание детергентов по сравнению с 2016 г. возросло в 1,5 раза (рис. 11.9).

Средние показатели по всем определяемым в морской воде **металлам** не превысили предельно допустимых значений (табл. 11.6). Максимальная концентрация марганца и железа превысила ПДК в 3 и 2,4 раза соответственно; экстремальное значение первого металла было отмечено в сентябре на ст. № 12 в придонном слое, а второго железа — в апреле на ст. № 328 в поверхностном слое. Наибольшая концентрация других металлов не превышала предельно-допустимых значений.

**Таблица 11.6.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Амурского залива в 2010–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Сред.	1,0/ 0,8/ 0,9/ 0,6/ 1,9/ 0,97/ 1,34/ 1,25	0,2/ 0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,3/ 0,16/ 2,3/ 0,23	0,7/ 0,1/ 1,0/ 0,1/ 0,3/ 0,16/ 1,2/ 0,34	0,02/ 0/ 0/ 0/ 0/ – – –	0,4/ 0,3/ 0,5/ 0,5/ 2,2/ 0,56/ 0,79/ 0,72	8,0/ 5,8/ 8,1/ 7,3/ 15,0/ 11,1/ 15,8/ 11,0	0,2/ 0,2/ 3,9/ 2,0/ 4,0/ 15,3/ 11/ 12,7	4,1/ 4,9/ 80,7/ 33,0/ 31,8/ 116,7/ 75/ 40,1	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
Макс.	6,0/ 3,4/ 4,6/ 1,5/ 6,1/ 1,9/ 5,8/ 3,6	0,7/ 0,9/ 1,2/ 0,6/ 2,0/ 0,8/ 9,1/ 1,0	6,0/ 2,9/ 29,0/ 1,2/ 1,0/ 0,9/ 31/ 1,5	0,1/ 0,1/ 0/ 0/ 0/ – – –	1,3/ 1,0/ 5,4/ 1,0/ 43,0/ 1,5/ 3,7/ 1,6	145/ 119/ 353/ 160/ 61/ 31/ 80/ 33	1,9/ 1,8/ 62,0/ 14,0/ 25,0/ 1740/ 103/ 160	64/ 64/ 535/ 1085/ 216/ 1870/ 539/ 119	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
ПДК сред.	0,2/ 0,2/ 0,18/ 0,12/ 0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,25	<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/ 0,12 <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	0,2/ 0,1/ 0,2/ 0,15/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,2	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,3/ <0,2/ 0,25	<0,1/ <0,1/ <b>1,6</b> / 0,66/ 0,6/ <b>2,3</b> / <b>1,5</b> / 0,8	<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
ПДК max.	<b>1,2</b> / 0,7/ 0,9/ 0,3/ <b>1,2</b> / 0,4/ <b>1,2</b> / 0,7	<0,1/ <0,1/ 0,12/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,9	0,6/ 0,3/ <b>2,9</b> / 0,12/ 0,1/ <0,1/ <b>3,1</b> / 0,15	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ – – –	0,1/ 0,1/ 0,5/ 0,1/ <b>4,3</b> / 0,15/ 0,4/ 0,16	<b>2,9</b> / <b>2,4</b> / <b>7,0</b> / <b>3,2</b> / <b>1,2</b> / 0,6/ <b>1,6</b> / 0,7	<0,1/ <0,1/ <b>1,2</b> / 0,3/ 0,5/ <b>34,8</b> / <b>2,1</b> / <b>3,2</b>	<b>1,3</b> / <b>1,3</b> / <b>10,7</b> / <b>21,7</b> / <b>4,3</b> / <b>37,4</b> / <b>10,8</b> / <b>2,4</b>	<0,1/ <0,1/ 0,4 <0,1 <0,1 – – –	<b>4,9</b> / <b>2,8</b> / 0,2/ 0,1/ 0,6/ 0,8/ 0,6/ 0,4

Концентрация аммонийного азота в водах Амурского залива изменялась в пределах 15,0–351,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 61,45 мкг/дм<sup>3</sup>; нитритов 0,4–15,0/3,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое значение этих соединений по сравнению с 2016 г. практически не изменилось. Среднее содержание нитратов снизилось в 2,2 раза с 55,5 до 25,57 мкг/дм<sup>3</sup> при очень широком диапазоне концентрации 1,8–158 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего азота несколько повысилось по сравнению с прошлым годом (919,7 мкг/дм<sup>3</sup>), составив 990,7 мкг/дм<sup>3</sup>; разброс величин составил 442–1864 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое содержание органического азота также повысилось в 2017 г. и составило 904 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 812 мкг/дм<sup>3</sup>); максимальное значение — 1801 мкг/дм<sup>3</sup>.

Среднее содержание фосфатов в водах Амурского залива незначительно повысилось по сравнению с 2016 г. с 12,5 до 14,4 мкг/дм<sup>3</sup>; концентрация изменялась в диапазоне 5,9–98,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Общего фосфора была в пределах 13,0–111,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая величина повысилась с 22,76 до 25,33 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное значение обоих параметров отмечено в сентябре на ст. № 16 в придонном слое. Среднее содержание органического фосфора снизилось с 10 до 5,8 мкг/дм<sup>3</sup>, при диапазоне концентрации 1,0–15,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Средняя концентрация кремния в водах Амурского залива снизилась в 2,2 раза с 1343,4 до 599,45 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум составил 2230 мкг/дм<sup>3</sup> и был отмечен в сентябре на ст. № 12 в поверхностном слое.

Содержание растворенного кислорода в Амурском заливе изменялось в диапазоне 4,02–11,92 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, среднее составило 8,59 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (93,7% насыщения). Минимальное значение

было отмечено в сентябре на ст. № 16—4,02 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, что ниже норматива в 1,5 раза. В сентябре практически на всех станциях в придонном слое концентрация растворенного кислорода была ниже норматива, а среднемесячная величина составила 6,44 мг/дм<sup>3</sup> (83,7% насыщения).

Воды Амурского залива в 2017 г. по расчетному индексу **ИЗВ** (1,43) соответствовали IV классу и оценивались как «загрязненные» (табл. 11.3). Качество вод не изменилось по сравнению с 2016 г. Приоритетными загрязняющими веществами в заливе являются нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты, легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>). Металлы были менее существенными загрязнителями вод залива. На качество морской среды влияет сезонное летне-осеннее ухудшение уровня аэрированности вод.

В 2017 г. отбор проб **донных отложений** в Амурском заливе проводился в апреле и сентябре. Среднее содержание НУ составило 200 мкг/г (4 ДК), что несколько ниже значения прошлого года (4,8 ДК). Концентрация нефтяных углеводородов в пробах изменялась в широком диапазоне 30–990 мкг/г сухого грунта. Максимум (около 20 ДК) отмечен в сентябре на ст. № 24 в прибрежной зоне вблизи Владивостока. В 2014–2016 гг. максимальное загрязнение донных отложений НУ было отмечено в этом же районе. Превышение допустимого уровня отмечено в 66,7% проанализированных проб. Содержание фенолов изменялось в пределах от 1,9 до 9,0 мкг/г, максимум был отмечен в сентябре на ст. № 28. Среднегодовой показатель загрязненности донных отложений фенолами повысился с 2,99 мкг/г в 2016 г. до 5,1 мкг/г в 2017 г.

**Хлорорганические соединения.** В период проведения работ концентрация α-ГХЦГ в донных отложениях Амурского залива изменялась от 0,1 до 1,4 нг/г, средняя концентрация составила 0,60 нг/г, что в 2,5 раза больше прошлого года. Максимальная величина была зафиксирована в апреле на ст. № 24 в районе Спортивной гавани. Концентрация γ-ГХЦГ (линдан) изменялась в диапазоне 0,2–4,2 нг/г (84 ДК), а среднее содержание составило 1,0 нг/г (20 ДК), что в 5 раз больше прошлогоднего уровня (4 ДК). Максимальная величина зарегистрирована в сентябре на ст. № 12. По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений линданом повысился в среднем в 5 раз. В 2017 г. среднее содержание ДДТ повысилось по сравнению с 2016 г. с 0,79 до 5,6 нг/г; ДДЭ — 0,97 до 2,00; ДДД — с 1,07 до 3,4 нг/г. Среднее суммарное содержание пестицидов группы ДДТ также повысилось в 3,9 раза с 2,84 до 11,01 нг/г (4,4 ДК). Среднегодовая концентрация ПХБ в донных отложениях Амурского залива снизилась по сравнению с прошлым годом с 30,8 до 18,9 нг/г (0,95 ДК); диапазон значений 2,4–109,4 нг/г (5,5 ДК), максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре на ст. № 24. Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях Амурского залива составила 0,1 нг/г.

В 2017 г. среднегодовая концентрация всех тяжелых **металлов** в донных отложениях Амурского залива не превышала допустимого уровня (табл. 11.7). По сравнению с 2016 г. изменения были незначительные. Практически не изменилось среднее содержание меди, кобальта, свинца, никеля, цинка. Снизилось среднее содержание кадмия — с 1,4 до 0,9 ДК, хрома — с 0,2 до 0,16 ДК и ртути — с 1,9 до 0,57 ДК. Несмотря на значительное снижение концентрации ртути в осадках залива среднегодовая величина все равно оставалась на уровне или была выше показателей 2010–2015 гг. (рис. 11.11). Максимальная концентрация ртути превысила ДК в 2,6 раза и была зафиксирована в мае на ст. № 18. Максимальная концентрация кадмия превысила ДК в 2 раза. По-прежнему донные отложения Амурского залива очень сильно загрязнены соединениями железа. Максимальные величины содержания других металлов в осадках залива были в 2017 г. в пределах допустимых норм.

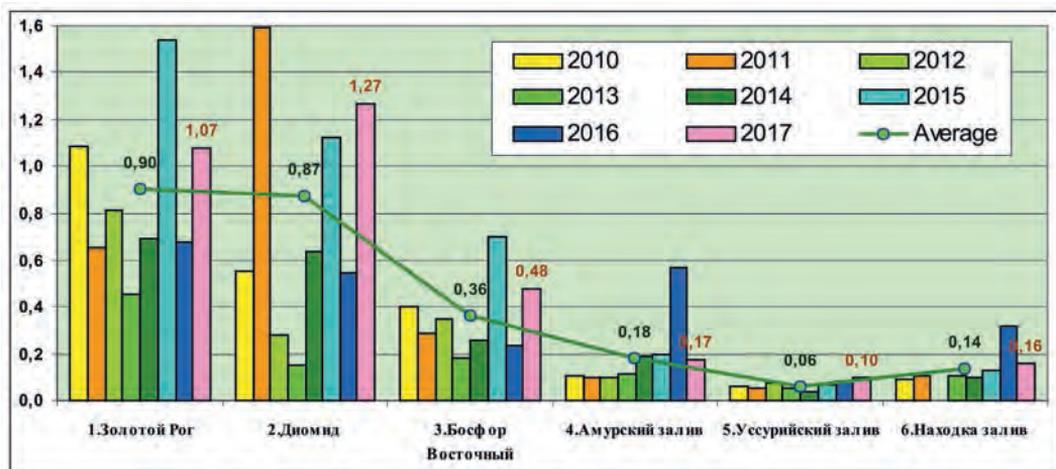


Рис. 11.11. Многолетние изменения концентрации ртути (мкг/г) и среднее значение в донных отложениях отдельных районов акватории залива Петра Великого в 2010–2017 гг.

Таблица 11.7. Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Амурского залива в 2010–2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg			
Сред.	15,9/ 21,5/ 12,7/ 13,1/ 13,4/ 16,2/ 11,98/ 13,7	15,3/ 14,5/ 13,9/ 10,7/ 12,4/ 16,1/ 11,45/ 12,6	0,4/ 0,2/ 0,3/ 0,9/ 0,4/ 1,66/ 1,11/ 0,7	5,6/ 12,7/ 4,2/ 5,1/ 3,6/ 3,7/ 4,86/ 6,1	14,2/ 11,6/ 11,1/ 14,7/ 17,5/ 18,4/ 17,43/ 12,6	67/ 64,6/ 85,6/ 63,1/ 63,4/ 68,5/ 61,5/ 60,8	125,5/ 120,4/ 108,7/ 116,1/ 166,3/ 151,4/ 122,5/ 109,4	27966/ 22876/ 25763/ 30441/ 30364/ 25825/ 23076/ 24935	21,1/ 17,3/ 21,6/ 18,3/ 27,2/ 54,0/ 22,9/ 16,1	0,11/ 0,10/ 0,10/ 0,12/ 0,19/ 0,20/ 0,57/ 0,17			
	Макс.	55,0/ 261,0/ 27,0/ 42,0/ 32,0/ 34,0/ 24,0/ 24,0	44,0/ 40,0/ 28,0/ 24,0/ 28,0/ 51,0/ 28,0/ 35,0	1,5/ 0,8/ 0,7/ 1,6/ 0,6/ 4,6/ 2,2/ 2,0	10,0/ 38,0/ 6,4/ 8,3/ 5,8/ 16,0/ 7,4/ 13,0	27,0/ 21,0/ 18,0/ 24,0/ 27,0/ 40,0/ 26,0/ 22,0	132/ 115/ 437/ 140/ 105/ 124/ 99,0/ 125,0	274/ 249/ 179/ 177/ 261/ 341/ 294/ 178	70595/ 44311/ 39040/ 54655/ 46272/ 38839/ 38331/ 32390	34,0/ 39,0/ 39,0/ 36,0/ 37,0/ 71,0/ 42,0/ 26,0	0,34/ 0,37/ 0,25/ 0,29/ 0,42/ 0,93/ 2,32/ 0,78		
		ДК сред.	0,5/ 0,6/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,5/ 0,3/ 0,4	0,2/ 0,2/ 0,16/ 0,13/ 0,15/ 0,2/ 0,13/ 0,15	0,5/ 0,3/ 0,4/ 1,1/ 0,5/ 2,1/ 1,4/ 0,88	0,3/ 0,6/ 0,2/ 0,25/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3	0,4/ 0,3/ 0,3/ 0,4/ 0,5/ 0,5/ 0,5/ 0,4	0,5/ 0,5/ 0,6/ 0,45/ 0,47/ 0,5/ 0,4/ 0,4	- - - - - - - -	- - - - - - - -	0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,3/ 0,5/ 0,23/ 0,16	0,4/ 0,3/ 0,33/ 0,40/ 0,36/ 0,66/ 1,9/ 0,57	
			ДК мах.	1,6/ 7,5/ 0,8/ 1,2/ 0,9/ 1,0/ 0,7/ 0,7	0,5/ 0,5/ 0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,6/ 0,3/ 0,4	1,9/ 1,0/ 0,87/ 2,0/ 0,8/ 5,75/ 2,75/ 2,5	0,5/ 1,9/ 0,3/ 0,4/ 0,3/ 0,8/ 0,4/ 0,65	0,8/ 0,6/ 0,5/ 0,7/ 0,77/ 1,1/ 0,7/ 0,6	0,9/ 0,8/ 3,1/ 1,0/ 0,8/ 0,9/ 0,7/ 0,9	- - - - - - - -	- - - - - - - -	0,3/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,4/ 0,7/ 0,4/ 0,26	1,1/ 1,2/ 0,83/ 1,0/ 1,4/ 3,1/ 7,7/ 2,6

## 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 2017 г. гидрохимические наблюдения за состоянием акватории Уссурийского залива проводились в апреле, июле и октябре на 9 станциях ГСН (рис. 11.12). Всего было отобрано 72 пробы воды и 18 проб донных отложений. В период проведения работ **температура** воды изменялась от 0,70 °С в апреле в центральной части залива в придонном слое до 21,06 °С в июле в вершине залива в поверхностном слое. Среднее значение составило 9,54 °С. Значения солёности изменялись от 30,940‰ в июле в вершине залива на ст. № 104 в поверхностном слое до 34,280‰ в октябре на ст. № 108 в придонном слое; средний показатель составил 33,376‰. Значения рН изменялись от 7,36 до 8,36, в среднем — 8,18. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 1,1–12,1 мг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 4,27 мг/дм<sup>3</sup>; максимальное значение (1,2 ПДК) зарегистрировано в апреле на ст. № 104 в придонном слое. Среднее значение биохимического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> повысилось по сравнению с прошлым годом в 1,13 раза и составило 1,88 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2012 г. — 2,17; 2013 г. — 1,01; 2014 г. — 3,73, в 2015 г. — 2,38; 2016 г. — 1,66 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Максимальное значение — 5,00 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК) — было зарегистрировано трижды в июле в разных районах залива на станциях №№ 100, 106 и 112. Прозрачность воды бухты не более 6 м.

Концентрация **нефтяных углеводородов** в водах Уссурийского залива изменялась от 0,01 до 0,68 мг/дм<sup>3</sup> (13,6 ПДК); максимальное значение было зафиксировано в июле на станции № 208 в придонном слое. В июле 2017 г. в Уссурийском заливе была зафиксирована аномально высокая средняя концентрация нефтяных углеводородов за последние 5 лет: 0,47 мг/дм<sup>3</sup> (более 9 ПДК). Среднегодовая концентрация НУ в 2017 г. повысилась по сравнению с 2016 г. в 1,8 раза и составила 4 ПДК (0,20 мг/дм<sup>3</sup>), (рис. 11.3). Концентрация НУ равнялась или превышала ПДК в 69,4% проб.



**Рис. 11.12.** Станции отбора проб в Уссурийском заливе в 2017 г.

Содержание **фенолов** в пробах изменялось от 0,1 до 1,6 мкг/дм<sup>3</sup>; среднегодовая концентрация составила 0,66 мкг/дм<sup>3</sup> (0,7 ПДК). Среднегодовой уровень загрязненности морских вод фенолами снизился по сравнению с 2016 г. в 1,4 раза. Максимальная концентрация фенолов в морской воде была зафиксирована в июле на ст. № 112 на поверхностном и придонном горизонтах. Превышение ПДК наблюдалось в 11,1% проб (2010 г. — 51,4%, 2011 г. — 40,3%, 2012 г. — 51,4%, 2013 г. — 56,9%, 2014 г. — 86,2%, 2015 г. — 37,5%; 2016 г. — 25%). Уровень загрязненности вод залива АПАВ также повысился по сравнению с 2016 г. и составил в среднем 244,6 мкг/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК). Минимальная концентрация составила 38 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная — (752 мкг/дм<sup>3</sup>, 7,5 ПДК) была отмечена в октябре в поверхностном слое на ст. № 108.

Воды Уссурийского залива относительно других прибрежных районов меньше загрязнены тяжелыми **металлами**. Среднее содержание большинства определяемых металлов было ниже 0,1 ПДК; среднее содержание меди составило 0,2 ПДК, ртути — 0,2 ПДК (табл. 11.8). Среднегодовая концентрация железа составила в 2017 г. 1,6 ПДК, максимум по железу превысил ПДК в 6 раз. Эта концентрация зафиксирована в октябре на ст. № 100 в придонном слое. Наибольшее содержание никеля превысило ПДК в 1,5 раза и было отмечено в октябре на ст. № 208 в придонном слое. Максимальная концентрация остальных определяемых тяжелых металлов в 2017 г. не превышала норматива.

**Таблица 11.8.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах Уссурийского залива в 2010–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Сред.	1,0/ 0,6/ 1,0/ 0,5/ 1,1/ 0,85/ 1,74/ 0,93	0,1/ 0,04/ 0,2/ 0,1/ 0,3/ 0,13/ 0,61/ 0,32	1,6/ 0,4/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 0,2/ 1,02/ 0,27	0,15/ 0/ 0/ 0/ 0/ — — —	0,3/ 0,3/ 0,3/ 0,5/ 0,6/ 1,07/ 0,66/ 0,7	15,0/ 7,4/ 8,1/ 4,4/ 12,6/ 10,4/ 12,5/ 9,1	0,1/ 0,5/ 6,8/ 2,4/ 12,3/ 8,08/ 3,2/ 3,7	3,3/ 4,1/ 43,3/ 39,8/ 58,3/ 112,7/ 53/ 78	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
Макс.	2,2/ 1,6/ 8,0/ 1,9/ 2,4/ 2,5/ 22,0/ 3,1	1,3/ 0,6/ 1,9/ 0,6/ 1,4/ 0,6/ 2,8/ 4,2	10,0/ 11,0/ 3,2/ 0,5/ 0,9/ 1,5/ 12,0/ 1,2	6,4/ 0/ 0,1/ 0/ 0/ — — —	1,7/ 0,9/ 3,8/ 1,9/ 4,1/ 24/ 2,0/ 15	378/ 94/ 91,0/ 10,0/ 50,0/ 55/ 53/ 26	0,9/ 3,9/ 35/ 30/ 91,0/ 75/ 21/ 12	39/ 16/ 309/ 569/ 275/ 505/ 377/ 290	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
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	0,2/ <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	0,3/ 0,1/ 0,16/ <0,1/ 0,25/ 0,2/ 0,25/ 0,18	<0,1/ <0,1/ 0,14/ <0,1/ 0,2/ 0,16/ <0,1/ <0,1	<0,1/ <0,1/ 0,87/ 0,79/ <b>1,2</b> / <b>2,25</b> / <b>1</b> / <b>1,6</b>	<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
ПДК мах.	0,4/ 0,3/ <b>1,6</b> / 0,4/ 0,5/ 0,5/ <b>4,4</b> / 0,6	0,1/ <0,1/ 0,2/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,3/ 0,4	<b>1,0</b> / <b>1,1</b> / 0,3/ <0,1/ 0,1/ 0,15/ <b>1,2</b> / 0,1	<b>1,3</b> / <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ — — —	0,2/ <0,1/ 0,38/ 0,19/ 0,4/ <b>2,4</b> / 0,2/ <b>1,5</b>	<b>7,6</b> / <b>1,9</b> / <b>1,8</b> / 0,2/ <b>1,0</b> / <b>1,1</b> / <b>1</b> / 0,5	<0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,6/ <b>1,8</b> / <b>1,5</b> / 0,4/ 0,2	0,8/ 0,3/ <b>6,2</b> / <b>11,4</b> / <b>5,5</b> / <b>10,1</b> / <b>7,5</b> / <b>5,8</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,1 <0,1/ — — —	<b>3,3</b> / <b>2,7</b> / 0,4/ 0,1/ <b>2,0</b> / 0,9/ <b>1,7</b> / 0,9

Содержание биогенных элементов в водах Уссурийского залива в 2017 г. в целом соответствовало многолетней изменчивости. Средняя за год концентрация аммонийного азота не

превысила 0,1 ПДК и составила 73,2 мкг/дм<sup>3</sup>. Значения изменялись в пределах 4–502 мкг/дм<sup>3</sup>, максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. № 117 на 10–метровом горизонте. Среднегодовое содержание аммония во всех крупных заливах остается примерно на одном уровне последние годы, при этом существенно уступает водам бухт вокруг Владивостока (рис. 11.13). Среднее содержание нитритов повысилось в 1,5 раза и составило 1,9 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 1,3 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 0,4–9,4 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум зарегистрирован в июле в вершине залива на ст. № 104 в поверхностном слое. Среднее содержание нитратов практически не изменилось и составило 14,3 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 15,4 мкг/дм<sup>3</sup>) при диапазоне значений 1,2–119 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в октябре на ст. № 117 в придонном слое. Среднегодовое значение общего азота возросло в 1,4 раза с 714 до 983 мкг/дм<sup>3</sup>; диапазон концентрации составил 571–2090 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в апреле на ст. № 104 на 6-метровом горизонте. Средняя концентрация органического азота повысилась в 1,4 раза с 613 до 886 мкг/дм<sup>3</sup> при очень широком диапазоне значений в пробах от 35 до 2032 мкг/дм<sup>3</sup>.

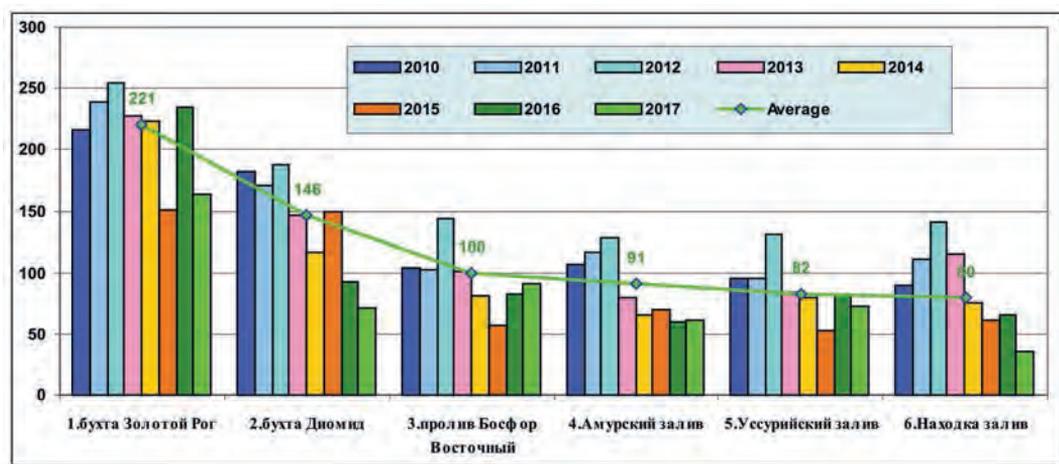


Рис. 11.13. Динамика средней концентрации аммонийного азота  $N-NH_4$  (мкг/дм<sup>3</sup>) в отдельных районах залива Петра Великого Японского моря в 2010–2017 гг.

Содержание **фосфатов** в водах Уссурийского залива изменялось от 5,6 мкг/дм<sup>3</sup> до 38,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 12,9 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,7 раза больше прошлого года. Максимум зарегистрирован в октябре на ст. № 106 в придонном слое. Среднегодовая концентрация органического фосфора составила 6,0 мкг/дм<sup>3</sup>, что в 1,4 раза меньше 2016 г., при диапазоне значений 1,0–28,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего фосфора по сравнению предыдущим годом незначительно снизилось и составило 19,05 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 21,9 мкг/дм<sup>3</sup>); диапазон 11,0–44,0 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальная концентрация общего фосфора была отмечена дважды: в июле на ст. № 104 на поверхности и в октябре на ст. № 106 в придонном слое. Средняя концентрация кремния в воде снизилась с 255,3 мкг/дм<sup>3</sup> в 2016 г. до 190,06 мкг/дм<sup>3</sup>, диапазон значений 11–1425 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в июле на ст. № 104 в поверхностном слое.

Среднегодовое содержание растворенного **кислорода** в водах Уссурийского залива соответствовало среднепогодному и составило 10,27 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (109,5% насыщения). Минимальное содержание кислорода (6,39 мг/дм<sup>3</sup>, 68% насыщения), зарегистрированное в июле на ст. № 100 в придонном слое, не выходит за пределы допустимой концентрации (рис. 11.4). Качество вод Уссурийского залива в 2017 г. по ИЗВ (1,50 — IV класс, «грязные») осталось на

уровне прошлого года. К числу приоритетных загрязняющих веществ относятся нефтяные углеводороды, фенолы, детергенты и железо. Концентрация ртути немного снизилась. Кислородный режим в норме.

Работы по определению загрязнения **донных отложений** Уссурийского залива в 2017 г. проводились в апреле и октябре, всего было отобрано 18 проб. Содержание НУ в пробах донных отложений изменялось от 30 до 180 мкг/г сухого остатка, составив в среднем 90 мкг/г (1,8 ДК). Максимум (3,6 ДК) отмечен в октябре на ст. № 106. По сравнению с 2016 г. в среднем уровень загрязненности донных отложений НУ повысился с 1,4 до 1,8 ДК, концентрация достигала или превышала норматив в 83,3%. Концентрация фенолов в пробах донных отложений была в диапазоне 1,9–12,7 мкг/г, составив в среднем 4,6 мкг/г. В 2017 г. среднее содержание фенолов в донных отложениях Уссурийского залива повысилось в 3 раза по сравнению с 2016 г. (1,5 мкг/г). Максимальное значение зарегистрировано в октябре на ст. № 106.

Концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ в осадках залива в 2017 г. изменялась от аналитического нуля до 4,8 нг/г сухого осадка, среднее значение (0,6 нг/г) не изменилось по сравнению с 2016 г.; максимум был зафиксирован в октябре на ст. № 100 вблизи Владивостока. Содержание  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) было в диапазоне 0,0–2,4 нг/г (48 ДК), составив в среднем 0,8 нг/г (16 ДК), и по сравнению с прошлым годом практически не изменилось (15,8 ДК). Максимальная концентрация была отмечена в октябре на ст. № 106.

Концентрация ДДТ в донных отложениях Уссурийского залива была в пределах 0,3–54,9 нг/г, в среднем — 6,4 нг/г; ДДЭ — 0,2–11,0/1,3 нг/г и ДДД — 0,3–39,8/5,3 нг/г. Средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ в 2017 г. составила 13,0 нг/г (5 ДК). По сравнению с 2016 г. отмечено повышение этого показателя в 2 раза с 2,6 ДК, а по максимальным значениям повысилось в 1,9 раза и составило 96,7 нг/г (38,7 ДК), в 2015 г. — 45 ДК, в 2016 г. — 20 ДК.

Среднегодовая концентрация альдрина в донных отложениях залива составила 0,1 нг/г с. о. В период наблюдений значения варьировали от 0,0 до 0,2 нг/г. Среднее содержание суммы конгенов ПХБ в донных отложениях Уссурийского залива снизилось по сравнению с 2016 г. в 2,3 раза и составило 7,9 нг/г при диапазоне 1,2–47,8 нг/г. Наиболее загрязнены донные отложения вблизи Владивостока в районе ст. № 100, именно в этом районе отмечен максимум — 2,4 ДК.

В 2017 г. средняя концентрация всех определяемых в донных отложениях Уссурийского залива **металлов** была ниже 1 ДК (табл. 11.9). По сравнению с 2016 г. снизилось среднее содержание никеля, цинка и хрома. Несколько повысилось среднее содержание меди, марганца, железа и ртути. Максимальная концентрация большинства металлов не превышала ДК, а меди составила 1,66 ДК на ст. № 106 в октябре, кадмия — 2,6 ДК на ст. № 112 в апреле, ртути — 1,6 ДК на ст. № 103 в октябре.

**Таблица 11.9.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях Уссурийского залива в 2010–2017 гг.

	Cu	Pb	Cd	Co	Ni	Zn	Mn	Fe	Cr	Hg
Сред.	9,4/ 9,2/ 8,9/ 7,9/ 6,74/ 11,4/ 9,43/ 12,5	15,8/ 17,4/ 12,3/ 12,9/ 10,4/ 11,8/ 11,2/ 12,0	0,06/ 0,07/ 0,10/ 0,60/ 0,34/ 1,5/ 0,7/ 0,6	3,4/ 3,1/ 2,1/ 3,4/ 2,7/ 4,6/ 3,8/ 3,8	5,4/ 7,4/ 5,9/ 10,8/ 6,1/ 8,6/ 10,4/ 7,9	30,9/ 43/ 49,2/ 41,3/ 37,2/ 37,9/ 37,6/ 18,0	72,7/ 92/ 92,9/ 93,6/ 42,0/ 104,6/ 77,8/ 89,9	15926/ 14231/ 16786/ 18000/ 14483/ 14045/ 13246/ 18147	12,2/ 13,4/ 16,7/ 12,6/ 17,2/ 37,7/ 13,7/ 9,5	0,06/ 0,05/ 0,08/ 0,05/ 0,04/ 0,065/ 0,08/ 0,10

Макс.	34,0/	50,0/	0,4/	9,9/	14,0/	71,0/	186/	32115/	24,0/	0,21/
	48,0/	91,0/	0,5/	6,7/	16,0/	151/	209/	31886/	32/	0,39/
	40,0/	44,0/	0,5/	5,4/	13,0/	193/	164/	32529/	30/	0,31/
	23,0/	27,0/	1,1/	9,0/	21,0/	109/	228/	39543/	38/	0,16/
	24,0/	30,0/	0,7/	5,6/	13,0/	66/	194/	27776/	28/	0,08/
	40,0/	45,0/	2,4/	24,0/	27,0/	101/	201/	33553/	64/	0,34/
	27,0/	33,0/	1,4/	7,4/	55,0/	82,0/	228/	25019/	35/	0,23/
	58,0	59,0	2,1	6,9	12,0	52,0	180	27398	18	0,48
ДК сред.	0,3/	0,2/	<0,1/	0,2/	0,2/	0,2/	-	-	0,1/	0,2/
	0,3/	0,2/	<0,1/	0,2/	0,2/	0,3/	-	-	0,1/	0,2/
	0,25/	0,14/	0,13/	0,1/	0,17/	0,35/	-	-	0,17/	0,26/
	0,2/	0,15/	0,75/	0,2/	0,3/	0,3/	-	-	0,13/	0,17/
	0,2/	0,1/	0,4/	0,13/	0,2/	0,3/	-	-	0,17/	0,13/
	0,3/	0,13/	<b>1,9/</b>	0,2/	0,24/	0,3/	-	-	0,38/	0,22/
	0,3/	0,13/	0,9/	0,2/	0,3/	0,3/	-	-	0,14/	0,26/
	0,4	0,14	0,75	0,2	0,2	0,13	-	-	0,095	0,3
ДК max.	0,97/	0,6/	0,5/	0,5/	0,8/	0,5/	-	-	0,2/	0,7/
	<b>1,4/</b>	<b>1,1/</b>	0,6/	0,3/	0,6/	<b>1,1/</b>	-	-	0,3/	<b>1,3/</b>
	<b>1,14/</b>	0,5/	0,6/	0,3/	0,37/	<b>1,38/</b>	-	-	0,3/	<b>1,0/</b>
	0,7/	0,3/	<b>1,4/</b>	0,45/	0,6/	0,8/	-	-	0,4/	0,53/
	0,7/	0,4/	0,9/	0,3/	0,65/	0,5/	-	-	0,28/	0,27/
	<b>1,1/</b>	0,5/	<b>3,0/</b>	<b>1,2/</b>	0,77/	0,7/	-	-	0,6/	<b>1,1/</b>
	0,8/	0,4/	<b>1,75/</b>	0,4/	<b>1,6/</b>	0,6/	-	-	0,4/	0,8/
	<b>1,66</b>	0,7	<b>2,6</b>	0,35	0,3	0,4	-	-	0,2	<b>1,6</b>

## 11.8. Залив Находка

Залив Находка расположен на востоке залива Петра Великого Японского моря, на юге Приморского края. Площадь поверхности 140 км<sup>2</sup>. 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 2017 г. гидрохимические наблюдения проводились в мае, июле и сентябре, на 12 станциях было отобрано 95 проб воды и 24 пробы донных отложений (рис. 11.14). В эти месяцы **температура** воды изменялась в пределах 3,440–23,28 °С, составив в среднем 11,85 °С. Соленость варьировала от 27,340‰ в мае на ст. № 7 на глубине 10 м до 33,910‰ в июле на той же станции, но на глубине 30 м; среднегодовое значение составило 32,743‰. Значения



**Рис. 11.14.** Станции отбора проб в заливе Находка в 2017 г.

pH изменялись от 7,28 до 8,47; в среднем — 8,17. Концентрация взвешенных частиц была в диапазоне 0,5–11,6 мг/дм<sup>3</sup>, максимум отмечен в сентябре. Средняя величина незначительно снизилась с 4,65 до 4,48 мг/дм<sup>3</sup>. Среднегодовое значение биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) в 2017 г. — 2,59 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (1,2 ПДК); по сравнению с предыдущим годом (2,63 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) оно практически не изменилось. Максимум (8,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 3,8 ПДК) зарегистрирован в мае на ст. № 33 на горизонте 10 м. Прозрачность воды бухты не более 6 м.

Содержание НУ в водах залива в период наблюдений изменялось в диапазоне 0,01–0,28 мг/дм<sup>3</sup> (5,6 ПДК), составив в среднем 0,08 мг/дм<sup>3</sup> (1,6 ПДК), что в 1,2 раза меньше прошлогоднего значения. Максимальная концентрация была зафиксирована в июле в бухте Врангеля на ст. № 25 в придонном слое. В 57,3% проб концентрация НУ была выше ПДК. По визуальным наблюдениям за состоянием поверхности залива Находка случаев значительного покрытия видимой водной поверхности пятнами нефтепродуктов (50% и выше) не наблюдалось. Концентрация фенолов изменялась в пределах 0,3–1,7 мкг/дм<sup>3</sup>, а среднегодовой показатель составил 0,9 ПДК, что в 1,3 раза ниже уровня 2016 г. Максимальная концентрация (почти 1,7 ПДК) была зарегистрирована в сентябре на ст. № 7. Содержание АПАВ в водах залива Находка по сравнению с предыдущим периодом повысилось. В 2017 г. диапазон значений составил 47–725 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем — 240 мкг/дм<sup>3</sup> (2,4 ПДК). Максимальная концентрация была зарегистрирована в сентябре в центральной части залива на траверзе о. Лисий на ст. № 152 в придонном слое. Как и на всей акватории залива Петра Великого во всех районах наблюдений средняя концентрация АПАВ существенно повысилась (рис. 11.9). В заливе Находка по сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание детергентов повысилось в 1,3 раза.

Среднегодовая концентрация большинства тяжелых металлов в водах залива Находка в 2017 г. не превышала 1 ПДК, а среднее содержание соединений железа составило 1,1 ПДК. По сравнению с 2016 г. количество железа повысилось в 1,5 раза (табл. 11.10). Максимальная концентрация была превышена или равна ПДК по цинку (1 ПДК), марганцу (2,4 ПДК) и железу (3,5 ПДК).

**Таблица 11.10.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/дм<sup>3</sup>) в водах залива Находка в 2010–2017 гг.

	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Ni</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Cr</b>	<b>Hg</b>
Средняя	0,7/ 0,7/ 1,0/ 0,5/ 1,3/ 0,6/ 1,1/ 0,4	0,1/ 0,1/ 0,1/ 0,1/ 0,3/ 0,09/ 0,5/ 0,2	0,3/ 0,2/ 0,3/ 0,09/ 0,3/ 0,19/ 0,4/ 0,9	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	8,7/ 5,2/ 8,0/ 5,7/ 15,3/ 9,7/ 10,7/ 12,1	0,07/ 0,11/ 8,0/ 3,0/ 7,8/ 3,7/ 2,7/ 8,9	6,0/ 4,9/ 5,6/ 18,0/ 48,5/ 24,2/ 36,6/ 53,9	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
Максимальная	1,5/ 1,9/ 10,0/ 1,4/ 3,0/ 1,8/ 5,1/ 1,6	0,3/ 0,8/ 0,4/ 0,4/ 1,6/ 0,6/ 2,7/ 2,8	1,4/ 2,0/ 1,9/ 0,5/ 3,8/ 1,1/ 5,2/ 6,3	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	78/ 24/ 49/ 109/ 137/ 53,0/ 55,0/ 52,0	1,2/ 4,1/ 38,0/ 23,0/ 60,0/ 19,0/ 17,0/ 122,0	121/ 37/ 437/ 43/ 387/ 170/ 112/ 176	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
ПДК сред.	0,1/ 0,1/ 0,2/ 0,1/ 0,3/ 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/ <0,1/ <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	<0,1/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,16/ <0,1/ <0,1/ 0,2	0,1/ <0,1/ 0,7/ 0,36/ <b>0,97</b> / 0,48/ 0,7/ <b>1,1</b>	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ – – –	<b>1,7</b> / 0,5/ 0,1/ <0,1/ 0,5/ 0,4/ 0,3/ 0,3

ПДК max.	0,3/ 0,4/ <b>2,0</b> / 0,3/ 0,6/ 0,36/ <b>1</b> / 0,3	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ 0,16/ <0,1/ 0,3/ 0,3	0,1/ 0,2/ 0,2/ <0,1/ 0,4/ 0,1/ 0,5/ 0,6	<0,1/ <0,1/ <0,1/ <0,1/ — — — —	<0,1/ <0,1/ 0,16/ 0,3/ 0,2/ <b>4,2</b> / 0,3	0,3/ 0,1/ <b>1,0</b> / <b>2,2</b> / <b>2,7</b> / <b>1,06</b> / <b>1,1</b> / <b>1,0</b>	<0,1/ <0,1/ 0,76/ 0,5/ <b>1,2</b> / 0,4/ 0,3/ <b>2,4</b>	2,4/ 0,7/ <b>8,7</b> / 0,86/ <b>7,7</b> / <b>3,4</b> / <b>3,4</b> / <b>2,2</b> / <b>3,5</b>	0,12/ <0,1/ 0,1/ <0,1/ 0,30/ — — —	<b>14,2</b> / <b>1,8</b> / <b>2,3</b> / <0,1/ <b>6,0</b> / <b>1,5</b> / <b>1,3</b> / 0,9
----------	--	---	--	--	--	---	---	---	---	---

Концентрация аммонийного азота в водах залива изменялась в диапазоне 19–118 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем 35,7 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум отмечен в мае в бухте Находка на ст. № 1 в поверхностном слое. Среднегодовое содержание аммонийного азота по сравнению с 2016 г. практически не изменилось. Концентрация нитритов изменялась в диапазоне 0,4–7,8 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем — 2,1 мкг/дм<sup>3</sup>; по сравнению с 2016 г. среднегодовое содержание нитритов повысилось в 1,4 раза. Максимум был отмечен в июле на ст. № 36 в бухте Новицкого в придонном слое. Концентрация нитратов изменялась в диапазоне 0,9–81,0 мкг/дм<sup>3</sup>, в среднем 12,6 мкг/дм<sup>3</sup>; по сравнению с 2016 г. (19,4 мкг/дм<sup>3</sup>) среднее содержание нитратов снизилось в 1,5 раза. Максимум был зафиксирован в мае на ст. № 1 в поверхностном слое. Среднегодовая концентрация органического азота по сравнению с 2016 г. (738 мкг/дм<sup>3</sup>) повысилась и составила 788 мкг/дм<sup>3</sup> при диапазоне значений 473–1549 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание общего азота также повысилось с 786 до 833 мкг/дм<sup>3</sup>; диапазон значений — 510–1585 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание общего и органического азота зарегистрировано в июле на ст. № 33 в районе мыса Козьмина на глубине 10 метров.

Содержание фосфатов в заливе Находка изменялось в пределах 5,9–26,0 мкг/дм<sup>3</sup>, составив в среднем за период наблюдений 12,6 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 7,38 мкг/дм<sup>3</sup>, в 1,7 раза ниже). Максимальная концентрация была зарегистрирована в сентябре на выходе из залива в районе ст. № 12 в придонном слое. Концентрация общего фосфора изменялась от 9,0 до 30,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание снизилось почти в 1,4 раза и составило 16,75 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 22,6 мкг/дм<sup>3</sup>). Максимальная концентрация была зафиксирована в сентябре на ст. № 33 в придонном слое. Концентрация органического фосфора была в диапазоне 1,0–10,0 мкг/дм<sup>3</sup>; среднее содержание снизилось в 3,7 раза и составило 4,0 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 15,0 мкг/дм<sup>3</sup>). Среднегодовая концентрация кремния в водах залива Находка в 2017 г. снизилась в 1,7 раза и составила 195 мкг/дм<sup>3</sup> (в 2016 г. — 336 мкг/дм<sup>3</sup>), диапазон составил 40–914 мкг/дм<sup>3</sup>. Максимум был зафиксирован в мае в вершине залива на поверхности в зоне вливания стока реки Партизанская на ст. № 17.

Кислородный режим в 2017 г. был в пределах нормы. Среднее содержание растворенного кислорода в водах залива Находка составило 9,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 107,1% насыщения. Минимальная концентрация кислорода (6,02 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, 70,7% насыщения) была отмечена в июле в бухте Находка на ст. № 1. По значению расчетного индекса ИЗВ в период наблюдений 2017 г. (1,47) качество вод в заливе Находка немного ухудшилось по сравнению с предыдущим годом (1,32) и соответствовало IV классу («загрязненные»). Традиционно приоритетными загрязняющими веществами были детергенты, нефтяные углеводороды, легко окисляемые органические вещества по БПК<sub>5</sub>, фенолы, а из металлов — железо. Отдельные акватории залива Находка различаются по уровню загрязненности. В последний год в бухте Находка качество вод немного хуже, чем в центральной части залива Находка и бухте Врангеля (табл. 11.3).

В заливе Находка в мае и сентябре 2017 г. было отобрано 24 пробы донных отложений. Содержание нефтяных углеводородов в целом по заливу варьировало в очень широком диапазоне от 70 до 3860 мкг/г сухого грунта, в среднем 574,2 мкг/г (11,5 ДК). Максимальное значе-

ние зарегистрировано в сентябре на ст. № 2 в бухте Находка. Уровень загрязненности осадков нефтяными углеводородами был очень неравномерным — наибольшие значения традиционно отмечены в пробах из бухты Находка, в остальных частях акватории залива они были меньше на порядок (табл. 11.13). Многолетняя динамика уровня загрязненности нефтяными углеводородами донных отложений залива Находка показывает незначительную межгодовую изменчивость и относительно невысокий уровень (рис. 11.7). По сравнению с наиболее загрязненными участками вблизи Владивостока, особенно в бухте Золотой Рог, средняя величина для донных отложений залива на один-полтора порядка меньше. Содержание фенолов в донных отложениях залива изменялось в пределах 1,1–44,7 мкг/г, среднее значение составило 6,15 мкг/г; по сравнению с 2016 г. уменьшение в 3 раза — 2,04 мкг/г. Максимальная концентрация отмечена в сентябре в центральной части залива на ст. № 15.

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

Акватория	Кол-во проб	Min	Max	Средняя
Залив Находка (центральная часть)	24	70	490	167
Бухта Врангеля	2	120	170	145
Бухта Находка	4	1720	3890	2600

Средняя концентрация  $\alpha$ -ГХЦГ составила 0,4 нг/г, максимальная — 1,9 нг/г и была зафиксирована в сентябре в бухте Находка на ст. № 1. Среднее содержание  $\gamma$ -ГХЦГ (линдан) составило 0,8 нг/г (16 ДК, табл. 11.14). По сравнению с 2016 г. уровень загрязненности донных отложений  $\gamma$ -ГХЦГ повысился с 6 до 16 ДК. Максимальная концентрация  $\gamma$ -ГХЦГ составила 3,7 нг/г (74 ДК) и была зарегистрирована в сентябре в бухте Находка на ст. № 2. Суммарная концентрация линдана и его изомера достигала 4,8 нг/г, что немного меньше прошлогоднего значения (рис. 11.15). В 2017 г. средняя суммарная концентрация ХОП группы ДДТ составила 7,2 ДК, что в 3,6 раза больше прошлого года. Среднее содержание ДДТ в донных отложениях составило 10,0 нг/г, ДДЭ — 2,4 нг/г, ДДД — 5,6 нг/г. Максимальная концентрация всех изомеров группы ДДТ была зафиксирована в сентябре в бухте Находка на ст. № 1: ДДТ — 101,7 нг/г, ДДЭ — 23,3 нг/г и ДДД — 53,1 нг/г. Содержание альдрина в донных отложениях залива Находка в 2017 г. в среднем составило 0,1 нг/г (в 2016 г. — 0,16 нг/г), максимальное



**Рис. 11.15.** Изменение максимальной суммарной концентрации пестицидов группы ГХЦГ (нг/г) в донных отложениях отдельных районов залива Петра Великого в 2010–2017 гг.

значение — 0,7 нг/г — отмечено в сентябре в бухте Находка на ст. № 1. Среднее суммарное содержание ПХБ в 2017 г. снизилось в 1,3 раза и составило 31,4 нг/г (1,6 ДК). Максимальная концентрация полихлорбифенилов (249,1 нг/г, 12,5 ДК) была зарегистрирована в сентябре в бухте Находка на ст. № 1.

**Таблица 11.14.** Средняя и максимальная концентрация пестицидов (нг/г) в донных отложениях залива Находка в 2017 г.

	α-ГХЦГ	γ-ГХЦГ линдан	ДДТ	ДДЭ	ДДД	Сумма ДДТ	Сумма ПХБ	Альдрин
Сред.	0,4	0,8	10,0	2,4	5,6	18,1	31,4	0,1
Макс.	1,9	3,7	101,7	23,3	53,1	178,1	249,1	0,7
ДК сред.		16				7,2	1,6	
ДК max.		74				71,2	12,5	

В 2017 г. среднегодовая концентрация всех тяжелых металлов в донных отложениях залива Находка не превышала допустимого уровня, при этом содержание хрома увеличилось в 2 раза, никеля, ртути и кадмия уменьшились в 1,8, 2 и 7 раза соответственно, а кобальта, цинка, свинца, железа, меди и марганца осталось на уровне прошлого года. Максимальные значения меди (3,4 ДК) и цинка (2,2 ДК) были зафиксированы в сентябре на ст. № 1, ртути (1,8 ДК) в мае на ст. № 2, а кадмия (2,0 ДК) в сентябре на ст. 36. Максимальная концентрация остальных металлов не превышала допустимый уровень.

**Таблица 11.14.** Средняя и максимальная концентрация тяжелых металлов (мкг/г) в донных отложениях залива Находка в 2010–2017 гг.

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

## 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. Александровск исследования уровня загрязнения морских вод и донных отложений проводился Центром мониторинга загрязнения окружающей среды Сахалинского УГМС (г. Южно-Сахалинск) в период с мая по октябрь ежемесячно на 5 станциях. Всего было отобрано и обработано 30 проб.

В исследуемый период времени **температура** воды изменялась от 6,5 °С в мае до 19,9 °С в середине августа, когда наблюдался наибольший прогрев. Соленость варьировала от 14,13‰ в конце мая до 32,65‰ в июле, составив в среднем 30,16‰; хлорность была в диапазоне 7,81–18,07‰, средняя 16,69‰; рН — диапазон 7,85–8,06, средняя 7,99. Щелочность была в пределах 1,168–2,374 мг-экв/дм<sup>3</sup>, в среднем за период наблюдений — 2,210 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что близко к величинам двух предыдущих лет — 2,302 и 2,09 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Концентрация взвешенных частиц в морской воде была весьма высокой — 14–1167 мг/дм<sup>3</sup>, в среднем 115 мг/дм<sup>3</sup> (11,5 ПДК). Пять наибольших значений выше 100 мг/дм<sup>3</sup> были зафиксированы в мае, июне и сентябре. Концентрация легко окисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> была ниже предела обнаружения в 5 пробах и достигала 3,4 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, в среднем 1,30 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (0,6 ПДК).

В 2017 г. содержание **НУ** в водах рейда порта г. Александровск изменялось от аналитического нуля в 4 пробах из 30 (DL=0,02 мг/дм<sup>3</sup>) до 0,172 мг/дм<sup>3</sup> (3,4 ПДК). Средняя концентрация в 2016 г. по сравнению с предыдущим годом повысилась с 0,049 мг/дм<sup>3</sup> (1,0 ПДК) до 0,070 мг/дм<sup>3</sup> (1,4 ПДК), (табл. 11.1). Максимальная концентрация немного повысилась и была отмечена в июле. Концентрация фенолов во всех пробах морской воды была ниже аналитического нуля. Уровень загрязненности морских вод СПАВ вернулся к значениям 2015 г. — средняя величина 12,2, максимум — 30 мкг/дм<sup>3</sup>. По сравнению с прошлым годом детергенты не были обнаружены только в девяти пробах.

Среднее содержание **меди** в 2017 г. повысилось почти в 3 раза и составило 6,4 мкг/дм<sup>3</sup> (1,3 ПДК), максимум достигал 22,8 мкг/дм<sup>3</sup> (4,5 ПДК) и был зафиксирован в конце первой декады июля. Концентрация цинка и свинца была невысокой и составила в среднем 4,5 и 0,2 мкг/дм<sup>3</sup>, а кадмий в пробах не был обнаружен.

Концентрация **биогенных** элементов в исследуемый период была в пределах среднелетних значений. Содержание аммонийного азота было выше предела обнаружения (DL=20 мкг/дм<sup>3</sup>) только в двух пробах — 37,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрация нитритов была ниже DL=0,5 мкг/дм<sup>3</sup> в 19 пробах из 30 обработанных, а в остальных достигала 2,3 мкг/дм<sup>3</sup>. Содержание нитратов изменялось от нулевых значений ниже 5 мкг/дм<sup>3</sup> в 19 пробах до 65 мкг/дм<sup>3</sup>, максимум был зафиксирован в двух пробах мая и июня.

Во все месяцы в течение периода наблюдений в 14 пробах содержание минерального фосфора было ниже предела обнаружения DL=5 мкг/дм<sup>3</sup>. Среднее содержание фосфатов в 2017 г. составило 8,4 мкг/дм<sup>3</sup>, а максимум составил 36,8 мкг/дм<sup>3</sup> в середине октября. Диапазон концентрации кремния составил 114–1638 мкг/дм<sup>3</sup>, средняя 386 мкг/дм<sup>3</sup>; максимум отмечен в мае, а среднемесячные значения составили: 916, 263, 156, 200, 211 и 568 мкг/дм<sup>3</sup> с мая по октябрь соответственно.

**Кислородный** режим в водах Татарского пролива соответствовал многолетней норме: диапазон изменчивости составил 7,10–10,58 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; в среднем — 8,51 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. По значению индекса **ИЗВ** (1,00) в 2017 г. качество вод Татарского пролива существенно ухудши-

лось и соответствовало III классу, «загрязненные» (табл. 11.5). Приоритетными загрязнителями были нефтяные углеводороды, органические вещества по БПК<sub>5</sub> и медь.

В пробах **донных отложений**, отобранных ежемесячно с мая по октябрь, содержание нефтяных углеводородов было ниже предела обнаружения (DL=5 мкг/г) только в двух из 30 проанализированных проб, максимум достигал 113 мкг/г (2,3 ДК), а среднее значение (19,5 мкг/г) было в 2,5 раза выше прошлогоднего (табл. 11.15). Содержание фенолов в донных отложениях в 24 пробах не превысило уровня чувствительности метода определения (DL=0,05 мкг/г); в остальных пробах достигало 0,29 мкг/г и составило в среднем 0,04 мкг/г. Среднее и максимальное содержание металлов в осадках изменялось в целом незначительно, и только наибольшее содержание цинка превышало норматив. Концентрация меди практически соответствовала прошлогодней.

**Таблица 11.15.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ (мкг/г) в донных отложениях Татарского пролива у г. Александровск-Сахалинский в 2015–2017 гг.

		Донные отложения					
Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
		С*	ДК	С*	ДК	С*	ДК
Татарский пролив: г. Александровск- Сахалинский	НУ	11,6 36	0,23 0,7	7,8 37	0,16 0,7	19,5 113	0,4 2,3
	Фенолы	0,29 1,29		0,07 0,52		0,04 0,29	
	Медь	0,89 3,1	<0,1 <0,1	0,58 3,1	<0,1 <0,1	1,90 7,8	<0,1 0,2
	Цинк	2,54 5,2	<0,1 <0,1	16,5 221	0,1 1,6	30,2 187	0,2 1,3
	Кадмий	0,09 0,55	0,11 0,63	0,17 1,90	0,2 2,4	0,04 0,06	<0,1 <0,1
	Свинец	0,97 3,1	<0,1 <0,1	5,9 130,0	<0,1 1,5	2,1 10,0	<0,1 0,1

## 11.10. Выводы

По комплексному расчетному индексу **ИЗВ** качество вод различных участков залива Петра Великого практически не изменилось по сравнению с 2016 г. Индекс загрязненности вод в бухте Золотой Рог, в бухте Диомид и в проливе Босфор Восточный соответствует наихудшим величинам десятилетия конца прошлого столетия (рис. 11.16). Линейный тренд качества вод наиболее загрязненного участка залива Петра Великого — бухты Золотой Рог, демонстрирует в целом незначительное повышение за последние три десятилетия. Это свидетельствует о постепенном ухудшении экологической ситуации вод около Владивостока несмотря на существенную межгодовую вариабельность. Повышение индекса ИЗВ в бухте Золотой Рог почти в 3 раза за три года обусловлено существенным (четырёхкратным) увеличением среднего содержания нефтяных углеводородов, а также детергентов и растворенного органического вещества. Закономерно ухудшился и кислородный режим вод в бухте в целом. Минимальное содержание растворенного кислорода в придонном слое вод кутовой части (3,84 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) близко к уровню, который характеризуется как «высокое загрязнение». Из шести проб с концентрацией растворенного кислорода меньше норматива две были отобраны в вершине бухты Золотой Рог, а остальные в различных районах бухты, что свидетельствует о неблагоприятном кислородном режиме в целом в бухте. Роста загрязненности вод бухты металлами в целом отмечено не было, за исключением соединений железа, уровень загрязненности которыми повысился в 2 раза.

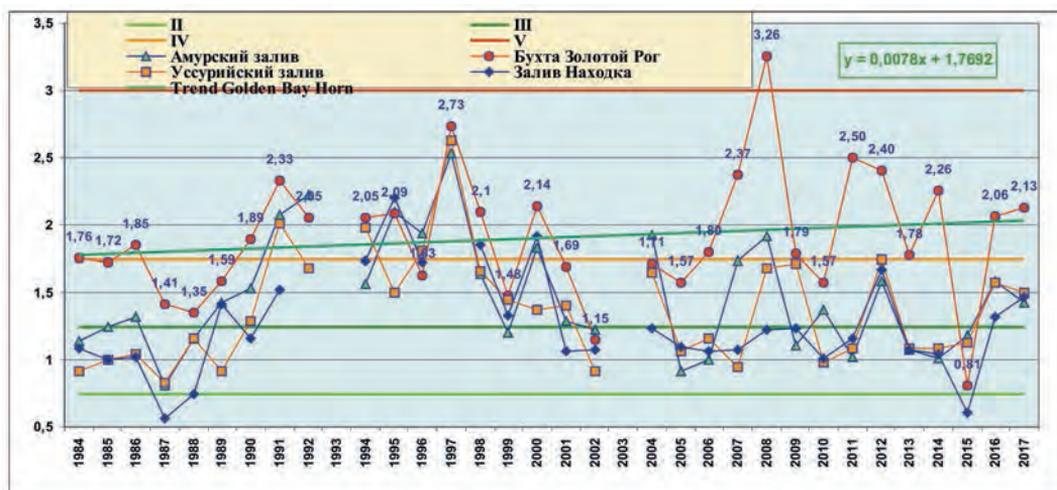


Рис. 11.16. Многолетняя динамика индекса загрязненности вод ИЗВ в различных районах залива Петра Великого и многолетний тренд значений ИЗВ в бухте Золотой Рог в 1984–2017 гг.

В заливах ухудшение качества вод в целом также произошло за счет органических веществ — среднего содержания НУ, АПАВ и легко окисляемой органики по БПК<sub>5</sub>. В больших заливах Амурском и Уссурийском, а также в проливе Босфор Восточный, омывающих с трех сторон Владивосток, уровень загрязненности повысился и качество вод оценивается IV и V классом, «загрязненные» и «грязные». В заливе Находка традиционно самой загрязненной была бухта Находка.

Приоритетными загрязняющими веществами в водах залива Петра Великого в 2017 г. традиционно были нефтяные углеводороды, максимальная концентрация которых в 2017 г. составила 29 ПДК в Амурском заливе и 16 ПДК в Уссурийском заливе; фенолы (до 3,1 ПДК в Уссурийском заливе); детергенты (в Уссурийском заливе и в заливе Находка — выше 7 ПДК, в Амурском заливе и проливе Босфор Восточный — выше 6 ПДК). Максимальное значение растворенного органического вещества по БПК<sub>5</sub> в проливе Босфор Восточный (бухта Улисс) и в бухте Золотой Рог составило 3,3 ПДК. Наибольшая концентрация соединений железа отмечена в Уссурийском заливе (5,8 ПДК) и в бухте Золотой Рог (4,3 ПДК), цинка — в бухте Золотой Рог (2 ПДК), марганца — в Амурском заливе и заливе Находка (3 и 2,4 ПДК). Максимальное содержание аммонийного азота было отмечено в бухте Золотой Рог в кутовой части в мае на поверхности и составило 0,35 ПДК. В целом воды залива Петра Великого могут быть оценены как умеренно эвтрофированные, а вблизи г. Владивостока и в бухте Золотой Рог — как сильно эвтрофированные. Воды Татарского пролива в районе г. Александровск-Сахалинский оцениваются в 2017 г. как «умеренно-загрязненные», а содержание приоритетных загрязняющих веществ значительно ниже наблюдаемых в заливе Петра Великого.

Загрязнение донных отложений в прибрежных районах залива Петра Великого существенно отличалось от района к району. Особенно высокая концентрация различных загрязняющих веществ была в бухтах Золотой Рог, Диомид и в ближайших к г. Владивостоку районах Амурского и Уссурийского заливов. В 2017 г. в бухте Золотой Рог содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях было чрезвычайно высоким. Средняя величина существенно превышала значения в других районах и составляла 258 ДК, а максимальная превышала допустимый уровень в 598 раз и была отмечена в центре бухты. Превышение допустимого уровня концентрации отмечалось в 100% проб.

Среднее суммарное содержание ХОП группы ДДТ в донных отложениях залива Петра Великого в 2017 г., как и в предыдущие годы, было достаточно высоким. Среднегодовой показатель в различных районах залива изменялся в широком диапазоне 3,4–24,9 ДК. Наименее загрязненными были пролив Босфор Восточный и Амурский залив (средний показатель — 3,4 и 4,4 ДК). Наиболее загрязненными из года в год остаются бухта Золотой Рог (ср. — 18 ДК, макс. — 78 ДК), бухта Диомид (ср. — 30 ДК, макс. — 42 ДК) и залив Находка (ср. — 7,4 ДК, макс. — 71 ДК). По-прежнему наиболее сильно донные отложения загрязнены ртутью вблизи г. Владивостока: в бухте Золотой Рог (ср. — 3,7 ДК, макс. — 7 К) и бухте Диомид (ср. — 4,2 ДК, макс. — 4,4 ДК).

**Таблица 11.1.** Средняя и максимальная концентрация загрязняющих веществ в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря в 2015–2017 гг.

Район	Ингредиент	2015 г.		2016 г.		2017 г.*		
		С*	ПДК	С*	ПДК	С*	ПДК	
1. бухта Золотой Рог	НУ	0,05 0,26	<b>1,00</b> <b>5,2</b>	0,21 1,78	<b>4,20</b> <b>35,6</b>	0,182 0,51	<b>3,64</b> <b>10,2</b>	
	Фенолы	0,8 2,2	0,8 <b>2,2</b>	0,8 1,8	0,8 <b>1,8</b>	0,86 1,6	0,9 <b>1,6</b>	
	АП АВ	41 88	0,4 0,9	198 430	<b>2,0</b> <b>4,3</b>	282 555	<b>2,82</b> <b>5,6</b>	
	Аммонийный азот	151 836	<0,1 0,4	235 1192	0,1 0,5	163 1002	<0,1 0,35	
	Медь	1,6 6,1	0,3 <b>1,2</b>	1,8 4,7	0,4 0,9	1,6 3,9	0,3 0,8	
	Железо	33,9 99,0	0,68 <b>2,0</b>	24,7 47	0,5 0,94	55,6 214	<b>1,11</b> <b>4,3</b>	
	Цинк	19,1 61,0	0,4 <b>1,2</b>	9,1 23,0	0,18 0,5	17,0 112	0,3 <b>2,2</b>	
	Свинец	0,2 2,1	<0,1 0,2	0,6 2,3	<0,1 0,2	0,3 3,2	<0,1 0,3	
	Марганец	5,7 33,0	0,1 0,7	6,0 36,0	0,1 0,7	2,0 12,0	<0,1 0,2	
	Кадмий	0,2 0,7	<0,1 <0,1	1,3 16	0,1 <b>1,6</b>	0,8 3,5	<0,1 0,35	
	Ртуть	0,03 0,09	0,3 0,9	0,041 0,16	0,4 <b>1,6</b>	0,03 0,10	0,3 <b>1,0</b>	
	БПК <sub>5</sub>	2,25 7,00	0,75 <b>2,3</b>	4,16 13,0	<b>1,4</b> <b>4,3</b>	2,64 7,00	<b>1,26</b> <b>3,3</b>	
	Взвешенные вещества	7,8 45,4	0,8 <b>5</b>	6,4 20,5	0,6 <b>2,1</b>	6,9 14,3	0,7 <b>1,4</b>	
	Кислород	8,75 4,52	<b>0,75</b>	7,65 2,73	<b>0,46</b>	7,60 3,84	<b>0,64</b>	
	2. бухта Диомид	НУ	0,06 0,10	<b>1,2</b> <b>2,0</b>	0,095 0,23	<b>1,9</b> <b>4,6</b>	0,22 0,45	<b>4,40</b> <b>9,0</b>
		Фенолы	1,1 2,7	<b>1,1</b> <b>2,7</b>	1,0 2,7	<b>1,0</b> <b>2,7</b>	0,9 1,7	0,9 <b>1,7</b>
АП АВ		54 130	0,5 <b>1,3</b>	232 347	<b>2,3</b> <b>3,5</b>	243 310	<b>2,4</b> <b>3,1</b>	
Аммонийный азот		149,7 358,0	<0,1 0,15	92,7 173	<0,1 <0,1	71,2 131	<0,1 <0,1	
Медь		1,3 2,9	0,3 0,6	1,5 2,3	0,3 0,5	1,5 2,4	0,3 0,5	
Железо		29,5 59,0	0,6 <b>1,2</b>	22,6 55,0	0,4 <b>1,1</b>	37,95 102	0,76 <b>2,0</b>	

2. бухта Диомид	Цинк	14,3 52,0	0,3 <b>1,0</b>	8,1 17,0	0,2 0,3	9,2 15,0	0,2 0,3
	Свинец	0,1 0,3	<0,1 <0,1	0,8 2,2	<0,1 0,2	0,2 0,5	<0,1 <0,1
	Марганец	4,3 12,0	<0,1 0,24	16,5 87	0,3 <b>1,7</b>	1,1 2,5	<0,1 <0,1
	Кадмий	0,1 0,2	<0,1 <0,1	0,82 2,5	<0,1 0,3	0,5 1,0	<0,1 0,1
	Ртуть	0,02 0,04	0,2 0,4	0,035 0,07	0,35 0,7	0,05 0,09	0,5 0,9
	БПК <sub>5</sub>	2,00 4,00	0,7 <b>1,3</b>	4,17 10,00	<b>1,4</b> <b>3,3</b>	2,83 5,00	<b>1,3</b> <b>2,4</b>
	Кислород	9,8 7,5		8,38 6,82		7,80 5,61	<b>0,9</b>
3. пролив Босфор Восточный и бухта Улисс	НУ	0,03 0,07	0,6 <b>1,4</b>	0,10 0,43	<b>2,0</b> <b>8,6</b>	0,22 0,53	<b>4,40</b> <b>10,6</b>
	Фенолы	0,6 1,7	0,6 <b>1,7</b>	0,77 1,5	0,8 <b>1,5</b>	0,84 1,2	0,8 <b>1,2</b>
	АПAB	30 67	0,3 0,7	201 387	<b>2,0</b> <b>3,9</b>	301 638	<b>3,0</b> <b>6,4</b>
	Аммонийный азот	56,6 116,0	<0,1 <0,1	82 163	<0,1 <0,1	91,4 307	<0,1 0,1
	Медь	3,1 55,0	0,6 <b>11,0</b>	1,9 3,3	0,4 0,7	1,7 5,2	0,3 <b>1,0</b>
	Железо	27,0 45,0	0,5 0,9	27,0 81,0	0,5 <b>1,6</b>	62,3 155	<b>1,2</b> <b>3,1</b>
	Цинк	30,6 301,0	0,6 <b>6,0</b>	9,6 27,0	0,2 0,5	18,2 89	0,4 <b>1,8</b>
	Свинец	0,1 0,5	<0,1 <0,1	0,6 2,9	<0,1 0,3	0,3 0,8	<0,1 <0,1
	Марганец	3,8 13,0	<0,1 0,3	5,0 23,0	0,1 0,5	4,6 43	<0,1 0,9
	Кадмий	0,2 0,4	<0,1 <0,1	0,8 6,6	<0,1 0,7	0,96 3,8	0,096 0,4
	Ртуть	0,02 0,05	0,2 0,5	0,041 0,28	0,4 <b>2,8</b>	0,04 0,10	0,4 <b>1,0</b>
	БПК <sub>5</sub>	1,32 3,00	0,4 <b>1,0</b>	3,25 14,00	1,1 <b>4,7</b>	2,37 7,00	<b>1,1</b> <b>3,3</b>
	Кислород	9,42 5,26	<b>0,88</b>	8,93 6,82		7,85 4,77	<b>0,8</b>
	4. Амурский залив	НУ	0,02 0,05	0,4 <b>1,0</b>	0,132 1,46	<b>2,6</b> <b>29,2</b>	0,07 0,29
Фенолы		1,0 3,1	<b>1,0</b> <b>3,1</b>	0,95 2,8	<b>1,0</b> <b>2,8</b>	1,05 2,0	<b>1,1</b> <b>2,0</b>
АПAB		66 229	0,7 <b>2,3</b>	160 360	<b>1,6</b> <b>3,6</b>	235 659	<b>2,4</b> <b>6,6</b>
Аммонийный азот		69,8 229,0	<0,1 0,1	59,1 338	<0,1 0,1	61,4 351	<0,1 0,1
Медь		1,0 1,7	0,2 0,3	1,3 5,8	0,3 <b>1,2</b>	1,25 3,6	0,3 0,7
Железо		116,7 1870	<b>2,3</b> <b>37,4</b>	74,9 539	<b>1,5</b> <b>10,4</b>	40,1 119	0,8 <b>2,4</b>
Цинк		11,1 31,0	0,2 0,6	15,8 80	0,3 <b>1,6</b>	11,0 33,0	0,2 0,7
Свинец		0,2 0,8	<0,1 <0,1	2,3 9,1	0,2 0,9	0,23 1,0	<0,1 0,1

4. Амурский залив	Марганец	15,3 174	0,3 <b>3</b>	10,9 103	0,2 <b>2,1</b>	12,7 160	0,3 <b>3,2</b>
	Кадмий	0,2 0,9	<0,1 0,1	1,2 31,0	0,1 <b>3,1</b>	0,34 1,5	<0,1 0,15
	Ртуть	0,036 0,08	0,4 0,8	0,030 0,06	0,3 0,6	0,02 0,04	0,2 0,4
	Алюминий	– –	– –	52,5 282,0	<b>1,3</b> <b>7,1</b>	32,8 118	0,8 <b>3,0</b>
	БПК <sub>5</sub>	2,18 5,00	0,7 <b>1,7</b>	2,21 7,00	0,7 <b>2,3</b>	2,68 9,0	<b>1,3</b> <b>4,3</b>
	Взвешенные вещества	15,8 145,0	<b>1,6</b> <b>15,0</b>	7,8 92,2	0,8 <b>9,2</b>	6,4 14,6	0,6 <b>1,5</b>
	Кислород	8,59 4,46	<b>0,74</b>	10,34 6,93		8,59 4,02	<b>0,67</b>
5. Уссурийский залив	НУ	0,03 0,10	0,6 <b>2,0</b>	0,113 0,8	<b>2,3</b> <b>16,0</b>	0,20 0,68	<b>4,0</b> <b>13,6</b>
	Фенолы	0,9 2,6	0,9 <b>2,6</b>	1,0 3,1	<b>1,0</b> <b>3,1</b>	0,7 1,6	<b>0,7</b> <b>1,6</b>
	АПВ	41 122	0,4 <b>1,2</b>	180 447	<b>1,8</b> <b>4,5</b>	245 725	<b>2,4</b> <b>7,3</b>
	Аммонийный азот	52,8 135,0	<0,1 <0,1	82,6 204	<0,1 <0,1	73,2 502	<0,1 0,2
	Медь	0,9 2,5	0,2 0,5	1,74 22,0	0,6 <b>4</b>	0,93 3,1	0,2 0,6
	Железо	112,7 505,0	<b>2,3</b> <b>10,1</b>	53,0 377,0	<b>1,1</b> <b>7,5</b>	78,3 289,5	<b>1,6</b> <b>5,8</b>
	Цинк	10,4 55,0	0,2 <b>1,1</b>	12,5 53,0	0,3 <b>1,1</b>	9,1 26	0,2 0,5
	Свинец	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,6 2,8	<0,1 0,3	0,3 4,2	<0,1 0,4
	Марганец	8,1 75,0	0,2 <b>1,5</b>	3,2 21,0	<0,1 0,4	3,7 12	<0,1 0,2
	Кадмий	0,2 1,5	<0,1 0,2	1,0 12,0	0,1 <b>1,2</b>	0,27 1,2	<0,1 0,1
	Ртуть	0,03 0,09	0,3 0,9	0,045 0,17	0,5 <b>1,7</b>	0,02 0,09	0,2 0,9
	БПК <sub>5</sub>	2,38 8,00	0,8 <b>2,7</b>	1,66 5,00	0,6 <b>1,7</b>	1,87 5,00	0,9 <b>2,4</b>
	Взвешенные вещества	4,2 11,3	0,4 <b>1,1</b>	4,3 12,6	0,4 <b>1,2</b>	4,3 12,1	0,4 <b>1,2</b>
	Кислород	9,18 4,54	<b>0,76</b>	10,81 6,02		10,27 6,39	
	6. залив Находка (с бухтами)	НУ	0,02 0,13	0,4 <b>2,6</b>	0,095 1,07	<b>1,9</b> <b>7,4</b>	0,08 0,28
Фенолы		0,9 4,1	0,9 <b>4,1</b>	0,7 1,6	0,7 <b>1,6</b>	0,9 1,7	0,9 <b>1,7</b>
АПВ		47 132	0,5 <b>1,3</b>	191 402	<b>1,9</b> <b>4,0</b>	240 725	<b>2,4</b> <b>7,2</b>
Аммонийный азот		61,5 151,0	<0,1 <0,1	65,3 295,0	<0,1 0,1	35,8 118	<0,1 <0,1
Медь		0,6 1,8	0,1 0,4	1,1 5,1	0,2 <b>1,0</b>	0,4 1,6	<0,1 0,3
Кадмий		0,2 1,1	<0,1 0,1	0,35 5,2	<0,1 0,5	0,9 6,3	<0,1 0,6

6. залив Находка (с бухтами)	Железо	48,8 2380	0,98 <b>48</b>	36,6 112,0	0,7 <b>2,2</b>	53,9 176	<b>1,1</b> <b>3,5</b>
	Цинк	9,7 53,0	0,2 <b>1,0</b>	10,7 55,0	0,2 <b>1,1</b>	12,1 52	0,2 <b>1,0</b>
	Свинец	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,52 2,7	<0,1 0,3	0,2 2,8	<0,1 0,3
	Марганец	3,7 19,0	<0,1 0,4	2,7 17,0	<0,1 0,3	8,9 122	0,2 <b>2,4</b>
	Ртуть	0,043 0,15	0,4 <b>1,5</b>	0,027 0,13	0,3 <b>1,3</b>	0,03 0,09	0,3 0,9
	БПК <sub>5</sub>	2,21 6,00	0,7 <b>2,0</b>	2,63 6,00	0,9 <b>2,0</b>	2,59 8,00	<b>1,2</b> <b>3,8</b>
	Взвешенные вещества	4,65 11,3	0,5 <b>1,1</b>	5,93 92,0	0,6 <b>9,2</b>	4,5 11,6	0,45 <b>1,2</b>
	Кислород	9,74 5,83	<b>0,97</b>	10,44 6,02		9,51 6,02	
7. Татарский пролив: г. Александровск- Сахалинский	НУ	0,034 0,14	0,7 <b>2,8</b>	0,049 0,14	0,98 <b>2,8</b>	0,07 0,17	<b>1,4</b> <b>3,4</b>
	Фенолы	0,1 0,8	0,1 0,8	0 0		0 0	
	СПАВ	12 45	0,1 0,5	3,8 61	<0,1 0,6	12,2 30	0,1 0,3
	Кадмий	0,1 0,6	<0,1 <0,1	0,3 1,5	<0,1 0,2	0 0	
	Медь	5,1 13,2	<b>1,0</b> <b>2,6</b>	2,4 12,7	0,5 <b>2,5</b>	6,41 22,8	<b>1,3</b> <b>4,5</b>
	Цинк	12,2 86,6	0,2 <b>1,7</b>	5,6 28,5	0,1 0,6	4,5 25,2	0,1 0,5
	Свинец	1,1 8,5	0,1 0,8	0,4 3,9	<0,1 0,4	0,2 1,1	<0,1 <b>1,0</b>
	Аммонийный азот*	10 47	<0,1 <0,1	3,0 36	<0,1 <0,1	2,5 37,3	<0,1 <0,1
	БПК <sub>5</sub>	-		1,33 2,5	0,4 0,8	1,30 3,4	0,6 <b>1,6</b>
	Кислород	7,89 6,57		8,86 7,60		8,51 7,10	

Примечания: 1. Среднегодовая концентрация (С\*) нефтяных углеводородов, взвешенных веществ и растворенного в воде кислорода приведена в мг/дм<sup>3</sup>; фенолов, аммонийного азота, АПАВ, меди, железа, цинка, свинца, марганца, кадмия и ртути в мкг/дм<sup>3</sup>; ДДТ, ДДЭ, ДДД, α-ГХЦГ и γ-ГХЦГ в нг/дм<sup>3</sup>.

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

3. 2017 г.\* — расчет ПДК по БПК<sub>5</sub> произведен по новому нормативу 2,1 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

4. Аммонийный азот\* — использовано значение ПДК в пересчете на азот.

**Таблица 11.3.** Оценка качества прибрежных вод залива Петра Великого Японского моря в 2015–2017 гг.

Район	2015 г.		2016 г.		2017 г.		Содержание ЗВ в 2017 г. (в ПДК)
	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	ИЗВ	класс	
1. бухта Золотой Рог	0,81	III	2,06	V	2,13	V	НУ 3,64; АПАВ 2,82; БПК <sub>5</sub> 1,26; О <sub>2</sub> 0,79
2. бухта Диомид	0,86	III	1,58	IV	2,24	V	НУ 4,40; АПАВ 2,43; БПК <sub>5</sub> 1,35; О <sub>2</sub> 0,77
3. пролив Босфор Восточный	0,62	II	1,44	IV	2,36	V	НУ 4,40; АПАВ 3,01; Fe 1,25; О <sub>2</sub> 0,76

4. Амурский залив	1,18	III	1,58	IV	1,43	IV	HУ 1,40; АПАВ 2,35; БПК <sub>5</sub> 1,28; O <sub>2</sub> 0,70
5. Уссурийский залив	1,13	III	1,57	IV	1,50	IV	HУ 1,40; АПАВ 2,45; Fe 1,57; O <sub>2</sub> 0,58
6. залив Находка (с бухтами)	0,61	II	1,32	IV	1,47	IV	HУ 1,60; АПАВ 2,40; БПК <sub>5</sub> 1,23; O <sub>2</sub> 0,63
6.1. бухта Находка	0,76	III	1,69	IV	1,48	IV	HУ 1,44; АПАВ 2,58; Fe 1,27; O <sub>2</sub> 0,64
6.2. бухта Врангеля	0,61	II	1,38	IV	1,35	IV	HУ 1,56; АПАВ 1,93; Fe 1,27; O <sub>2</sub> 0,65
Татарский пролив: Александровск- Сахалинский	0,68	II	0,64	II	1,00	III	HУ 1,40; Cu 1,28; БПК <sub>5</sub> 0,62; O <sub>2</sub> 0,71

## **Глава 12. Выводы**

### **12.1. Каспийское море**

На акватории Северного Каспия продолжился начавшийся в 2015 г. рост концентрации нефтяных углеводородов (НУ), которая в 2017 г. достигла 5 ПДК. В течение предыдущего, довольно продолжительного (с 1991 г. по 2008 г.) периода она сохранялась на уровне около 1 ПДК. Средняя концентрация многих металлов была выше допустимой нормы — железа (до 4,4 ПДК), кобальта (до 4,0 ПДК), никеля (до 3,6 ПДК) и меди (до 1,4 ПДК). При этом за последние годы на Северном Каспии отмечался рост средней годовой концентрации железа от 2–2,5 ПДК в 2014 г. до 4–6 ПДК в 2017 г. По индексу загрязненности воды акватория Северного Каспия характеризовалась как «загрязненные». Степень загрязненности в период 2010–2017 гг. увеличивалась, что было обусловлено преимущественно увеличением средней годовой концентрации нефтяных углеводородов. Воды открытого моря на границе между Северным и Средним Каспием также оценивались как «загрязненные», хотя уровень загрязнения там был несколько ниже, чем на более северных акваториях.

В прибрежных водах Дагестанского взморья главным загрязняющим веществом оставались фенолы (в среднем от 2,9 до 4,2 ПДК). Заметно меньший вклад в общее загрязнение вносили нефтяные углеводороды — их среднее содержание не превышало 1,0 ПДК даже в районе такого крупного порта как Махачкала. Другие загрязняющие вещества (металлы, СПАВ) не определялись. В целом воды Дагестанского взморья характеризовались как «загрязненные». При этом за последние три года значения ИЗВ выросли во всех районах мониторинга на величину от 0,14 единиц (взморье р. Сулак) до 0,73 единиц у Лопатина.

### **12.2. Азовское море**

Воды устьевой области р. Дон и восточной части Таганрогского залива, как и в предыдущие годы, характеризуются повышенным содержанием нефтяных углеводородов, аммонийного азота, нитритов и ртути. Основным источником поступления загрязняющих веществ является сток реки Дон. Качество вод устьевых протоков р. Дон и Таганрогского залива в 2017 г. по комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,95 и 1,13) может быть оценено как «умеренно загрязненные», III класс качества. Качество вод различных районов Темрюкского залива остается стабильным в последние годы на уровне II класса качества, «чистые». Основными загрязняющими веществами остаются нефтяные углеводороды, аммоний, нитриты и фосфаты. Соленость вод залива имеет тенденцию к возрастанию, а загрязнение вод СПАВ и хлорорганическими пестицидами можно считать несущественным.

### **12.3. Черное море Прибрежные воды Крыма**

В 2017 г. сохранялись обычные особенности гидрохимического режима Севастопольской бухты. В поверхностном слое вод районов, подверженных влиянию пресного стока (Инкерманский ковш, кут Южной бухты, кут Артиллерийской бухты), наблюдалось повышенное содержание фосфатов, кремнекислоты, нитритов, нитратов и аммония. На всей акватории Южной бухты постоянно наблюдалась повышенная концентрация нитратов, максимум содержания которых в куте в 50–100 раз превышал фоновое значение. Придонные воды в глубине бухты рядом с судоремонтным доком характеризуются низким содержанием кислорода и здесь не

исключена возможность сероводородного заражения. В четырех из девяти отобранных в бухте проб концентрация нефтяных углеводородов равнялась или превышала ПДК, максимум составил 1,4 ПДК. На взморье района г. Севастополя максимальное содержание НУ достигало 8 ПДК в придонных водах и 4 ПДК в поверхностных. В придонных водах бухты и взморья иногда отмечался дефицит растворенного кислорода, до 15–19% насыщения, однако случаи с концентрацией  $O_2$  ниже норматива не отмечено. Содержание легко окисляемых органических веществ по БПК<sub>5</sub> достигало 1,9–1,5 ПДК в придонных и поверхностных водах соответственно.

В водах акватории порта Ялты нефтяные углеводороды были обнаружены в течение всего года во всех пробах, однако их содержание оставалось очень невысоким. Максимальная концентрация (0,6 ПДК) была отмечена в конце февраля. Загрязнение вод порта СПАВ (максимум 0,4 ПДК) и фенолами (менее предела обнаружения) незначительное. Содержание пестицида  $\gamma$ -ГХЦГ в водах порта достигало 1,3 ПДК, в незначительном количестве (до 0,3 ПДК) отмечен гептахлор, а другие традиционные пестициды и ПХБ в водах порта не обнаружены. В целом в течение последних лет наблюдается последовательное снижение уровня содержания аммония в водах порта. В 2017 году отмечено повышение уровня содержания фосфатов, однако многолетняя динамика неорганического фосфора демонстрирует долговременную стабилизацию на уровне примерно 9,2 мкгР/дм<sup>3</sup>. Аэрация вод порта в целом по-прежнему была недостаточной. Относительное содержание растворенного кислорода на поверхностном и придонном горизонтах изменялось в пределах 86–111% насыщения, однако случаи дефицита не отмечено. В 2017 г. воды всех районов мониторинга прибрежных вод Крыма классифицировались как «чистые», значение индекса ИЗВ в пределах 0,41–0,58.

### **Воды района Сочи-Адлер**

В 2017 г. уровень загрязнения прибрежных вод района Большого Сочи между эстуариями рек Мзымта и Сочи вырос по сравнению с предыдущим годом, но по расчетному комплексному индексу загрязненности вод ИЗВ (0,73) воды относятся к классу «чистые». Средняя концентрация большинства нормируемых загрязняющих веществ была ниже установленных для морских вод нормативов. Однако максимальная концентрация в отдельных пробах превышала ПДК для нефтяных углеводородов (до 1,14 ПДК), железа (3,5 ПДК), свинца (3,3 ПДК), взвешенных веществ (2,3 ПДК) и СПАВ (5,4 ПДК). Наибольшее содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК<sub>5</sub>, составляло 1,1 ПДК. Растворенная ртуть в водах района выявлена не была. В 2017 г. воды акватории порта Сочи («умеренно-загрязненные») были наиболее загрязненными по сравнению с эстуарными участками рек Сочи, Хоста и Мзымта и открытыми морскими водами («чистые»). Состояние вод района в многолетней динамике оценивается как стабильное.

### **12.4. Балтийское море**

Металлы вносили основной вклад в определение уровня загрязнения вод Невской губы, среди которых особенно выделялась медь (максимальные значения до 11,7 ПДК), цинк (до 5,2 ПДК) и железо (до 4,5 ПДК). При этом содержание этих элементов было ниже средних величин за последние пять лет, а среднее содержание марганца стало минимальным. В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией марганца (до 21,2 ПДК), алюминия (до 1,5 ПДК), аммонийного азота (до 1,8 ПДК), нитритного азота (до 2,8 ПДК) и фосфора фосфатов (до 1,1 ПДК). Воды Невской губы в целом не

загрязнены нефтяными углеводородами, фенолами и детергентами, они присутствуют в незначительной концентрации в нескольких процентах отобранных проб. Концентрация хлорорганических пестицидов (ДДТ и его метаболитов ДДЭ, ДДД, а также  $\alpha$ -ГХЦГ и  $\gamma$ -ГХЦГ) была ниже предела обнаружения использованного метода химического анализа. Кислородный режим в целом был в пределах нормы, даже минимальные значения были выше допустимого уровня. По расчетному комплексному индексу загрязненности вод (ИЗВ) воды Невской губы в 2017 г. оцениваются как «умеренно загрязненные» (III класс), а на отдельных участках акватории как «загрязненные» (IV класс, Южный курортный район, около подводного выпуска Северной станции аэрации) и «грязные» (V класс, Северный курортный район, Морской торговый порт).

Основными загрязняющими веществами в водах восточной части Финского залива в августе 2017 г. стали медь (максимальная концентрация до 2,7 ПДК), железо (до 23,8 ПДК), марганец (до 4,6 ПДК) и алюминий (до 1,7 ПДК). В отдельных случаях установленные нормативы были превышены максимальной концентрацией нитритного азота (до 1,2 ПДК) и фосфора фосфатов (до 1,7 ПДК). Концентрация органических загрязнителей (нефтяные углеводороды, СПАВ) была очень невысокой, а фенола и хлорорганических пестицидов ниже аналитического нуля. Кислородный режим на мелководных участках восточной части залива был в пределах нормы, даже минимальные значения были выше допустимого уровня. В глубоководной части залива в верхних слоях воды кислородный режим был в пределах нормы, однако в слое у дна из-за существенной вертикальной стратификации наблюдался хорошо выраженный дефицит растворенного кислорода, концентрация которого в середине августа 2017 г. была ниже нормы в семи пробах и опускалась до 3,86 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> (30% насыщения). По расчетному комплексному индексу загрязненности вод (ИЗВ) воды восточной части Финского залива губы в августе 2017 г. оцениваются как «чистые» (II класс), однако в Курортном районе мелководной зоны за счет высокой концентрации железа и меди оцениваются как «грязные» (V класс). Воды Копорской и Лужской губ в целом по гидрохимическим параметрам не отличались от открытых вод Финского залива и по результатам съемки в августе 2017 г. оцениваются как «чистые» (II класс).

## 12.5. Белое море

В Двинском заливе в 2017 г. были зафиксированы низкие значения приоритетных загрязняющих веществ, почти полное отсутствие нефтяного загрязнения и низкие показатели содержания в воде биогенных веществ. Это позволяют оценить воды залива как «чистые».

Воды Кандалакшского также можно отнести ко II классу качества вод, «чистые». Превышение ПДК было зафиксировано по меди (в большинстве проб) и по железу (в одной пробе превышение было 3,5 ПДК). Приоритетными загрязняющими веществами остались НУ, медь, железо и ртуть, содержание которых было в целом в пределах межгодовых изменений. В последние годы качество вод в районе водпоста порта Кандалакша стабилизировалось. Аэрация вод поверхностного слоя вод достаточная в обоих заливах моря.

## 12.6 Баренцево море

В Кольском заливе в торговом порту Мурманска приоритетными загрязняющими веществами были нефтяные углеводороды, медь и железо. Среднее за год содержание НУ было меньше прошлогоднего, но превышало ПДК в 1,2 раза. Средняя концентрация меди также превысила норматив в 1,2 раза, а содержание железа уменьшилось по сравнению с предыду-

щим периодом и в среднем составило 0,7 ПДК. В течение последнего десятилетия неоднократно встречались высокие значения концентрации фосфатов, что было зафиксировано и в марте 2017 г. (1435 мкг/дм<sup>3</sup>, 28,7 ПДК), при низких значениях в течение всего года. Кислородный режим был удовлетворительным, хотя среднее значение несколько снизилось по сравнению с 2016 г., а в ноябрьской пробе составляло 0,85 от норматива. По индексу загрязненности вод ИЗВ (0,95) качество вод осталось на прошлогоднем уровне и оценивается III классом, «умеренно загрязненные». Тем не менее, за последние годы (с 2012 г.) отмечается снижение концентрации приоритетных загрязняющих веществ. Содержание железа по сравнению с 2012 г. снизилось в 10 раз, содержание нефтяных углеводородов в 4 раза, меди — в 2 раза. В целом качество вод за последние 6 лет улучшилось.

## 12.7. Шпицберген

По результатам исследований 2017 г. на большей части акватории залива Гренфьорд в районе пос. Баренцбург значения большинства гидрохимических показателей были в пределах естественных межгодовых изменений. Концентрация загрязняющих веществ в морских водах не выходила за рамки установленных ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, за исключением меди (до 2,2 ПДК) и никеля (до 1,8 ПДК). Концентрация большинства групп загрязняющих веществ характерна для прибрежных районов Арктических морей со средним или незначительным уровнем воздействия на морскую акваторию береговых источников загрязнения. Качество вод залива Гренфьорд в 2017 г. по расчетному комплексному индексу ИЗВ (0,59) позволяет оценить воды в районе у Баренцбурга как «чистые», II класс качества.

## 12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)

По данным государственного мониторинга, проведенному в Авачинской губе в 2017 г. с мая по октябрь на 9 станциях контроля, концентрация почти всех приоритетных загрязнителей (фенолы, нефтяные углеводороды и детергенты) превышала значения ПДК. Среднегодовое значение фенолов в 2017 г. составило 2 ПДК. Максимальное значение (22 ПДК) наблюдалось в октябре на поверхностном горизонте в районе морского порта. На протяжении последних пяти лет уровень загрязнения фенолами оставался стабильно повышенным на уровне 2–4 ПДК. Распространению нефтепродуктов на всю акваторию Авачинской губы способствуют приливо-отливные течения, поэтому их повышенные величины наблюдаются по всей акватории на различных горизонтах. Впервые за последний пятилетний период во всех отобранных пробах концентрация нефтяных углеводородов была выше пороговых. Среднегодовое содержание НУ в водах Авачинской губы составило 2,0 ПДК. В районе ПСРМЗ и в бухтах Моховой и Раковой в среднем по толще вод зафиксировано наибольшее их содержание — 2,2 ПДК. Максимальная величина (4,4 ПДК) наблюдалась 8 августа на придонном горизонте акватории ПСРМЗ. В течение последних пяти лет средняя по толще вод концентрация детергентов (АСПАВ) в водах Авачинской губы не превышала допустимой нормы. По сравнению с 2016 г. произошло снижение указанного ингредиента с 0,9 до 0,6 ПДК. На всех станциях контроля всего в 8% от общего количества проб наблюдалась концентрация выше норматива. Наиболее загрязненными детергентами морские воды оказались в октябре, когда их концентрация по толще вод составила 0,9 ПДК, а максимум (3,0 ПДК) был отмечен на придонном горизонте центральной части Авачинской губы. В целом в 2017 г. водам Авачинской губы присвоен IV класс качества — «загрязненные».

## 12.10. Охотское море

По данным государственного мониторинга в контролируемых районах шельфа острова Сахалина уровень загрязнения вод оставался незначительным. Концентрация приоритетных загрязнителей — нефтяные углеводороды, фенолы, СПАВ, легко окисляемые органические вещества по БПК<sub>5</sub>, не превышала ПДК. Это относится и к району порта Корсаков — значительному источнику загрязнения. В то же время по данным визуальных наблюдений в порту Корсаков нефтяная пленка была довольно интенсивной, в среднем 2,5 балла из 3. Из тяжелых металлов наибольшей концентрации в воде достигала медь, но и она в среднем превысила 1,1 ПДК только в Корсакове. Изменчивость содержания меди от пробы к пробе оставалась высокой — максимальное значение равнялось 3,3 ПДК. Заметной динамики за последние 5 лет ни средние, ни максимальные значения концентрации меди в воде не обнаруживали. В целом в 2017 г. в районах пос. Пригородное и Стародубское морские воды оценивались как чистые (ИЗВ 0,59 и 0,68, соответственно), а в районе порта Корсаков — как умеренно-загрязненные (ИЗВ 0,85).

В донных отложениях во всех контролируемых районах шельфа Сахалина среднегодовое содержание цинка, кадмия и свинца в 2017 г. составляло доли ПДК. Концентрация меди в районе Корсакова составляла 1,3 ПДК, а в других районах не превышала 0,5 ПДК. Содержание в донных отложениях нефтяных углеводородов в южной части шельфа острова у порта Корсаков (в среднем до 3,8 ПДК) и поселка Стародубское продолжает превышать ПДК. При этом за последние три года был отмечен рост содержания нефтяных углеводородов приблизительно в 1,5 раза у Корсакова и в 2 раза у Стародубского.

## 12.11. Японское море

В 2017 г. качество вод различных участков залива Петра Великого по комплексному расчетному индексу ИЗВ практически не изменилось по сравнению с 2016 г. Индекс загрязненности вод в бухте Золотой Рог, в бухте Диомид, в проливе Босфор Восточный соответствует наихудшим величинам десятилетия конца прошлого столетия. Несмотря на значительные межгодовые изменения качество вод бухты Золотой Рог, наиболее загрязненного участка залива Петра Великого, постепенно ухудшается. Повышение индекса ИЗВ в бухте Золотой Рог почти в 3 раза за три года обусловлено существенным (четырёхкратным) увеличением среднего содержания нефтяных углеводородов, а также детергентов и растворенного органического вещества. Закономерно ухудшился и кислородный режим вод в бухте в целом. Минимальное содержание растворенного кислорода в водах кутовой части близко к уровню, которое характеризуется как «высокое загрязнение». В 2017 г. в шести пробах из разных районов бухты концентрация растворенного кислорода была ниже норматива, что свидетельствует о неблагоприятном кислородном режиме в целом в бухте. Роста загрязненности вод бухты металлами в целом отмечено не было, за исключением соединений железа, уровень загрязненности которыми повысился в 2 раза.

В больших заливах Амурском и Уссурийском, а также в проливе Босфор Восточный, омывающих с трех сторон Владивосток, уровень загрязненности повысился, а качество вод оцениваются IV и V классом, «загрязненные» и «грязные». В заливах ухудшение состояния вод в целом также произошло за счет органических веществ — среднего содержания НУ, АПАВ и легко окисляемой органики по БПК<sub>5</sub>. В заливе Находка традиционно самой загрязненной была бухта Находка.

Приоритетными загрязняющими веществами в водах залива Петра Великого в 2017 г. традиционно были нефтяные углеводороды (максимальная концентрация составила 29 ПДК

в Амурском заливе и 16 ПДК в Уссурийском); фенолы (мах 3,1 ПДК в Уссурийском заливе); детергенты (в Уссурийском заливе и в заливе Находка — выше 7 ПДК, в Амурском заливе и проливе Босфор Восточный — выше 6 ПДК). Максимальное значение растворенного органического вещества по БПК<sub>5</sub> в проливе Босфор Восточный (бухта Улисс) и в бухте Золотой Рог составило 3,3 ПДК. Наибольшая концентрация соединений железа отмечена в Уссурийском заливе (5,8 ПДК) и в бухте Золотой Рог (4,3 ПДК), цинка — в бухте Золотой Рог (2,0 ПДК), марганца — в Амурском заливе и заливе Находка (3,0 и 2,4 ПДК). В целом воды залива Петра Великого могут быть оценены как умеренно эвтрофированные, а вблизи г. Владивостока и в бухте Золотой Рог — как сильно эвтрофированные. Воды Татарского пролива в районе г. Александровск-Сахалинский оцениваются в 2017 г. как «умеренно-загрязненные», а содержание приоритетных загрязняющих веществ значительно ниже наблюдаемых в заливе Петра Великого.

Загрязнение донных отложений в прибрежных районах залива Петра Великого существенно отличалось от района к району. Особенно высокая концентрация различных загрязняющих веществ была в бухтах Золотой Рог, Диомид и в ближайших к г. Владивостоку районах Амурского и Уссурийского заливов. В 2017 г. в бухте Золотой Рог содержание нефтяных углеводородов в донных отложениях было чрезвычайно высоким; превышение допустимого уровня концентрации отмечалось в 100% проб. Средняя величина существенно превышала значения в других районах и составляла 258 ДК, а максимальное значение превышало допустимый уровень концентрации в 598 раз и отмечено в центре бухты.

Среднее суммарное содержание ХОП группы ДДТ в донных отложениях залива Петра Великого в 2017 г., как и предыдущие годы, было достаточно высоким. Среднегодовой показатель в различных районах залива Петра Великого изменялся в широком диапазоне: 3,4–24,9 ДК. Наименее загрязненными были пролив Босфор Восточный и Амурский залив, а самыми загрязненными из года в год остаются бухты Золотой Рог и Диомид, а также залив Находка. По содержанию в донных отложениях ртути самыми загрязненными остаются районы вблизи г. Владивостока: бухта Золотой Рог (ср. — 3,7 ДК, макс. — 7,0 ДК) и бухта Диомид (ср. — 4,2 ДК, макс. — 4,4 ДК).

## Литература

1. Положение о государственной наблюдательной сети. РД 52.04.567-2003.
2. Приказ 156. О введении в действие Порядка подготовки и представления информации общего назначения о загрязнении окружающей природной среды. — Приказ Руководителя Росгидромета №156 от 31.10.2000 г.
3. РД 243. Руководство по химическому анализу морских вод. РД 52.10.243–92. ред. С.Г.Орадовский, СПб, Гидрометеиздат, 1993, 264 с.
4. РД 556. Методические указания. Определение загрязняющих веществ в морских донных отложениях и взвеси. РД 52.10.556-95. ред. С.Г.Орадовский, М, Гидрометеиздат, 1996, 50 с.
5. 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.
6. 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.
7. МР 1988. Методические Рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. — Москва, Госкомитет СССР по гидрометеорологии, 1988, 9 с.
8. 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.
9. 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).
10. ПП-РФ\_447. Постановление Правительства РФ от 06.06.2013 № 477 «Об осуществлении государственного мониторинга состояния и загрязнения окружающей среды».
11. Бухарицин П.П. Гидрологические процессы в Северном Каспии. — Москва, ИВП РАН, 1996, 62 с.
12. Косарев А.Н. Гидрология Каспийского и Аральского морей. — Москва, МГУ, 1975, 272 с.
13. Крицкий С. К. Колебания уровня Каспийского моря. — Москва, Наука, 1975, с. 149–152.
14. Дьяков Н.Н., Иванов В.А. Сезонная и межгодовая изменчивость гидрологических характеристик прибрежной зоны Азовского моря. — Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное исследование ресурсов шельфа, Севастополь, 2002, с. 39–46.
15. Репетин Л.Н. Климатические изменения ветрового режима северного побережья Черного моря. — Тез. Докл. На II междуна. Конф. посвящ. 75-летию ОГЭУ «Наволишине природне середовище-2007: актуальні проблеми екології та гідрометеорології; інтеграція освіти і науки», Одесса, 26–28.09.2007 г., с. 173.
16. Азовское море: Справочник по гидрометеорологии, 1962, Л., Гидрометеиздат, 856 с.
17. 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 Украины, МГИ, 2008, 42 с.
18. Суховой В.Ф. Моря Мирового океана. — Л., Гидрометеиздат, 1986, 288 с.
19. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Проект «Моря СССР». Том III. Балтийское море. Выпуск I. Гидрометеорологические условия. — СПб, Гидрометеиздат, 1992, 451 стр.
20. Баренцево море, т 1, вып. 1 — Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР, 1990, 280 с.
21. Арктическая энциклопедия — Москва, «Паулсен», т. 1, 2017, 688 с.
22. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. — М.: Мысль, 1999, 320 с.
23. Добровольский А.Д., Залогин Б.С. Моря СССР. — Издательство Московского университета, 1982, 270 с.
24. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»). Том 9. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. — Терзиев Ф.С. (ред.), 1992, 318 стр.
25. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР (проект «Моря СССР»). Том 9. Охотское море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — Терзиев Ф.С. (ред.), 1998, 167 стр.

**Авторы, владельцы материалов  
и организации, принимающие участие  
в подготовке Ежегодника-2017**

**Каспийское море**

- 1). Астраханский ЦГМС, (АстрЦГМС, г. Астрахань), Лаборатория мониторинга загрязнения поверхностных вод (ЛМЗПВ): Ильзова Ф.Ш., Конотопова Е.А., Баранникова Е.Н., Калюжная Т.В., Утеба-лиева Х.З., Торбановская О.В.
- 2). Дагестанский ЦГМС (ДагЦГМС, г. Махачкала): Дадашев А.М., Османова С.Ш.

**Азовское море**

- 1). Донская устьевая гидрометеорологическая станция (ДУС, г. Азов), ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС»: Хорошенькая Е.А., Сулеменко Е.А., Иванова Л.Л., Резинькова И.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 (г. Керчь): Алексеенко А.И., Ришко Л.А., Соколов А.А., Полубинская Е.М.

**Черное море**

- 1). Специализированный центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей (ФГБУ «СЦГМС ЧАМ», г. Сочи): Любимцев А.Л., Лысак О.Б., Юренко Ю.И.
- 2). Гидрометеорологическое бюро Туапсе (г. Туапсе): Панченко А.В., Костенко Т.М., Джелали Н.С., Балакирева А.С.
- 3). Лаборатория мониторинга загрязнения природной среды Морской гидрометеорологической станции Ялта (ЛМЗС МГ Ялта, г. Ялта): Парфенова В.А., Протащик Л.А., Брайко О.И.
- 4). Севастопольское отделение ФГБУ «ГОИН» (Крым, г. Севастополь): Мезенцева И.В., Вареник А.В., Мальченко Ю.А.
- 5). Отдел биогеохимии моря (ОБМ) Морского гидрофизического института РАН (МГИ, г. Севастополь): Орехова Н.А., Кондратьев С.И., Коновалов С.К.

**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): Ипатова С.В., Луковская А.А., Колесов А.М., Макаренко А.П., Лебедева Н.И., Богдан М.И., Бессан Г.Н.

**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» Чаус О.М., Центр мониторинга загрязнения окружающей среды (г. Мурманск): Устинова А.А., Украинская К.В., Мусорина Л.Д.

**Баренцево море**

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

**Гренландское море (Шпицберген)**

- 1). Северо-Западный филиал ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург): Демин Б.Н., 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 (ЦМС ФГБУ «Сахалинское УГМС», г. Южно-Сахалинск): Артамонова Е.М.

### **Японское море**

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

## СПИСОК опубликованных Ежегодников

- Обзор химических загрязнений прибрежных вод морей СССР за 1966 г. — А.С.Пахомова, Н.А.Афанасьева, А.К.Величквич, 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.Величквич, 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.Величквич, 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.Величквич, Е.П.Кириллова, А.С.Пахомова, Н.А.Соловьева, Т.А.Бакум, под ред. А.И.Симонова. — Москва, 1971, 64 с.
- 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 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 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.Кириянова. — Москва, 1990, 279 с.
- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1990 год. — Н.А.Афанасьева, Н.С.Гейдарова, Т.А.Иванова, Ю.С.Лукьянов, И.Г.Матвейчук, И.А.Писарева, О.А.Симонова, под ред. С.В.Кириянова. — Москва, 1991, 277 с.

- Ежегодник качества морских вод по гидрохимическим показателям за 1991 год. — Н.А.Афанасьева, Т.А.Иванова, Г.К.Ильинская, Ю.С.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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.Лукиянов, 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, Гидрометеоздат, 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. — Гидрометеоздат, 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, Гидрометеоздат, 2005, 127 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2003. — А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков. — М, Метеоагентство Росгидромета, 2005, 111 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2004. — А.Н.Коршенко, И.Г.Матвейчук, Т.И.Плотникова, В.П.Лучков, В.С.Кирьянов. — М, Метеоагентство Росгидромета, 2006, 200 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2005. — Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В., Лучков В.П. — М, Метеоагентство Росгидромета, 2008, 166 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2006. — Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Удовенко А.В. — Москва, Обнинск, «Артифекс», 2008, 146 с.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2007. Коршенко А.Н., Матвейчук И.Г., Плотникова Т.И., Панова А.И., Иванов Д.Б., Кирьянов В.С. — Обнинск, ОАО «ФОР», 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 «ФОР», 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, 232 с.

**РД Росгидромета:  
«Методические руководства по определению гидрохимических показателей  
и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды»  
[http://ipk.meteorf.ru/index.php?option=com\\_content&view=article&id=282](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 52.10.735-2018.** Водородный показатель морских вод. Методика измерений потенциометрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела «Водородный показатель (pH)').
3. **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').
4. **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').
5. **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').
6. **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').
7. **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').
8. **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').
9. **РД 52.10.743-2010.** Общая щелочность морской воды. Методика измерений титриметрическим методом (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела «Общая щелочность').
10. **РД 52.10.744-2010.** Массовая концентрация кремния в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом в виде синей формы молибдкремневой кислоты (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела «Кремний').
11. **РД 52.10.745-2010.** Массовая концентрация азота нитратного в морской воде. Методика измерений фотометрическим методом после восстановления в кадмиевом редуторе (взамен РД 52.10.243-92 в части раздела «Нитраты').
12. **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').
13. **РД 52.10.773-2013.** Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера.
14. **РД 52.10.774-2013.** Массовая доля ртути в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
15. **РД 52.10.775-2013.** Массовая доля металлов в донных отложениях. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела «Следовые элементы (железо, марганец, хром, никель)').
16. **РД 52.10.777-2012.** Внутренний контроль качества информации о состоянии и загрязнении морской среды.
17. **РД 52.10.778-2013.** Массовая концентрация растворенных форм железа, марганца и хрома в пробах морской воды. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии.
18. **РД 52.10.779-2013.** Массовая концентрация нефтяных углеводородов в пробах морской воды. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии.
19. **РД 52.10.803-2013.** Массовая доля нефтяных углеводородов в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом инфракрасной спектроскопии (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 7).
20. **РД 52.10.804-2013.** Массовая доля анионных синтетических поверхностно-активных веществ в пробах морских донных отложений. Методика измерений методом атомно-абсорбционной спектроскопии в режиме электротермической атомизации (взамен РД 52.10.556-95 в части раздела 6).

21. **РД 52.10.805-2013.** Массовая концентрация общего азота в морских водах. Методика измерений фотометрическим методом после окисления персульфатом калия.
22. **РД 52.10.806-2013.** Массовая концентрация хлоридов в пробах распресненных морских вод. Методика измерений аргентометрическим методом.
23. **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).

# CONTENTS

<b>PREFACE</b> . . . . .	4
<b>ABSTRACT</b> . . . . .	5
<b>INTRODUCTION</b> . . . . .	6
<b>Chapter A. Description of monitoring system</b>	
A.1. Monitoring stations . . . . .	7
A.2. Methodology of sampling and data treatment . . . . .	8
A.3. Monitoring of marine environment at 2017 . . . . .	18
<b>Chapter 1. Caspian Sea</b>	
1.1. General information . . . . .	21
1.2. Monitoring of the Northern Caspian . . . . .	23
1.2.1. Century transect III. . . . .	24
1.2.2. Century transect IIIa . . . . .	25
1.2.3. Transect IV . . . . .	27
1.3. Spatial heterogeneity of the pollutants distribution . . . . .	27
1.4. Water conditions of the Dagestan coastal area . . . . .	29
<b>Chapter 2. Azov Sea</b>	
2.1. General information . . . . .	34
2.2. Monitoring system of the Don estuarine region and Taganrog Bay . . . . .	35
2.3. Water pollution . . . . .	36
2.3.1. River Don estuarine region. . . . .	36
2.3.2. Taganrog Bay. . . . .	38
2.4. Bottom sediments pollution . . . . .	40
2.5. Marine estuarine area and Delta of the Kuban River. . . . .	41
2.5.1. Monitoring system of the Kuban River estuarine area. . . . .	41
2.5.2. Pollution of the Kuban Delta and Temruk Bay . . . . .	41
2.6. Kerch Strait. Northern Narrow (transect port Crimea — port Caucasus) . . . . .	51
2.7. Kerch Strait. Weekly station . . . . .	54
<b>Chapter 3. Black Sea</b>	
3.1. General information . . . . .	63
3.2. Expeditions in the open sea. . . . .	65
3.3. Marine water pollution of the Crimean coast of the Black Sea . . . . .	69
3.3.1. Lake Donuzlav . . . . .	69
3.3.2. Sevastopol Bay (MHI) . . . . .	70
3.3.3. Sevastopol Bay (SB SOI) . . . . .	71
3.3.4. Pollution of the atmospheric deposits (Sevastopol) . . . . .	72
3.3.5. Yalta port . . . . .	73
3.3.6. Water quality near Crimea coast . . . . .	78
3.4. Pollution of the coastal waters in Anapa-Tuapse area . . . . .	78
3.5. Coastal area of Adler-Sochi . . . . .	85
3.6. Expedition in the Adler-Sochi area at 15 November 2017 . . . . .	91
<b>Chapter 4. Baltic Sea</b>	
4.1. General information . . . . .	94

4.2. Monitoring systems in the eastern part of the Gulf of Finland and Neva Bay . . . . .	95
4.3. Hydrometeorological conditions . . . . .	96
4.4. Central part of the Neva Bay . . . . .	97
4.5. Northern resort of the Neva Bay. . . . .	100
4.6. Southern resort of the Neva Bay . . . . .	102
4.7. Marine Trade Port (MTP). . . . .	104
4.8. Northern WWT plant . . . . .	107
4.9. Resort area in the shallow-water Eastern part of the Finnish Gulf. . . . .	110
4.10. Shallow-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf. . . . .	113
4.11. Deep-water area in the Eastern part of the Finnish Gulf . . . . .	116
4.12. Koporsky Bay . . . . .	119
4.13. Luzsky Bay . . . . .	121
<b>Chapter 5. White Sea</b>	
5.1. General information . . . . .	124
5.2. Sources of pollution . . . . .	125
5.3. Dvina Bay. . . . .	126
5.4. Kandalaksha Bay . . . . .	128
<b>Chapter 6. Barents Sea</b>	
6.1. General information . . . . .	131
6.2. Sources of pollution . . . . .	132
6.3. Water pollution of the Kolsky Bay . . . . .	132
<b>Chapter 7. Greenland Sea (Spitsbergen)</b>	
7.1. Expeditions in Spitsbergen archipelago waters. . . . .	137
7.2. Hydrochemical parameters . . . . .	137
7.3. Pollutions . . . . .	138
<b>Chapter 8. Arctic Seas</b>	141
<b>Chapter 9. Kamchatka shelf (Pacific ocean)</b>	
9.1. General information . . . . .	142
9.2. Sources of pollution . . . . .	142
9.3. Water pollution in the Avacha Bay . . . . .	144
<b>Chapter 10. Okhotsk Sea</b>	
10.1. General information . . . . .	151
10.2. Pollution of the Okhotsk Sea . . . . .	152
10.3. Pollution of the Sakhalin shelf . . . . .	153
10.3.1. Area of village Starodubskoe . . . . .	154
10.3.2. Aniva Bay. Area near port Korsakov . . . . .	154
10.3.3. Aniva Bay. Area near village Prigorodnoe . . . . .	156
10.3.4. Visual observations . . . . .	160
<b>Chapter 11. Japan Sea</b>	
11.1. General information . . . . .	161
11.2. Sources of pollution . . . . .	162
11.3. Golden Horn Bay . . . . .	164
11.4. Diomedea Bay . . . . .	171
11.5. The Eastern Bosphorus Strait and Ulyss Bight . . . . .	174
11.6. Amur Bay . . . . .	179
11.7. Ussuri Bay. . . . .	184
11.8. Nakhodka Bay. . . . .	188

11.9. Western shelf of the Sakhalin Island. The Tatarsky Strait. . . . .	193
11.10. Conclusions . . . . .	194
<b>Chapter 12. Conclusions</b>	
12.1. Caspian Sea . . . . .	201
12.2. Azov Sea. . . . .	201
12.3. Black Sea . . . . .	201
12.4. Baltic Sea . . . . .	202
12.5. White Sea . . . . .	203
12.6. Barents Sea . . . . .	203
12.7. Spitsbergen . . . . .	204
12.9. Kamchatka shelf (Pacific ocean) . . . . .	204
12.10. Okhotsk Sea . . . . .	205
12.11. Japan Sea. . . . .	205
<b>Literature cited</b> . . . . .	207
<i>Annex 1.</i> The authors and owners of the data. . . . .	208
<i>Annex 2.</i> The list of the published Annual Repots . . . . .	210
<i>Annex 3.</i> The list of the published Manuals on Marine hydrochemistry . . . . .	212
<b>CONTENTS</b> . . . . .	214
<b>CONTENTS (Russ)</b> . . . . .	217

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ</b> . . . . .	4
<b>ABSTRACT</b> . . . . .	5
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> . . . . .	6
<b>А. Характеристика системы наблюдений</b>	
А.1. Станции мониторинга . . . . .	7
А.2. Методы обработки проб и результатов наблюдений . . . . .	8
А.3. Мониторинг морской среды в 2017 г. . . . .	18
<b>Глава 1. Каспийское море</b>	
1.1. Общая характеристика . . . . .	21
1.2. Мониторинг вод Северного Каспия . . . . .	23
1.2.1. Вековой разрез Ш. . . . .	24
1.2.2. Вековой разрез Ша . . . . .	25
1.2.3. Разрез IV. . . . .	27
1.3. Пространственная неоднородность распределения загрязняющих веществ . . . . .	27
1.4. Состояние вод Дагестанского побережья . . . . .	29
<b>Глава 2. Азовское море</b>	
2.1. Общая характеристика . . . . .	34
2.2. Система мониторинга устьевой области р. Дон и Таганрогского залива . . . . .	35
2.3. Загрязнение вод . . . . .	36
2.3.1. Устьевая область реки Дон . . . . .	36
2.3.2. Таганрогский залив . . . . .	38
2.4. Загрязнение донных отложений . . . . .	40
2.5. Устьевое взморье и дельта р. Кубань. . . . .	41
2.5.1. Система мониторинга устьевого взморья р. Кубань . . . . .	41
2.5.2. Загрязнение дельты Кубани и Темрюкского залива . . . . .	41
2.6. Керченский пролив. Северная узость (разрез порт Крым — порт Кавказ) . . . . .	51
2.7. Керченский пролив. Еженедельная станция. . . . .	54
<b>Глава 3. Черное море</b>	
3.1. Общая характеристика . . . . .	63
3.2. Экспедиционные исследования открытой части моря . . . . .	65
3.3. Загрязнение морских вод у Крымских берегов Чёрного моря . . . . .	69
3.3.1. Озеро Донузлав . . . . .	69
3.3.2. Севастопольская бухта (МГИ) . . . . .	70
3.3.3. Севастопольская бухта (СО ГОИН) . . . . .	71
3.3.4. Загрязнение атмосферных выпадений (г. Севастополь) . . . . .	72
3.3.5. Порт Ялта . . . . .	73
3.3.6. Качество черноморских вод у берегов Крыма . . . . .	78
3.4. Загрязнение прибрежных вод Анапа-Туапсе . . . . .	78
3.5. Прибрежная зона района Сочи-Адлер . . . . .	85
3.6. Экспедиционные исследования в районе Адлер-Сочи 15 ноября 2017 г. . . . .	91
<b>Глава 4. Балтийское море</b>	
4.1. Общая характеристика . . . . .	94

4.2. Мониторинг восточной части Финского залива и Невской губы . . . . .	95
4.3. Характеристика гидрометеорологических условий . . . . .	96
4.4. Центральная часть Невской губы . . . . .	97
4.5. Северный Курортный район Невской губы . . . . .	100
4.6. Южный Курортный район Невской губы . . . . .	102
4.7. Морской торговый порт (МТП) . . . . .	104
4.8. Северная станция аэрации . . . . .	107
4.9. Курортный район мелководной зоны восточной части Финского залива . . . . .	110
4.10. Мелководная зона восточной части Финского залива. . . . .	113
4.11. Глубоководная зона Восточной части Финского залива. . . . .	116
4.12. Копорская губа . . . . .	119
4.13. Лужская губа . . . . .	121
<b>Глава 5. Белое море</b>	
5.1. Общая характеристика . . . . .	124
5.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	125
5.3. Двинский залив . . . . .	126
5.4. Кандалакшский залив . . . . .	128
<b>Глава 6. Баренцево море</b>	
6.1. Общая характеристика . . . . .	131
6.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	132
6.3. Загрязнение вод Кольского залива . . . . .	132
<b>Глава 7. Гренландское море (Шпицберген)</b>	
7.1. Экспедиционные исследования вод архипелага Шпицберген . . . . .	137
7.2. Гидрохимические показатели . . . . .	137
7.3. Загрязняющие вещества . . . . .	138
<b>Глава 8. Моря Северного ледовитого океана</b>	141
<b>Глава 9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан)</b>	
9.1. Общая характеристика . . . . .	142
9.2. Источники поступления загрязняющих веществ . . . . .	142
9.3. Загрязнение вод Авачинской губы . . . . .	144
<b>Глава 10. Охотское море</b>	
10.1. Общая характеристика. . . . .	151
10.2. Загрязнение Охотского моря . . . . .	152
10.3. Загрязнение шельфа о. Сахалин . . . . .	153
10.3.1. Район поселка Стародубское . . . . .	154
10.3.2. Залив Анива. Район порта г. Корсакова . . . . .	154
10.3.3. Залив Анива. Район пос. Пригородное. . . . .	156
10.3.4. Визуальные наблюдения . . . . .	160
<b>Глава 11. Японское море</b>	
11.1. Общая характеристика. . . . .	161
11.2. Источники загрязнения . . . . .	162
11.3. Бухта Золотой Рог . . . . .	164
11.4. Бухта Диомид. . . . .	171
11.5. Пролив Босфор Восточный (включая бухту Улисс). . . . .	174
11.6. Амурский залив . . . . .	179
11.7. Уссурийский залив . . . . .	184
11.8. Залив Находка . . . . .	188

11.9. Западный шельф о. Сахалин. Татарский пролив. . . . .	193
11.10. Выводы . . . . .	194
<b>Глава 12. Выводы</b>	
12.1. Каспийское море . . . . .	201
12.2. Азовское море . . . . .	201
12.3. Черное море . . . . .	201
12.4. Балтийское море . . . . .	202
12.5. Белое море . . . . .	203
12.6. Баренцево море. . . . .	203
12.7. Шпицберген . . . . .	204
12.9. Шельф полуострова Камчатка (Тихий океан) . . . . .	204
12.10. Охотское море. . . . .	205
12.11. Японское море . . . . .	205
<b>Литература</b> . . . . .	207
<i>Приложение 1.</i> Авторы, владельцы материалов и организации, принимающие участие в подготовке Ежегодника-2017 . . . . .	208
<i>Приложение 2.</i> Список опубликованных Ежегодников . . . . .	210
<i>Приложение 3.</i> РД Росгидромета: «Методические руководства по определению гидрохимических показателей и загрязняющих веществ в различных объектах морской среды». . . . .	212
<b>CONTENTS.</b> . . . . .	214
<b>СОДЕРЖАНИЕ</b> . . . . .	217

**Качество морских вод по гидрохимическим показателям.**  
Ежегодник 2017. — под ред. Коршенко А. Н., Москва, «Наука»,  
2017, 220 с.

ISBN 978-5-9500646-4-7

© Коршенко А.Н.

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

Формат 70x100 1/16. Условных п.л. 12

Тираж 400 экз. Зак. №

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

ISBN 978-5-9500646-4-7



9 785950 064647